

Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial en Colombia

Eyder James Ramírez Zúñiga

CC 7717896

Grupo de Investigación: Políticas y sostenibilidad

Línea de Investigación: Desarrollo, sostenibilidad y valor compartido

Director:

Hugo Fernando Castro Silva

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Programa en ingeniería de procesos

Bogotá D.C, Colombia

2025

## Resumen

El sector cafetero es fundamental para la economía de Colombia, ocupando el tercer lugar en las exportaciones del país. A pesar del reconocimiento global que tiene el café colombiano, su potencial en productos diferenciados aún no ha sido completamente explotado. Los modelos agroindustriales actuales enfatizan la sostenibilidad y eficiencia en la agricultura, lo que enfatiza la necesidad de innovar en los procesos de producción, comercialización y distribución del café. El propósito de esta investigación es identificar los factores críticos de innovación en los procesos productivos de fincas cafeteras en Colombia.

Se seleccionó una muestra representativa de 66 fincas mediante muestreo aleatorio simple. Utilizando el modelo de Oslo (2018) como marco de referencia, se examinaron los tipos de innovación en relación con certificaciones de café especial sostenible. Se identificaron siete factores clave para esta investigación: económico, social, ambiental, de producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. A través de la construcción de clústeres, se determinó que los factores económicos, ambientales, tecnológicos, de conocimiento y de gestión del cambio son esenciales para fortalecer la industria cafetera.

Con base en estos hallazgos, el estudio se enfocó en diseñar un modelo de innovación que identifique variables clave para mejorar la competitividad del sector. El modelo propuesto, se fundamenta en un análisis de regresión logística, a través del cual se identificaron variables críticas para la producción de café sostenible, como la gestión integral de residuos en todas las etapas del proceso, la adopción de tecnologías digitales y la flexibilidad ante el cambio. La implementación de este modelo promete contribuir significativamente al desarrollo del conocimiento en el sector, fomentando una mayor eficiencia y generando beneficios para todos los actores involucrados en la cadena de suministro del café especial.

**Palabras Clave:** Innovación, innovación de procesos, innovación agroindustrial, café especial sostenible.

**Abstract**

The coffee sector is crucial to Colombia's economy, ranking third in the country's exports. Despite the global recognition of Colombian coffee, its potential in differentiated products has not yet been fully exploited. Current agro-industrial models emphasize sustainability and efficiency in agriculture, which underscores the need for innovation in coffee production, marketing, and distribution processes. The purpose of this research is to identify critical innovation factors in the production processes of coffee farms in Colombia.

A representative sample of 66 farms was selected through simple random sampling. Using the Oslo model (2018) as a reference framework, types of innovation were examined in relation to sustainable specialty coffee certifications. Seven key factors were identified for this research: economic, social, environmental, production, knowledge, technology, and change management. Through cluster construction, it was determined that economic, environmental, technological, knowledge, and change management factors are essential for strengthening the coffee industry.

Based on these findings, the study focused on designing an innovation model that identifies key variables to improve the sector's competitiveness. The proposed model is based on a logistic regression analysis, through which critical variables for sustainable coffee production were identified, such as comprehensive waste management across all process stages, adoption of digital technologies, and flexibility towards change. The implementation of this model promises to significantly contribute to knowledge development in the sector, promoting greater efficiency and generating benefits for all stakeholders involved in the specialty coffee supply chain..

**Palabras Clave:** Innovation, processes of innovation, agro-industrial innovation, sustainable specialty coffee.

**Tabla de contenido**

	<u>PÁG.</u>
Introducción.....	13
1. Marco Metodológico.....	16
1.1    Objetivos .....	16
1.1.1    Objetivo general.....	16
1.1.2    Objetivos específicos .....	16
1.2    Hipótesis.....	17
1.3    Planteamiento del problema.....	17
1.4    Justificación .....	21
1.5    Etapas de la investigación .....	25
1.6    Metodología del estudio.....	25
1.6.1    Diseño del modelo de innovación para el proceso de café especial en Colombia. ....	26
1.6.1.1    Elementos del planteamiento del problema de investigación .....	26
1.6.1.2    Enfoque de la investigación .....	26
1.6.1.3    Alcance de la investigación.....	27
1.6.1.4    Diseño de la investigación .....	28
1.6.1.5    Selección de la muestra del estudio .....	29
1.6.1.6    Instrumentos de recolección de información .....	30
1.6.1.7    Recolección de la información.....	30
1.6.1.8    Métodos para recolectar la información.....	31
1.6.1.9    Creación del modelo del modelo de innovación .....	32
1.6.1.10    Métodos para analizar la información.....	32
1.7    Confiabilidad de la información.....	33
1.8    Validación del instrumento de medición.....	34
1.8    Contribuciones iniciales de la investigación .....	35
1.9    Limitaciones iniciales de la investigación.....	36
2 Marco conceptual.....	37
3 Marco teórico .....	39
3.1    Innovación.....	40
3.1.1    Innovación en la agricultura.....	44
3.1.2    Tipos de innovación.....	44

3.1.3	Medición de las variables de innovación.....	46
3.2	Modelo de innovación .....	49
3.2.1	Tipos de modelos de innovación .....	52
3.2.2	Tipos de modelos de innovación agroindustrial .....	56
3.3	Procesos de producción .....	59
3.3.1	Procesos de producción en la agricultura .....	60
3.4	Proceso del café.....	61
3.4.1	Producción de café .....	61
3.4.2	Comercialización del café. ....	65
3.4.3	Tipos de Café.....	66
3.4.4	Café especial.....	67
3.4.5	Producción de Café en Colombia .....	70
3.4.6	Innovación en los procesos de producción del Café en Colombia .....	71
3.5	Relación de postulados teóricos .....	72
4	Variables del modelo de innovación del café especial .....	74
4.2	Definición de variable .....	75
4.3	Variables de innovación .....	75
5	Modelo de innovación del café especial.....	98
5.2	Diseño de instrumento .....	98
5.2.1	Descripción del instrumento .....	98
5.2.2	Validación del instrumento.....	102
5.2.3	Prueba piloto del instrumento.....	106
5.2.4	Consideraciones Éticas.....	107
5.3	Caracterización de la muestra.....	107
5.4	Proceso de diseño del modelo de innovación.....	124
5.4.1	Agrupación por innovación de las fincas .....	125
5.4.2	Análisis de correlación .....	139
5.4.3	Análisis de correlación por emparejamiento de datos .....	139
5.4.4	Análisis de correlación por mapas de calor .....	142
5.5	Aspectos del Modelo de innovación.....	150
5.5.1	Selección del método estadístico.....	151
5.5.2	Creación del modelo de innovación .....	153

5.5.3	Validación del modelo .....	166
5.5.4	Análisis de sensibilidad con los resultados del modelo de innovación.....	173
6	Conclusiones .....	174
7	Aportes de la investigación .....	178
7.2	Aportes Teóricos .....	178
7.3	Aportes Prácticos .....	179
7.4	Aportes al conocimiento .....	180
7.5	Aportes a políticas publicas .....	181
7.6	Trabajos futuros .....	182
7.7	Linealidad con propuestas gubernamentales.....	183
7.8	Limitaciones de la investigación.....	184
8	Referencias.....	185
9	Anexos .....	199

## Lista de Tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 1 Fases de desarrollo de la investigación.....	25
Tabla 2 Autores más citados en investigaciones de innovación.....	41
Tabla 3 Teoría sobre los tipos de innovación .....	45
Tabla 4 Teoría de medición de variables de innovación - Enfoques de investigación en agricultura	47
Tabla 5 Teoría de medición de variables de innovación - Estrategias de innovación empresarial	47
Tabla 6 Teoría de medición de variables de innovación - Capacidades de innovación y desempeño organizacional.....	48
Tabla 7 Teoría de medición de variables de innovación - Innovación sectorial y modos de innovación .....	48
Tabla 8 Autores más citados en investigaciones de modelo de innovación .....	50
Tabla 9 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Sector energético y minero .....	53

---

Tabla 10 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Organizaciones y proyectos.....	54
Tabla 11 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Educación y arte .....	54
Tabla 12 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Agricultura y desarrollo rural .....	55
Tabla 13 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales - Sostenibilidad y sistemas.....	56
Tabla 14 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales – Agricultura digital y transición.....	57
Tabla 15 Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales – Clima y Economía Circular .....	58
Tabla 16 Teoría sobre café especial.....	68
Tabla 17 Tipo de innovación del manual de la Oslo (2018).....	76
Tabla 18 Características funcionales de los tipos de innovaciones en los procesos del negocio.....	77
Tabla 19 Enfoques de innovación en agricultura y estrategias empresariales .....	78
Tabla 20 Capacidades de innovación y análisis sectorial .....	78
Tabla 21 Innovación en contextos nacionales y sectoriales.....	79
Tabla 22 Innovación tecnológica y desempeño en PYMEs.....	80
Tabla 23 Descripción de los cafés sostenible.....	82
Tabla 24 Certificaciones de cafés sostenibles más importantes relacionados en investigaciones.....	83
Tabla 25 Factores de las certificaciones de café sostenible .....	85
Tabla 26 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Económico .....	87
Tabla 27 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Social .....	87
Tabla 28 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Ambiental .....	88
Tabla 29 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor de Producción .....	88
Tabla 30 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor de Conocimiento.....	89
Tabla 31 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor en Tecnología .....	90
Tabla 32 Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor en Gestión del cambio ....	90

---

Tabla 33 Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Económico y Social .....	91
Tabla 34 Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Ambiental y Producción.....	92
Tabla 35 Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Conocimiento .....	92
Tabla 36 Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Tecnología y Gestión del cambio .....	93
Tabla 37 Factores de innovación en las que se basan las certificaciones de café sostenible.....	94
Tabla 38 Tipos y factores de innovación presentes en el proceso de producción del café.....	95
Tabla 39 Desglose de las variables presentes en el café sostenible.....	95
Tabla 40 Resultado de las variables de innovación en la encuesta.....	102
Tabla 41 Perfiles de los expertos que validan el instrumento .....	103
Tabla 42 Ganancias y márgenes del café normal vs café especial .....	120
Tabla 43 Agrupamiento de las fincas con procesos de innovación y no innovación .....	128
Tabla 44 Fincas con variables de innovación.....	129
Tabla 45 Variables comunes y no comunes en los procesos de producción de las fincas para producir café especial .....	138
Tabla 46 Variables de innovación significativas por emparejamiento de datos - Pairs .....	142
Tabla 47 Variables de innovación significativas por mapa de calor - Heatmap.....	146
Tabla 48 Valores de correlación de las variables .....	147
Tabla 49 Tipo de información que maneja las variables .....	153
Tabla 50 Resultado de las variables del modelo de regresión logístico .....	157
Tabla 51 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación económico.....	158
Tabla 52 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación social .....	159
Tabla 53 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación ambiental.....	159
Tabla 54 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en producción.....	160

Tabla 55 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en conocimiento .....	160
Tabla 56 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en tecnología .....	161
Tabla 57 Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en Gestión del cambio..	161
Tabla 58 Recopilación de las variables con influencia significativa .....	162
Tabla 59 Análisis ANOVA de variables con gran impacto sobre la probabilidad de innovación	163
Tabla 60 Creación del modelo de innovación logística en los procesos de producción de las fincas cafeteras .....	164
Tabla 61 Análisis de sensibilidad de la ecuación del modelo innovación .....	173

## Lista de Figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1 Precio interno y externo del café en los últimos 10 años .....	20
Figura 2 Ventas por exportaciones de café por país en el 2021 .....	22
Figura 3 Ventas de exportaciones tradicionales en Colombia, febrero 2023.....	23
Figura 4 Procesos de desarrollo de recolección de información.....	30
Figura 5 Procesos de análisis de la información .....	33
Figura 6 Palabras clave sobre innovación.....	43
Figura 7 Países con más documentos relacionados con innovación .....	44
Figura 8 Palabras clave sobre modelo de innovación .....	51
Figura 9 Países con más documentos sobre temas de modelo de innovación .....	52
Figura 10 Pasos del proceso de producción del café .....	64
Figura 11 Palabras clave sobre café especial .....	69
Figura 12 Descripción del constructo teórico .....	96
Figura 13 Descripción del impacto de los factores y variables de innovación .....	97
Figura 14 Resultados de validación de expertos .....	104

---

Figura 15 Variedades de café .....	108
Figura 16 Café especial por tamaño de finca .....	110
Figura 17 Distribución del número de hectáreas de las fincas muestreadas.....	111
Figura 18 Rango de edad de los caficultores .....	111
Figura 19 Edad en el que los caficultores generan café especial.....	112
Figura 20 Nivel de formación de caficultores que producen café especial .....	113
Figura 21 Principales certificaciones de café especial .....	114
Figura 22 Precio de ventas café especial considerando todas las certificaciones.....	115
Figura 23 Costo del café especial considerando todas las certificaciones.....	116
Figura 24 Precio de ventas café especial Rainforest Alliance .....	117
Figura 25 Costo de producción de café especial Rainforest Alliance .....	117
Figura 26 Precio de venta café normal .....	118
Figura 27 Costo de producción de café normal .....	119
Figura 28 Comparación del precio de venta entre el café norma vs café especial. ....	121
Figura 29 Alternativas de comercialización para el café normal y el café especial .....	121
Figura 30 Café especial, precios de comercialización con diferentes compradores.....	122
Figura 31 Análisis de agrupación jerárquica del café normal y especial.....	126
Figura 32 Agrupación de las fincas con procesos de innovación .....	129
Figura 33 Factores de innovaciones en las fincas cafeteras .....	132
Figura 34 Variables de innovaciones económicas en las fincas cafeteras .....	133
Figura 35 Variables de innovaciones social en las fincas cafeteras .....	133
Figura 36 Variables de innovaciones ambiental en las fincas cafeteras .....	134
Figura 37 Variables de innovación de producción en las fincas cafeteras .....	135
Figura 38 Variables de innovación de conocimiento en las fincas cafeteras.....	136
Figura 39 Variables de innovaciones en tecnología en las fincas cafeteras .....	137
Figura 40 Variables de innovaciones en gestión del cambio en las fincas cafeteras.....	138

---

Figura 41 Correlación de emparejamiento de datos - Pair.....	140
Figura 42 Correlación de mapa de calor - Heatmap .....	143
Figura 43 Correlación de mapa de calor entre la probabilidad y variables de innovación – Heatmap 144	
Figura 44 Diagrama de bloques de los resultados de las variables del factor de innovación social 149	
Figura 45 Diagrama de bloques de los resultados de las variables del factor de innovación en producción .....	150
Figura 46 Representación del modelo de regresión logística de la investigación.....	156
Figura 47 Grafica de residuos Q-Q de los cuantiles .....	167
Figura 48 Grafica de residuales vs ajustados .....	168
Figura 49 Grafica de escala-locación.....	169
Figura 50 Grafica de Residuos Vs Apalancamiento .....	170
Figura 51 Grafica de residuales vs ajustados, sin la observación 45 .....	171
Figura 52 Curva ROC para el modelo de regresión logístico .....	172



## Introducción

El sector cafetero desempeña un papel crucial en la economía colombiana, “representando el 22% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola del país y sirviendo como la principal fuente de ingresos para más de 550.000 familias” (CBS, 2018). La Federación Nacional de Cafeteros (2019) destaca al departamento del Huila como el principal productor de café en Colombia, con 84.000 familias cultivando 144.895 hectáreas y “una producción que alcanza los dos millones de sacos de 60 kg de café arábico de diversas variedades, incluyendo Castillo, Colombia, Caturra y Borbón” (Anacona et al., 2021).

A pesar del reconocimiento global del café colombiano por su calidad, el potencial para desarrollar productos diferenciados y de alto valor aún no ha sido completamente explotado. Los modelos agroindustriales actuales enfatizan la sostenibilidad y la eficiencia en la agricultura, lo que acentúa la necesidad urgente de innovar en los procesos de producción, comercialización y distribución del café (Ramírez et al., 2024). Esta necesidad se vuelve aún más crítica ante los desafíos que enfrenta el sector.

En el proceso de producción, Ramírez y García (2020) identifican que los productores de café verde enfrentan limitaciones como falta de infraestructura, ausencia de gremios y dificultad para acceder a créditos, lo cual les impide optimizar su producción. Mientras tanto, los productores de café seco no cumplen con los estándares de calidad exigidos por cooperativas, certificaciones de comercio justo y clientes internacionales, lo que afecta la competitividad de sus productos en el mercado global. Estas novedades generan un impacto que limitan la capacidad para satisfacer la demanda creciente de café especial en el ámbito internacional.

En este contexto desafiante, esta investigación se propone identificar los factores críticos de innovación en los procesos productivos de fincas cafeteras en Colombia y diseñar un modelo de innovación que permita mejorar la competitividad del sector. Para abordar este objetivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación a) ¿Cuáles son las variables clave de innovación que influyen en los procesos de producción de las fincas cafeteras? y b) ¿Qué modelo de innovación se puede desarrollar al integrar las prácticas sostenibles y comercio justo para la producción de café especial?.

Las hipótesis de la investigación postula que las variables clave de innovación relacionadas con la gestión integral de residuos, la adopción tecnológica digital y la flexibilidad ante el cambio

influyen significativamente en los procesos de producción de las fincas cafeteras. Además, se sugiere que la implementación de un modelo de innovación que integre prácticas sostenibles y comercio justo en los procesos de producción de las fincas cafeteras mejorará la producción de café especial.

La investigación se basa en un marco conceptual cuyo objetivo es proporcionar una base sólida de conceptos, centrada en la definición y aclaración de los términos y nociones clave relacionados con el café especial, los certificados de café sostenible, los factores de innovación, el modelo de innovación y regresión logística. Así mismo, el marco teórico de esta investigación se fundamenta en el Modelo de Oslo (2018), "que proporciona una estructura para analizar la innovación en los procesos de negocio". Este modelo se complementa con los criterios establecidos por certificaciones internacionales de café sostenible y comercio justo, como el código de conducta 4C (2018), las prácticas de Starbucks (2016), Rainforest Alliance (2023), Fairtrade (2019) y los certificados orgánicos de IFOAM (2019). La integración de estas prácticas permite abordar la innovación desde una perspectiva completa, considerando aspectos económicos, sociales, producción, ambientales, conocimiento, tecnología y gestión del cambio.

La revisión de la literatura indica, que aunque existen estudios sobre innovación en agricultura y producción de café, hay una brecha en la comprensión de cómo los factores de innovación afectan la producción de café especial sostenible. Investigaciones como las de Barrera et al. (2021) se enfocan en modelos para café convencional, y Oliva et al. (2019) en sectores agroindustriales. Samper y Quiñones-Ruiz (2017) han analizado la sostenibilidad en la industria cafetera, y Wahyudi et al. (2020) el papel de las certificaciones en la competitividad del café. Sin embargo, no se ha integrado sistemáticamente estos elementos en un modelo de innovación.

Metodológicamente, el estudio adopta un enfoque cuantitativo. Se seleccionó una muestra representativa de 66 fincas cafeteras en el departamento del Huila mediante muestreo aleatorio simple. Esta selección se basó en datos del censo nacional agropecuario del Departamento Nacional de Estadística (DANE, 2014), garantizando la representatividad de la muestra.

Para la recolección de datos, se diseñó y validó un instrumento tipo encuesta que abarca siete factores de innovación: económico, social, ambiental, producción, gestión del conocimiento, tecnología y gestión del cambio. La validación del instrumento se realizó mediante juicio de

---

expertos y se utilizó el método de Cronbach para evaluar su confiabilidad, obteniendo un indicador de 0.97, lo que respalda la robustez del instrumento.

El análisis de datos incluyó métodos estadísticos avanzados como el análisis de varianza ANOVA y mapas de calor (Heatmap) para identificar las variables con mayor impacto en la innovación. Posteriormente, se desarrolló un modelo de regresión logística para predecir la probabilidad de que una finca sea considerada innovadora basándose en sus prácticas de producción.

El modelo de innovación desarrollado de esta investigación identificó las variables críticas que las fincas cafeteras deben incorporar en sus procesos para generar un café especial sostenible. Este modelo no solo considera aspectos técnicos de la producción, sino también factores ambientales, sociales y económicos, alineándose con las tendencias globales hacia la sostenibilidad y el comercio justo.

Así mismo, representa una contribución original al integrar el modelo de Oslo con las certificaciones de café sostenible, desarrollando un marco analítico único que combina factores de innovación con criterios de sostenibilidad. A diferencia de investigaciones previas, que adoptan un enfoque que integra variables de innovación en un modelo de regresión logístico que validado estadísticamente, proporciona una nueva perspectiva para la producción de café especial sostenible.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan significativamente al conocimiento del sector cafetero colombiano y proporcionen herramientas prácticas para mejorar la competitividad de las fincas productoras de café especial. Esta investigación no solo busca aportar al ámbito académico, sino también proporcionar perspectivas valiosas para los productores, cooperativas y entes gubernamentales en el sector cafetero colombiano.

## 1. Marco Metodológico

La ruta metodológica incluye un conjunto de elementos destinados a desarrollar los procesos de investigación, los cuales se presentan en cada uno de los apartados que abarcan los siguientes aspectos:

### 1.1 Objetivos

#### 1.1.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo de innovación para los procesos de producción del café especial, que fortalezca la sostenibilidad del sector cafetero y mejore la calidad del producto en Colombia.

Constructo teórico: Este objetivo se fundamenta en el Manual de Oslo (2018), que proporciona un marco para analizar la innovación en los procesos de negocio. Se complementa con los criterios establecidos por certificaciones internacionales de café sostenible y comercio justo, como el código de conducta 4C (2018), las prácticas de Starbucks (2016), Rainforest Alliance (2023), Fairtrade (2019) y los certificados orgánicos de IFOAM (2019).

#### 1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las variables clave en el proceso de innovación para la producción de café especial, que tengan el mayor impacto para generar un café diferenciado.

Constructo teórico: Basado en el Manual de Oslo (2018) y criterios de certificaciones de café sostenible, se identificaron 54 variables agrupadas en siete factores clave de innovación. El análisis estadístico reveló que las variables de gestión de residuos, adopción tecnológica digital y flexibilidad ante el cambio tienen el mayor impacto significativo en la innovación para la producción de café especial.

- Diseñar un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial, que proporcione a los caficultores una herramienta práctica para mejorar la calidad y sostenibilidad del producto.

Constructo teórico: La regresión logística se elige por su capacidad de modelar relaciones entre una variable dependiente binaria y múltiples variables independientes, continuas o

categorías (Sperandei, 2014). En el contexto de la producción de café especial, permite predecir la probabilidad de que una finca sea clasificada como innovadora (1) o no innovadora (0) según diferentes variables.

- Validar y ajustar el modelo desarrollado para evaluar su capacidad predictiva de las variables críticas en los procesos de producción, asegurando su aplicabilidad y eficacia en el contexto real de las fincas cafeteras en Colombia.

Constructo teórico: La validación del modelo se basa en el cumplimiento de los supuestos del método paramétrico, incluyendo normalidad, homogeneidad, linealidad e independencia (Ernst y Albers, 2017). Se utiliza la curva ROC para evaluar la capacidad predictiva del modelo y se desarrolla un análisis de sensibilidad para estimar su precisión.

## 1.2 Hipótesis

Para la investigación se plantearon las siguientes dos hipótesis:

- H1: Las variables clave de innovación relacionadas con la gestión integral de residuos, la adopción tecnológica digital y la flexibilidad ante el cambio influyen significativamente en los procesos de producción de las fincas cafeteras.
- H2: La implementación de un modelo de innovación que integre prácticas sostenibles y comercio justo en los procesos de producción de las fincas cafeteras mejorarán la producción de café especial.

## 1.3 Planteamiento del problema

El sector cafetero desempeña un papel crucial en la economía de Colombia, “representando el 22% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola del país y sirviendo como la principal fuente de ingresos para más de 550.000 familias colombianas” (CBS, 2018). Así mismo, la Federación Nacional de Cafeteros (2019) destaca que “el café es el pilar fundamental de la economía del departamento del Huila, siendo el sustento de 84.000 familias campesinas que cultivan 144,895 hectáreas con una producción que alcanza los 2.0 millones de sacos de 60 kg”, de “café arábico de diversas variedades como Castillo, Colombia, Caturra y Borbón” (Anacona et al., 2021).

Es relevante destacar que “el departamento del Huila ostenta el título de ser el principal productor de café en Colombia, generando tanto café verde como café seco” (Manchola, 2022). Este logro es valioso por “el diseño de políticas que combinan la demanda de mercados

internacionales con prácticas locales de producción y comercialización” (Molina et al., 2021), destacando así “el papel fundamental del café como motor económico y político” (Alvarez y Hurtado, 2023).

En el proceso de producción del café, Ramírez y García (2020) identifican limitaciones específicas para cada tipo de productor. Los caficultores de café verde enfrentan tres obstáculos principales: carecen de infraestructura necesaria, no están agremiados y tienen acceso limitado a créditos, lo que impide la optimización de su producción. Por otro lado, los productores de café seco se enfrentan a desafíos relacionados con el cumplimiento de estándares de calidad exigidos por tres actores clave: las cooperativas-comercializadoras, las certificadoras de comercio justo internacional y los clientes internacionales, lo que afecta su capacidad para optimizar sus productos y acceder a mercados más rentables.

En un análisis detallado sobre la producción de café, Laranjeira (2019) destaca la estrecha relación entre este cultivo y la salud ambiental. El autor advierte que el cambio climático representa una seria amenaza, ya que afecta la fertilidad del suelo y eleva el riesgo de plagas y enfermedades que pueden dañar las cosechas y retrasar la producción de café. De manera similar, Pham et al. (2019) señalan que los efectos del cambio climático reducen tanto la intención de cultivar café como las áreas recomendadas para su cultivo. Así mismo, Byrareddy et al. (2024) sostienen que el aumento de temperaturas afecta la floración de la cereza, disminuyendo su producción.

Así mismo, *Perfect Daily Grind* (2019) señala que “las consecuencias desfavorables cuando el proceso de cultivo del café no se gestiona adecuadamente tienen como resultado una producción de café de baja productividad y calidad”. Este café, por lo general, se vende a precios muy bajos, lo que afecta negativamente a los productores y a la competitividad en el mercado (Tolessa et al., 2016). Estas condiciones ambientales generan la necesidad de implantar procesos innovadores en todas las etapas de la cadena de suministro del café con el fin de adaptarse al entorno, manteniendo la eficiencia en el uso de recursos y la rentabilidad para los diferentes actores de la cadena.

En línea con estas preocupaciones, Hameed et al. (2018) destacan que la calidad del café está influenciada por diversos factores físicos, químicos, sensoriales y ambientales que afectan el cultivo en la etapa de precosecha. También, se ha comprobado que en la postcosecha, aspectos como los métodos de tostado y trillado impactan en la calidad del producto. Según Puerta (2021),

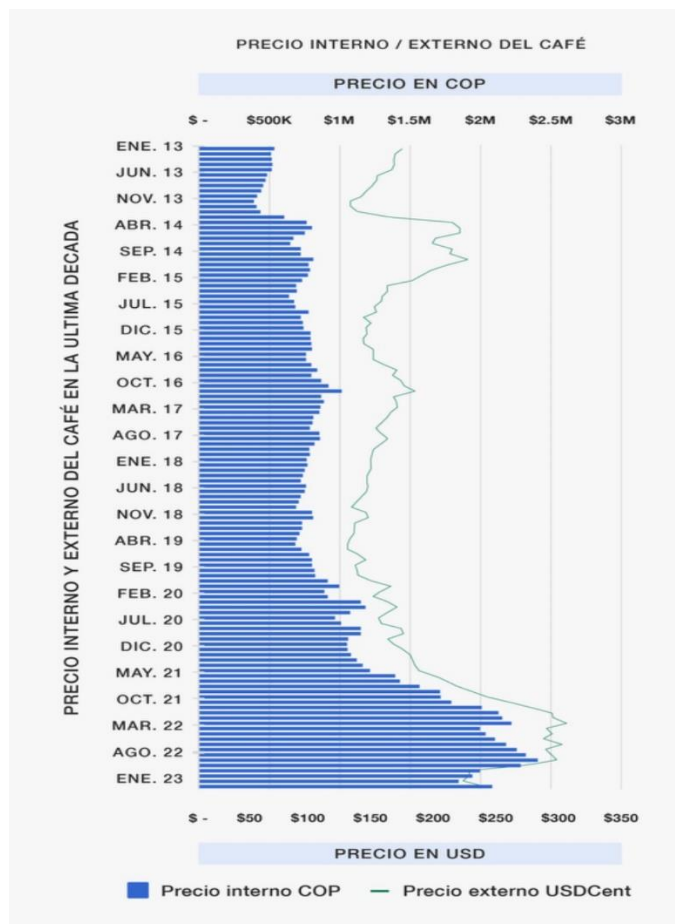
estos factores desempeñan un rol esencial en la eficiencia, calidad y reconocimiento comercial del café, lo que subraya la necesidad de enfoques sostenibles y de valorar los determinantes de calidad en la industria. En esta línea, Devaux et al. (2018) afirman que la innovación en procesos agrícolas, aplicada a la cadena de valor del café, es clave para alcanzar niveles adecuados de calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad en el sector cafetero colombiano.

El compromiso de integrar el comercio justo y la agricultura orgánica a nivel internacional se basa en los beneficios comprobados que ofrecen, como el aumento de ingresos de los productores y la preservación de modelos agroforestales (Karki et al., 2016). Este enfoque es crucial en el contexto global, especialmente con el reciente aumento en los precios del café, impulsado por factores como el incremento en la Bolsa de Nueva York y condiciones climáticas adversas en Brasil, lo que ha brindado oportunidades financieras sin precedentes para los caficultores colombianos (Gingrich y King, 2011). A nivel internacional, la certificación de comercio justo busca mejorar las condiciones de vida de los caficultores al ofrecer precios estables y fomentar proyectos sociales, permitiendo así que los productores aprovechen este aumento de precios (Karki et al., 2016; Jaffee, 2007).

La Figura 1, ilustra el comportamiento del precio interno y externo del café durante la última década, revelando una estrecha relación entre estos dos precios (FNC, 2023). De la figura 1, se destaca la mejora significativa en el precio durante la comercialización a partir del año 2020, lo que ha permitido obtener condiciones más favorables para los caficultores. Este período se presenta como una oportunidad propicia para impulsar e implementar nuevas prácticas innovadoras en el proceso de producción del café. Las condiciones del mercado del café abren el espacio a la transformación del café a un producto especial de alta calidad, de tal forma que tanto productores y comercializadores estén en mejores condiciones para enfrentar futuros períodos menos favorables en términos de precios.

**Figura 1**

*Precio interno y externo del café en los últimos 10 años*



*Nota.* La figura representa el precio interno y externo del café en los últimos diez años, consiguiendo un aumento importante del valor en los últimos tres años. Elaboración propia a partir de información del archivo precios, áreas y producción de café (FNC, 2023).

Con el propósito de abordar esta problemática, el presente estudio analiza variables de innovación agrupadas en siete factores principales: económicos, sociales, ambientales, de producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. La investigación se centra en los caficultores productores de café especial en Colombia, específicamente en las veredas Guacacallos y Acacos del municipio de Pitalito, Huila, seleccionadas por su representatividad en la producción cafetera y su potencial para la implementación de prácticas innovadoras. La recolección de datos se realizó en octubre de 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de innovación que permita mejorar los procesos de producción en las fincas cafeteras para la generación de café especial, superando las limitaciones que han impedido que el producto alcance mejores estándares de calidad. Para desarrollar este modelo se propone identificar las variables críticas de innovación que son necesarios en los procesos de producción de las fincas cafeteras. Para abordar este objetivo se plantea las siguientes preguntas de investigación:

Con lo escrito previamente, para la presente investigación doctoral se proponen las siguiente preguntas para ser resueltas:

- a. ¿ Cuáles son las variables clave de innovación que influyen en los procesos de produccion de las fincas cafeteras?
- b. ¿Qué modelo de innovación se puede desarrollar al integrar las practicas sostenibles y comercio justo para la produccion de café especial?.

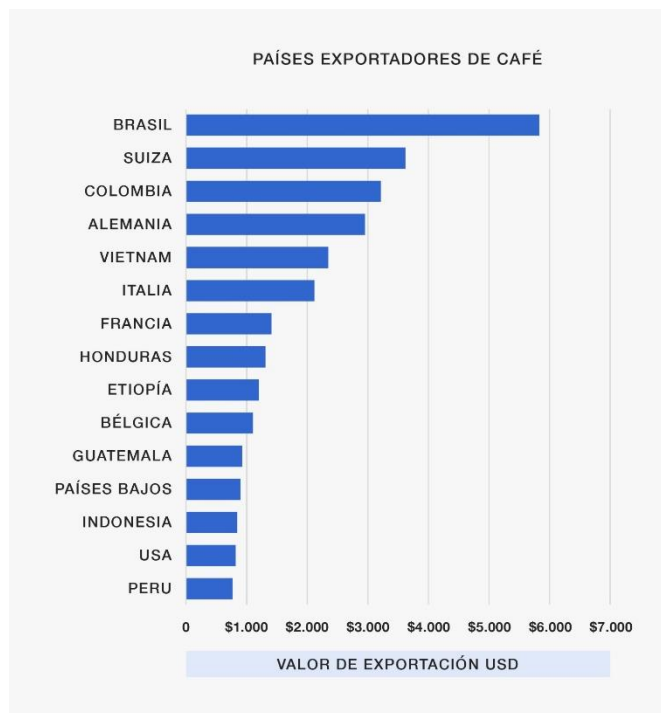
Para este estudio, el café especial se define como aquel valorado por los consumidores por sus atributos consistentes, verificables y sostenibles, por los cuales están dispuestos a pagar precios superiores. Las certificaciones de sostenibilidad, como Rainforest Alliance, Fairtrade, Orgánico (IFOAM), Conducta 4C y Starbucks, garantizan prácticas de producción que integran aspectos ambientales, sociales, económicos, producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. La identificación de estas variables de innovación permitirá desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad del café, aumentar la eficiencia en el uso de recursos y fortalecer la posición del producto el mercado global de café especial sostenible.

#### **1.4 Justificación**

Las exportaciones de café en el mundo alcanzaron ventas alrededor de USD 29.200 millones en 2021, y en Colombia unas ventas de comercialización de USD 3.200 millones, ocupando el tercer lugar entre los países exportadores del producto (Workman, 2022). En la Figura 2, se puede observar la ubicación privilegiada de Colombia en este mercado, con un aporte del 11% de las ventas totales, solo por debajo de Brasil y Suiza. Cabe aclarar que Suiza se especializa en el proceso de transformación del producto antes de exportarlo..

**Figura 2**

*Ventas por exportaciones de café por país en el 2021*

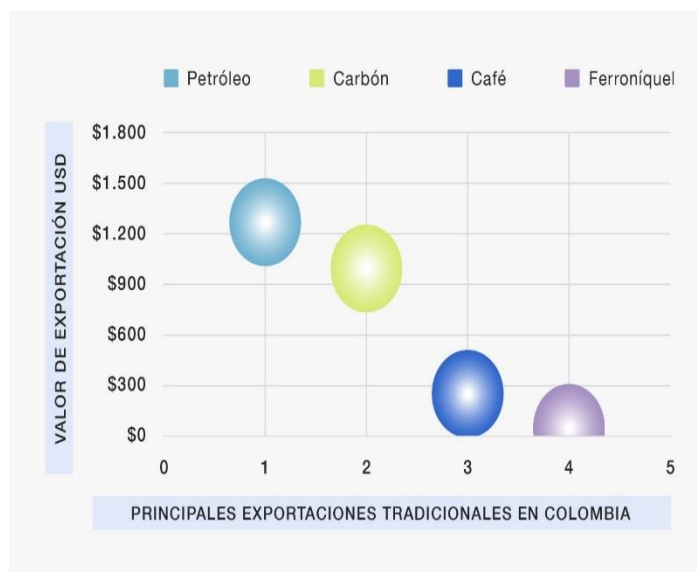


*Nota.* La gráfica representa los principales países exportadores de café, y el valor recibido por la venta del producto (Workman, 2022).

Es de resaltar que el café ocupa “el tercer lugar de las exportaciones tradicionales en Colombia, solo superado por el petróleo y sus derivados, y el carbón, con unas ventas alrededor de los USD 250 millones “*Free on Bord – FOB*” en el mes de febrero del 2023” según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023), la Figura 3 representa las principales exportaciones del país, evidenciando el papel importante que juega el café en la economía, los dividendos obtenidos por la comercialización del producto, siendo motor de desarrollo de varios departamentos en el país.

### Figura 3

*Ventas de exportaciones tradicionales en Colombia, febrero 2023.*



*Nota.* La gráfica representa las principales exportaciones del Colombia en el mes de febrero del 2023. Diseño propio a partir del archivo exportaciones tradicionales y no tradicionales (DANE, 2023).

El café representa el principal producto en la economía del departamento del Huila en Colombia, y sus actividades productivas generan sustento a 84.000 familias campesinas, quienes cultivan 145.741 hectáreas de café arábico de las variedades Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí. Esta región tiene una producción de 2.0 millones de sacos de 60 Kilogramos al año (FNC, 2019).

La investigación de Ramírez y García (2020) indican “que existe una diversidad de caficultores cuyos ingresos están directamente vinculados con la calidad del café que ofrecen en el mercado”. Sin embargo, se observa que las trazas de calidad del café no están claramente definidas en muchos casos. Estas condiciones “específicas en el proceso de producción del café en Colombia subrayan la necesidad importante de identificar factores críticos de innovación que permita mejorar la cadena productiva del café” (Ramírez y García, 2020)

Bajo este contexto, Rivera et al. (2020) hacen referencia “que la innovación tiende a mejorar el proceso productivo, en aquello que pueda ser más atractivo y presentable, que proporcione cambio e introduzca novedades para lograr las metas planteadas”. De otra parte, Isa et

al. (2019) mencionan que “la innovación en los procesos tiene como objetivo la reducción de los costos de producción, la generación de ganancias ambientales y el mejoramiento de la competitividad del negocio”.

La innovación en “los procesos de producción agrícolas tiene el potencial para revolucionar el camino de como cultivamos y cosechamos, alineados en términos de incremento de productividad y reducción de costos” (AIA, 2020). En términos de sostenibilidad, “la innovación es necesaria para incrementar la productividad y reducción de costos incrementando la eficiencia de los factores de producción, con el uso de ayudas químicas para mejorar la fertilidad del suelo para defender las plantas y animales de patógenos, así mismo seleccionando las variedades más productivas” (Sgroi, 2022).

El propósito de esta investigación es identificar las variables clave de innovación en los procesos de producción y comercialización del café, que permitan categorizar las unidades productoras como innovadoras o no innovadoras en el contexto colombiano. Este análisis aportará elementos clave a considerar en los procesos de comercialización del producto de manera diferenciada, considerando un mercado enfocado en la sostenibilidad y la equidad de precios en el sector del café. Los resultados de esta investigación también son relevantes considerando que no se encuentran estudios similares específicamente en el sector de la producción y comercialización del café.

Los resultados de esta investigación son útiles para las entidades del gobierno colombiano para planificar líneas de acción que mejoren la cadena logística del café desde sus etapas de producción hasta las de comercialización. Así mismo, los resultados de esta investigación pueden servir de base a los productores y comercializadores de café en Colombia para identificar aspectos a mejorar en los eslabones de su cadena de producción y abastecimiento con el fin de garantizar la productividad y la sostenibilidad de las unidades productivas, mejorando la competitividad del café de Colombia en el ámbito global.

Esta investigación se enmarca en el grupo de investigación sobre políticas y sostenibilidad, cuya línea de investigación está enfocada en “Desarrollo, sostenibilidad y valor compartido de la universidad EAN”

### 1.5 Etapas de la investigación

La Tabla 1 contiene las fases del desarrollo y ejecución de la investigación, el cual se debe realizar secuencialmente para poder materializar el estudio, entorno al desarrollo de un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

**Tabla 1**

*Fases de desarrollo de la investigación*

Fase 1. Identificación de variables clave en la producción de café especial	Fase 2. Diseño del modelo de innovación para el proceso de café especial en Colombia	Fase 3. Creación del Modelo del modelo de innovación	Fase 4. Validación del modelado desarrollado
Investigación en bases de datos para identificar las variables clave de innovación en el proceso de producción de las fincas cafeteras para la producción de café especial.	Investigación Cuantitativa. Diseño Correlacional de tipo experimental. Selección muestra. Generación instrumento de medición. Realizar trabajo de campo para identificar factores y variables de innovación.	Método de análisis paramétrico desarrollado por regresión logística que busca estimar el efecto correlacional de variables de innovación sobre el proceso de producción del café especial.	Validación del modelo se determinará mediante cumplimiento de las suposiciones del método paramétrico.
Revisión de información secundaria.	Recopilar información mediante entrevistas a caficultores y expertos presentes en el proceso del café especial. Análisis de la información.		

*Nota.* La tabla representa los procesos de la investigación. La tabla es creación propia.

### 1.6 Metodología del estudio

En esta etapa comienza la investigación, en donde es necesario revisar la literatura para identificar conceptos, factores, teorías, variables y modelos de innovación presentes en el proceso del café especial, por lo que es necesario una inmersión total en el mundo del café y un trabajo de campo de tiempo completo, para conocer procesos y agentes involucrados.

Una vez con el conocimiento adquirido de cada una de las etapas de la evolución del producto se identifica en cuales aspectos tienen mejoras, y sobre este panorama se debe alinear la investigación, que es sobre café especial, que se desarrolla principalmente en la etapa primaria o ejecutada por el caficultor en las fincas, cuyos procesos de producción se pueden hacer de formas diferentes, enfocados en el sabor, tamaño y textura, buscando crear productos diferenciados, encontrando que la innovación juega un rol significativo para generar un producto de mejor composición.

### **1.6.1 Diseño del modelo de innovación para el proceso de café especial en Colombia.**

Define la metodología implementada, focalizando el estudio en innovación mediante un enfoque cuantitativo correlacional experimental (Hernández-Sampieri et al., 2014). El proceso incluye la creación de instrumentos de medición y posterior recolección de datos en campo con caficultores y expertos del café especial. Es importante considerar que el trabajo se desarrolla en ambientes naturales, con condiciones no estandarizadas y restricciones de comunicación que podrían prolongar el estudio.

#### **1.6.1.1 Elementos del planteamiento del problema de investigación**

Para estructurar la investigación, es fundamental caracterizar los elementos del problema y asegurar que estén relacionados y explícitos en el documento. Estos elementos incluyen los objetivos, la justificación y la viabilidad del estudio (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 36), proporcionando una base metodológica sólida. En este caso, la contextualización del problema en el sector cafetero colombiano se apoya en un análisis detallado que muestra su relevancia económica y social. Mediante datos cuantitativos, se destaca el café como el tercer producto de exportación en Colombia, generando ingresos anuales de USD 3.200 millones y beneficiando a más de 550,000 familias. Esta contextualización permite fundamentar la necesidad de investigar la innovación en el sector, donde los antecedentes se consolidan con un análisis bibliométrico que identifica tendencias y brechas en la investigación.

El planteamiento del problema de investigación se alinea con una metodología que permite un análisis sistemático y detallado de los elementos clave. Las preguntas de investigación se formulan para abordar variables de innovación y el desarrollo de un modelo enfocado en la producción de café especial, con objetivos claros que guían el avance teórico y práctico en el sector. Este marco integrado resalta el direccionamiento de la investigación y su impacto positivo en la caficultura colombiana.

#### **1.6.1.2 Enfoque de la investigación**

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, orientado a generalizar resultados desde una muestra hacia una población más amplia, garantizando la replicabilidad del estudio (Hernández et al., 2014). Además, este enfoque busca confirmar y predecir fenómenos, identificando patrones y relaciones entre elementos, con el propósito de validar y demostrar teorías (Hernández et al., 2014).

Considerando Creswell (2014) señala que el enfoque cuantitativo comprende el alcance y análisis de datos numéricos recolectados, abarcando variables medibles, dimensión muestral y metodologías estadísticas de análisis. Complementariamente, Bryman (2016) establece que este enfoque se basa en datos numéricos para validar hipótesis, identificar patrones y relaciones variables, mediante encuestas estructuradas, experimentos y observaciones, aplicando técnicas estadísticas para analizar e interpretar información.

Entre otras definiciones se encuentra que “el enfoque cuantitativo, si se rige rigurosamente el proceso, y de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos generados poseen de validez y confiabilidad, y las conclusiones derivadas contribuirán a la generación de conocimiento, en donde los estudios cuantitativos plantean relaciones entre variables con la finalidad de tener proposiciones precisas y hacer recomendaciones específicas” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 18)

Así mismo, Kerlinger (2014) establece que la investigación cuantitativa debe expresar relaciones entre dos o más conceptos o variables (atributos de personas, fenómenos, organismos, materiales, eventos, sistemas) medibles numéricamente. Esta investigación examina variables cuantitativas vinculadas a factores de innovación en procesos productivos, para identificar elementos que influyen en la producción de café especial.

Este estudio analiza variables cuantitativas relacionadas con factores de innovación presentes en los procesos de producción en fincas cafeteras, orientadas a lograr un café diferenciado o especial, con el propósito de identificar cuáles de estas variables impactan la producción de café especial

### **1.6.1.3 Alcance de la investigación**

Esta investigación adopta un diseño correlacional para examinar la relación entre variables en un contexto específico (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este método permite evaluar conexiones entre dos o más variables, aunque frecuentemente abarca múltiples variables simultáneamente (Hernández-Sampieri et al., 2014). También, Creswell (2012) señala que este diseño permite medir cuantitativamente el grado de asociación entre variables mediante análisis estadísticos correlacionales.

Acorde con Kerlinger (2014), en los métodos de investigación cuantitativa con enfoque correlacional, el objetivo principal es medir las relaciones entre dos o más variables. Cabe destacar que los estudios correlacionales no establecen causalidades. Por ello, en los diseños experimentales

resulta necesario definir las relaciones entre variables de manera más precisa (Creswell et al., 2020). La utilidad principal de “los estudios correlacionales es comprender cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas, es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en las variables relacionadas” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 94).

Esta investigación pretende analizar el comportamiento correlacional de las variables independientes de innovación presentes en el proceso de producción en las fincas de café con la variable dependiente denominada probabilidad de innovación. El propósito es identificar los procesos que influyen y posibilitan la creación de café con características especiales de sostenibilidad.

#### **1.6.1.4 Diseño de la investigación**

Una definición de diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información necesaria que permita responder al planteamiento del problema (Creswell, 2012). Para llevar a cabo esta investigación, es necesario alinearse con un diseño experimental, donde se varían intencionalmente una o más variables independientes con el fin de analizar sus efectos sobre una o más variables dependientes (Hernández et al., 2014, p. 129).

Del mismo modo, Rohrer (2018) explica que el diseño experimental establece relaciones causales mediante la manipulación de variables independientes, medición de variables dependientes y control de variables externas. El estudio de tipo experimental con diseño factorial usa variables, en termino dependiente es la probabilidad de innovación y las independientes se da en términos de los factores de innovación en los procesos de producción de las fincas, con la finalidad de crear un producto con términos especiales. Se pretende evaluar y analizar que variables tienen un impacto significativo en el proceso del café, con el fin de fomentar mejores prácticas en la etapa de producción del producto, y crear un producto de tipo especial.

Este estudio se basa en un diseño experimental puro, específicamente un diseño factorial, donde se varían dos o más variables independientes para analizar experimentalmente su efecto sobre la variable dependiente (Hernández et al., 2014, p. 148). Además, en investigaciones experimentales, los investigadores ajustan las variables independientes y miden su impacto sobre una variable dependiente, controlando al mismo tiempo las variables extrañas. Esto otorga gran

importancia a la relación entre las muestras casuales y las variables involucradas (Curtis et al., 2018).

Se puede resaltar estudios como el realizado por Elsantil y Hamza (2019), quienes “investigaron el rol del efecto del agradecimiento en el comportamiento de los consumidores, encontrando que expresiones de agradecimiento por parte del vendedor es directamente proporcional e incrementa la voluntad de pagar los productos en los consumidores”, mostrando el papel importante que juega la experimentación en las investigaciones, pues permite identificar la influencia que ciertas variables pueden ejercer sobre otras.

#### **1.6.1.5 Selección de la muestra del estudio**

Para obtener la información del estudio, se realizó un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple. En este método, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser elegidos. El muestreo se basa en las características de la población para definir tanto el tamaño de la muestra como la elección de los elementos que la conforman (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 176). Las muestras probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación transeccionales, descriptivos y correlacionales, en los cuales se busca hacer estimaciones de variables para toda la población (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 177).

Según Campbell (2020) describe el muestreo aleatorio simple como un método flexible para construir sinopsis de datos, siendo uno de los más utilizados. Hernández et al. (2014, p. 180) enfatizan que su característica principal es la equidad probabilística inicial en la selección de casos. En la investigación de Sultan et al. (2020,) reafirman que cada elemento tiene igual oportunidad de integrar la muestra seleccionada.

El trabajo de campo de la investigación se llevará a cabo en el municipio de Pitalito, reconocido como el mayor productor de café en Colombia, contribuyendo con el 3.2% de la producción nacional y el 15.1% del departamento del Huila, según datos de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2023). El crecimiento de este municipio está vinculado a la adopción de nuevos métodos en las cosechas y en el procesamiento del café, de acuerdo con la información proporcionada por la Agencia UNAL (2022).

La población de estudio se enfoca en los caficultores productores de café especial en el municipio de Pitalito, Huila, específicamente en las veredas de Guacacallos y Acacos. Estas áreas fueron seleccionadas por su relevancia en la producción cafetera y su potencial para la innovación.

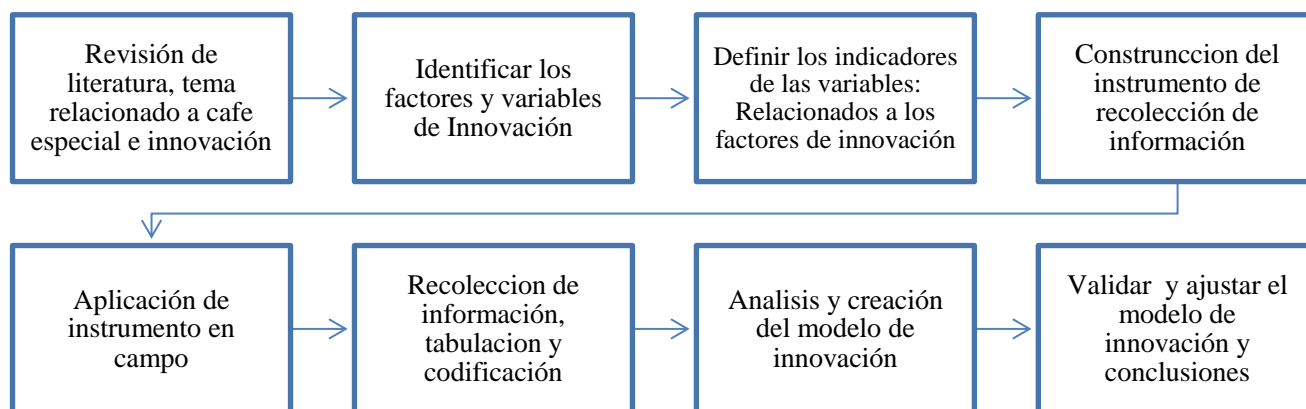
Se seleccionó una muestra representativa de 66 fincas cafeteras mediante un muestreo aleatorio simple, a partir de una población total de 213 propietarios de fincas, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2014). El tamaño de la muestra se determinó con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, asegurando una representación adecuada de la población objetivo.

### 1.6.1.6 Instrumentos de recolección de información

La Figura 4 representa el proceso para el desarrollo del instrumento de recolección de información para generar el diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción para generar café especial.

**Figura 4**

*Procesos de desarrollo de recolección de información*



*Nota.* La figura representa el proceso para el desarrollo del instrumento de recolección para la creación del modelo de innovación para la producción de café especial. Diseño propio a partir de la información tomada de Hernández-Sampieri et al. (2014, p. 197).

### 1.6.1.7 Recolección de la información

Bryman (2016) define como “la recolección de datos como el proceso sistemático de reunión y registro numéricos de información a través del uso de varios métodos de investigación tales como experimentos, encuestas y observaciones” (p. 213).

Para recolectar la información para el análisis de esta investigación se debe contar con instrumentos de medición adecuados que deben ser confiables con resultados consistentes y coherentes, con una validez que mida el grado de las variables que se pretendan desarrollar durante el estudio que van alineada a la variable dependiente como es el café especial, y variables

independientes como es la innovación en los procesos del café especial. Con “una objetividad que mida el grado en que el instrumento es permeable a los sesgos y tendencias del investigador que lo administra, califica e interpreta” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 197).

#### **1.6.1.8 Métodos para recolectar la información**

Los cuestionarios se emplean en diversos tipos de encuestas, como la evaluación del desempeño gubernamental, la identificación de las necesidades habitacionales de futuros compradores o la percepción ciudadana sobre seguridad (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 217). Según Krosnic (2018), una encuesta es un método sistemático y estandarizado para recopilar datos de una muestra mediante preguntas estructuradas o un cuestionario sobre un tema de interés. De acuerdo con Babbie (2016), se trata de una herramienta diseñada para obtener datos cuantitativos de una muestra, con el fin de generalizar los resultados a una población más amplia.

Las encuestas se pueden construir “con preguntas cerradas que contienen categorías que han sido previamente delimitadas, es decir que se presentan la posibilidad de respuestas a los participantes que deben acotarse a estas, o se tienen preguntas abiertas que no delimitan las alternativas de respuestas, por lo que el número de respuestas es muy elevado, en teoría es infinito y puede variar acorde a la población” (Hernández et al., 2014, p. 220). Se puede considerar la definición de Babbie (2016), quien destaca que las preguntas cerradas son una herramienta para la recolección de datos mediante un cuestionario estructurado, con el objetivo de generalizar los resultados. Por otro lado, en las preguntas abiertas, los participantes responden de manera más libre, lo que permite explorar nuevos temas y profundizar en el conocimiento.

Para el desarrollo de esta investigación la recolección de la información se apalancará por medio de encuestas con preguntas cerradas direccionadas a los procesos de innovación que se tienen en la producción de café, con la finalidad de conocer las variables más importantes que impactan en el mejoramiento de los procesos y del producto.

Los elementos muestrales seleccionados para participar en la recolección de información corresponden a caficultores y expertos clave en el proceso del café especial quienes se caracterizan por ser personal idóneo y calificado con conocimiento amplio, suficiente y verificable sobre el tema, y además con la experiencia necesaria para garantizar que sus respuestas son objetivas y con la credibilidad que se requiere en esta investigación.

### **1.6.1.9 Creación del modelo del modelo de innovación**

Una vez recopilada la información, se codifica y analiza con el fin de diseñar un modelo de innovación de análisis paramétrico de regresión Logística que busca identificar las relaciones entre las variables dependientes e independientes que caractericen el proceso de producción del café especial.

Para identificar las relaciones entre las variables que se integran en el modelo de innovación, esta investigación se soporta en herramientas estadísticas (Software Rcommander) que permiten identificar patrones y tendencias, además estas herramientas permiten definir de manera robusta cuáles son las variables de innovación que significativamente contribuyen en el proceso de producción de café especial.

#### **1.6.1.10 Métodos para analizar la información**

Con la información recolectada y codificada, sigue el paso de elegir el software adecuado para analizar la información, en donde “el análisis se realiza tomando en cuenta los niveles de medición de las variables que puede ser a través de un método de inferencia que sirve para estimar parámetros y probar hipótesis que se desarrolla a través de un análisis paramétrico que puede ser por regresión lineal, regresión logística, coeficientes de correlación, prueba “t”, etc.” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 271).

El análisis cuantitativo de los datos se realiza utilizando software especializado, evitando el cálculo manual, especialmente cuando se trabaja con grandes volúmenes de información (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 272). Según Creswell (2014), este tipo de análisis sigue un enfoque sistemático que permite examinar fenómenos mediante la recolección de datos numéricos. A través de técnicas estadísticas, se puede describir y resumir la información, así como probar hipótesis y hacer inferencias a partir de muestras de datos.

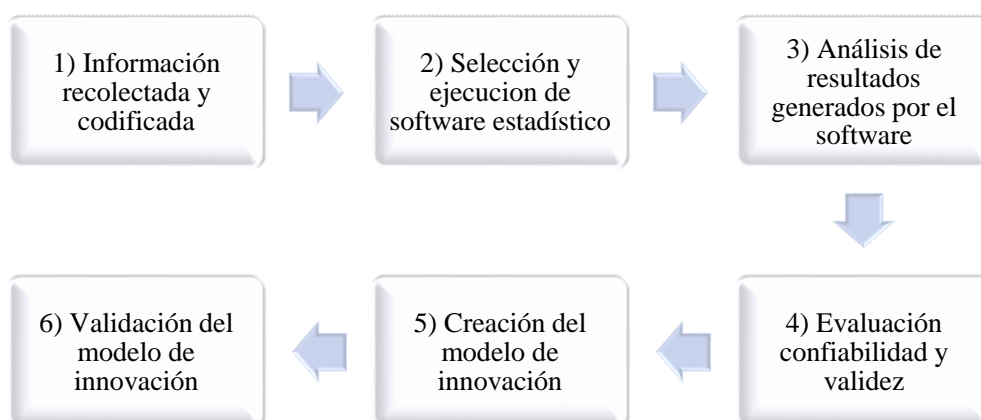
También el análisis cuantitativo se describe como un enfoque de investigación que se basa en la medición de variables y el análisis de datos numéricos mediante métodos estadísticos, con el objetivo de identificar patrones, establecer relaciones, realizar predicciones y probar hipótesis (Bryman, 2016). Los análisis paramétricos “nacen a partir de los siguientes supuestos: 1) distribución poblacional de la variable dependiente sea normal, 2) nivel de medición de las variables sea por intervalos o razón y 3) cuando dos o más variables de dos o más poblaciones son estudiadas tengan una varianza homogénea” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 304).

Una vez realizada la revisión de literatura y revisado el problema central de esta investigación para buscar el método adecuado para analizar la información, se decanta por un método cuantitativo de análisis paramétricos mediante regresión logística. Este es un método estadístico para estimar el efecto de una variable sobre otra, conociendo que donde mayor sea la correlación entre variables mayor es la capacidad de predicción” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 307).

La Figura 5 presenta las seis etapas definidas en esta investigación para llevar a cabo el proceso de análisis de la información, que con lleve al diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción de las fincas cafeteras para generar café especial sostenible.

**Figura 5**

*Procesos de análisis de la información*



*Nota.* La figura representa el análisis de información en el proceso de investigación cuantitativa. Diseño propio con información tomada de Hernández-Sampieri et al. (2014, p. 270).

**1.7 Confiabilidad de la información**

Para el análisis de la información en esta investigación, es fundamental calcular la confiabilidad de los instrumentos de medición, lo que requiere comprender claramente este concepto. La confiabilidad se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento a un mismo individuo u objeto produce resultados consistentes. Además, la confiabilidad puede variar según la cantidad de indicadores específicos que contenga el instrumento, siendo más confiable cuanto mayor sea el número de ítems que lo componen (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 208).

También se especifica que la confiabilidad es un aspecto crucial en la investigación cuantitativa que “hace referencia a la estabilidad de las medidas a lo largo del tiempo y a través de diferentes observadores o evaluadores, en los últimos años los investigadores han incrementado el énfasis de reportar la confiabilidad de la información la cual se debe hacer de una manera transparente y comprensiva” (Gadermann et al., 2018).

En la investigación cuantitativa existen diferentes métodos para calcular la confiabilidad de un instrumento. Todos estos métodos emplean procedimientos y fórmulas que generan coeficientes de confiabilidad, generalmente en una escala de cero a uno, donde cero indica ausencia de confiabilidad y uno representa la máxima confiabilidad. Cuanto más cercano a cero sea el coeficiente, mayor será el error en la medición (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 207). Uno de los métodos estadísticos más utilizados para estimar la confiabilidad es el Alfa de Cronbach, ampliamente aplicado para evaluar la consistencia interna y la fiabilidad de un conjunto de preguntas destinadas a medir un concepto (Guo et al., 2021).

Para comprobar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de información utilizados en esta investigación, se utiliza el Alfa de Cronbach porque “es un indicador que mide sobre como las variables están correlacionadas entre sí, reflejando el grado en el cual los resultados tienen un resultado similar cuando se repite la aplicación del instrumento” (Taber, 2018, p. 127).

Esta investigación es importante garantizar el grado de confiabilidad que genera el instrumento de recolección de datos. Para ello, la aplicación del alfa de Cronbach tiene la finalidad de que los resultados tengan un comportamiento uniforme y no presenten desviaciones importantes que permita crear un modelo de innovación con resultados predictivos confiables.

### **1.8 Validación del instrumento de medición.**

La validez generalmente se determina a través de procedimientos de análisis estadístico multivariado, como el análisis de factores, regresiones múltiples y análisis discriminantes (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 209). La evidencia de validez de contenido se obtiene al contrastar el conjunto de ítems en el instrumento de medición y al comparar los resultados de su aplicación con los de un criterio externo, así como mediante el análisis de factores y la verificación de la teoría subyacente (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 262). En términos generales, la validez se refiere al grado en que un instrumento mide efectivamente la variable que se propone medir (Polit y Beck, 2017).

Así mismo se tiene, la validez de expertos o *face validity* que es “el grado en que un instrumento realmente mide la variable de interés de acuerdo con las opiniones de un grupo de expertos en el tema” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 201). Una vez se haya revisado y seleccionado los procesos de producción del café especial, las variables clave a considerar en la innovación de estos tipos de procesos y el modelo de innovación aplicable al objeto de estudio, se procede a diseñar el instrumento de recolección de información, para desarrollar el modelo de innovación de esta investigación.

La validación del instrumento de recolección de datos en esta investigación se llevará a cabo mediante la técnica conocida como juicio de expertos, con el objetivo de determinar si las variables de innovación seleccionadas contribuyen a mejorar el proceso del café especial. Esta técnica implica recurrir al conocimiento y la experiencia de individuos con habilidades superiores en un área específica para evaluar la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación, así como los procedimientos para el análisis de datos y los hallazgos obtenidos durante el estudio (Polit & Beck, 2017, p. 436).

Según Green y Thorogood (2018), el juicio de expertos se define como el uso de opiniones informadas de individuos con conocimientos especializados para complementar los datos en el análisis e interpretación de los hallazgos de una investigación. Se considera que los expertos participantes poseen el conocimiento necesario para ofrecer una perspectiva valiosa que ayude a los investigadores a comprender datos complejos.

La validación del instrumento es fundamental para la investigación, pues garantiza la formulación de preguntas coherentes, precisas y claras. Además, asegura una alta confiabilidad del instrumento, lo que permite recopilar datos exactos y adecuados para realizar un análisis sin ningún tipo de sesgo. Este proceso contribuye a la calidad y validez de los resultados, facilitando la interpretación objetiva de la información obtenida.

## **1.8 Contribuciones iniciales de la investigación**

El modelo de innovación propuesto para el proceso de producción del café especial en Colombia busca generar contribuciones significativas tanto en el ámbito teórico como en el práctico. Desde la perspectiva teórica, esta investigación pretende desarrollar instrumentos de medición que permitan identificar y analizar las variables de innovación críticas en el proceso del café. Esto facilitará el examen de las correlaciones entre estas variables, proporcionando una

comprensión más profunda de los factores que influyen en la producción de café especial. Este enfoque se alinea con los estudios recientes sobre innovación en sistemas agroalimentarios, como el trabajo de Barjolle et al. (2017), quienes subrayan la importancia de entender las dinámicas de innovación en las cadenas de valor agrícolas..

En el ámbito práctico, esta investigación busca proporcionar a los caficultores y organizaciones del sector herramientas concretas para identificar y aprovechar las variables de innovación que tienen un impacto real en la producción de café especial. Se espera que esto facilite la optimización de procesos y la mejora de la calidad del producto. Como señalan Fabregas et al. (2019) en su estudio sobre tecnologías digitales en la agricultura, la adopción de innovaciones puede tener un impacto significativo en la productividad y sostenibilidad del sector. Además, el modelo propuesto se diseña con la intención de ser adaptable a diferentes entornos de producción, convirtiéndolo en una herramienta versátil para su implementación en diversos contextos cafeteros.

### **1.9 Limitaciones iniciales de la investigación**

Esta investigación sobre el diseño y validación de un modelo de innovación para los procesos de café especial en Colombia presenta ciertas limitaciones que es importante reconocer desde el inicio. El estudio se centra exclusivamente en el diseño y validación del modelo, excluyendo la fase de implementación. Además, el alcance se limita a la medición de variables de innovación que impactan directamente en los procesos de producción del café especial, sin profundizar en los posibles efectos sociales o culturales más amplios. Es crucial entender que la investigación solo puede medir las variables específicas, tanto dependientes como independientes, que se han definido en el estudio, sin capacidad para evaluar otros factores externos o efectos inherentes al entorno.

Dadas las características propias del entorno donde se desarrolla el estudio, existen desafíos logísticos significativos que pueden afectar la recolección de datos. El difícil acceso a las zonas cafeteras, las limitaciones en la comunicación y los complejos problemas de orden público son factores que pueden causar retrasos o pérdidas de información. Estas circunstancias podrían resultar en una representación no completamente exhaustiva de todos los procesos del café en la región. A pesar de estos desafíos, la investigación se esfuerza por proporcionar una visión lo más completa posible dentro de las limitaciones mencionadas, reconociendo que los resultados deben interpretarse en el contexto de estas restricciones.

## 2 Marco Conceptual

Esta sección establece los conceptos clave para esta investigación sobre innovación en la producción de café especial sostenible en Colombia. Se definen términos como café especial, innovación agrícola, sostenibilidad en la producción y factores de innovación, así como otros más específicos como certificaciones sostenibles, clusterización y el Modelo de Oslo. Además, se explica la relevancia de la regresión logística y la probabilidad de innovación para el estudio. Este marco conceptual facilita la comprensión de los términos utilizados, creando una base sólida para el análisis de la innovación en la producción de café especial.

- **Café Especial:** El café especial se define como aquel "valorado por los consumidores por sus atributos consistentes, verificables y sostenibles, por los cuales están dispuestos a pagar precios superiores" (Federación Nacional de Cafeteros, 2019). Estos atributos están relacionados con el origen del café, la producción en armonía con el medio ambiente y el compromiso con el desarrollo social de las comunidades productoras.
- **Innovación en el contexto agrícola:** La innovación en la agricultura se refiere a la implementación de nuevas prácticas, tecnologías o métodos que mejoran la eficiencia, productividad y sostenibilidad de los procesos agrícolas. En el contexto del café, esto puede incluir mejoras en técnicas de cultivo, procesamiento, gestión de recursos y comercialización (Devaux et al., 2018).
- **Sostenibilidad en la producción de café:** La sostenibilidad en la producción de café implica prácticas que equilibran las necesidades económicas, sociales y ambientales. Esto incluye métodos de cultivo que conservan los recursos naturales, garantizan condiciones de trabajo justas y permiten la viabilidad económica a largo plazo de los productores (Samper & Quiñones, 2017).
- **Factores de innovación:** Los factores de innovación son elementos clave que impulsan o facilitan la implementación de prácticas innovadoras. En este estudio, se identifican siete factores principales: económico, social, ambiental, producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. Estos factores abarcan diversos aspectos que influyen en la capacidad de una finca cafetera para innovar y producir café especial de manera sostenible.
- **Certificaciones de café sostenible:** Las certificaciones de café sostenible son programas que verifican y garantizan que el café se produce siguiendo ciertos estándares de sostenibilidad.

Tales como, Rainforest, Fairtrade, Conducta 4c, Starbucks y certificaciones orgánicas. Estas certificaciones consideran aspectos como prácticas agrícolas sostenibles, condiciones laborales justas y gestión ambiental responsable (Wahyudi et al., 2020).

- Clusterización en la producción de café: En el contexto de este estudio, se refiere al proceso de agrupar fincas cafeteras basándose en características similares de innovación y producción. Este método se utiliza en el estudio para identificar patrones y tendencias en la adopción de prácticas innovadoras.
- Modelo de innovación: Un modelo de innovación en el contexto de este estudio, se refiere a un marco conceptual y práctico, que identifica y relaciona los factores críticos que permiten a las fincas cafeteras implementar prácticas innovadoras en sus procesos para la producción de café especial sostenible. Este modelo busca proporcionar una guía para mejorar los procesos de producción las fincas cafeteras para generar un café especial.
- Modelo de Oslo: Es un "marco de referencia para la medición de la innovación" (OECD & Eurostat, 2018) que se utiliza en este estudio para examinar los tipos de innovación en relación con las certificaciones de café especial sostenible.
- Finca cafetera innovadora: En el contexto de este estudio, una finca cafetera innovadora es aquella que implementa prácticas avanzadas en sus procesos de producción, tales como la gestión integral de residuos, la adopción de tecnologías digitales y la flexibilidad ante el cambio. Estas fincas se caracterizan por su capacidad para adaptarse a nuevas demandas del mercado y estándares de sostenibilidad.
- Regresión logística en el contexto de innovación: La regresión logística en este estudio, es una herramienta estadística utilizada para modelar la probabilidad de que una finca cafetera sea clasificada como innovadora basándose en la presencia o ausencia de ciertas prácticas o características. Este método permite identificar los factores más influyentes en la capacidad de innovación de una finca cafetera.
- Probabilidad de innovación: En el contexto de este estudio, se refiere a la probabilidad de que una finca cafetera adopte prácticas innovadoras en sus procesos de producción, considerando ciertos factores predictivos.

- Gestión integral de residuos en fincas cafeteras: Se define como el conjunto de prácticas y estrategias implementadas para manejar de manera eficiente y sostenible los residuos generados en todas las etapas de la producción de café.
- Adopción de tecnología digital en la producción de café: Hace referencia a la incorporación y uso de herramientas y sistemas digitales en los procesos de producción, gestión y comercialización del café.
- Flexibilidad ante el cambio en fincas cafeteras: Se entiende como la capacidad de los productores de café para adaptarse rápidamente a nuevas condiciones del mercado, regulaciones o desafíos ambientales, modificando sus prácticas y procesos de producción.

Se proporciona una base sólida para la comprensión de los términos clave y conceptos fundamentales, que sustentan la investigación sobre innovación en la producción de café especial en Colombia. Los conceptos definidos están interrelacionados y forman un conjunto coherente que guía el estudio, desde la definición de café especial hasta las prácticas innovadoras en las fincas cafeteras.

### **3 Marco teórico**

Esta sección presenta los fundamentos teóricos sobre la innovación en la producción de café especial sostenible en Colombia. Se exploran conceptos clave, teorías relevantes y estudios previos que sustentan el trabajo. Primero, se definen términos esenciales como innovación y modelos de innovación para establecer una base conceptual sólida. Luego se analizan los procesos productivos, tanto en general como específicamente en el ámbito agrícola, con énfasis en su aplicación al sector cafetero. A continuación, se profundiza en los tipos de innovación, los métodos para medir sus variables, y los modelos aplicables al contexto específico de la investigación. Finalmente, se aborda el proceso del café, desde el cultivo hasta la comercialización, con especial atención a la producción de café especial en Colombia.

Esta investigación se fundamenta en la teoría de la innovación, tomando como base conceptual el Manual de Oslo (2018), que proporciona un marco para analizar la innovación en los procesos de negocio. Se centra específicamente en la innovación de procesos, enfocándose en "la implementación de procesos de producción, distribución y prácticas organizativas nuevas o significativamente mejoradas". Este enfoque teórico se complementa con los conceptos de innovación agrícola desarrollados por Devaux et al. (2018), quienes resaltan la importancia de la

innovación para mejorar la productividad y sostenibilidad en el sector agrícola. La base teórica se enriquece con las contribuciones sobre innovación tecnológica y no tecnológica de Lambrecht et al. (2014) y los estudios sobre estrategias de innovación de Kalay y Lynn (2015).

La base teórica se aplica específicamente al contexto de la producción de café especial sostenible en Colombia, incorporando criterios de las principales certificaciones como Rainforest Alliance, Fairtrade, Starbucks, IFOAM y el código de conducta 4C, que establecen el marco de referencia para la innovación sostenible en el sector cafetero. El trabajo de Samper y Quiñones-Ruiz (2017) sobre sostenibilidad en la industria cafetera y los estudios de Wahyudi et al. (2020) sobre certificaciones sostenibles como pilares de competitividad son particularmente relevantes para el enfoque de esta investigación, ya que proporcionan perspectivas sobre cómo la innovación puede impulsar prácticas más sostenibles en la producción de café especial.

### **3.1 Innovación**

La conceptualización de la innovación ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Según Aghion et al. (2013), la innovación representa un proceso mediante el cual las organizaciones movilizan y aplican el conocimiento para desarrollar o mejorar productos y tecnologías. Esta perspectiva se complementa con el enfoque de Zhang et al. (2019), quienes enfatizan que la innovación se materializa a través de la implementación exitosa de ideas creativas dentro de las estructuras organizacionales.

Jahani y Hui (2017) citan que “la innovación tiene un impacto fuerte y directo sobre el desempeño de las organizaciones”. También Jahani y Hui (2017) definen que “el desempeño financiero y de producción, positivamente conectan con el desempeño de innovación e innovativo, y actúan como un mediador para tener un impacto directo positivo”. En este sentido Crossan y Apaydin (2010) definen a la innovación “como una actividad esencial por el cual los negocios pueden aumentar la competitividad y tener viabilidad continua”.

Para complementar el concepto, Garud et al (2013) amplían el concepto de innovación al señalar que esta representa un medio fundamental para la generación de beneficios sociales y económicos, a través del desarrollo de nuevos productos, servicios y procesos. Esto sugiere que la innovación va más allá de la simple mejora técnica, y se convierte en una herramienta clave para crear valor tanto a nivel social como económico.

En el contexto de la sostenibilidad, Pisano et al. (2015) resaltan que la innovación trasciende el ámbito puramente tecnológico para abarcar soluciones que satisfacen necesidades sociales específicas. Brook y Pagnanelli (2014) profundizan en esta idea al enfatizar que la innovación, cuando se integra con dimensiones sociales, económicas y ecológicas, se convierte en un requisito esencial para la adaptación a las demandas del mercado y las expectativas sociales.

En las últimas décadas, la innovación ha emergido como una herramienta crucial para abordar los desafíos ambientales y promover el desarrollo sostenible, tanto en países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo (Lai et al., 2017). Esta tendencia se ha visto impulsada por la creciente preocupación por los efectos del cambio climático, que ha llevado a un enfoque renovado en tecnologías innovadoras para reducir las emisiones de carbono y fomentar un desarrollo económico más sostenible. La urgencia de esta necesidad ha catalizado un aumento significativo en la investigación sobre innovación, particularmente en relación con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

Este creciente interés en la innovación como motor de sostenibilidad se refleja claramente en la literatura académica reciente. Para comprender mejor el panorama actual de la investigación en este campo, se realizó un análisis bibliométrico utilizando la base de datos Scopus. La Tabla 2 presenta los autores más citados en investigaciones relacionadas con el tema de innovación, ofreciendo una visión general de los líderes intelectuales en este campo. Este análisis no solo ayuda a identificar las contribuciones más influyentes, sino que también proporciona un contexto valioso para la investigación, situándolo dentro de las corrientes actuales de pensamiento sobre innovación y sostenibilidad en el sector agrícola.

**Tabla 2**

*Autores más citados en investigaciones de innovación*

Nombre de Autor	Nombre del Artículo	Contribución	Citaciones
Wang, Y. (2021)	R&D intensity, foreign direct investment, and green innovation: Evidence from China's manufacturing industries. <i>Journal of Cleaner Production</i>	Explora la relación entre la intensidad de I+D, la inversión extranjera directa y la innovación verde en el contexto de las industrias manufactureras chinas.	1874
Umar M.	COP21 Roadmap: Do innovation, financial development, and transportation infrastructure	Analiza el impacto de la innovación, el desarrollo financiero y la infraestructura de transporte en la sostenibilidad ambiental en China.	1527

Razzaq A.	matter for environmental sustainability in China? Asymmetric link between environmental pollution and COVID-19 in the top ten affected states of US: A novel estimation from quantile-on-quantile approach	Examina la relación entre la contaminación ambiental y COVID-19 en los estados más afectados de EE.UU., utilizando un enfoque innovador de análisis.	1009
Kirikkaleli D.	Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence.	Investiga la importancia del consumo de energía renovable y el desarrollo financiero para la sostenibilidad ambiental a nivel global.	1629
Khan Z.	Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy.	Analiza el papel de la innovación ambiental y la energía renovable en las emisiones de carbono basadas en el consumo y el comercio internacional en los países del G7.	1739
Jiao Z.	Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy.	Analiza el papel de la innovación ambiental y la energía renovable en las emisiones de carbono basadas en el consumo y el comercio internacional en los países del G7.	1106
Ali S.	Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy.	Analiza el papel de la innovación ambiental y la energía renovable en las emisiones de carbono basadas en el consumo y el comercio internacional en los países del G7.	785
Adebayo T.	Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence.	Investiga la importancia del consumo de energía renovable y el desarrollo financiero para la sostenibilidad ambiental a nivel global.	832

*Nota.* La tabla presenta los autores más citados en temas de innovación. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

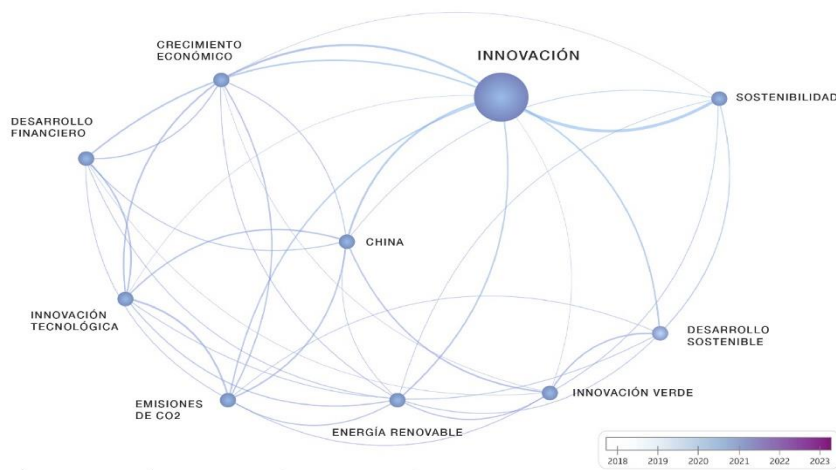
Se identifica contribuciones importantes de autores clave en el ámbito de la innovación y la sostenibilidad. En este sentido, Wang et al. (2021) abordan la relación entre investigación y desarrollo (I+D), inversión extranjera e innovación verde, mientras que Umar et al. (2020) se centran en el impacto de la innovación sobre la sostenibilidad ambiental. Por su parte, Razzaq et

al. (2020) proponen enfoques innovadores para abordar problemáticas ambientales, y Kirikkaleli y Adebayo (2021) destacan la relevancia de la energía renovable y el desarrollo financiero como factores para alcanzar la sostenibilidad. En donde, Khan et al. (2020) analizan el papel de la innovación ambiental en el contexto del comercio internacional.

Estas investigaciones ofrecen información valiosa para el estudio, proporcionando perspectivas clave sobre cómo la innovación puede promover la sostenibilidad y competitividad en sectores como el cafetero, donde la adopción de prácticas sostenibles es esencial para el desarrollo de cafés especiales. Al continuar con el análisis bibliográfico en relación con el tema de innovación se identifican diez palabras clave de autor más comunes en los documentos y que han sobresalido en los últimos años, en temas como las energías renovables, innovación verde y crecimiento económico. La Figura 6 presenta las palabras más representativas entorno a la innovación.

**Figura 6**

*Palabras clave sobre innovación*



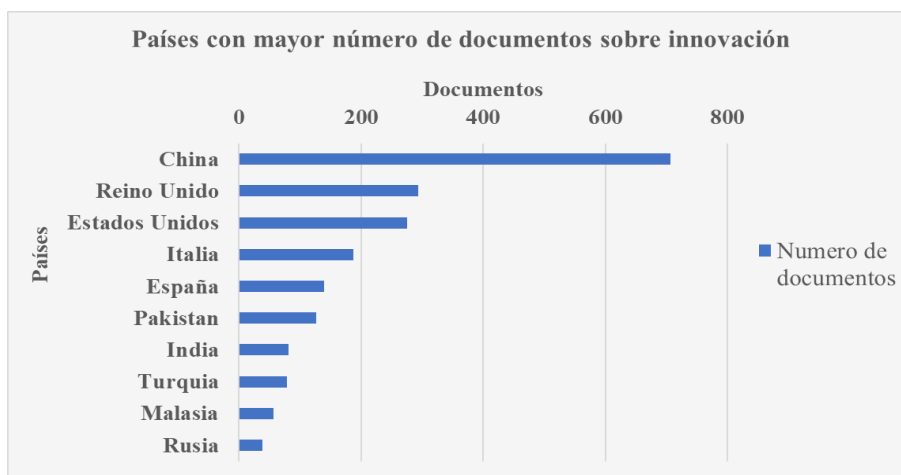
*Nota.* La figura presenta las palabras más significativas de los autores relacionados al tema de la innovación. Diseño a través del software *VOSviewer* con información tomada de la base de datos Scopus.

Ahora bien, en la Figura 7 se presenta la clasificación de los países donde se encuentran los autores que más publican documentos relacionados con la innovación. Este análisis revela que China, el Reino Unido y Estados Unidos se destacan como los principales referentes en el tema,

debido a su alta producción y la calidad de sus investigaciones. La prominencia de estos países sugiere un enfoque significativo en el avance de la innovación, impulsando tanto el desarrollo teórico como la aplicación práctica en diversas industrias. Además, esta clasificación resalta la importancia de la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos para fomentar el progreso en el campo de la innovación

**Figura 7**

*Países con más documentos relacionados con innovación*



*Nota.* La figura presenta los países con más documentos relacionados a la innovación. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación esta alineada con el estudio de Jiao et al. (2020), quien cita que la interacción entre capital humano con innovación tecnológica es una positiva asociación para alcanzar un desarrollo financiero. Además resaltan, el impacto de la innovación como motor de desarrollo para la modernización de las manufacturas, lo que constituye un factor adaptable en el diseño de este modelo de innovación para el proceso de producción de café especial en Colombia.

**3.1.1 Innovación en la agricultura**

Se explora el concepto de innovación y su importancia en el contexto agrícola y empresarial, con definiciones generales de innovación propuestas por diversos autores.

**3.1.2 Tipos de innovación**

En la Tabla 3 se comparte información de los tipos de innovación más significativos de la literatura que sirven como referencia para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 3**
*Teoría sobre los tipos de innovación*

Nombre del proyecto	Autor	Área de tipo de innovación	Definición
¿Cómo los patrones de innovación difieren con respecto al tipo de innovación y las etapas en el viaje de innovación de los agricultores?	Lambrech et al. (2014)	Tecnológica y no Tecnológica	El estudio fue relacionada a los agricultores mostrando los tipos de innovación como: 1) Producto, 2) Proceso, 3) Mercadeo e 4) Innovación organizacional, que permite mejorar la capacidad de innovación en la agricultura.
El impacto de estrategia de innovación en el desempeño de innovación en las organizaciones	Kalay y Lynn (2015)	Tecnológica y no tecnológica	El propósito del estudio es analizar el impacto que tiene los tipos de innovación tales como estrategia de innovación, estructura organizacional, cultura de innovación, capacidad tecnológica, desempeño de innovación de la compañía y relacionamiento entre cliente – proveedor, que se encuentran en la literatura como prácticas de gestión de estrategias de innovación para mejorar el desempeño de innovación de las organizaciones.
Relación entre capacidad de innovación, tipo de innovación y desempeño organizacional	Rajapathirana y Hui (2017)	Tecnológica y no tecnológica	En los objetivos de la investigación adoptan cuatro tipos de innovación, 1) Innovación en productos de servicio, introduciendo nuevos productos y servicios con una mejora significativa en el desempeño característico tales como las especificaciones técnicas, incorporando software que cumplan las necesidades clave de los clientes mucho mejor que los productos existentes, 2) Innovación organizacional, con la implementación de un nuevo método organizacional relacionadas a la practicas del negocio, organización o relaciones externas, 3) Innovación en procesos, con la implementación de nueva o significativamente producción mejorada o métodos de entrega y 4) Innovación en mercadeo, con la introducción de nuevos métodos de mercadeo, productos, precios o promoción del producto.
Innovación exploratoria, innovación explotativa y empleado creativo: La moderación del colectivismo en el contexto chino.	Hong et al. (2018)	Exploratoria y explotativa	Hay dos tipos de innovación organizacional, exploratoria y explotativa, las cuales son esencialmente dos diferentes procesos de implementar nuevas ideas. La innovación exploratoria persigue nuevas iniciativas radicalmente diferentes de las actuales tecnologías y prácticas que tienen las organizaciones, mientras que la innovación explotativa construye sobre las actuales tecnologías y prácticas para alcanzar mejoras incrementales.
Cambiano prácticas de modos	Dorjsuren (2019)	Tecnológica y no tecnológica	Las organizaciones pueden desarrollar tres tipos de innovación, que pueden ser clasificadas en dos

de innovación e interacciones en el caso de Estonia			subcategorías: 1) Innovación tecnológica – relacionada a inversión en infraestructura e investigación y desarrollo, 2) Innovación no tecnológica – relacionada a la investigación en el capital humano.
Innovación en los principales sectores empresariales de Brasil: Características, tipos y comparación de innovación	Oliva et al. (2019)	Tecnológica y no tecnológica	El propósito de la investigación es analizar los procesos de innovación que representan los principales sectores económicos de Brasil. Los principales tipos de innovación según sector económico son: 1) Automotriz es tecnológico, 2) Bienes son tecnológica y no tecnológica, 3) Farmacéutico son tecnológica y no tecnológica, 4) Telecomunicaciones son tecnológica y no tecnológica, 5) Alta tecnología es tecnológica.
Barreras para innovaciones tecnológicas en las pequeñas y medianas empresas: ¿Como solucionarlas?	Indrawati et al. (2020)	Tecnológica	Hay cinco tipos de innovación tecnológica que están enfocadas a la invención de nuevos procesos, invención de nuevos productos, desarrollos de nuevos canales de distribución, implementación de adaptaciones menores a procesos y productos actuales
¿Los tipos de innovación influyen el desempeño de una organización?	Hu et al (2020)	Tecnológica y no tecnológica	Este estudio, es un diseño empírico para explorar como los tipos de innovación como el de procesos, producto, mercadeo e innovación organizacional impactan el desempeño de los hoteles en Ghana.

*Nota.* La tabla presenta los tipos de tipos de innovación más significativos de la literatura. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación esta alineada al estudio de Lambretch et al. (2014), quienes proponen tanto innovaciones tecnológicas como no tecnológicas, señalando que las variables aplicables en la agricultura abarcan el producto, los procesos, el mercadeo y la innovación organizacional, todas ellas orientadas a mejorar la capacidad de innovación. Estas variables podrían ser importantes dentro de la creación de un modelo de innovación para el proceso de producción en las fincas para generar café especial.

### 3.1.3 Medición de las variables de innovación

En las Tablas 4, 5, 6 y 7 se presenta la medición de las variables de innovación, las cuales sirven de referencia para el desarrollo de esta investigación. Estas tablas ofrecen una visión de los diferentes enfoques y metodologías utilizadas en la medición de la innovación en diversos contextos.

**Tabla 4**

*Teoría de medición de variables de innovación - Enfoques de investigación en agricultura*

<b>Autor</b>	<b>Objetivo de la investigación</b>	<b>Variables de innovación</b>	<b>Método de recolección de datos</b>	<b>Escala de medición</b>
Lambrecht et al. (2014)	Investigar el relacionamiento entre socios de red e innovación en la agricultura.	Innovación en producto, proceso, Mercadeo organizacional.	Entrevista	El enfoque de las medidas de las variables considera el estudio de Van de ven et al (2008) y Klerkx et al. (2010), con preguntas y respuestas abiertas para reunir información, para construir una pintura detallada de la realidad.

*Nota.* La tabla presenta enfoques de medición de variables de innovación en agricultura. Parte 1 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 5**

*Teoría de medición de variables de innovación - Estrategias de innovación empresarial*

<b>Autor</b>	<b>Objetivo de la investigación</b>	<b>Variables de innovación</b>	<b>Método de recolección de datos</b>	<b>Escala de medición</b>
Kalay y Lynn (2015)	El propósito del estudio es analizar el impacto que tiene los tipos de innovación tales como estrategia de innovación, estructura organizacional, cultura de innovación, capacidad tecnológica y relacionamiento entre cliente – proveedor.	Estrategia de innovación, estructura organizacional, cultura de innovación, capacidad tecnológica y relacionamiento entre cliente – proveedor.	Encuesta	1) Variables independientes, estrategia de innovación, estructura organizacional y relacionamiento cliente – proveedor) los enfoques de las medidas de las variables consideran el estudio de Oke et al. (2012), la cultura de innovación, el enfoque de la medida de la variable considera el estudio de Martin-de Castro et al. (2013) y Terziovski (2010), y la capacidad tecnológica, el enfoque de la medida de la variable considera el estudio de Su et al. (2013) y Terziovski (2010), generando preguntas que responden en una escala tipo Likert de rango de 0 a 10 (0 = totalmente en desacuerdo, 10 = totalmente de acuerdo).

*Nota.* La tabla muestra estrategias de medición de innovación empresarial. Parte 2 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 6**

*Teoría de medición de variables de innovación - Capacidades de innovación y desempeño organizacional*

<b>Autor</b>	<b>Objetivo de la investigación</b>	<b>Variables de innovación</b>	<b>Método de recolección de datos</b>	<b>Escala de medición</b>
Rajapathirana y Hui (2017)	Explorar el relacionamiento entre capacidades de innovación y tipo de innovación sobre los diferentes aspectos del desempeño de una compañía que considera la innovación, mercadeo y funcionamiento financiero.	Actividad de innovación, capacidad de innovación, desempeño de innovación.	Encuesta	Las medidas de cada tipo de innovación son basadas de definiciones operacionales y teóricas, y aspectos de la literatura del manual de la organización para la cooperación económica y oficina de desarrollo estadístico de las comunidades europeas - OCED de Oslo (2005) que contiene los lineamientos para coleccionar e interpretar datos de innovación.

*Nota.* La tabla ilustra métodos de medición de capacidades de innovación y desempeño organizacional. Parte 3 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 7**

*Teoría de medición de variables de innovación - Innovación sectorial y modos de innovación*

<b>Autor</b>	<b>Objetivo de la investigación</b>	<b>Variables de innovación</b>	<b>Método de recolección de datos</b>	<b>Escala de medición</b>
Oliva, F., Et al. (2019)	Analizar los procesos de innovación de las organizaciones que representan los principales sectores económicos de Brasil	Procesos de innovación y patrones de innovación sectorial	Encuesta	Las variables de innovación son medidas a través del estudio de casos múltiples que permite la identificación de similitudes y diferencias entre los casos analizados (Eisenhardt, 1989; Eisenhardt y Graebner, 2007; Yin, 2010), con creación de preguntas de respuestas abiertas.
Dorjsuren (2019)	Estudiar que modos de innovación e interacción fueron practicados en las organizaciones de Estonia, después de la independencia y como estos modos	Producto, procesos, organizacional e innovación de mercado.	Encuesta	Los tipos de innovación son basados del manual de Oslo (2005) que contiene los lineamientos para coleccionar e interpretar datos de innovación. En el cual las variables independientes (producto, procesos, organizacional e innovación de

han cambiado  
durante los años

mercado) usan un enfoque de preguntas con respuestas cerradas con respuestas de “Si” y “No” que son codificadas con un valor de “1” y “0”, y las variables dependientes que son los modos STI (Science, Technology, Innovation) y DUI (Doing, Using, Interacting) son medidas bajo el enfoque del estudio de Jensen et al. (2007).

*Nota.* La tabla presenta enfoques de medición de innovación sectorial y modos de innovación.

Parte 4 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación esta alineada con el estudio e Rajapathirana y Hui (2017), quienes aplican los tipos de innovación del Manual de Oslo (2005) utilizando un enfoque para medir variables. Este enfoque está respaldado por el trabajo de Bilderbeek (1998), cuyo objetivo es identificar patrones en los servicios de innovación mediante encuestas con preguntas de opción múltiple, con respuestas en una escala de 1 a 5 (donde 1 significa 'Desacuerdo' y 5 'Totalmente de acuerdo'). Dicho enfoque de medición podría ser útil durante el proceso de creación del diseño de este modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### 3.2 Modelo de innovación

El concepto de modelo de innovación ha evolucionado para reflejar la complejidad de los procesos creativos y de implementación en las organizaciones modernas. Cooper (1993) define el modelo de innovación como una estructura sistemática que abarca desde la concepción de ideas hasta su implementación, incluyendo etapas de diseño, prototipado, pruebas e interacción con el mercado. Esta perspectiva se complementa con el enfoque de Ries (2011), quien enfatiza la importancia de la experimentación rápida y la interacción continua con los clientes en el proceso de innovación.

Además, Tidd y Bessant (2020) hacen referencia a que “el modelo de innovación es ampliamente usado como una estructura para entender las etapas de innovación, lo cual sugiere que la innovación implica una serie de etapas, incluyendo la generación de ideas, proyección de ideas, desarrollo del concepto, creación de prototipos y la comercialización”.

Así mismo Bogers et al. (2018) desarrollan un modelo de innovación abierto. Este modelo desafía las nociones tradicionales de innovación cerrada al proponer la incorporación activa de

fuentes externas de conocimiento y experiencia, incluyendo clientes, proveedores y socios estratégicos. El mismo Bogers et al. (2018) argumentan que este enfoque puede resultar en múltiples beneficios, incluyendo la reducción de costos y riesgos, mayor velocidad de llegada al mercado y acceso a un espectro más amplio de ideas y tecnologías.

En la Tabla 8 se presenta los tres autores más citados en investigaciones relacionadas al tema de modelos de innovación, información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 8**

*Autores más citados en investigaciones de modelo de innovación*

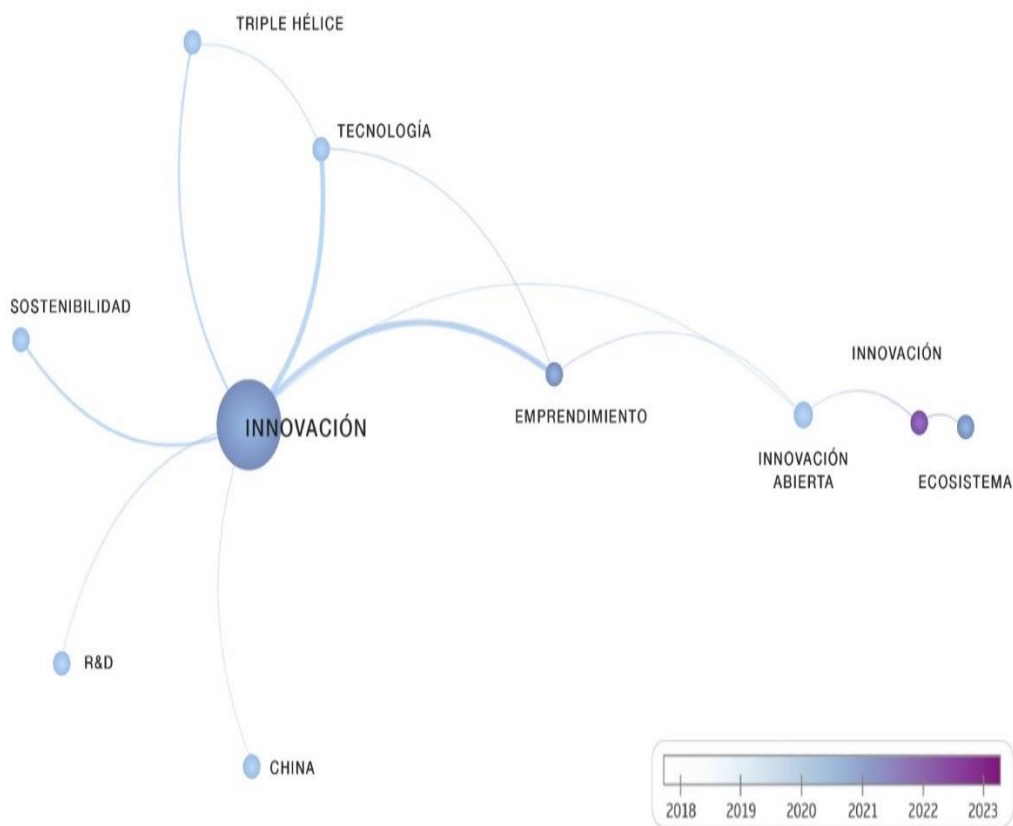
Autor	Documentos	Citaciones
Cai, Y.	3	26
Steenkamp, R.	3	9
Wang, H.	4	4

*Nota.* La tabla presenta los autores más citados en temas relacionados a modelos de innovación. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

En relación con el tema del modelo de innovación, se han identificado las diez (10) palabras clave más representativas utilizadas por los autores en los documentos científicos. El análisis bibliométrico permitió identificar también que durante los últimos años sobresalen temas de investigación como las energías renovables, sostenibilidad, innovación verde, triple hélice y el crecimiento económico. La Figura 8 presenta las palabras más representativas entorno a la innovación.

**Figura 8**

*Palabras clave sobre modelo de innovación*

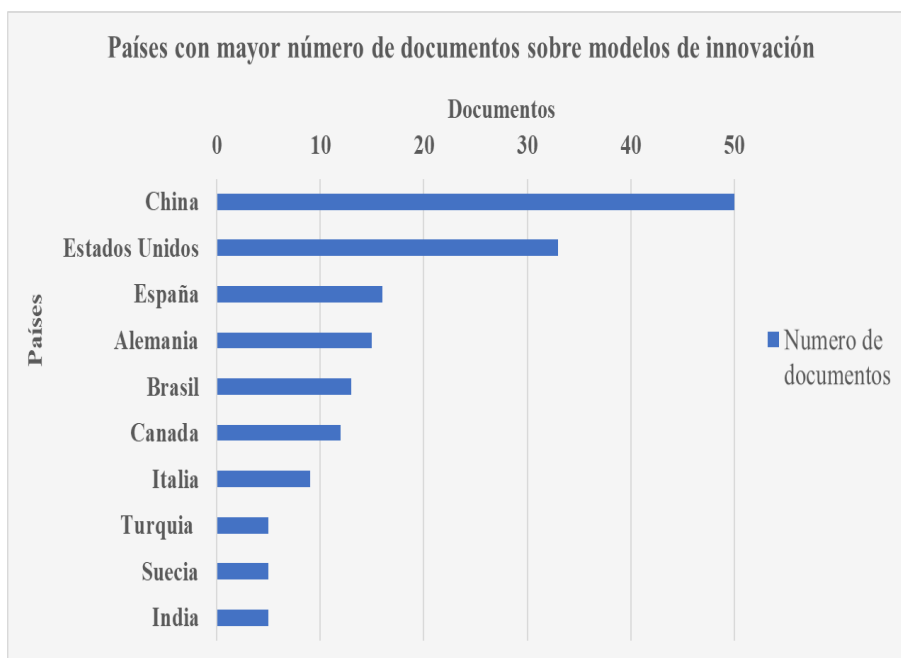


*Nota.* La figura presenta las palabras más significativas de los autores relacionados al tema de modelo de innovación. Diseño a través del software VOSviewer con información tomada de la base de datos Scopus.

En la Figura 9 se comparte la clasificación de los países en los cuales se encuentran los autores que más publican documentos relacionadas con resultados de investigación en el ámbito de modelos de innovación, destacándose China, Reino Unido y Estados Unidos como los focos a seguir en este tema, considerando que son los países con mayor producción científica en el tema de interés.

**Figura 9**

*Países con más documentos sobre temas de modelo de innovación*



*Nota.* La figura presenta los países con más documentos relacionados a modelos de innovación. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación está alineada con el estudio de Steenkamp (2019), quien propone un modelo basado en cuatro corrientes fundamentales: la teoría de la triple gestión, la agilidad mejorada, las asociaciones de triple hélice y las sociedades de época. Siendo la teoría de gestión triple el factor más adecuado para usar en esta investigación, ya que garantiza que la información, los procesos y la tecnología se vuelvan orgánicos y lo suficientemente flexibles permitiendo la interoperabilidad entre ellos. Factores que se podrían adaptar a las variables que se contemplan para el diseño de un modelo de innovación en el proceso de producción de café especial en Colombia.

**3.2.1 Tipos de modelos de innovación**

Las Tablas 9, 10, 11 y 12 presentan los diversos tipos de modelos de innovación que sirven de referencia para el desarrollo de esta investigación. Estas tablas abarcan modelos de innovación en diferentes sectores, incluyendo energía y minería, organizaciones y proyectos, educación y arte, y agricultura y desarrollo rural, proporcionando una visión de su aplicabilidad en distintas áreas.

**Tabla 9**
*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Sector energético y minero*

Nombre del proyecto	Objetivo de la investigación / Sector Empresarial	Variables	Enfoque de la investigación	Contribuciones
Un modelo de actividades de innovación en pequeñas compañías, en el contexto de actividades financieras: Ejemplo del sector de energía renovable Kus y Gregor (2021)	Desarrollar un modelo para explicar incentivos financieros para la implementación de soluciones innovativas en pequeños negocios del sector de la energía / Industria	Variable dependiente son las actividades de innovación de las compañías, y las variables independientes son presupuesto de investigación, acceso a fuentes financieras, grados de actividades informáticas de aspectos financieros y contables.	Cuantitativo	El modelo genera una explicación clara de los incentivos financieros por la implementación de las soluciones innovativas en pequeños negocios de la industria de energías renovables, resaltando la importancia del apoyo financiero y sectorial para las pequeñas compañías con la finalidad de generar implementaciones de innovación.
Operacionalización de un modelo de innovación para la industria minera, Lay et al. (2022)	Identificar prácticas que soportan el desarrollo para implementación de innovaciones en el contexto de minería / Industria	Procesos de innovación.	Cualitativo	En las prácticas de innovación se identificó seis facilitadores de cultura de innovación que están relacionadas con la apertura de nuevas ideas, reconocimiento de oportunidad, implementación de nuevas ideas, conocimiento del riesgo, trabajo en equipo y participación en ecosistemas de innovación.

*Nota.* Esta tabla presenta modelos de innovación en los sectores de energía renovable y minería.

Parte 1 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 10**
*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Organizaciones y proyectos*

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Objetivo de la investigación / Sector Empresarial</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Enfoque de la investigación</b>	<b>Contribuciones</b>
Impacto de las redes de innovación organizacional en la sinergia de la innovación tecnológica trans-organizacional: Evidencia de megaproyectos prácticas en China, Zhao et al. (2022)	Desarrollar un hipotético modelo de innovación de redes organizacionales, enfocándose en el rol mediador del relacionamiento interorganizacional y el efecto moderado de los ambientes de innovación tecnológica / Industria	Variable dependiente es la innovación tecnológica en una organización transversal, y como variable independiente es la red de innovación organizacional.	Cuantitativo	Se identifica que en un ambiente de innovación tecnológica que tiene un efecto positivo en el relacionamiento entre redes de innovación organizacionales e interorganizacionales, así mismo tiene un impacto positivo entre Inter organizaciones y la innovación tecnológica trans-organizacional.
Un modelo de innovación tridimensional en las organizaciones deportivas, Corthouts et al. (2021)	Direccionar las limitaciones de las tipologías actuales y determinantes de la innovación proponiendo uno tridimensional / Deporte	Como variables se encuentra la gerencial, organizacional y ambiental.	Cuantitativo	Este estudio contribuye al empirismo entorno a la innovación, mostrando que una vista multidimensional de innovación dentro de múltiples tipos de organización afecta la asociación entre innovación y determinación.

*Nota.* Esta tabla muestra modelos de innovación en organizaciones y proyectos. Parte 2 de 4.

**Tabla 11**
*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Educación y arte*

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Objetivo de la investigación / Sector Empresarial</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Enfoque de la investigación</b>	<b>Contribuciones</b>
La influencia de la innovación empresarial y el emprendimiento del modelo de enseñanza en el arte moderno, Xuan y Wang (2022)	Explorar la importancia de la innovación y el espíritu empresarial de la educación artística en China / Artes	Creatividad, iniciativa, interés, ideación, independencia y concentración	Cuantitativo	La propuesta innovativa entrega un panorama completo de la característica del arte en las universidades, que sirve como herencia cultural, innovación, desarrollo de la cultura de las industrias creativas

*Nota.* Esta tabla presenta un modelo de innovación en educación artística. Parte 3 de 4. Diseño.

**Tabla 12**
*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación - Agricultura y desarrollo rural*

Nombre del proyecto	Objetivo de la investigación / Sector Empresarial	Variables	Enfoque de la investigación	Contribuciones
Modelos de innovación en la producción de café en la Sierra Norte de Puebla-México Barrera et al. (2021)	Analizar los modelos de innovación productiva y comercial de los productores de café / Agricultura	Las variables de innovación están agrupadas en nueve categorías relacionadas a nutrición, control de maleza, sanidad, manejo sostenible de recursos, mejoramiento genético, establecimiento y manejo de plantación, cosecha, administración y organización	Cuantitativo	Contribuye con la identificación de las categorías con mayor índice de innovación, las cuales están en las variables de cosecha, control de maleza, establecimiento, manejo de plantación y sanidad.
Elementos diferenciales de un modelo de innovación exitoso de ampliación “Scaling up”, Mosquera et al. (2022)	Identificar cuáles de los elementos del modelo de ampliación han permitido los mejores resultados en el proyecto papas más nutritivas / Agricultura	Características de la innovación, trabajo transdisciplinario y elementos facilitadores del proceso	Cualitativa	Contribuye con la identificación de elementos clave durante el proceso de innovación relacionados al cambio social y agricultura. Los elementos exitosos del modelo de ampliación fueron, 1) Guía de selección de objetivos, 2) Definición del método de trabajo con las características de innovación, 3) Desarrollo de capacidades locales, 4) Credibilidad institucional y 5) Confianza en el equipo ejecutor.

*Nota.* Esta tabla presenta modelos de innovación en agricultura y desarrollo rural. Parte 4 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación esta alineada con los modelos de innovación de Zhao et al. (2022), quienes enfatiza la significativa contribución de la innovación tecnológica en el fortalecimiento de las conexiones entre las redes de innovación, tanto a nivel organizacional como interorganizacional, y también esta alineada con Mosquera et al. (2022) quienes han desarrollado

un modelo de innovación escalable (*Scaling up*) específico para el sector agrícola. Este último modelo resulta particularmente relevante por su integración de elementos clave como las características de innovación, el trabajo interdisciplinario y los facilitadores de proceso. Variables de innovación contenidas en estos enfoques, que podrían ser punto de referencia para esta investigación, que busca generar el diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia..

### 3.2.2 Tipos de modelos de innovación agroindustrial

Se muestran en las Tablas 13, 14 y 15 los tipos de modelos de innovación agroindustriales, organizados en tres categorías principales: sostenibilidad y sistemas agroalimentarios, agricultura digital y transición, y clima y economía circular. Estos modelos sirven de referencia para el desarrollo de esta investigación, proporcionando diferentes perspectivas sobre la innovación en el sector agrícola y cafetero.

**Tabla 13**

*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales - Sostenibilidad y sistemas*

Nombre del Proyecto/Autor	Objetivo de la investigación	VARIABLES de innovación	Tipo de análisis	Contribuciones
Towards a Balanced Sustainability Vision for the Coffee Industry. Samper y Quiñones-Ruiz,( 2017)	Explorar la integración de la sostenibilidad en la innovación del sector cafetero	Prácticas sostenibles, Calidad del café, Equidad en la cadena de valor	Cualitativo	Propone un enfoque holístico para la innovación en el sector cafetero que equilibra aspectos económicos, sociales y ambientales. Destaca la importancia de las certificaciones de sostenibilidad como impulsores de la innovación. Ofrece un marco para evaluar y mejorar la sostenibilidad en toda la cadena de valor del café.
Innovation and development in agricultural and food systems. Barjolle et al. (2017)	Analizar los procesos de innovación en sistemas agroalimentarios, incluyendo el café	Innovaciones técnicas, Innovaciones organizativas, Innovaciones institucionales	Cuantitativo	Demuestra cómo la efectividad de las innovaciones varía según el contexto local y la interacción entre diferentes tipos de innovación. Identifica el papel crucial de las políticas públicas en la promoción de innovaciones sostenibles.

Proporciona evidencia sobre la importancia de las redes de actores en la difusión de innovaciones agrícolas.

*Nota.* Esta tabla presenta los tipos de modelos de innovación agroindustriales relacionados con sostenibilidad y sistemas. Parte 1 de 3. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 14**

*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales – Agricultura digital y transición*

Nombre del Proyecto/Autor	Objetivo de la investigación	VARIABLES de innovación	Tipo de análisis	Contribuciones
Digital agriculture and agricultural extension", Fabregas et al. (2019)	Examinar el potencial de las tecnologías digitales para transformar la extensión agrícola	Tecnologías de información y comunicación, Servicios de asesoramiento digital, Adopción de tecnología por agricultores	Cualitativo	Identifica oportunidades y desafíos en la implementación de tecnologías digitales para mejorar la innovación y productividad agrícola. Analiza el impacto potencial de las tecnologías digitales en la reducción de las brechas de información en la agricultura. Propone estrategias para superar las barreras en la adopción de tecnologías digitales por parte de pequeños agricultores.
Agroecological transitions: What can sustainability transition frameworks teach us?" (El Bilali, 2020)	Analizar cómo los marcos de transición hacia la sostenibilidad pueden aplicarse a las transiciones agroecológicas	Prácticas agroecológicas, Sistemas alimentarios sostenibles, Innovaciones sociales	Cualitativo	Proporciona perspectivas sobre cómo facilitar transiciones hacia sistemas agrícolas más sostenibles e innovadores. Identifica los factores clave que influyen en la adopción de prácticas agroecológicas a diferentes escalas. Ofrece recomendaciones para políticas que apoyen las transiciones agroecológicas.

*Nota.* Esta tabla presenta los tipos de modelos de innovación agroindustriales relacionados con agricultura digital y transición. Parte 2 de 3. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 15**
*Teoría sobre los tipos de modelos de innovación agroindustriales – Clima y Economía Circular*

<b>Nombre del Proyecto/Autor</b>	<b>Objetivo de la investigación</b>	<b>Variabes de innovación</b>	<b>Tipo de análisis</b>	<b>Contribuciones</b>
Climate-smart agriculture and innovation in rural areas. Lipper et al. (2020)	Examinar la relación entre la agricultura climáticamente inteligente y la innovación en áreas rurales	Adaptación al cambio climático, Mitigación de emisiones, Resiliencia de sistemas agrícolas	Mixto Cualitativo- Cuantitativo	Destaca el papel crucial de la innovación en la adaptación de la agricultura al cambio climático y en la mejora de la seguridad alimentaria. Proporciona evidencia sobre la efectividad de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes en diferentes contextos. Ofrece recomendaciones para integrar la innovación en las políticas de desarrollo rural y adaptación al cambio climático.
Innovation in the coffee sector: Towards a circular economy model. Pereira et al. (2021)	Investigar la aplicación de principios de economía circular en la innovación del sector cafetero	Valorización de residuos, Modelos de negocio circulares, Ecoeficiencia	Cuantitativo	Presenta estrategias innovadoras para reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia en la cadena de valor del café. Identifica oportunidades de creación de valor a partir de subproductos y residuos del café. Propone un marco para la transición hacia modelos de negocio circulares en la industria cafetera.

*Nota.* Esta tabla presenta los tipos de modelos de innovación agroindustriales relacionados con clima y economía circular. Parte 3 de 3. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación esta alineada con el modelo de Samper y Quiñones-Ruiz (2020) quienes destacan la importancia de las certificaciones de sostenibilidad como impulsores de la innovación, cuyas variables de innovación relacionadas con las prácticas sostenibles, calidad del café y equidad en la cadena de valor, podrían servir como punto de referencia para esta investigación, para generar el diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### 3.3 Procesos de producción

En las últimas décadas, el enfoque hacia los procesos productivos ha evolucionado notablemente. Wagner et al. (2017) conceptualizan el proceso de producción como la integración estratégica entre trabajo y capital para la creación de bienes y servicios. Esta perspectiva se complementa con investigaciones posteriores donde Wagner et al. (2019) profundizan en la importancia del factor trabajo como elemento clave para incrementar la productividad y eficiencia en los procesos productivos.

Chase et al. (2006) ofrecen una perspectiva sistemática, describiendo el proceso de producción como una secuencia estructurada de pasos que transforman un conjunto de entradas en resultados deseados, sean estos bienes o servicios. Esta visión se amplía con el trabajo de Jacobs y Chase (2017), quienes enfatizan que la producción representa un proceso de combinación y transformación de recursos en productos finales, incorporando sistemas y operaciones que agregan valor a la creación de productos y servicios.

Así mismo Ducker (2012) referencia sobre la importancia de la innovación en los procesos de producción, argumentando que “los negocios deberían enfocarse en la creación de nuevos productos y procesos, con el fin de permanecer competitivos y satisfacer las necesidades dinámicas de los clientes”. De esta forma Teece (2010) argumenta que “el proceso de producción puede ser una fuente de innovación en sí misma, que requiere del despliegue de nuevas tecnologías y capacidades organizacionales para mejorar la eficiencia, calidad e interés a las necesidades del cliente”.

Un ejemplo de innovación en procesos productivos se encuentra en el trabajo de Ohno (2013), reconocido por sus contribuciones al desarrollo del sistema de producción de Toyota. Su enfoque se centra en la eliminación sistemática de desperdicios de recursos y el incremento de la eficiencia operativa. El sistema desarrollado por Ohno se fundamenta en principios de mejora continua y en el empoderamiento del personal para identificar y eliminar ineficiencias en el proceso productivo.

Esta investigación se alinea con lo planteado por Jacobs y Chase (2017), quienes sostienen que la producción implica combinar y transformar diversos recursos mediante un sistema que aporta valor a los productos finales. También esta alineada con Teece (2010) que argumenta que el proceso de producción puede ser “una fuente de innovación en sí misma, que requiere del

despliegue de nuevas tecnologías y capacidades organizacionales para mejorar la eficiencia, factores y recursos”. Teorías aplicables para el desarrollo del diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### **3.3.1 Procesos de producción en la agricultura**

Norwood et al. (2015) conceptualizan la producción agrícola como un proceso integral que abarca desde el cultivo hasta la comercialización de productos para consumo humano y otros usos. También los mismos Norwood et al. (2015) enfatizan la complejidad de este proceso, señalando que involucra una amplia gama de actividades y recursos, incluyendo tierra, trabajo, capital y recursos naturales. En palabras de Reardon et al. (2018) profundizan en esta perspectiva al describir el proceso de producción agrícola como una serie de actividades interdependientes que transforman insumos en productos finales.

Así mismo Krajewski et al. (2019) explican que el proceso de producción agrícola incluye la transformación de materias primas en productos y servicios finales, lo que requiere la planificación, programación y control del flujo de materiales e información para asegurar una mayor eficiencia y un uso óptimo de los recursos, contribuyendo a mejorar tanto los rendimientos como la rentabilidad.

La dimensión innovadora en la agricultura cobra especial relevancia en el trabajo de Devaux et al. (2018), quienes subrayan la importancia fundamental de integrar innovaciones en los procesos productivos agrícolas para mejorar tanto la productividad como la sostenibilidad. Esta perspectiva se enriquece con las aportaciones de Vanlauwe et al. (2014), quienes identifican diversas áreas de innovación potencial, incluyendo el desarrollo de variedades de semillas mejoradas, la implementación de tecnologías de precisión y la adopción de prácticas avanzadas para el manejo de la fertilidad del suelo.

En esta misma dirección Raza et al (2021) resaltan que “la innovación sirve para mejorar la eficiencia y la productividad de los procesos de producción de la agricultura”, y también Oyinbo y Akintoye (2019) indican que “innovaciones tales como la agricultura de precisión, la irrigación inteligente y tecnologías agrícolas pueden ayudar a optimizar el uso de recursos y reducir las pérdidas”.

Esta investigación esta alineada con las teorías propuestas por Raza et al (2021) quienes resaltan la relevancia de la innovación en los procesos productivos agrícolas, destacando áreas

como la agricultura de precisión y el desarrollo e implementación de tecnologías. Estas variables de innovación podrían ser consideradas en esta investigación y considerarse como factores diferenciales para el diseño de un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### **3.4 Proceso del café**

La siguiente información está relacionada con el proceso del café en cada una de las sus etapas.

#### **3.4.1 Producción de café**

El proceso de producción inicia desde la semilla y finaliza en la disposición del producto en manos del cliente, para lo cual se deben realizar los siguientes pasos.

Paso 1 - Plantando la semilla, usualmente “las semillas son plantadas en largas camas (Almácigos) en viveros sombreados, las plantas son regadas constantemente de agua y cubiertas del brillo del sol hasta que estén fortalecidas”(Asociación Nacional del Café - ANC, 2020). Generalmente, la siembra se realiza en la estación húmeda, cuando el sol permanece cubierto, permitiendo que las raíces se establezcan con firmeza (Asociación Nacional del Café - ANC, 2020). Acorde con Colfresh (2020) enfatiza la importancia de la preparación adecuada del terreno, considerando factores críticos como el espaciamiento entre plantas según la variedad y el manejo nutricional apropiado..

Paso 2 - Cosechando la cereza, las plantas de café requieren de 3 a 4 años para alcanzar su máxima capacidad de producción, dependiendo de la variedad. Este fruto, denominado cereza de café, adquiere un color brillante y un tono rojo profundo cuando está maduro y listo para ser cosechado (ANC, 2020). Así mismo Colfresh (2020) resalta la importancia de cosechar selectivamente solo los granos que han alcanzado la madurez completa, reconocibles por su coloración roja o amarilla.

La recolección de la semilla es selectiva, en donde “los recolectores solo tomaran frutos seleccionados que deben estar en el punto de maduración, a causa de que este tipo de labor es intensa y costosa, se acostumbra a recoger primariamente los granos de tipo arábico más finos” (ANC, 2020). Así mismo Colfresh (2020) recuerda que nunca se debe cosechar café verde o pintón, ya que esto afectará la calidad del café, resultando en un sabor astringente al momento de disfrutar una taza de café.

Acorde con la ANC (2020) típicamente hay una cosecha mayor en el año, y en países como Colombia, donde se producen dos florecimientos anuales, se distinguen una cosecha principal y una secundaria. Además, la Organización Internacional del Café (OIC, 2021) indica que la cosecha principal de café se realiza una vez al año, aunque su momento puede variar según la región y el clima. En Colombia y Brasil, esta cosecha se lleva a cabo entre mayo y septiembre, mientras que en Etiopía ocurre entre octubre y febrero.

El método de recolección varía significativamente según las características geográficas y el nivel de tecnificación de cada país productor. La Asociación Nacional del Café (ANC, 2020) señala que en la mayoría de las regiones productoras predomina la recolección manual, un proceso que requiere considerable esfuerzo físico y precisión. Sin embargo, en países como Brasil, donde los cultivos se encuentran en terrenos planos, se ha logrado implementar la recolección mecanizada, lo que permite una mayor eficiencia en el proceso de cosecha.

Paso 3 - Procesando las cerezas, una vez que se han recogido las cerezas de café, es crucial procesarlas lo más rápidamente posible para evitar que la fruta se deteriore. Dependiendo de la ubicación y los recursos locales, el café se puede procesar de una o dos maneras (ANC, 2020).

Primera forma es llamada método de secado, “el cual es un método antiguo de procesamiento de café, que aún es usado en muchos países donde las fuentes de agua son limitadas” (ANC, 2020), en donde las cerezas “recién recogidas son simplemente extendidas una gran superficie para secar al sol, y para evitar que las cerezas se deterioren, son rastrilladas y volteadas durante el día, este proceso debe continuarse durante días hasta que el valor de humedad quede en 11%” (ANC, 2020).

Segunda forma es llamada método húmedo, “se remueve la pulpa de la cereza del café después de cosechado para que el grano sea secado. Inicialmente las cerezas recién cosechadas son pasadas a través de una maquina despulpadora que separa la piel y la pulpa del grano” (ANC, 2020). En este sentido Ibrahim y Muhl (2023) argumentan que las máquinas despulpadoras son un equipo esencial en el proceso de producción del café, ya que eliminan la pulpa externa o piel del grano de café. Esto se logra mediante la rotación de un tambor o cilindro con una superficie abrasiva que frota contra la cereza, separando efectivamente la pulpa.

los granos se clasifican por peso al pasar por un canal de agua, donde los más ligeros flotan y los más pesados se depositan en el fondo del tanque. Después, los granos se conducen a través

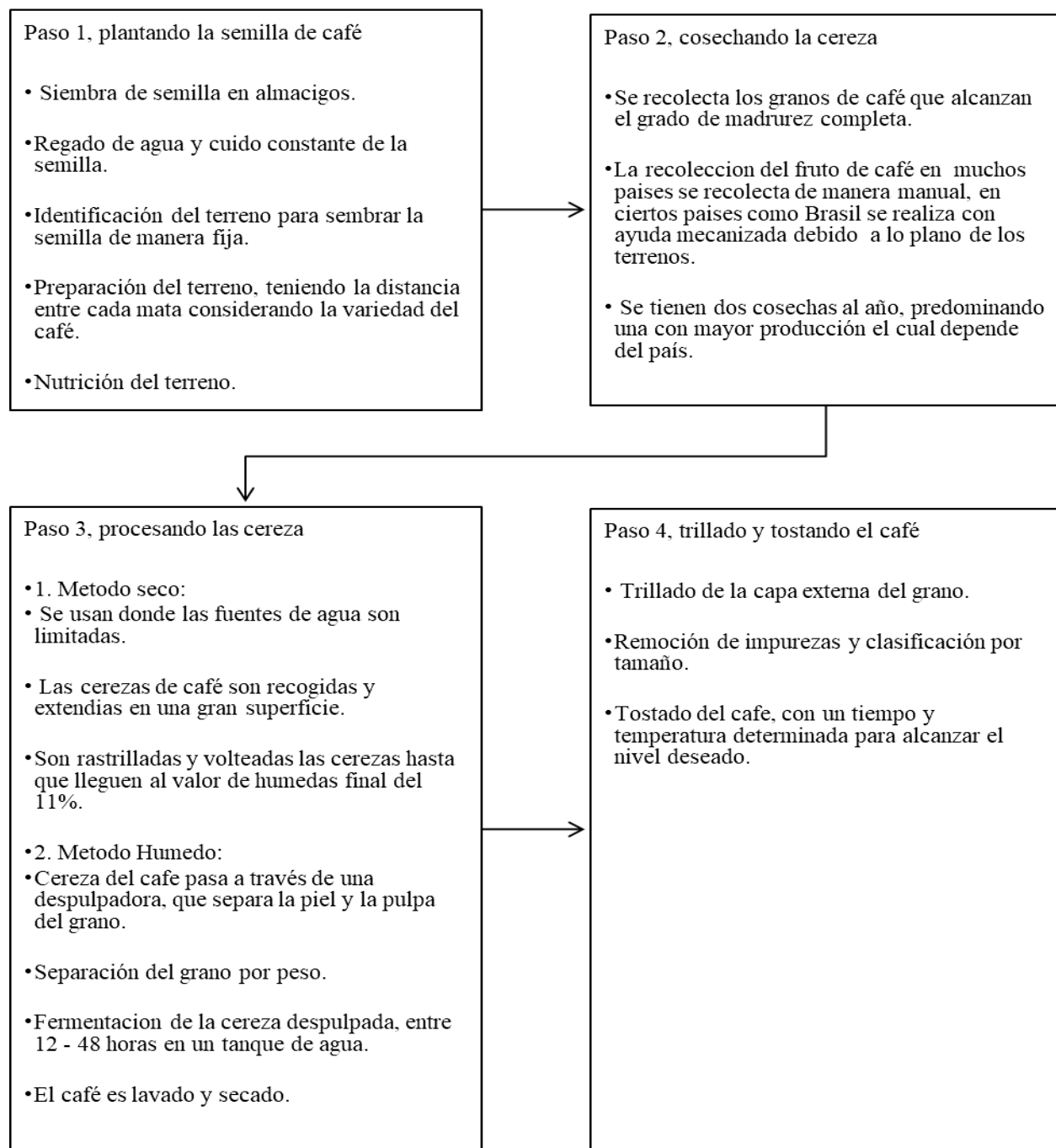
de tambores giratorios que los separan según su tamaño (ANC, 2020). Una vez separado, el café despulpado “es transportado a un gran tanque de agua para fermentación, en esta condición queda por los menos de 12 a 48 horas, dependiendo de condiciones específicas relacionadas con el grado y la altitud en donde se desarrolla el proceso” (ANC, 2020), luego de este tiempo, se elimina la ligera capa llamada mucílago, que se descompone a través de un proceso natural de enzimas. Una vez completada la fermentación, el grano se siente áspero al tacto (ANC, 2020). Luego, los granos son lavados y secados; cada método utilizado durante este proceso contribuye a definir el sabor de manera diferente (Deribe, 2019).

Paso 4 – Trillado y tostado el café. Así mismo, Getaneh (2020) describe el proceso final de preparación del café, que comienza con el trillado del grano seco para eliminar el pergamino y otras capas externas. Este procedimiento se realiza mediante maquinaria especializada que simultáneamente limpia las impurezas y clasifica los granos según su tamaño y densidad. El autor enfatiza que el tostado representa la etapa culminante y más delicada del proceso, donde el grano verde se transforma en un producto aromático mediante un control meticuloso de variables como temperatura y tiempo, factores cruciales para alcanzar el nivel de tueste deseado..

La Figura 10 muestra los pasos del proceso que tiene el café en cada una de las etapas de producción, con factores y aspectos importantes para la investigación, cuyo objetivo es la creación de un diseño de modelo de innovación en el proceso de producción del café especial en Colombia.

**Figura 10**

*Pasos del proceso de producción del café*



*Nota.* La figura presenta los pasos del proceso producción del café. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus, que está relacionada con el punto 3.5.1 de esta investigación.

Esta investigación esta alineada con mejorar las prácticas en las fincas cafeteras, específicamente en los procesos de producción del café, identificando las variables clave diferenciadoras, con la finalidad de construir un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### **3.4.2 Comercialización del café.**

La comercialización del café constituye un mercado globalizado caracterizado por complejas interacciones entre productores, consumidores y comercializadores, según describe la Organización Internacional del Café (OIC, 2021). Este mercado responde a diversos factores externos, incluyendo condiciones climáticas, dinámicas geopolíticas y variables macroeconómicas.

Así mismo la Asociación Americana de Café de Especialidad - AACE (2018), sostiene que “el precio del café es determinado por un rango de factores de proveedores y demanda, que incluye niveles de producción, condiciones económicas globales y brotes de enfermedades. Paralelamente, se ha desarrollado una tendencia creciente hacia prácticas comerciales éticas y sostenibles, manifestada en certificaciones de comercio justo, canales de comercialización directa e iniciativas de sostenibilidad. (AACE, 2018).

Por su parte la OIC (2019), destaca la participación de diversos actores en la cadena de comercialización, incluyendo caficultores, tostadores, comerciantes y minoristas. En los países en desarrollo, los productores típicamente comercializan su café a través de importadores y exportadores, quienes posteriormente procesan y distribuyen el producto a través de canales minoristas, incluyendo supermercados, restaurantes y plataformas digitales..

Según la editorial de la revista Molienda Diaria Perfecta – MDP (2019) cita que hay diferentes vías de comercialización “llamado comercio directo que es cuando los caficultores venden sus granos verdes a los tostadores de forma directa, sea como individuo o a través de una cooperativa de café, y modelo de comercio importador – exportador que es cuando compran o venden el producto como individuo o por medio de una cooperativa directamente con los tostadores”. Así mismo MDP (2019) menciona que los compradores locales, conocidos como intermediarios, desempeñan la función de enlace entre el caficultor y el comprador.

### 3.4.3 Tipos de Café

El mercado cafetero ofrece una diversa gama de variedades, cada una caracterizada por perfiles de sabor y métodos de preparación distintivos. De acuerdo con Molienda Diaria Perfecta (MDP, 2022), las variedades más destacadas incluyen el arábica, robusta y los cafés de especialidad. El café arábica se distingue por su sabor refinado y baja acidez, mientras que el robusta presenta un perfil más intenso y mayor contenido de cafeína. Los cafés de especialidad, por su parte, desarrollan características únicas según su región de origen, influenciadas por factores como la altitud, las condiciones edáficas y el clima.

En este sentido la ANC (2022), identifica cuatro categorías principales de café. El arábico, líder en popularidad, se caracteriza por notas frutales y chocolatadas. El robusta destaca por su intensidad y amargor característico. Las variedades libérica y excelso, aunque menos conocidas, aportan perfiles únicos: la primera con notas florales y frutales, y la segunda con distintivas notas chocolatadas. Cada variedad refleja las características particulares de su región de origen.

Según el Instituto de Investigación del Café – IIR (2022) hay muchas variedades de café “cada una está determinada por su propio sabor y condiciones de cultivo, una de las variedades más conocidas es la llamada Jamaican Blue Mountain, la cual es cultivada en las montañas de Jamaica que es valorada por la suavidad en el sabor y poca amargura, entre otras variedades localizadas en diferentes países”.

En Colombia, se cultiva principalmente café del tipo arábica. Con la creación del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE), se han implementado varios cambios en la caficultura que están estrechamente relacionados con el mejoramiento genético (Cortina, 2013). Esto ha llevado a la creación de variedades como típica, bourbon, caturra, colombia, tabi y castillo, las cuales presentan mayor resistencia a la roya, a diversas enfermedades, mejor calidad, y algunas de ellas tienen un mayor porcentaje de granos grandes (Cortina, 2013).

Esta investigación se desarrolla en una región donde el tipo de café es arábica, reconocido por su suavidad, delicadeza y baja acidez. Cuyo propósito es identificar las variables diferenciadoras que permita mejorar la calidad del producto. De esta manera, se buscar crear un modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### 3.4.4 Café especial

La definición de café especial se fundamenta en la percepción y valoración diferencial por parte de los consumidores. Parga (2022) señala que esta categoría se distingue de los cafés convencionales por características particulares que justifican un precio superior en el mercado. Adicional la FNC (2019), amplía esta definición, enfatizando que los cafés especiales colombianos se caracterizan por atributos consistentes, verificables y sostenibles que generan una disposición en los consumidores a pagar precios más elevados, lo cual repercute directamente en el bienestar de los productores. Así mismo la FNC (2019) define que “estas características están dadas por el origen del café (Categoría origen), por la producción en armonía con el medio ambiente (Categoría sostenible) y el compromiso con el desarrollo social de las comunidades (Categoría social)”.

Acorde a la Asociación Americana de Café de Especial – AACE (2016), establece parámetros técnicos específicos, clasificando como especial aquel café que alcanza una calificación mínima de 80 puntos en una escala de 100. Esta calificación se obtiene mediante una combinación precisa de factores de cultivo, incluyendo la altitud óptima, temporalidad adecuada de siembra, calidad del suelo y momento preciso de recolección, elementos que en conjunto contribuyen a crear un producto de características superiores..

La producción del café especial comienza con “la selección cuidadosa y de alta calidad del café, los granos son típicamente cultivadas en específicas regiones, tales como altitudes altas y suelos volcánicos, en la recolección son recogidas a mano los granos maduros” (AACE, 2022), luego “son cuidadosamente procesadas dejando la capa más delgada de la cereza, que es removida de manera natural o lavado, para luego enviar a tostar con la finalidad de obtener un sabor característico único” (AACE, 2022).

PDG (2022) menciona que la producción de café especial se centra en la sostenibilidad y la responsabilidad social. Muchos productores implementan prácticas ambientalmente amigables, sostenibles y éticas, como la agricultura orgánica y tarifas de pago justo para los trabajadores recolectores. Esto no solo promueve una mayor riqueza en la sociedad, sino que también contribuye a mejorar la calidad y el sabor del café.

El café especial constituye el aspecto central de esta investigación. Este estudio busca identificar las variables que crean diferenciación en términos de prácticas éticas, ambientales, de

sostenibilidad y tecnológicas. La finalidad es desarrollar un diseño de modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

Se realiza un análisis detallado en la Tabla 16, sobre los autores más citados en relación con investigaciones de café especial, con la finalidad de encontrar teorías y análisis que puedan aportar a esta investigación.

**Tabla 16**

*Teoría sobre café especial.*

Autores	Nombre de artículo	Contribución	Citaciones
Várady et al. (2021)	Heavy-Metal Contents and the Impact of Roasting on Polyphenols, Caffeine, and Acrylamide in Specialty Coffee Beans	El estudio reveló que el tostado oscuro disminuye los niveles de acrilamida, mientras que el tostado ligero mantiene niveles similares de cafeína y polifenoles, proporcionando información valiosa para optimizar el proceso de tostado en función de la salud y calidad del café.	3
Zotarelli et al. (2022)	Effect of fermentation on the physicochemical characteristics and sensory quality of Arabica coffee	En este trabajo se describe el paso inicial hacia la parametrización de los procesos de fermentación, dado que las variables de respuesta de temperatura y tiempo de fermentación, fueron óptimas y mejoraron la calidad sensorial del café como bebida. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , un producto comercial que ya se encuentra disponible para los productores, puede asegurar un aumento en la calidad sensorial del café.	1
Tieghi et al. (2024)	Effects of geographical origin and post-harvesting processing on the bioactive compounds and sensory quality of Brazilian specialty coffee beans	El estudio destaca el valor de integrar el análisis de metabolitos objetivo con herramientas estadísticas para aumentar la caracterización de los granos de café de especialidad, ofreciendo nuevos conocimientos para la evaluación de la calidad con un enfoque en sus compuestos bioactivos.	1
Vale et al. (2024)	Exploring Microbial Influence on Flavor Development during Coffee Processing in Humid Subtropical Climate through Metagenetic–Metabolomics Analysis	Este estudio contribuye a una comprensión más amplia de cómo la ecología microbiana interactúa con los factores ambientales para influir en la fermentación de alimentos y bebidas, un tema de	1

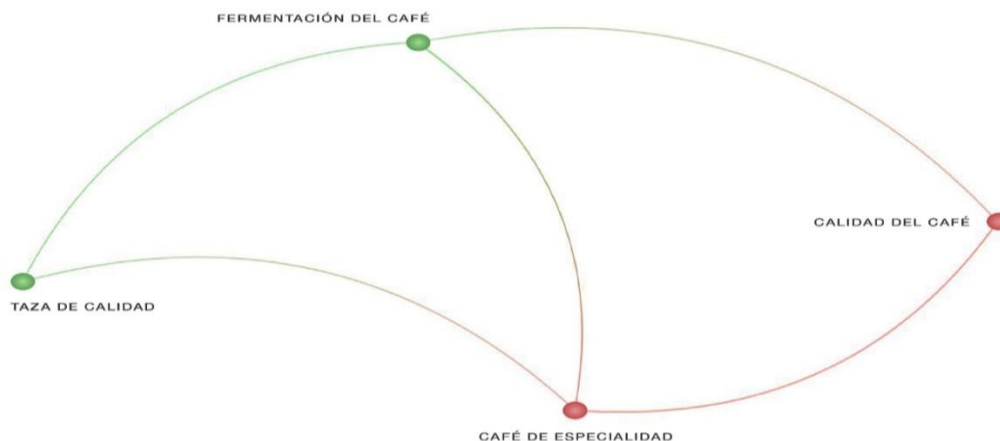
Viana et al. (2024)	Effects of geographical origin and post-harvesting processing on the bioactive compounds and sensory quality of Brazilian specialty coffee beans	<p>creciente interés en el contexto del cambio climático y la agricultura sostenible.</p> <p>El estudio destaca el valor de integrar el análisis de metabolitos objetivo con herramientas estadísticas para aumentar la caracterización de los granos de café de especialidad, ofreciendo nuevos conocimientos para la evaluación de la calidad con un enfoque en sus compuestos bioactivos.</p>	1
---------------------	--	--	---

*Nota.* La tabla presenta los autores más citados con estudios sobre café especial. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Así mismo, este análisis permitió generar la Figura 11, que muestra las palabras clave presentes en las investigaciones relacionadas con el café especial, las cuales se asocian con la calidad del café, la fermentación y la calidad de la taza

**Figura 11**

*Palabras clave sobre café especial*



*Nota.* La figura presenta las palabras más significativas de los autores relacionados al tema de café especial. Diseño a través del software VOSviewer con información tomada de la base de datos Scopus.

El café especial es el aspecto central de esta investigación, dado que se busca identificar las variables que generan diferenciación en términos de prácticas éticas, ambientales, de sostenibilidad y tecnológicas, con el fin de diseñar un modelo de innovación para el proceso de

producción de café especial en Colombia. Dicho modelo permitirá a los productores implementar estrategias que mejoren la competitividad de su producto en mercados especializados.

### **3.4.5 Producción de Café en Colombia**

Colfresh (2020) indica que la producción de café abarca varios procesos, entre los que se incluyen el semillero, el almácigo, la siembra en el terreno, la recolección, el despulpado, la fermentación, el lavado, el secado, la trilla y el tostado del café. Estos pasos son fundamentales para lograr un café 100% colombiano.

También la FNC (2020) argumenta que para producir café es necesario considerar procesos que van desde la semilla hasta la taza, tales como la germinación, el traspaso a los almácigos, la plantación en el terreno, la recolección manual de la cereza, el despulpado, la fermentación de la almendra, el lavado del mucílago, el secado, el trillado, el molido y el tostado. Además, la FNC (2020) señala que el proceso de postcosecha, que incluye el despulpado, el lavado y el secado de las cerezas, es el más arduo, minucioso y personalizado de toda la cadena de producción del café, y es crucial para obtener un café de calidad.

Por su parte Coffeefrank (2020) asegura que saborear “una buena taza de café es un placer de la vida, y para llegar a ese aroma y sabor tan perfecto, hay todo un proceso detrás del cultivo, cosecha y procesamiento de los granos de café”. Adicionalmente Coffeefrank (2020) cita que la producción de café implica procesos como la selección de semillas y variedades, el tipo de siembra, los germinadores, el almácigo, la preparación del terreno, la distribución de la siembra, la cosecha de la cereza, el despulpado, el lavado, el secado, el control de calidad, el trillado, el tueste y el molido del café.

Es importante resaltar que Colombia ocupa una posición destacada en la producción de café a nivel mundial y es líder en la región latinoamericana, solo superada por Brasil. Según la Organización Internacional del Café (OIC, 2023), Colombia se ubica como el tercer productor mundial de café, después de Brasil y Vietnam. En el año cafetero 2022/23, Colombia produjo aproximadamente 11.5 millones de sacos de 60 kg, lo que representa alrededor del 7% de la producción mundial.

A nivel regional, Colombia es el segundo mayor productor de América Latina, después de Brasil (OIC, 2023). En comparación con otros países productores de la región en el año 2022, se comparte el listado de países productores:

1. Brasil produjo 55 millones de sacos
2. Colombia produjo 11.5 millones de sacos
3. Honduras produjo 3.7 millones de sacos
4. Guatemala produjo 3.1 millones de sacos
5. Perú produjo 3.8 millones de sacos

También se destaca que Colombia es el mayor productor mundial de café arábica suave lavado, una variedad particularmente apreciada por su calidad y sabor (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia FNC, 2022). Esta especialización en café de alta calidad le ha permitido a Colombia mantener una posición competitiva en el mercado global, a pesar de tener volúmenes de producción menores que Brasil o Vietnam.

Colombia se ha convertido en un referente mundial en términos del café “por la obsesión de construir un sistema de aseguramiento de calidad para el producto, que va desde la semilla hasta la taza, que llega a millones de consumidores en el mundo” (FNC, 2020). La identificación de variables clave en el proceso de producción en Colombia es fundamental para mejorar la calidad del café. El cual tiene gran peso en esta investigación que busca generar el diseño de un modelo de innovación en el proceso de producción del café especial en Colombia.

#### **3.4.6 Innovación en los procesos de producción del Café en Colombia**

La innovación en los procesos de producción de café en Colombia ha sido un punto focal para investigadores y profesionales que buscan mejorar la sostenibilidad, eficiencia y viabilidad económica del sector. La integración de nuevas tecnologías y metodologías ha sido clave para transformar las prácticas tradicionales en sistemas más modernos y sostenibles. Entre las principales innovaciones se encuentran el uso de biomasa residual, la gestión de la cadena de suministro, los avances tecnológicos y las estrategias empresariales.

Es de considerar, que el modelo circular para el uso de la biomasa residual del café representa una innovación significativa en la producción colombiana. Este enfoque se centra en convertir los desechos generados durante el procesamiento del café en recursos valiosos. A través de la digestión anaeróbica, la biomasa se transforma en biogás y biosólidos, utilizados como biocombustible renovable y fertilizantes, respectivamente. Este modelo no solo aborda la gestión de residuos, sino que también mejora la sostenibilidad energética y la competitividad de las fincas cafeteras. Además, se enmarca dentro del concepto de sostenibilidad integral, promoviendo

cambios legislativos para incorporar tecnologías de bajo costo en la agricultura colombiana (Silva, 2023).

Por otro lado, las innovaciones en la gestión de la cadena de suministro han sido fundamentales para generar valor en la producción de cafés especiales en Colombia. Productores en regiones como Somondoco y Guayatá han mejorado su competitividad al estandarizar procesos y fortalecer la cooperación entre los actores de la cadena. Este enfoque ha incrementado la competitividad y el valor generado para los participantes, favoreciendo la rentabilidad y mejorando las condiciones de vida de los caficultores (Otálora & Rangel, 2021).

El rol de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y su centro de investigación, Cenicafé, ha sido crucial en el avance tecnológico de la producción de café en Colombia. A través de la generación y gestión de conocimiento científico, Cenicafé ha facilitado la transferencia de tecnología enfocada principalmente en la producción del grano. Sin embargo, existe una brecha en la integración de valor moderno mediante la industrialización. La investigación subraya la importancia del conocimiento tanto proposicional como prescriptivo para el avance de las tecnologías en la producción de café (Sanabria-Gómez & Caro-Moreno, 2020). Además, los caficultores colombianos han adoptado estrategias empresariales innovadoras para enfrentar condiciones sociales, económicas y ambientales adversas, lo que ha sido clave para su resiliencia en medio de la volatilidad del mercado (Velasco & Pulgarin, 2017).

### **3.5 Relación de postulados teóricos**

Este capítulo relaciona los conceptos sobre innovación, tipos de innovación, medición de variables de tipos de innovación y modelos de innovación que son factores significativos para esta investigación. En donde, es crucial identificar las variables clave durante el proceso de producción para transformar un café normal en especial. Así que la creación de un modelo de innovación en el proceso de café especial marcaría la pauta en diferenciación de este producto, que sería de gran ayuda para los caficultores, agentes presentes y futuros investigadores.

La necesidad de esta investigación se fundamenta en las deficiencias identificadas en la literatura existente sobre innovación en la producción de café especial sostenible. Ramírez y García (2020) señalan la falta de estudios que examinen de manera integral los factores de innovación en la producción de café especial, especialmente en el contexto colombiano. Laranjeira (2019) destaca la necesidad de investigar la conexión entre el cultivo de café y la salud del medio ambiente,

subrayando la amenaza del cambio climático. Así también, Pham et al. (2019) indican la falta de estudios sobre el impacto del cambio climático en la producción de café. En el cual, Hameed et al. (2018) enfatizan la necesidad de investigar los factores que influyen en la calidad del café durante las etapas de pre y post cosecha.

En este sentido Puerta (2021) subraya la urgencia de adoptar enfoques sostenibles e identificar los factores que determinan la calidad del café en la industria actual. También Devaux et al. (2018) señalan la importancia de la innovación en los procesos de producción agrícola para lograr niveles adecuados de calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad en el sector cafetero colombiano.

Basados en la información proporcionada en los documentos expuestos en el marco teórico, se comparte varios vacíos en la literatura que esta investigación aborda:

- Estudios como el de Lambrecht et al. (2014) han examinado cómo los patrones de innovación difieren con respecto al tipo de innovación y las etapas en el viaje de innovación de los agricultores. Sin embargo, esta investigación va más allá al desarrollar un modelo de innovación específico para el café especial sostenible en Colombia, integrando no solo los tipos de innovación, sino también los factores críticos que impulsan estas innovaciones en el contexto único de la producción de café sostenible.
- Mientras que Kalay y Lynn (2015) analizaron el impacto de la estrategia de innovación en el desempeño de la innovación en las organizaciones en general, el estudio se enfoca específicamente en el sector cafetero colombiano. Identificamos siete factores clave de innovación: económico, social, ambiental, de producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio, proporcionando una comprensión más profunda y contextualizada de la innovación en este sector específico.
- Rajapathirana y Hui (2017) exploraron la relación entre la capacidad de innovación, el tipo de innovación y el desempeño organizacional en el sector de seguros. En contraste, esta investigación aplica un enfoque similar al sector cafetero, pero va más allá al utilizar métodos estadísticos avanzados como la regresión logística para modelar la probabilidad de que una finca cafetera sea considerada innovadora, proporcionando así una perspectiva cuantitativa valiosos.

- Esta investigación se diferencia de otros estudios desarrollados, por ejemplo, el de Barrera et al. (2021) cuya investigación “está enfocada en la creación de un modelo en la producción de café convencional”, mientras que esta investigación está alineada con la creación de un diseño de modelo de innovación para el proceso de producción de café especial, es decir la orientación es para el desarrollo de un café de especialidad.
- Oliva et al. (2019) sobre la innovación en los principales sectores empresariales de Brasil ofrece una visión general de la innovación en diversos sectores. Esta investigación, en cambio, se centra específicamente en el sector cafetero colombiano, proporcionando un análisis más profundo y detallado de las prácticas innovadoras en este contexto particular

A diferencia de estudios previos que han examinado la innovación en la producción de café de manera general, esta investigación incorpora criterios de diversas certificaciones de café sostenible, como Rainforest Alliance y Fairtrade, dentro de un modelo de innovación específico. Esto brinda una visión más integral de cómo la innovación y la sostenibilidad se entrelazan en la producción de café especial.

Es importante resaltar, las obras seminales y los artículos clave que fundamentan esta investigación, destaca el Manual de Oslo (2018) como referencia principal para la conceptualización y medición de la innovación. En el ámbito de la innovación agrícola, el trabajo de Devaux et al. (2018) sobre "innovación y desarrollo de cadenas de valor inclusivas" es fundamental. Así mismo, los estudios de Lambrecht et al. (2014) y Kalay y Lynn (2015) son cruciales para entender los "tipos de innovación" y su impacto en el "desempeño organizacional".

En cuanto a la innovación en el sector cafetero, los estudios de Samper y Quiñones (2017) sobre la sostenibilidad en la industria cafetera y de Wahyudi et al. (2020) acerca de las certificaciones de sostenibilidad como un elemento clave para fomentar la competitividad del café resultan particularmente relevantes. Así mismo, la investigación de Rajapathirana y Hui (2017) sobre la relación entre la capacidad de innovar, el tipo de innovación y el desempeño organizacional aporta una base útil para analizar el contexto de la producción de café especial en Colombia.

#### **4 Variables del modelo de innovación del café especial**

En esta sección, se explican las variables clave que inciden en la innovación dentro de la producción de café especial. Primero, se definen las variables en el contexto de esta investigación

y su relevancia. A continuación, se detallan aquellas variables que se identifican como determinantes en el proceso de innovación, clasificándolas en categorías económicas, ambientales, sociales y tecnológicas, destacando la importancia de cada una. Además, se aborda la interacción entre estas variables y su impacto en el proceso de innovación en la producción de café especial. Comprender estos factores resulta esencial para desarrollar un modelo efectivo de innovación en la producción sostenible de café especial..

## **4.2 Definición de variable**

El concepto de variables puede tener diversas interpretaciones según el contexto. En este sentido, Oracle (2021) describe una variable como una ubicación de almacenamiento en un programa que conserva un valor, el cual se utiliza como almacenamiento temporal durante la ejecución del programa, facilitando así la manipulación y realización de operaciones con ese valor.

En este sentido Techtarget (2021) argumenta que “una variable en el contexto de la gestión de procesos es una característica o atributo que puede cambiar o variar en la ejecución de un proceso, también tiene la flexibilidad y adaptabilidad para que los procesos se ajusten a los diferentes escenarios y condiciones”.

En el contexto de la investigación científica, una variable es entendida como un factor o elemento sujeto a estudio, medición o manipulación. Las variables pueden ser clasificadas como dependientes o independientes, y desempeñan un rol esencial en la planificación experimental, la recolección de información y el análisis estadístico (Murdoch, et al., 2019). De igual manera, Cohen et al. (2013) describen las variables como elementos observables, cuantificables y medibles, que pueden adoptar distintos valores, permitiendo analizar relaciones, identificar causas y efectos, y realizar predicciones..

Siendo así, Preet (2013) define que “las variables dependientes son antecedentes mientras que la variable dependiente es la consecuencia, si la variable independiente es una variable activa usualmente es manipulada para luego estudiar su efecto sobre otra”.

## **4.3 Variables de innovación**

Las variables de esta investigación están alineadas con las del manual de Oslo (2018), ue establece directrices para la recopilación y análisis de datos de innovación. Este manual también facilita la comparabilidad internacional y actúa como base para estudios y experimentación en medición de la innovación. Su propósito es guiar a las oficinas estadísticas nacionales en el diseño,

recopilación y publicación de datos de innovación que respondan a las demandas de políticas públicas y de investigación.

En este sentido, el mencionado manual “define dos tipos de innovaciones que abarcan un amplio rango de cambios de actividades en organizaciones, las cuales son mencionadas como: innovaciones de productos (IP) e innovaciones en los procesos del negocio (IPN)” (Manual de Oslo, 2018). En efecto, ese tipo de innovaciones son punto de apalancamiento para esta investigación que tiene como objetivo la creación de un modelo de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras para transformar el café normal en café especial en Colombia.

En la tabla 17 se presenta las definiciones sobre los tipos de innovación relacionados en el manual de Oslo (2018) las cuales sirven como punto de referenciación para la investigación que busca crear un modelo de innovación.

**Tabla 17**

*Tipo de innovación del manual de la Oslo (2018)*

<b>Innovaciones de producto (IP)</b>	<b>Innovaciones en los procesos del negocio (IPN)</b>
Es un producto nuevo o mejorado que difiere significativamente de los anteriores productos o servicios de la compañía, y que han sido presentados en el mercado.	Es un nuevo proceso mejorado para una o más unidades del negocio que difiere significativamente de los anteriores procesos, y que han sido puesto en uso por la compañía.
Debe generar significativas mejoras de una o más características o especificaciones de desempeño, esto incluye la adición de nuevas funciones o mejoras a las funciones existentes o utilidades de los usuarios.	Las características relevantes de una función de negocio mejorada están relacionadas con un producto mejorado, en servicios particulares que pueden ser entregados a clientes, como por ejemplos: más eficiencia en recursos, confiabilidad y resiliencia, comodidad y conveniencia.
Una mejora o adición de una nueva función puede también ser combinando con pérdida de otras funciones o el retiro de algunas especificaciones de desempeño.	Procesos de negocio nuevo o mejorado como la implementación de estrategias como reducción de costos, mejorar la calidad del producto o condiciones del trabajo, y que cumplan los requerimientos regulatorios.
Características relevantes también puede incluir atributos financieros tales como facilidad de acceso y conveniencia financiera.	Puede implicar mejoras a uno o más aspectos de funciones individuales de negocio o combinaciones de diferentes funciones.
Para los servicios y productos una característica adicional puede ser un nuevo diseño o características de diseño mejorado que puede influenciar la apariencia o “look” aumentando su utilidad en los usuarios.	Las innovaciones del proceso del negocio implican las siguientes funciones: Produccion de bienes o servicios, mercadeo y ventas, sistemas de información y comunicación, administración y gerenciamiento, desarrollo de productos y procesos de negocios.
Innovaciones de productos pueden usar nuevos conocimientos y tecnologías, o estar basados en nuevos usos o combinaciones de combinaciones existentes o tecnologías.	

*Nota.* La tabla presenta teoría de los tipos de innovación relacionados en el manual de Oslo.

También es necesario entrar en detalles con las categorías funcionales relacionados con los tipos de innovaciones en los procesos del negocio, dado que han probado ser útiles para los estudios de las cadenas de valor a nivel global (Manual de Oslo, 2018). En la Tabla 18 se detallan las características funcionales de los tipos de innovaciones en los procesos del negocio.

**Tabla 18**

*Características funcionales de los tipos de innovaciones en los procesos del negocio*

Categorías funcionales	Descripción
Producción de productos o servicios (PPS)	Actividades que transforman insumos en bienes o servicios, incluidos ingeniería y pruebas técnicas, actividades de análisis y certificación para el soporte de la producción.
Distribución y logística (DL)	Incluye las siguientes funciones: 1. Transportes y servicios de entregas 2. Almacenamiento 3. Ordenes de procesamiento
Mercadeo y ventas (MV)	Incluye las siguientes funciones: 1. Métodos de mercadeo que incluyen publicidad 2. Estrategias de precios y métodos 3. Ventas y actividades posventas
Sistemas de información y comunicación (SIC)	El mantenimiento y provisión de los sistemas de los sistemas de información incluyen: 1. Hardware y software 2. Procesamiento de datos 3. Mantenimiento y reparación 4. Web-hosting y otras actividades de información
Administración y gerenciamiento (AG)	Incluye las siguientes funciones: 1. Estrategias y gerenciamiento general del negocio 2. Gobierno corporativo 3. Contabilidad, auditorías, pagos y otras actividades financieras y de seguros 4. Gerenciamiento de recursos humanos 5. Compras y requisiciones 6. Gerenciamiento de relacionamiento externos con proveedores y aliados
Productos y desarrollo en los procesos del negocio (PDPN)	Actividades con enfoque, identificación, desarrollos, adaptación de productos o los procesos de negocios de una compañía, esta función puede emprender un retoque sistemático o sobre una base, y puede ser conducida dentro de la compañía u obtenida de fuentes externas.

*Nota.* La tabla comparte las características funcionales de los tipos de innovaciones en los procesos del negocio. Diseño propio con información tomada manual de Oslo (2018).

A continuación, las Tablas 19, 20, 21 y 22 resumen estudios que emplean el modelo de innovación del manual de Oslo como marco de referencia, organizadas por subtemas: innovación

en el sector agrícola y estrategias empresariales, capacidades de innovación y desempeño organizacional, innovación en contextos nacionales y sectoriales, e innovación tecnológica y desempeño en Pymes. Estas tablas resumen los hallazgos y ofrecen una visión completa de la aplicación del concepto de innovación en distintos campos y sectores.

**Tabla 19**

Enfoques de innovación en agricultura y estrategias empresariales

<b>Autor</b>	<b>Tema</b>	<b>Industria</b>	<b>Tipos de Innovación</b>	<b>Aporte de la investigación</b>
Lambrecht, E., et al. (2014)	Como los patrones de innovación difieren con respecto a los tipos de innovación y durante las etapas de los procesos de innovación de los agricultores.	Agricultura	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Resalta que las contribuciones de los socios implicados en la estructura difieren en las diferentes etapas del proceso de innovación, con diversos patrones de necesidades en la fase de iniciación e implementación, más específicamente en la fase de desarrollo.

*Nota.* La tabla presenta teoría de los autores que mencionan tipos de innovación en sus investigaciones relacionados con el manual de Oslo. Parte 1 de 4. Tomada de Scopus.

**Tabla 20**

Capacidades de innovación y análisis sectorial

<b>Autor</b>	<b>Tema</b>	<b>Industria</b>	<b>Tipos de Innovación</b>	<b>Aporte de la investigación</b>
Rajapathirana y Hui (2017)	Relación entre capacidad de innovación, tipo de innovación y desempeño organizacional.	Aseguradoras	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Los hallazgos encontrados durante el estudio soportan que las compañías con altas capacidades de innovación han influenciado positivamente y muy fuertemente, de esta manera las mejoras en las capacidades de innovación es el corazón de las compañías aseguradoras que definen el éxito en las innovaciones.
Oliva, F. et al. (2019)	Innovación en los principales sectores de negocio en Brasil:	Industria	Producto, procesos,	La principal contribución consiste en el desarrollo de un modelo conceptual que

características, tipos y comparación de innovaciones.

organizacional y mercadeo

asocie las características de los procesos de innovación en las organizaciones y las características de los sectores empresariales que impacten sobre los procesos de innovación de las organizaciones.

*Nota.* La tabla presenta teoría de los autores que mencionan tipos de innovación en sus investigaciones relacionados con el manual de Oslo. Parte 2 de 4. Tomada de Scopus.

**Tabla 21**

Innovación en contextos nacionales y sectoriales

Autor	Tema	Industria	Tipos de Innovación	Aporte de la investigación
Dorjsuren (2019)	Cambiando prácticas de modos de innovación en el caso de Estonia.	País	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Este estudio podría ser útil para organizaciones y países en desarrollo cuando consideren aplicar efectivamente modos de innovación e interacciones para mejorar su capacidad de innovación y competencias, también como estrategias de diseños de innovación y políticas.
Bigos y Michalic (2020)	La influencia de la innovación en nuevas compañías internacionales de exportación en países de Europa central y oriental, y Asia central.	Industria	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Resultados muestran que la probabilidad de exportación de las compañías es más alta cuando se implementan innovaciones en procesos y a nivel organizacional, y muestra que las compañías que se enfocan en innovación organizacional tienen el doble de oportunidad de exportar comparado con las compañías enfocadas en innovación de procesos.

La tabla presenta teoría de los autores que mencionan tipos de innovación en sus investigaciones relacionados con el manual de Oslo. Parte 3 de 4. Tomada de la base de datos Scopus.

**Tabla 22**

## Innovación tecnológica y desempeño en Pymes

Autor	Tema	Industria	Tipos de Innovación	Aporte de la investigación
Cabaleiro y Gutierrez (2020)	Relación entre sindicato y la innovación en Chile.	Industria	Producto, procesos y mercadeo	Los resultados confirman que bajo ciertas condiciones los sindicatos pueden generar ineficiencias dentro de la organización, y desviarlas de la innovación, pero ellos pueden ser un factor clave para generar iniciativas en ese sentido (Innovación).
Hu, X. et al (2020)	¿Tipos de innovación influyen las compañías? Un dilema de los hoteles con estrellas en Ghana.	Hoteles	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Los resultados del estudio indicaron que los hoteles en Ghana necesitan establecer una cultura organizacional para que puedan establecer un comportamiento de innovación y de comunicación interna con los empleados para promover una actitud impulsada por la innovación, y con una efectiva técnica relacionada al producto, proceso y negocio.
Szutowski (2020)	El impacto de la eco innovación en la rentabilidad de las acciones de las empresas basadas en la tecnología  KIBS: El papel del tipo de eco innovación y su grado de novedad.	Compañías tecnológicas	Producto, procesos, organizacional y mercadeo	Se identifica que el tipo de eco-innovación es complementado por el grado de novedad implicado, las cuales pueden contribuir a las políticas de innovación de las compañías.
Ramdani, B. et al. (2023)	Internacionalización de las pequeñas y medianas compañías.	Industria	Producto y procesos	Los resultados confirman que la internacionalización de las pequeñas y medianas compañías puede ser explicada por el tipo de innovación que es introducida, y los recursos e impulsores

---

institucionales referente a las exportaciones. La internacionalización tiene mucha probabilidad de ocurrir en compañías que emprenden con productos de innovación que innovaciones en procesos y servicios.

---

*Nota.* La tabla presenta teoría de los autores que mencionan tipos de innovación en sus investigaciones relacionados con el manual de Oslo. Parte 4 de 4. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus.

Esta investigación se basa en la clasificación de innovación establecida por el Manual de Oslo (2018), relacionándola con los elementos innovadores significativos en la producción de café especial. Los cafés especiales sostenibles, que abarca las categorías de cafés de conservación, de comercio justo y certificado orgánico, son el enfoque principal según reporta la FNC (2019). Este modelo de producción se caracteriza por garantizar el bienestar de los caficultores mientras protege el medio ambiente, como señala Atman (2021). De manera similar, Vander (2016) lo describe como un método de cultivo que no solo conserva los recursos naturales sino que también asegura mejores condiciones de vida para las personas involucradas en su cultivo y procesamiento.

Así mismo, de acuerdo con Samper y Quiñonez (2017), un aproximado del 15% del café producido en Colombia se comercializa bajo los Estándares de Sostenibilidad Voluntarios (ESV), lo que significa que estos productos llevan etiquetas de certificación o verificación. También Vellema et al. (2015) han evidenciado que existe una correlación importante entre las fincas certificadas y su participación en diversas actividades que generan ingresos, tanto en el sector agrícola como en otros ámbitos, así como en los beneficios económicos que estas actividades producen.

Por lo previo, se justifica que esta investigación se oriente al estudio de variables de innovación en los procesos de este tipo específico de café. Así también, abre la oportunidad de líneas futuras de investigación dirigidas a otros tipos de café. La Tabla 23 detalla los diferentes programas de café sostenible que tienen presencia en Colombia, y que son aplicados por los caficultores en sus fincas.

**Tabla 23**
*Descripción de los cafés sostenible*

Café sostenible	Descripción
Café orgánico, International Federation of Organic Agriculture Movements - IFOAM.	<p>Son los cafés cultivados sin la utilización de productos Agroquímicos como fungicidas, herbicidas, insecticidas y fertilizantes.</p> <p>Consiste en la prohibición de usar productos agroquímicos sintéticos, las normas de producto orgánico comprenden también, entre otras cosas, la conservación de la naturaleza mediante la prohibición de despejar sistemas ecológicos primarios, la conservación de la biodiversidad, la conservación del suelo y el agua, la prohibición de usar organismos modificados genéticamente, la diversidad en la producción de cultivos y el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la actividad biológica.</p>
Café amigable con las aves o de sombra	<p>El café que se cultiva a la sombra de las copas de los árboles y no en tierra despejada en la que no hay otra vegetación, proporciona un hábitat a una serie de especies, no solo de aves migratorias, sino también de orquídeas, insectos, mamíferos tales como murciélagos, reptiles y anfibios.</p>
Café de precio justo o Social – Fairtrade	<p>Son cafés producidos por pequeños productores asociados en cooperativas y que tienen un precio mínimo de compra garantizado.</p> <p>La marca “Comercio Justo” garantiza a los comerciantes al por menor y a los consumidores, que los productores de “Comercio Justo” en los países en desarrollo obtienen un trato justo por su trabajo, esta certificación garantiza también la adherencia a rigurosas normas sociales que fomentan condiciones de trabajo saludables y prohíbe el trabajo de menores.</p>
Café Rainforest Alliance	<p>Propende por la protección de los ecosistemas y las personas, así como la vida silvestre que en ellos habita, al transformar las prácticas en el uso de la tierra, en la industria y en el comportamiento de los consumidores.</p> <p>Esta certificación está encaminada a mantener la biodiversidad en las zonas de producción, al tiempo que se esfuerza por lograr unas condiciones de vida sostenibles para los agricultores, los trabajadores en las plantaciones y la población local.</p> <p>Esta certificación también garantiza que los agricultores reciban ayuda en cuanto a mejor gestión agrícola, influencia en la negociación y acceso a mercados con primas adicionales. Además, garantiza que los trabajadores agrícolas sean tratados con respeto, reciban salarios justos, estén con el equipamiento adecuado y tengan acceso a educación y servicios de salud.</p>
Café Starbucks	<p>Revisa y verifica la naturaleza de la cadena de suministro del café desde la fuente, es decir los caficultores, pasando por los procesos de recolección y beneficios de la comercialización.</p> <p>Starbucks define la sostenibilidad como un modelo viable desde el punto de vista económico que aborda la necesidades sociales y ambientales de todos los participantes en la cadena de valor, desde el agricultor al consumidor.</p> <p>El Programa C.A.F.E. de Starbucks evalúa la producción sostenible de café conforme a cuatro categorías: Calidad del producto, responsabilidad económica, responsabilidad social y liderazgo ambiental.</p>

*Nota.* La tabla presenta información literaria de los cafés de tipos sostenible. Diseño propio basado en Echavarría. et al. (2016).

Así mismo Wahyudi et al. (2020) señalan que la certificación funciona como una herramienta para mejorar la competitividad frente a otros actores de la industria, debido a su capacidad para incrementar el valor agregado del producto. Los mismos autores destacan que la certificación puede orientar el crecimiento de la demanda global hacia productos más saludables, con impacto social y ambiental positivo, lo cual incentiva a los compradores a pagar un precio superior por estos productos.

En relación con el tema de la investigación, la Tabla 24 muestra los principales autores que han aplicado en sus investigaciones las certificaciones más importantes en términos de cafés sostenibles. Estos investigadores han explorado el impacto y las implicaciones de estas certificaciones en la industria del café, contribuyendo al avance del conocimiento sobre prácticas sostenibles y su influencia en la cadena de suministro. Su trabajo proporciona información relevante de cómo estas certificaciones impactan a la producción y comercialización del café, siendo crucial para la formulación de políticas y prácticas que fomenten la sostenibilidad

**Tabla 24**

*Certificaciones de cafés sostenibles más importantes relacionados en investigaciones*

Autor	Nombre de investigación	Certificaciones de más importantes de café sostenibles
Farfán et al. (2007)	Sistemas de producción de café en Colombia	Café amigable con las aves Orgánico - IFOAM Comercio Justo - Fairtrade Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest Alliance Comercio Justo - Fair trade
Biswas-Tortajada y Biswas. (2015)	Sostenibilidad en la producción de café: Creando cadena de valor compartida en Colombia	Código de conducta 4C (Collaboration, Control, Communication y Commitment) Prácticas Nestle Rainforest Alliance Comercio Justo - Fairtrade
Echavarría et al. (2016)	Manual de Gestión del Recurso Hídrico	Favorable a las aves - SMBC Nespresso ecolaboration Producto orgánico - IFOAM Rainforest alliance Prácticas C.A.F.E de Starbucks
Levy et al. (2016)	La política dinámica del café sostenible: Regímenes de valores impugnados y la transformación de la sostenibilidad	Código de conducta 4C Comercio Justo – Fairtrade Nespresso AAA Prácticas C.A.F.E de Starbucks Orgánico - IFOAM Rainforest alliance

Frohmann et al. (2017)	Estándares de sostenibilidad y participación de los productores	Código de conducta 4C (Collaboration, Control, Communication y Commitment) Comercio Justo – Fair Trade Nespresso AAA Orgánico - IFOAM Rain Forest alliance
Wahyudi et al. (2020)	Certificaciones de sostenibilidad como pilar para promover la competitividad del café de Indonesia	Código de conducta 4C Comercio Justo – Fairtrade Orgánico - IFOAM Rainforest alliance
Bager et al. (2022)	Blockchain no es una bala de plata para la sostenibilidad en la cadena de suministro agroalimentario: Perspectivas desde un caso de estudio del café	Código de conducta 4C Comercio Justo – Fairtrade Orgánico - IFOAM Rainforest alliance
Barreto et al. (2022)	Problemas de sostenibilidad en la cadena del café: Del campo a la taza	Código de conducta 4C Comercio Justo – Fairtrade Orgánico - IFOAM Rainforest alliance

*Nota.* La tabla presenta las certificaciones de cafés sostenibles más importantes según diferentes investigaciones. Diseño propio con información tomada de la base de datos Scopus .

Una vez identificada las principales certificaciones de cafés sostenibles las cuales son mencionadas en diferentes estudios, esta investigación selecciona las certificaciones que tienen más impacto y más citadas en la literatura, las cuales están alineadas con el 1) Código de conducta 4C, 2) Comercio justo - Fairtrade, 3) orgánico - IFOAM, 4) Rainforest alliance y 5) Practicas Starbucks.

La Tabla 25 presenta un análisis detallado de los factores comunes que constituyen la base fundamental de las certificaciones de café sostenible. Estos factores, que incluyen aspectos económicos, sociales, ambientales, productivos, de conocimiento, tecnológicos y de gestión del cambio, son esenciales para el desarrollo de esta investigación, cuyo objetivo principal es diseñar un modelo de innovación para el proceso de producción de café especial en Colombia. La identificación y comprensión de estos elementos clave no solo permite evaluar el cumplimiento de los estándares de certificación, sino que también revela oportunidades específicas de mejora y espacios potenciales para la implementación de prácticas innovadoras a lo largo de toda la cadena de suministro del café.

**Tabla 25**

*Factores de las certificaciones de café sostenible*

Factores	Características	Certificaciones
Económico	<p>Se centra en la caficultura como negocio.</p> <p>Implementación de prácticas para mantener o aumentar la rentabilidad y la productividad a largo plazo de las fincas.</p> <p>Se toman medidas para asegurar que se mantengan los principales costos e ingresos del café.</p>	<p>Conducta 4C - Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fairtrade</p>
Social	<p>Los productores de café deben proteger los derechos de las personas que trabajan en sus fincas y deben implementar medidas que promuevan un ambiente de trabajo seguro, justo y humano.</p> <p>Empoderar a los productores y trabajadores para que logren mejores condiciones de trabajo y de vida para sí mismos y de sus familias; promover la igualdad y el respeto para todos, con particular atención a los grupos vulnerables como migrantes, niños, jóvenes y mujeres; y fortalecer las protecciones de los derechos humanos y laborales en las fincas certificadas.</p>	<p>Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fairtrade IFOAM</p>
Ambiental	<p>Se incluye prácticas agrícolas sustentables y medidas ambientales que deben implementarse para gestionar los desechos, proteger la calidad del agua, conservar el agua y la energía, preservar la biodiversidad y reducir el uso de agroquímicos.</p> <p>Se reconoce que la certificación de fincas encaja en un panorama más amplio de conservación del paisaje, donde se necesitan múltiples estrategias para crear un impacto duradero para la biodiversidad y el planeta.</p>	<p>Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fairtrade IFOAM</p>
Producción	<p>Incluye Prácticas de producción éticas y sostenibles, incluyendo prácticas de gestión que están detrás de cada producto certificado.</p> <p>Se enfoca en los resultados de la agricultura sostenible, la productividad y rentabilidad de los cultivos, los recursos naturales y los servicios para los ecosistemas.</p> <p>Las actividades de agricultura están relacionadas con las prácticas de producción sostenible, fertilidad del suelo, conservación, manejo integrado de plagas, y manejo seguro de agroquímicos, apoyan el resultado de productividad sostenible y rentabilidad, así como de la conservación de los recursos naturales y los servicios para los ecosistemas.</p>	<p>Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fairtrade IFOAM</p>
Conocimiento	<p>Apoyo al productor, proporciona capacitación y educación a los productores sobre procedimientos correctos, condiciones para almacenaje, y la aplicación correcta de agroquímicos.</p>	<p>Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance</p>

	Capacitación como factor de apalancamiento para mejorar procesos relacionados a sustancias peligrosas, erosión del suelo, etc.	Fair trade IFOAM
Tecnología	El uso de la energía se evalúa regularmente para dar los primeros pasos hacia la eficiencia energética. El futuro es digital, evolucionando para tener acceso justo y equitativo datos, para apalancar el beneficio y responder a los cambios del mercado. Todas las entidades en la cadena de suministro tienen un sistema y lo han implementado para rastrear el movimiento de café en todos los procesos	Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fair trade IFOAM
Gestión del cambio	Es esencial que las fincas y los grupos implementen un sistema integrado de planificación y manejo, con procesos y sistemas para la mejora continua. Buena planificación y manejo contribuyen a la productividad y eficiencia de la finca, y con un menor impacto ambiental.	Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fair trade IFOAM

*Nota.* La tabla presenta la definición de los factores de las diferentes certificaciones de café sostenible. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fairtrade, (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

Ahora bien, las Tablas 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32 detallan las definiciones de las variables más significativas que están vinculadas a los factores de las diferentes certificaciones de cafés sostenibles seleccionadas para la investigación. Al analizar en profundidad estas variables, se facilita la identificación de los aspectos críticos que influyen en la sostenibilidad y la calidad del café. Este conocimiento detallado sienta las bases para implementar estrategias efectivas que promuevan prácticas más sostenibles y mejoren la competitividad

Esta información resulta fundamental para el desarrollo del estudio, dado que se busca construir un modelo de innovación para el proceso de producción de las fincas cafeteras, para aumentar la generación de café especial en Colombia. Al establecer este modelo, se busca optimizar el uso de recursos, mejorar las prácticas de cultivo y responder a las exigencias de sostenibilidad y calidad que demanda el mercado.

**Tabla 26**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Económico*

Variables	Característica
Rentabilidad y productividad a largo plazo	Se promueven la implementación de medidas para mantener o aumentar la rentabilidad y la productividad a largo plazo en las fincas
Mantenimiento de registros	Se promueve el mantenimiento de registros para controlar la rentabilidad
Información de mercado y comercio	Los requisitos de calidad del café y los precios de mercado están actualizados, se transmiten y son accesibles.
Trazabilidad	El café está claramente identificado, segregado, almacenado y protegido de ser mezclado con otras fuentes.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor económico. Parte 1 de 7. Diseño propio con información tomada de Fairtrade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 27**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Social*

Variables	Característica
Libres de discriminación	Prevenir la discriminación hacia los trabajadores en función del contenido del Convenio 111 de la OIT sobre la Discriminación.
Libres de trabajo forzoso y obligatorio	Prevenir el trabajo forzoso u obligatorio, incluyendo el tráfico y la explotación sexual según el contenido de los Convenios C29 (Convenio sobre el trabajo forzoso) y C105 de la OIT (Convenio sobre la abolición del trabajo forzoso), del Protocolo 2000 de la ONU “Protocolo para prevenir, suprimir y castigar el tráfico de personas” (Declaración de Palermo) y de la Recomendación 203 de la OIT sobre Trabajo forzoso (Medidas suplementarias).
Trabajo infantil y protección a la infancia	Prevenir el trabajo que dañe a menores en función del contenido del Convenio 182 de la OIT sobre las Peores Formas de Trabajo Infantil y el del Convenio 138 de la OIT sobre la Edad Mínima. “La edad mínima especificada, en cumplimiento del párrafo 1 del presente Artículo, no podrá ser inferior a la edad en que se completa la educación obligatoria y, en todo caso, no podrá ser inferior a los 18 años”.
Libertad de asociación y negociación colectiva	Proteger a los trabajadores frente a la discriminación mediante la defensa de sus derechos de asociación y de negociación colectiva en función del contenido del Convenio 87 de la OIT sobre la Libertad de Asociación y Protección de los Derechos para Sindicación, del Convenio 98 de la OIT sobre los Derechos a la Organización y Negociación Colectiva y de la Recomendación 143 de la OIT sobre los Representantes de los Trabajadores.
Condiciones de empleo	Presentar buenas prácticas en cuanto al pago y las condiciones de empleo de los trabajadores en función del Convenio 100 de la OIT sobre la Igualdad de Remuneración y del Convenio 110 de la OIT sobre las Condiciones de Empleo de los Trabajadores.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor social. Parte 2 de 7. Diseño propio con información de las certificaciones sostenibles seleccionadas.

**Tabla 28**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor Ambiental*

Variables	Característica
Conservación de la biodiversidad	Se apoya la conservación de la biodiversidad, incluida la flora y fauna nativas protegidas o en peligro.
Manejo de sanidad vegetal	El uso de plaguicidas se reduce al mínimo y con el tiempo se mejora el manejo integrado de plagas, malezas y enfermedades.
Conservación de suelos	El suelo está protegido de la erosión mediante medidas adecuadas de conservación del suelo.
Fertilidad del suelo y gestión de nutrientes - Materia orgánica	Se promueve el mantenimiento de la materia orgánica en el suelo
Agua - Fuentes de agua	Los recursos hídricos se conservan y utilizan de manera eficiente.
Agua - Aguas residuales	Se da tratamiento a las aguas residuales y se reduce al mínimo la descarga de contaminantes.
Identificación y manejo de Residuos	Se identifica y gestiona de manera segura los residuos, para maximizar la reutilización y el reciclaje, asegurando al mismo tiempo una eliminación adecuada.
Cambio climático	La agricultura es vulnerable al cambio climático. Además, tiene el potencial para reducirlo mediante la reducción de emisiones, el aumento de sumideros de carbono, la mejora de la biodiversidad y la conservación de los hábitats naturales.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor ambiental. Parte 3 de 7. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fairtrade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 29**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor de Producción*

Variables	Característica
Siembra y rotación	Las variedades de plantas para sembrar, trasplantar y renovar se seleccionan con base en su calidad, productividad, resistencia a plagas y enfermedades y su adaptabilidad para el clima durante la vida de las plantas.
Poda y Renovación de Cultivos Arbóreos	Implementar un ciclo de poda para lograr una adecuada formación, mantenimiento y rejuvenecimiento, de acuerdo con las necesidades del cultivo, las condiciones agroecológicas y las directrices aplicables a la poda.
Organismos Genéticamente Modificados (OGM)	El cultivo certificado no es genéticamente modificado
Manejo de Agroquímicos	Emplean sólo agroquímicos vendidos por proveedores autorizados, en empaque original y sellado.
Prácticas de producción	Construir un enfoque gradual de apoyo a la organización en su trabajo para mejorar el desempeño de los miembros.

Evaluación de Áreas de Conservación	Realizar una evaluación para determinar la presencia de áreas valoradas como de alta conservación (áreas con una porción significativa de bosque intacto, con dosel de cobertura primaria, con comunidades de flora y fauna que pueden se calificar de escasas o raras).
Producción orgánica	La producción de cultivos usa semillas orgánicas y materiales de siembra siempre y cuando se tenga disponibilidad.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor de producción. Parte 4 de 7. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fairtrade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

### Tabla 30

#### *Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor de Conocimiento*

Variables	Característica
Sustancias peligrosas	Capacitación sobre los plaguicidas y otros productos químicos peligrosos, en los riesgos en el manejo de estas sustancias y en cómo manejarlas adecuadamente.
Erosión del suelo	Capacitación en prácticas que reduzcan y/o prevengan la erosión del suelo a los miembros de la finca que hayan identificado tierra en riesgo de erosión.
Manejo Fertilizantes	Capacitación a los miembros sobre el uso apropiado de fertilizantes.
Uso sostenible del agua	Capacitación sobre medidas para el uso eficiente del agua.
Aguas residuales y riesgos para la salud	Capacitación sobre aguas residuales y los riesgos para la salud que implican, así como acerca de la prevención de los riesgos.
Uso de EPP	Personal que trabaja en situaciones peligrosas (terrenos difíciles, con maquinaria o con materiales peligrosos), usan Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado, y están capacitadas en el uso de EPP y tienen acceso al EPP libre de costo.
Uso de Herramientas y maquinaria	La maquinaria tiene instrucciones claras sobre su uso seguro, que pueden ser comprendidas por los trabajadores.
Primeros Auxilios	En la finca tiene en todo momento un número suficiente de personas capacitadas en primeros auxilios en el lugar de trabajo.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor de conocimiento. Parte 5 de 7. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fairtrade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 31**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor en Tecnología*

Variables	Característica
Manejo y monitoreo	Sistemas de producción de la finca y productividad del café (producción de café por hectárea, producción total anual de café) de la red de productores.
Energía	Ahorro de energía y uso preferente de energías renovables.
Adopción digital	Mejorar la gestión de la información relacionada con seguimientos de calidad, procesos de producción, entrenamientos y aspectos económicos por medio de herramientas tecnológicas para mejorar la eficiencia de los procesos.
Plataforma digital	Aplicación móvil con imágenes satelitales, para crear planes de desarrollo de fincas, recomendaciones sobre prácticas agrícolas e inversiones, adaptación climática y entrenamiento para certificación

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor en tecnología. Parte 6 de 7. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 32**
*Variables de las certificaciones de café sostenible – Factor en Gestión del cambio*

Variables	Característica
Administración del recurso humano	Se mantiene una lista actualizada de los trabajadores permanentes y temporales, que contiene para cada trabajador: 1) Nombre completo 2) Género 3) Año de nacimiento 4) Fechas de inicio y finalización del empleo 5) Salarios
Flexibilidad al cambio	Disposición y capacidad para adaptarse a modificaciones en los procesos, incluyendo la adopción de nuevos roles, métodos y procedimientos buscando mejorar el proceso en cada etapa de producción.
Plan de apalancamiento de recursos	La finca proporciona a los trabajadores, servicios basados en el plan de manejo. Los servicios pueden incluir capacitación, actividades para crear conciencia, etc.
Gestión de procesos integrados	Se proporciona transparencia en sus operaciones, políticas, procesos, y registros pertinentes al sello de café sostenible.
Inspección interna y autoevaluación	Sistema de inspección interno para evaluar anualmente el cumplimiento de todos los actores dentro del alcance de la certificación.

*Nota.* La tabla comparte la definición de las variables relacionados con las certificaciones de café sostenible relacionado con el factor de la gestión del cambio. Parte 7 de 7. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

Se presenta en las Tablas 33, 34, 35 y 36, el relacionamiento entre los factores y variables presentes en las certificaciones sostenibles, información importante para esta investigación. Se identifican 54 variables de innovación más representativas considerando los factores de innovación que tienen en común las certificaciones de café seleccionadas. Así mismo, es importante señalar que en este análisis no se han tenido en cuenta las variables X5, X11, X20, X28, X44, X49 y X55, puesto que estas constituyen variables de confirmación del cumplimiento de los diferentes factores de innovación, y por lo tanto, su información carece de relevancia. Aspectos importantes, considerando que se busca construir un modelo de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras, para transformar un café normal en café especial en términos de sostenibilidad.

**Tabla 33**

*Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Económico y Social*

Factores	Variables	Certificaciones
Económico – F1	X1- Rentabilidad y productividad a largo plazo	Conducta 4C
	X2- Mantenimiento de registros	Prácticas C.A.F.E de Starbucks
	Información de mercado y comercio	Rainforest alliance
	X3- Información de mercado y comercio	Fair trade
Social – F2	X4- Trazabilidad de la calidad del producto	
	X6- Libres de discriminación	Conducta 4C
	X7 - Libres de trabajo forzoso y obligatorio	Prácticas C.A.F.E de Starbucks
	X8- Trabajo infantil y protección a la infancia	Rainforest alliance
	X9- Libertad de asociación y negociación colectiva	Fair trade
	X10- Condiciones de empleo	IFOAM

*Nota.* La tabla presenta los factores y variables vinculadas en las certificaciones de café sostenibles, económico y social. Parte 1 de 4. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 34**

*Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Ambiental y*

*Producción*

Factores	Variables	Certificaciones	
Ambiental – F3	X12- Conservación de la biodiversidad	Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fair trade IFOAM	
	X13- Aplicación de pesticidas		
	X14- Conservación de suelos		
	X15- Fertilidad del suelo y gestión de nutrientes - Materia orgánica		
	X16- Agua - Fuentes de agua		
	X17- Agua - Aguas residuales		
	X18- Identificación y manejo de residuos		
	X19- Cambio climático		
	Producción – F4		X21- Siembra y rotación
			X22- Poda y Renovación de Cultivos Arbóreos
			X23- Organismos genéticamente modificados
			X24- Manejo de Agroquímicos
			X25- Manejo de las prácticas de producción
X26- Evaluación de áreas de conservación			
X27- Producción orgánica			

*Nota.* La tabla presenta los factores y variables vinculadas en las certificaciones de café sostenibles, ambiental y producción. Parte 2 de 4. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 35**

*Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Conocimiento*

Factores	Variables	Certificaciones
Conocimiento – F5	X29- Sustancias peligrosas	Conducta 4C Prácticas C.A.F.E de Starbucks Rainforest alliance Fair trade IFOAM
	X30- implementación de mejoras para reducir riesgos por sustancias peligrosas	
	X31- Erosión del suelo	
	X32- Implementación de mejoras para reducir la erosión del suelo	
	X33- Manejos fertilizantes	
	X34- Implementación de mejoras para disposición adecuada de fertilizantes	

- X35- Uso sostenible del agua
- X36- Implementación de medidas para mejorar la calidad del agua
- X37- Aguas residuales y riesgos para la salud
- X38- Implementación de mejoras para reducir el riesgo de las aguas residuales
- X39- Uso de EPP
- X40- Implementación de mejoras para el uso de las EPP
- X41- Uso de Herramientas y maquinaria
- X42- Implementación de mejoras para el uso de herramientas y maquinarias
- X43- Primeros auxilios

*Nota.* La tabla presenta los factores y variables vinculadas en las certificaciones de café sostenibles, ambiental y producción. Parte 3 de 4. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

**Tabla 36**

*Factores y variables de innovación de las certificaciones de café sostenible, Tecnología y Gestión del cambio*

Factores	Variables	Certificaciones
Tecnología – F6	X45- Manejo y monitoreo	Conducta 4C
	X46- Energía	Prácticas C.A.F.E de Starbucks
	X47- Adopción Digital	Rainforest alliance
	X48- Plataforma digital	Fair trade
Gestión del cambio – F7		IFOAM
	X50- Administración del recurso humano	Conducta 4C
	X51- Flexibilidad al cambio	Prácticas C.A.F.E de Starbucks
	X52- Planes de apalancamiento del recurso	Rainforest alliance
	X53- Gestión de procesos integrados	Fair trade
	X54- Inspección interna y autoevaluación	IFOAM

*Nota.* La tabla presenta los factores y variables vinculadas en las certificaciones de café sostenibles, tecnología y gestión del cambio. Parte 4 de 4. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

Así mismo, en la Tabla 37 se desglosan los factores de innovación presentes en cada una de las certificaciones de café sostenible. Esta información importante que permite conocer en detalle las diferentes bases factoriales para generar un café especial alineado con la sostenibilidad. Al identificar y analizar estos factores, se puede entender mejor cómo cada certificación contribuye a la mejora de las prácticas de producción. Además, este análisis permite identificar oportunidades para implementar nuevas estrategias de innovación. De esta manera, se busca no solo mejorar la calidad del café, sino también asegurar que su producción sea ambiental y socialmente responsable.

**Tabla 37**

*Factores de innovación en las que se basan las certificaciones de café sostenible*

Factores	Código de conducta 4C	Comercio Justo – Fair Trade	Orgánico - IFOAM	Rainforest alliance	Prácticas C.A.F.E de Starbucks
Económico – F1	Si	Si	No	Si	Si
Social – F2	Si	Si	Si	Si	Si
Ambiental – F3	Si	Si	Si	Si	Si
Producción – F4	Si	Si	Si	Si	Si
Conocimiento – F5	Si	Si	Si	Si	Si
Tecnología – F6	Si	Si	Si	Si	Si
Gestión del cambio – F7	Si	Si	Si	Si	Si

*Nota.* La tabla presenta los criterios en las que se basan las diferentes certificaciones de café. Diseño propio con información tomada de requisitos de verificación de Fairtrade, (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019).

De este modo, alineando el paquete total de tipos de innovación del Manual de Oslo (2018) con los factores principales de las diferentes certificaciones de fase sostenibles que influyen en los procesos de producción de las fincas cafeteras, se desarrolla la matriz plasmada en la Tabla 38, la cual se constituye en la base para la construcción del modelo de innovación para el proceso de producción del café especial en Colombia.

La integración de estos elementos es fundamental para asegurar que las prácticas innovadoras no solo mejoren la calidad del café, sino que también sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Así, se promueve un desarrollo económico responsable y se fortalece la competitividad de las fincas cafeteras en el mercado global, donde la demanda de café producido bajo estándares sostenibles está en constante crecimiento.

**Tabla 38**

*Tipos y factores de innovación presentes en el proceso de producción del café*

Variables de innovación en el proceso del café			
Paso 1, plantando la semilla de café	Paso 2, cosechando la cereza	Paso 3, procesando la cereza	Paso 4, trillado y tostado el café
IPNAGDEGN – F1= Económico	IPNAGDEGN – F1= Económico	IPNAGDEGN – F1= Económico	IPNAGDEGN – F1= Económico
IPNAGGC – F2= Social	IPNAGGC – X2= Social	IPNAGGC – F2= Social	IPNAGGC – F2= Social
IPNAGDEGN – F3= Ambiental	IPNAGDEGN – F3= Ambiental	IPNAGDEGN – F3= Ambiental	IPNAGDEGN – F3= Ambiental
IPNAGDEGN – F4= Producción	IPNAGDEGN – F4= Producción	IPNAGDEGN – F4= Producción	IPNAGDEGN – F4= Producción
IPNAGDEGN – F5 = Conocimiento	IPNAGDEGN – F5 = Conocimiento	IPNAGDEGN – F5 = Conocimiento	IPNAGDEGN – F5 = Conocimiento
IPNISCHS – F6 = Tecnología	IPNISCHS – F6 = Tecnología	IPNISCHS – F6 = Tecnología	IPNISCHS – F6 = Tecnología
IPNAGGC – F7 Gestión del cambio	IPNAGGC – F7 = Sistema de Gestión	IPNAGGC – F7 = Sistema de Gestión	IPNAGGC – F7 = Sistema de Gestión

*Nota.* La tabla presenta los tipos de innovación y factores de innovación de las certificaciones de café sostenible. Diseño propio basado en Fairtrade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019) y Manual de Oslo (2018).

Se resalta, que en la Tabla 39 se explica cada una de las variables relacionadas en la tabla previa, las cuales como ya se mencionó, están presentes en los procesos de producción de las fincas cafeteras para transformar el café normal en café especial en Colombia. Este desglose es importante porque permite entender el nombre de las variables, su relación con el tipo de innovación y sus respectivas categorías. Esta explicación detallada facilita el conocimiento de cómo cada variable contribuye al proceso de innovación y cómo se integran para mejorar tanto la calidad como la sostenibilidad del café producido.

**Tabla 39**

*Desglose de las variables presentes en el café sostenible*

Variable	Tipo de innovación	Categorías funcionales	Subcategorías
F1, Económico - IPNAGDEGN	Innovación en los Procesos del Negocio	Administración y Gerencia	Dirección Estratégica y General del Negocio
X2, Social - IPNAGGC	Innovación en los Procesos del negocio	Administración y Gerencia	Gobierno corporativo
F3, Ambiental - IPNAGDEGN	Innovación en los Procesos del Negocio	Administración y Gerencia	Dirección Estratégica y General del Negocio
F4, Producción - IPNAGDEGN	Innovación en los Procesos del Negocio	Administración y Gerencia	Dirección Estratégica y General del Negocio

F5, Conocimiento - IPNAGDEGN	Innovación en los Procesos del Negocio	Administración y Gerencia	Dirección Estratégica y General del Negocio
F6, Tecnología - IPNISCHS	Innovación en los Procesos del Negocio	Información y Sistemas de Comunicación	Hardware y Software
F7, Gestión del cambio - IPNAGGC	Innovación en los Procesos del Negocio	Administración y Gerencia	Gobierno corporativo

*Nota.* La tabla proporciona una explicación detallada de las variables de innovación en el café sostenible. Diseño propio basado en Fair trade (2019), Rainforest alliance (2023), Starbucks (2016), Código de conducta 4C (2018) e IFOAM (2019) y Modelo de Oslo (2018).

La Figura 12 presenta el constructo teórico de esta investigación, ilustrando cómo los diversos elementos teóricos se interrelacionan dentro del marco conceptual que sustenta el estudio de innovación en la producción de café especial sostenible en Colombia. Este modelo refleja la integración de conceptos clave que orientan tanto el análisis como la interpretación de los datos.

**Figura 12**

*Descripción del constructo teórico*

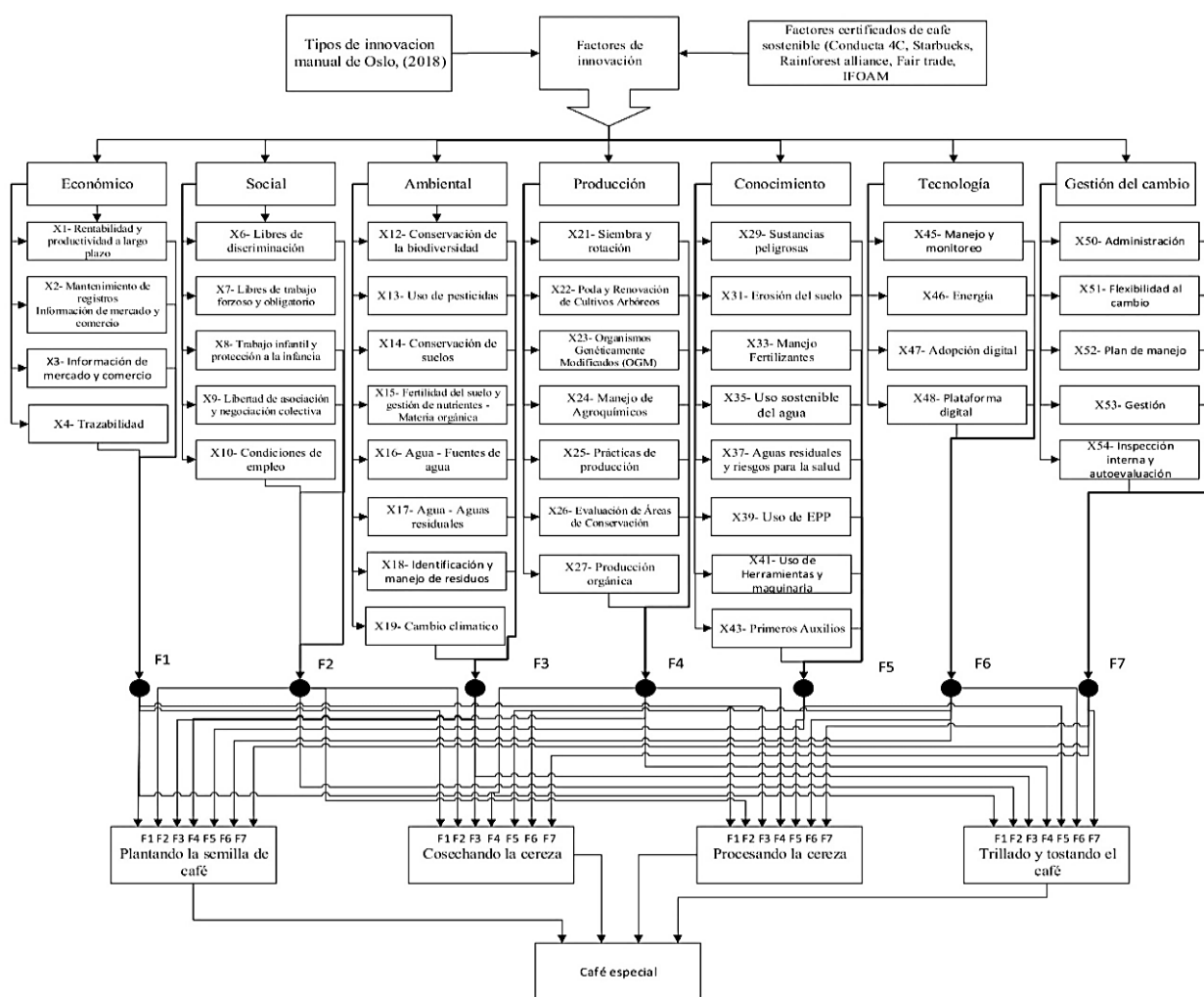


*Nota.* El gráfico muestra el constructo teórico en la que se desarrolla la investigación, Gráfica generada por información recopilada de la literatura.

As mismo, se comparte el impacto que tiene los factores de innovación, la Figura 13 ilustra la influencia que tiene los factores de innovación, las variables diferenciadoras y el alcance que tienen en los diferentes procesos de producción del café, tales como en la plantación de la semilla, cosechando la cereza, procesando la cereza, trillando y tostando el café. La representación gráfica ofrece una visión clara del alcance que tienen estos factores en cada etapa del proceso, destacando su importancia en la mejora y la optimización de la calidad y la sostenibilidad en la producción de café.

**Figura 13**

*Descripción del impacto de los factores y variables de innovación*



*Nota.* El gráfico comparte la descripción gráfica del impacto de los factores y variables de innovación en la producción del café. Gráfica creada por medio de literatura recopilada.

La identificación de los tipos de innovación, factores y variables es fundamental para desarrollar un modelo de innovación destinado al proceso de producción del café especial. Los efectos de estos factores innovadores deben considerarse como puntos apalancamientos que deben ser implementados en las fincas, con el propósito de fomentar la diferenciación e innovación para elevar el café a estándares de especialidad.

## **5 Modelo de innovación del café especial**

Esta sección presenta el modelo de innovación desarrollado para la producción de café especial sostenible. Se describen los componentes principales del modelo y sus interrelaciones. Además, se detallan los pasos seguidos en su creación, que incluyen la recolección de datos y el análisis estadístico. Se explica cómo este modelo puede aplicarse en la práctica para optimizar la producción de café especial. También se abordan los métodos utilizados para verificar su efectividad y confiabilidad. Este modelo de innovación ofrece una herramienta práctica para los productores de café especial, facilitando la implementación de prácticas innovadoras y sostenibles en sus procesos de producción.

### **5.2 Diseño de instrumento**

Para recopilar los datos necesarios para la creación de un modelo de innovación destinado al proceso de producción de café especial, fue esencial desarrollar un instrumento específico. Este instrumento abarcó aspectos significativos como la definición de la muestra y la delimitación del área para la recolección de información. Además, incluyó la identificación del área geográfica, sector productivo, tipo de innovación, factores y periodos de estudio, la clasificación del tipo de café especial (sostenible), los factores y variables de innovación presentes en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Una vez identificados los aspectos a considerar en el instrumento de recolección de datos, se realiza una prueba piloto en campo buscando afinar el instrumento y evaluar su confiabilidad. Además, se valida con expertos en el sector cafetero buscando recibir retroalimentación relacionada con la claridad del texto, coherencia de las preguntas, relevancia de las preguntas con el tema de investigación, ortografía y gramática del instrumento.

#### **5.2.1 Descripción del instrumento**

Se detallan los aspectos necesarios para la construcción del instrumento de recolección de datos. La selección de Pitalito como área focal para este estudio, siendo uno de los 639 municipios

cafeteros según la UPRA (2023), se fundamenta en su posición destacada como el principal productor de café del país, aportando el 3.2% de la producción nacional y el 15.1% del departamento del Huila. Este municipio se distingue por la implementación de procesos innovadores en cosecha y beneficio del café, convirtiéndolo en un escenario ideal para el estudio de prácticas de innovación en la producción cafetera (Agencia UNAL, 2022).

La representatividad de una muestra proveniente de un solo municipio se justifica mediante el principio de muestreo por casos típicos, donde se selecciona una unidad de análisis que exhibe características ejemplares y procesos de innovación avanzados. Este enfoque metodológico es particularmente valioso cuando se estudian prácticas innovadoras, ya que permite identificar y analizar en profundidad casos de éxito que pueden servir como modelos replicables. Al seleccionar el municipio líder en producción e innovación, se garantiza que las prácticas y modelos desarrollados representen estándares de excelencia que pueden ser adaptados y escalados a otros contextos cafeteros del país. Dentro de Pitalito, las veredas de Guacacallos y Acacos fueron elegidas específicamente por su accesibilidad, la disponibilidad de recursos humanos para la investigación, y la proximidad entre las fincas, factores que facilitaron una recolección de datos eficiente y representativa.

Una vez definido el municipio para la recopilación de la información, El marco muestral se estableció a partir de los datos del Censo Nacional Agropecuario realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2014). Según estos datos, la población total de propietarios de fincas cafeteras en las veredas seleccionadas es de 213, distribuidos en 169 en Guacacallos y 44 en Acacos. Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó un diseño de muestreo aleatorio simple (MAS), siguiendo la metodología descrita por Rahi (2017), quien define que "para obtener el valor de la muestra se aplica la siguiente ecuación (1):

$$n = \frac{N (Z_{1-\alpha})^2 \sigma^2}{Ne^2 + (Z_{1-\alpha})^2 \sigma^2} \quad (1)$$

N= Total de dueños de fincas, 213

Z= Nivel de confianza, 95%, 1.96

6 (p,q)= Valor de proporciones, 50

e= Error del 10%.

La aplicación de esta fórmula resultó en una muestra de 66 propietarios de fincas. Este tamaño de muestra, que representa aproximadamente el 31% de la población total, proporciona un

equilibrio entre la representatividad estadística y la viabilidad práctica de la investigación. Como señalan Hernández-Sampieri et al. (2014), "las muestras probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación transeccionales, descriptivos y correlacional, donde se pretende hacer estimaciones de variables para toda la población" (p. 177).

El tamaño de la muestra, compuesto por 66 fincas, se definió utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, parámetros que reflejan un balance óptimo entre la precisión estadística y las restricciones prácticas de tiempo y recursos. La aplicación del muestreo aleatorio simple se eligió por su capacidad para proporcionar una representación objetiva de la población, reduciendo sesgos potenciales y facilitando la generalización de los resultados dentro del contexto específico del análisis.

Es esencial reconocer los tipos de innovación vinculados al Manual de Oslo (2018), los cuales están detallados en la Tabla 39. Para la investigación, se han seleccionado los tipos de innovación en los procesos del negocio (IPN) que se categorizan como "Producción de productos o servicios (PPS), Distribución y logística (DL), Mercadeo y ventas (MV), Sistemas de información y comunicación (SIC), Administración y gerenciamiento (AG), y Desarrollo de productos en los procesos del negocio (PDPN)".

Una vez determinado el tipo de innovación, en tercer lugar, se procede con la identificación del tipo de café especial. En el contexto de esta investigación, se alinea con la categoría de cafés sostenibles, según se detalla en la Tabla 24. En esta fase, se seleccionan las certificaciones más relevantes que han sido relacionadas en diferentes investigaciones, tales como el Código de Conducta 4C, las prácticas de C.A.F.E. Starbucks, Rainforest Alliance, Fair Trade e IFOAM.

Al conocer los tipos de cafés sostenibles, en cuarto lugar, se procede a determinar los factores de innovaciones comunes entre las distintas certificaciones de café. Este análisis conduce a la identificación de siete (7) factores vinculados a aspectos económicos (F1), sociales (F2), ambientales (F3), de producción (F4), de conocimiento (F5), tecnológicos (F6) y gestión del cambio (F7). Estos factores se detallan en la Tabla 25.

Una vez familiarizados con los factores de innovación asociados a los tipos de innovación, en quinto lugar, se procede a la selección de las variables más representativas presentes en las diversas certificaciones de café sostenible. Para el factor de innovación F1 – Económico se identifican 5 variables, F2 – Social cuenta con 6 variables, F3 – Ambiental exhibe 9 variables, F4

– Producción incluye 8 variables, F5 – Conocimiento abarca 16 variables, F6 – Tecnología presenta 5 variables, y F7 – Gestión del cambio engloba 6 variables, estas variables específicas se detallan en la Tabla 33, 34, 35 y 36.

Luego de establecer las variables de innovación, en séptimo lugar, implica vincular estos factores de innovación con los tipos definidos en el Manual de Oslo (2018), evaluando su impacto en los procesos relacionados con el café. Esta relación se configura de la siguiente manera: IPNAGDEGN – F1, IPNAGGC – F2, IPNAGDEGN – F3, IPNAGDEGN – F4, IPNAGDEGN – F5, IPNISCHS – F6, IPNAGGC – F7. Para una explicación más detallada, se puede consultar la Tabla 39.

Para fortalecer el enfoque metodológico, es crucial resaltar las preguntas de investigación específicas planteadas en el documento: a) ¿Cuáles son las variables clave de innovación que influyen en los procesos de producción de las fincas cafeteras? y b) ¿Qué modelo de innovación se puede desarrollar al integrar las prácticas sostenibles y comercio justo para la producción de café especial?. Estas preguntas fundamentales guían todo el proceso investigativo.

Además, el estudio se basa en dos hipótesis principales. En relación con la primera hipótesis, que plantea que las variables clave de innovación relacionadas con la gestión integral de residuos, la adopción tecnológica digital y la flexibilidad ante el cambio influyen significativamente en los procesos de producción de las fincas cafeteras, esta hipótesis busca establecer una relación directa entre la implementación de prácticas innovadoras y la capacidad de producir café especial sostenible.

Así también, La segunda hipótesis propone que la implementación de un modelo de innovación que integre prácticas sostenibles y comercio justo en los procesos de producción de las fincas cafeteras mejorará la producción de café especial. Esta hipótesis se centra en el impacto potencial de un modelo de innovación integral para transformar las prácticas tradicionales en procesos más sostenibles y equitativos, que no solo mejoren la calidad del café sino que también generen beneficios sociales y ambientales en toda la cadena de producción.

Estas hipótesis guían el análisis de los datos recopilados, buscando identificar las relaciones significativas entre las variables de innovación y la producción de café especial sostenible, así como evaluar la eficacia de un modelo de innovación integral en la mejora de los procesos productivos en las fincas cafeteras.

Con la información recopilada sobre las variables, factores y tipos de innovación, se procede a obtener datos a través de una encuesta que se dividió en dos partes. La primera parte esta direccionada en obtener información en términos socioeconómicos, que contiene 12 preguntas con respuestas abiertas y cerradas. La segunda parte está enfocada en obtener información con relación a los factores de innovación como el económico, social, ambiental, producción, gestión, conocimiento, tecnología y gestión del cambio, que contiene 55 preguntas con respuestas cerradas, que fueron categorizadas de forma ordinal en una escala del 1 al 4 como se muestra en la Tabla 40, en donde 1 representa “totalmente en desacuerdo”, 2 indica “en desacuerdo”, 3 denota “de acuerdo” y 4 señala “totalmente de acuerdo”.

**Tabla 40**

*Resultado de las variables de innovación en la encuesta*

Factor de innovación	Variables	Respuestas	Nivel de respuesta
Económico - F1	X1 – X5	Totalmente en desacuerdo – TD En desacuerdo – ED De acuerdo – DA Totalmente de acuerdo - TDA	TD = 1 ED= 2 DA=3 TDA=4
Social – F2	X6 – X11		
Ambiental – F3	X12 – X20		
Producción – F4	X21 – X28		
Conocimiento – F5	X29 – X44		
Tecnología – F6	X45 – X49		
Gestión del cambio – F7	X50 – X55		

*Nota.* La tabla muestra información del valor de las respuestas y el indicador de cumplimiento de las variables del factor de innovación.

Es importante mencionar que la recopilación de la información se llevó a cabo durante el mes de octubre del 2023. Por lo tanto, los datos recopilados, precios y costos están en relación con el momento en que se realizó esta encuesta. Debido a las fluctuaciones del mercado, es posible que hayan ocurrido cambios desde entonces. Comprender la temporalidad de los datos es crucial para evaluar adecuadamente el contexto y la relevancia de la información presentada.

### 5.2.2 Validación del instrumento

La validación del instrumento se lleva a cabo con la participación de cinco expertos en el ámbito relacionado con la agroindustria, relacionados con la gestión de proyectos y desarrollo de innovación. A estos expertos se les dispone de una encuesta que está relacionada con los criterios específicos de la investigación de Renner et al. (2019) y Da Costa (2022), quienes aplican criterios que evalúan la claridad del instrumento, evaluando si las preguntas del cuestionario estas

redactadas de manera precisa y contundente, como por ejemplo ¿Las preguntas del cuestionario aplicado han sido redactadas de manera adecuada?

Asimismo, se analiza el criterio de nivel de entendimiento del contenido, asegurando que el modelo de innovación esta alineada adecuadamente con los diversos tipos de innovación, como por ejemplo ¿El modelo de innovación cuenta con respaldo teórico suficiente en relación con los tipos de innovación?

Otro criterio relevante es la usabilidad, donde se verifica si el cuestionario posee el respaldo teórico necesario para el desarrollo de un modelo de innovación, incluyendo suficientes variables para dicho propósito. Como por ejemplo ¿El cuestionario aplicado contiene variables suficientes para ser utilizado en el desarrollo de un modelo de innovación?

Adicionalmente, se evalúa el criterio de factibilidad del instrumento, determinando si las variables contenidas en la encuesta son las adecuadas para gestionar y contribuir al desarrollo de modelo de innovación. Como por ejemplo ¿El modelo de innovación contribuirá a que los caficultores mejoren el proceso de producción de cafés especiales?

Las respuestas contenidas en el cuestionario realizado a los expertos son cerradas que se encuentran en una escala del 1 al 4. En esta escala, el valor 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo", el 2 indica "en desacuerdo", el 3 denota "de acuerdo" y el 4 señala "totalmente de acuerdo".

Los expertos que fueron sujetos al instrumento, como se detalla en la Tabla 41, poseen la experiencia y los conocimientos necesarios para ofrecer una evaluación precisa de la información contenida en el documento. Además, cuentan con los recursos técnicos adecuados para llevar a cabo esta tarea de manera efectiva.

**Tabla 41**

*Perfiles de los expertos que validan el instrumento*

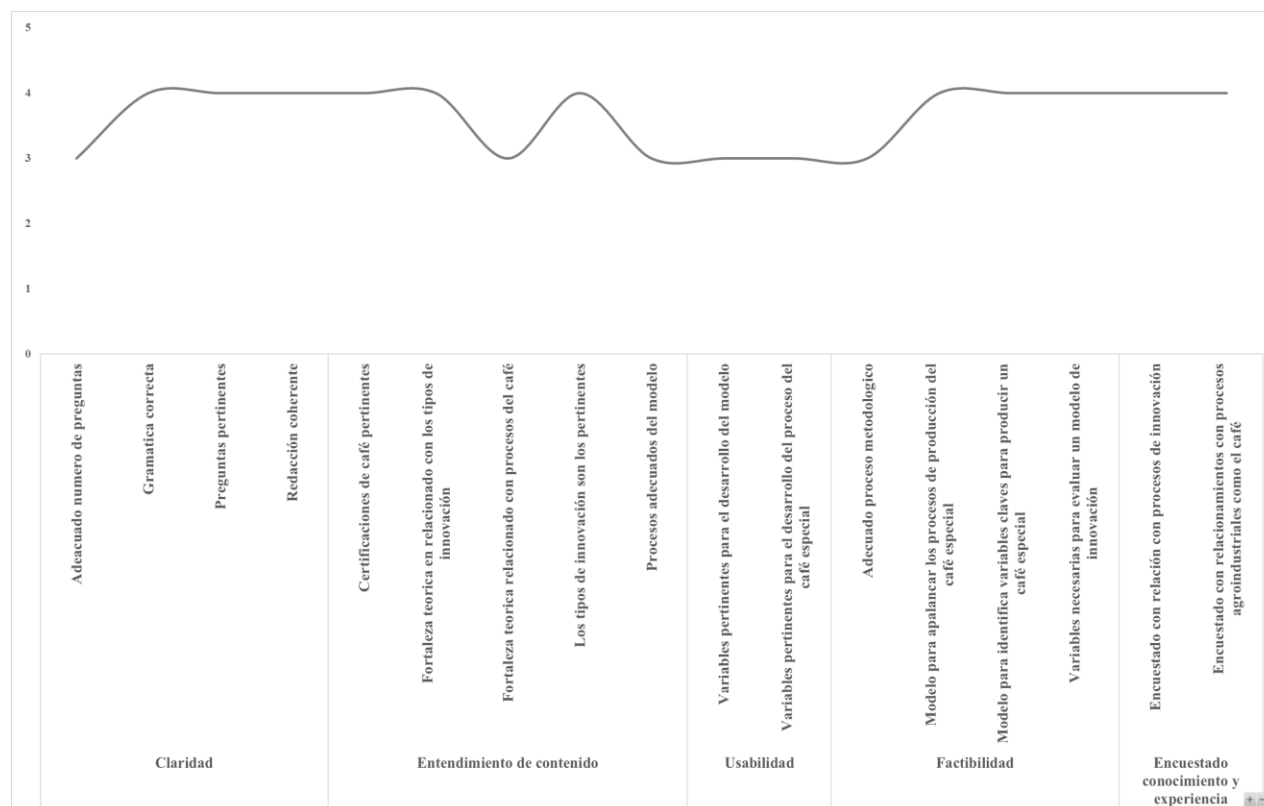
Nombre	Ciudad	Lugar trabajo	Formación	Experiencia en innovación (Años)	Proyectos en Agroindustria
Henry Mauricio Diez Silva	Bogotá	EAN	Doctor	10	15
Maricela Montes Guerra	Bogotá	U. de la Sabana	Doctora	7	7
Gonzalo Rodriguez Cañas	Bogotá	U. del Rosario	Doctor	12	18
Fernando Rodriguez Fonseca	Tunja	UPTC	Doctor	4	4
Torcoroma Velasquez Perez	Cúcuta	UFPSO	Doctora	9	11

*Nota.* La tabla muestra información relacionados de los expertos que validan el instrumento.

Tras recopilar las respuestas, se inicia el análisis de la información. En la Figura 14, se presentan los resultados obtenidos en las diversas categorías, donde los expertos en el tema fueron sometidos con el propósito de evaluar el instrumento y realizar los ajustes necesarios. Esto se realiza con el objetivo asegurar que el modelo pueda generar los resultados esperados de manera efectiva.

**Figura 14**

*Resultados de validación de expertos*



*Nota.* La tabla muestra los resultados de la encuesta realizada a los expertos, cuya información es importante para la medición del instrumento.

La primera categoría se centra en la claridad de la encuesta. En tres de los cuatro criterios evaluados, los encuestados están completamente de acuerdo en que el documento es gramaticalmente correcto, las preguntas están redactadas de manera coherente y son pertinentes al tema de investigación. Sin embargo, se identifica una oportunidad de mejora en el criterio relacionado con la cantidad de preguntas, ya que tres de cinco encuestados sugieren agregar más preguntas. Basándonos en las consideraciones recibidas en esta categoría, podemos concluir que

los expertos reconocen que el documento posee la claridad necesaria para obtener la información requerida para esta investigación.

Analizando la segunda categoría, se vincula con la comprensión del contenido, donde el documento presenta el fundamento teórico para desarrollar un modelo de innovación. En dos de los cinco criterios evaluados, los expertos señalan oportunidades de mejora en los procesos apropiados del modelo y en el fortalecimiento teórico relacionado con los procesos del café. Por lo tanto, es necesario agregar información sobre los procesos que realmente impactan en la producción de cafés para generar un café especial. Así mismo, se sugiere enriquecer el documento con más información sobre los procesos teóricos vinculados con la producción de café.

En relación con los tres criterios restantes que abordan la fortaleza teórica en cuanto a los tipos de innovación, la pertinencia de dichos tipos y de los cafés sostenibles, se puede afirmar que los expertos están completamente de acuerdo en que el documento contiene la información primordial para el desarrollo de la investigación. Entorno a estos criterios, se concluye que los expertos coinciden en que el documento posee la argumentación necesaria para obtener la información crucial que es determinante para la construcción del modelo.

Ahora bien, la tercera categoría, esta alineada con la usabilidad del instrumento, en donde los expertos estuvieron de acuerdo con las variables entorno al proceso del café y el desarrollo del modelo son las adecuadas y aplicables para realizar una investigación que propicie generación de nuevo conocimiento.

En relación con la cuarta categoría, la cual se vincula con la factibilidad del instrumento, se observa que, en tres de los cuatro criterios evaluados, los expertos están completamente de acuerdo en que el instrumento posee las condiciones necesarias para obtener información relevante para el desarrollo del modelo. Este cuenta con las variables esenciales para evaluar los procesos, presenta una identificación estructural precisa de los mismos y facilitará el impulso de los procesos de producción para generar un café especial. Todos los expertos coinciden en que el instrumento sigue un adecuado proceso metodológico, lo que sugiere que, según los datos recopilados, se puede inferir que el instrumento posee la metodología, procesos identificados y variables fundamentales para construir un modelo de innovación.

Resumiendo las recomendaciones de los expertos se comparte las modificaciones que se realizaron al instrumento buscando que sea preciso, confiable y alineado a la investigación:

- Se reformularon 10 preguntas para mejorar su claridad y precisión.
- Se reorganizó la estructura del cuestionario, agrupando las preguntas en secciones más coherentes.
- Las secciones se identificaron acorde al tipo de factor de innovación.
- Se añadieron 13 nuevas preguntas relacionadas con las variables que pertenecen a las diferentes variables de innovación, pasando de 42 preguntas a 55 preguntas.
- Se realizó una revisión exhaustiva de la gramática y ortografía en todo el documento.

La validación del instrumento por parte de los expertos revela su experiencia y conocimiento en la evaluación de este tipo de documentos. Los resultados en cada uno de los criterios indican que el instrumento exhibe claridad, un entendimiento adecuado del contenido, usabilidad y factibilidad. Estos aspectos aseguran la obtención de información pertinente, permitiendo la construcción de un modelo de innovación sólido para el proceso de producción del café especial en Colombia.

### **5.2.3 Prueba piloto del instrumento**

Una vez construido el instrumento de recolección de datos, se realizó una prueba piloto con una muestra de 10 caficultores de la zona seleccionada. La finalidad de esta prueba es obtener retroalimentación sobre la claridad y coherencia de las preguntas en relación con el tema de investigación, verificar la estructura de la encuesta, evaluar la pertinencia del número de preguntas, comprobar la claridad de las respuestas, y confirmar la corrección gramatical y la confiabilidad del instrumento.

Basados en las respuestas de los caficultores, se realizaron ajustes en el cuestionario, modificando algunas preguntas que carecían de coherencia y con estructuras excesivamente extensas. Además, siguiendo las recomendaciones, se incluyeron más ítems sobre el nivel de estudio en la primera sección, considerando la importancia del conocimiento para desarrollar un producto de mejor calidad. Esta fase piloto es crucial para refinar el instrumento antes de su aplicación a gran escala.

Con los resultados obtenidos de la encuesta, se procede a tabular los datos y realizar un análisis de alfa de Cronbach. Según Shi et al. (2024) indican que esta medida examina los datos desde una perspectiva de consistencia interna, y que cuando los resultados superan 0.7, se considera que la escala tiene una alta confiabilidad. Mediante el software Rcommander, se lleva a cabo el

análisis de los datos de las respuestas, arrojando un valor en el análisis de Cronbach de 0.9768. Este resultado sugiere que la encuesta exhibe una alta correlación entre los ítems, indicando una consistencia interna significativa en las respuestas recopiladas. Que permitirá un análisis confiable de información, lo que a su vez facilitará la extracción de resultados alineados con los objetivos de la investigación.

Este estudio proporciona una base sólida y un marco metodológico que puede ser adaptado y replicado en otras regiones cafeteras del país, sino que también ofrece un modelo de innovación robusto. Este modelo puede servir como punto de partida para futuras aplicaciones a nivel nacional en el sector cafetero colombiano. Al integrar prácticas innovadoras, el estudio abre la puerta a la mejora continua de la producción y el beneficio del café, fomentando un enfoque que promueve la sostenibilidad y la competitividad en el mercado

En el análisis de los datos, se ha mantenido la objetividad, evitando sesgos personales y asegurando que las conclusiones se deriven directamente de los datos recopilados. El investigador asume la plena responsabilidad por la integridad de los datos y la precisión del análisis.

#### **5.2.4 Consideraciones Éticas**

Esta investigación se adhiere estrictamente a los principios éticos establecidos en el Código de Ética y Buenas Prácticas de la Revista EAN (2020). En consonancia con estos principios, se ha prestado especial atención al respeto de los derechos de autor, tanto propios como ajenos. El investigador garantiza que todos los datos y resultados presentados son originales y que tienen la autoridad para su divulgación. Se ha cuidado meticulosamente de evitar cualquier forma de plagio, manipulación o distorsión de la información.

### **5.3 Caracterización de la muestra**

Basado en la información obtenida del instrumento, se resalta que las variedades de café cultivadas en las fincas son cuidadosamente seleccionadas por sus características excepcionales. Al profundizar en algunas de estas variedades, se descubre que el café de variedad Castillo, desarrollado por Cenicafé, presenta múltiples ventajas: mayor resistencia a la roya y a las enfermedades de las cerezas del café, una calidad de grano suprema superior al 10%, tamaño medio y excelente calidad en taza (FNC, 2020).

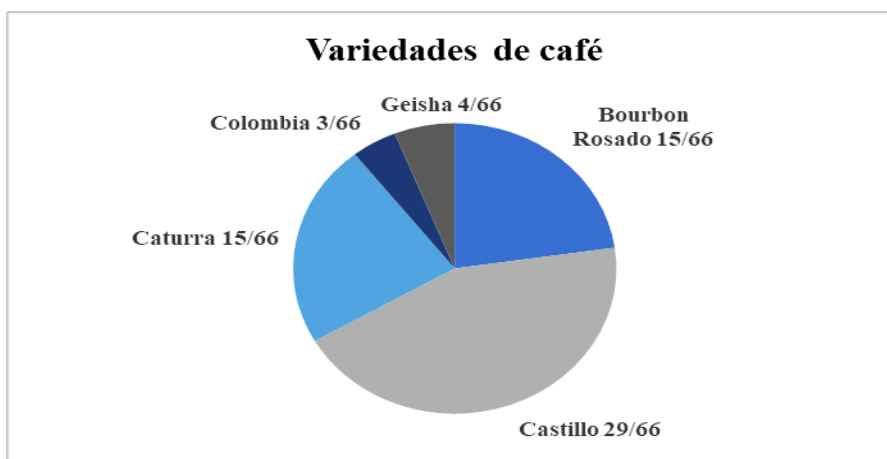
Por otro lado, el "bourbon rosado se destaca como un café de alta calidad y rendimiento medio, apreciado por su distintivo sabor dulce", según Perfect Daily Grind - PDG (2020). Además,

Asmar (2020) destaca que la variedad caturra es reconocida por su adaptabilidad, especialmente en terrenos de gran altitud, y su grano desprende un aroma intenso y definido. Su sabor, con sutiles notas a caramelo, la ha convertido en una opción preferida entre los consumidores.

La diversidad de las variedades de café cultivadas se refleja en tipos como Geisha, Colombia, Caturra, Castillo y Bourbon Rosado. Como se muestra en la Figura 15, las principales variedades producidas en las fincas están lideradas principalmente por Castillo (29 de 66), seguido por Bourbon Rosado (15 de 66) y Caturra (15 de 66).

### Figura 15

*Variedades de café*



*Nota.* El gráfico ilustra las variedades principales de café que son cultivadas. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Ahora bien, la Figura 16 presenta una clasificación detallada de las fincas cafeteras en cinco grupos. Esta categorización proporciona datos específicos sobre la producción de café en cada tipo de finca, permitiendo un análisis preciso y detallado.

- En el primer grupo, que abarca 15 de las 66 fincas se observa que la superficie promedio es de 1.76 hectáreas, dato obtenido mediante un coeficiente de variación (CV) de 0.23. Además, se identifica que 7 de estas 15 fincas producen café especial, y la variedad predominante cultivada es tipo Castillo.
- En el segundo grupo, compuesto por 30 de las 66 fincas, la superficie promedio es de 4.0 hectáreas, dato conseguido por medio de un CV de 0.19. En este grupo, se encuentra que 16 de las 30 fincas producen café especial de la variedad Bourbon Rosado.

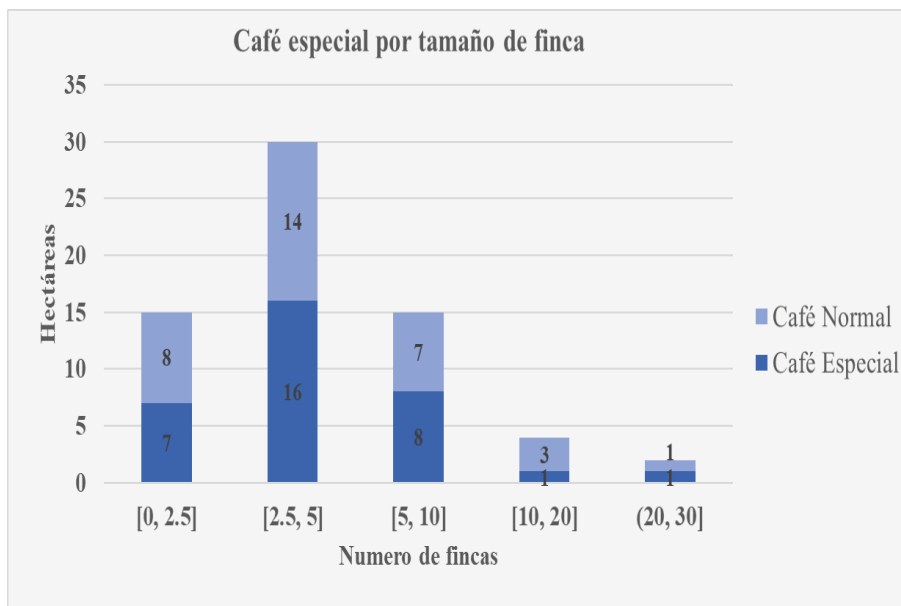
- El tercer grupo incluye 15 de las 66 fincas, con una superficie promedio de 7.8 hectáreas y un CV de 0.17. En este caso, 8 de las 15 fincas producen café especial bajo la variedad tipo Castillo.
- El cuarto grupo, formado por 4 de las 66 fincas, tiene una superficie promedio de 13 hectáreas y un CV de 0.15. Se identifica que 1 de las 4 fincas produce café especial y cultivan la variedad Caturra.
- El quinto grupo consta de 2 de las 66 fincas, con una superficie promedio de 30 hectáreas y un CV de 0,11. En este grupo se encuentra que una de estas fincas produce café especial en la variedad Caturra.

En este punto se destaca que las fincas especializadas en la producción de café de alta calidad se concentran principalmente en los grupos 2 y 3. Estas fincas tienen una extensión media que varía entre 4 y 7.8 hectáreas, y se dedican principalmente al cultivo del café en las variedades Castillo y Bourbon Rosado.

Así mismo, es importante resaltar que esta investigación sobre café especial de tipo sostenible, el enfoque principal no solo recae en las variedades específicas de café, sino en las prácticas de producción sostenible que cumplen con estándares de certificaciones como Rainforest Alliance, Conducta 4C, Starbucks, Fairtrade y IFOAM. El estudio revela que los factores críticos para la producción de café sostenible incluyen la gestión integral de residuos, la adopción de tecnología digital y la flexibilidad ante el cambio. El análisis muestra que cualquier variedad de café puede producirse de manera sostenible si se implementan adecuadamente estas prácticas, integrando aspectos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos. La investigación destaca la importancia de la trazabilidad, las condiciones laborales justas, la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático como elementos clave en la producción de café sostenible. En última instancia, el valor del café especial sostenible reside en cómo se cultiva, procesa y comercializa.

**Figura 16**

*Café especial por tamaño de finca*

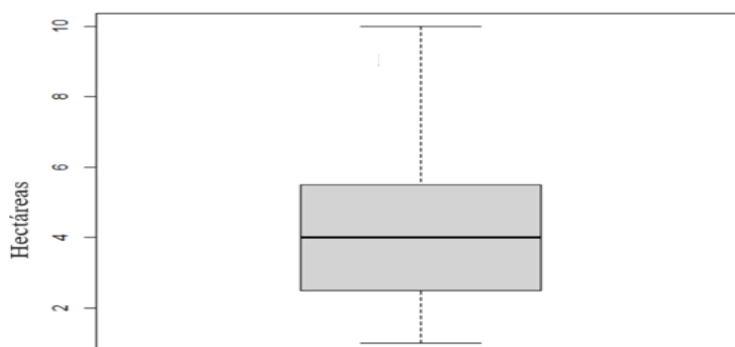


*Nota.* El gráfico ilustra el café especial con relación al tamaño de la finca. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

En este sentido, la Figura 17 presenta el diagrama de caja, revelando que la mayoría de las fincas tienen una extensión que oscila entre 2.5 y 6 hectáreas, con una media de 4 hectáreas. Es importante señalar que, con el fin de ofrecer una visión más detallada, las fincas con más de 10 hectáreas han sido omitidas en esta ilustración. Esta decisión se tomó para centrar el análisis en las propiedades con extensiones más comunes y evitar que las más grandes distorsionen la visualización de los datos. Sin embargo, cabe mencionar que estas fincas de mayor tamaño también son objeto de estudio y análisis en el contexto general de la investigación.

### Figura 17

*Distribución del número de hectáreas de las fincas muestreadas*

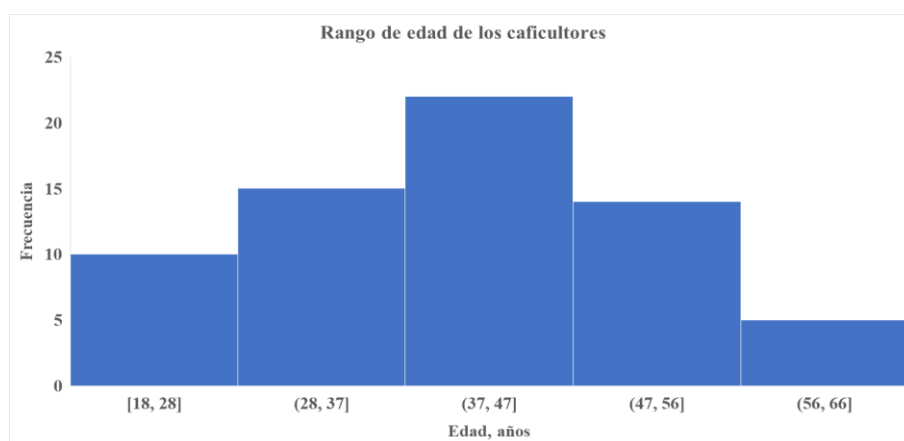


*Nota.* El gráfico ilustra la extensión del número de hectáreas que tienen las fincas muestreadas. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Siguiendo con el análisis de la información, es importante destacar que los caficultores se dividieron en cinco grupos de edad, que van desde los 18 hasta los 64 años. Como se muestra en la Figura 18, el grupo de edad más representativo se encuentra entre los 37 y 47 años, le siguen dos rangos de edades (28 a 36 años y 48 a 56 años) cuyos comportamientos son bastante similares, y resulta notable observar que el grupo de edad más joven, entre 18 y 27 años, no parece tener tanto impacto, a pesar de que se esperaría que este fuera el grupo con mayor potencial de crecimiento.

### Figura 18

*Rango de edad de los caficultores*



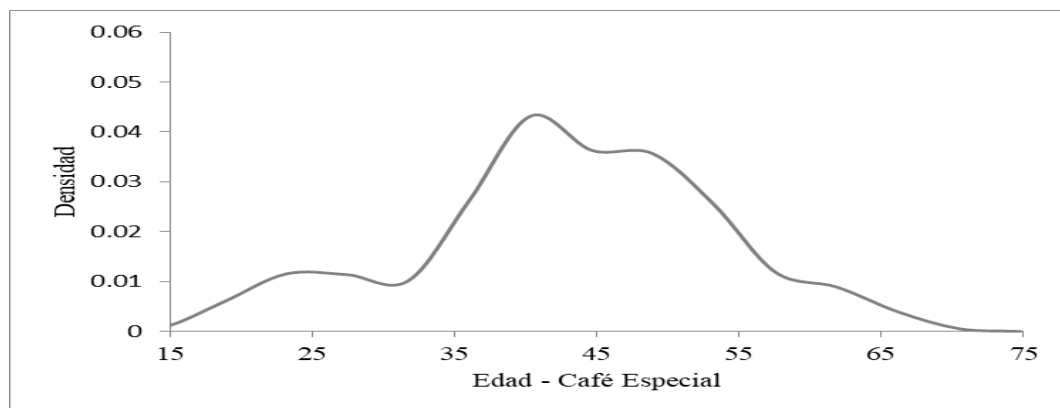
*Nota.* El gráfico muestra los rangos de edad en los cuales se concentran los caficultores. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

En lo que respecta a la relación entre la edad de los caficultores y la producción de café especial, los resultados presentados en la Figura 19, se observa claramente que los caficultores en edades comprendidas entre los 40 y 44 años muestran un mayor interés en la producción de café especial, siendo los 40 años la edad óptima para este proceso. Este grupo demográfico es seguido de cerca por los caficultores con edades entre 48 y 53 años, quienes también muestran un alto interés en producir un café diferenciado.

Por otro lado, se destaca que los caficultores más jóvenes, con edades entre 18 y 31 años, no muestran un interés tan marcado en la producción de café diferenciado, lo cual está relacionado con su bajo nivel de formación. De manera similar, los caficultores mayores de 53 años también exhiben un menor interés en la producción de café especial, fenómeno que se asocia con la resistencia a los cambios debido a su edad.

### Figura 19

*Edad en el que los caficultores generan café especial*

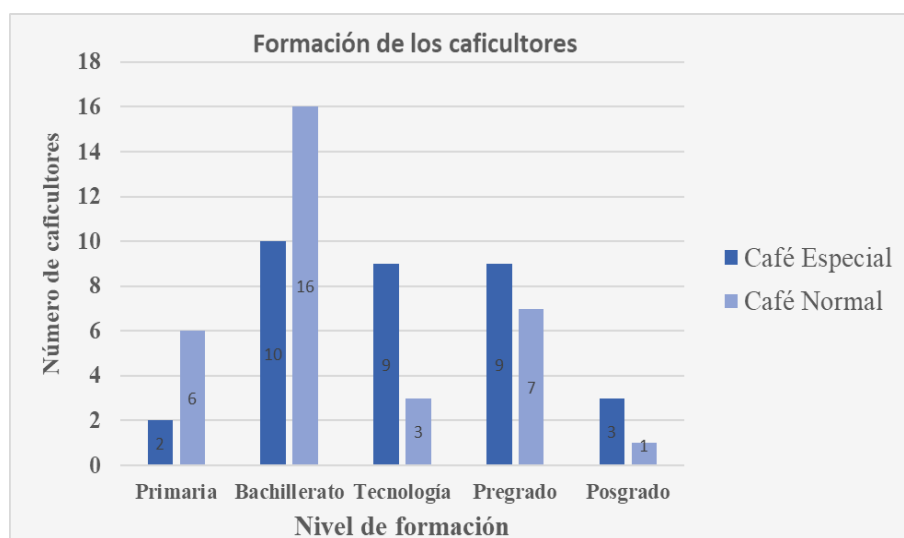


*Nota.* El gráfico ilustra la edad en la que los caficultores generan el café como especial. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Por otro lado, se puede evidenciar que el desarrollo del café especial está estrechamente vinculado al nivel educativo alcanzado por los caficultores. Como se ilustra en la Figura 20, aquellos que han alcanzado un nivel educativo más alto tienen mayor tendencia a producir café especial. Es decir, caficultores con niveles avanzados de educación, como tecnología (9 de 12), pregrado (9 de 16) y posgrado (3 de 4), muestran un mayor interés en la producción de café especial. Esto contrasta con aquellos que se dedican a la producción de café convencional y que cuentan con niveles educativos básicos, como primaria (2 de 8) y bachillerato (10 de 26).

**Figura 20**

*Nivel de formación de caficultores que producen café especial*



*Nota.* El gráfico muestra nivel de formación de los caficultores que producen café especial. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Ahora bien, para que los caficultores puedan producir café especial, se pueden alinear a los distintos tipos de certificaciones. Como se observa en la Figura 21, en donde 33 de los 66 caficultores están dedicados a la producción de café especial. Dentro de los dedicados a la producción de café especial, la mayoría (25 de 33 caficultores) busca mejorar sus estándares de producción a través de la certificación Rainforest Alliance, seguido por Fairtrade, que es elegido por 4 de los 33 caficultores, el resto de las certificaciones como código de conducta 4C, indicación geográfica y sello verde su aporte no es representativo.

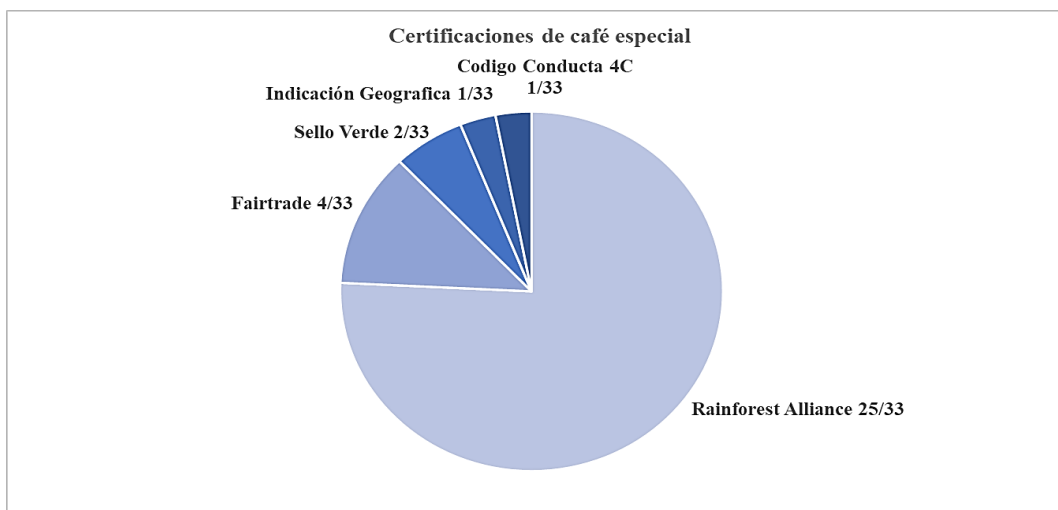
Al analizar las razones por las cuales los caficultores prefieren la certificación Rainforest Alliance, se atribuye a su naturaleza integral y exhaustiva en el sector cafetero. Esta certificación se distingue por implementar un proceso de auditoría meticuloso que evalúa múltiples dimensiones de la producción sostenible: desde la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales, incluyendo prácticas específicas para el manejo del suelo y el agua, hasta aspectos sociales fundamentales como el bienestar laboral y la calidad de vida de los trabajadores del campo (Valerio, 2022).

Otra razón, según el Centro de Promoción de Importaciones - CPI (2021), es que “la certificación Rainforest Alliance se ha convertido en un requisito cada vez más común para

ingresar a los segmentos especializados de Europa, destacándose especialmente en los segmentos de mayor envergadura”.

## Figura 21

### *Principales certificaciones de café especial*



*Nota.* El gráfico ilustra las principales certificaciones de café especial. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Una vez que los caficultores han decidido dedicarse a la producción de café especial certificado, es esencial analizar el precio de venta, los costos incurridos y los márgenes de ganancia asociados con este tipo de producción. La Figura 22 presenta un gráfico de densidad que ilustra los valores de venta considerando todos los tipos de café especial sostenible, teniendo como CV de 0.13, la información revela que, para una carga de 125 kg de café seco, el valor promedio de venta se sitúa alrededor de los COP 1.429.218.

De igual manera, se observa que el precio de venta más frecuente se sitúa alrededor de COP 1.350.000. Además, se identifica en el extremo inferior de la curva, que los precios de venta mínimos se ubican en COP 1.250.000, mientras en el otro extremo de la curva, la carga alcanza un máximo de venta de COP 2.200.000.

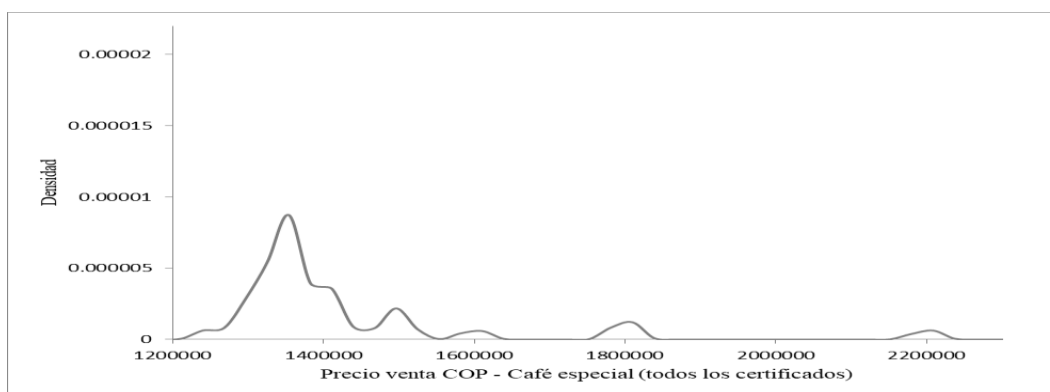
En este punto, se debe considerar los siguientes aspectos:

- El precio de venta del café especial tipo seco de 125 kg, que alcanza un valor de venta de COP 2.200.000 tiene una certificación de Rainforest Alliance. En este caso, los productores de café que logran obtener estos precios lo hacen a través de una estrategia de comercialización directa con el cliente final.

- El certificado con mayor impacto es el de Rainforest Alliance, con un precio promedio de venta de COP 1.453.098. En este caso, 25 de los 33 caficultores se dedican a producir un café que cumple con los estándares de esta certificación, garantizando la calidad del producto y prácticas sostenibles en su producción.
- Por otro lado, los cafés certificados como 4C, Fairtrade, Indicación Geográfica y Sello Verde tienen un precio promedio de comercialización de COP 1.355.000. En este escenario específico, un grupo de 8 de 33 caficultores, se especializan en la producción de estos cafés en las modalidades mencionadas.

**Figura 22**

*Precio de ventas café especial considerando todas las certificaciones*



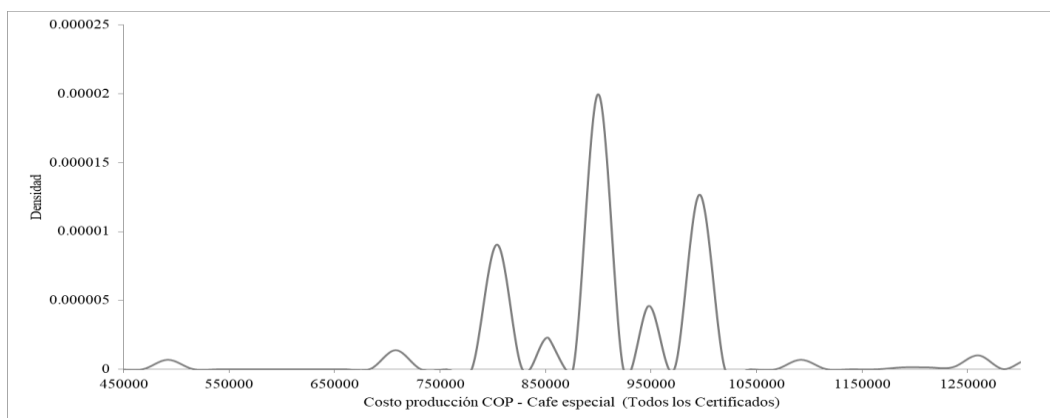
*Nota.* El gráfico ilustra los precios de ventas de café especial considerando todas las certificaciones. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Para generar un café especial de calidad, es fundamental tener en cuenta los costos asociados con la producción de una carga de 125 kg de café seco. Siendo así, en la Figura 23 con un CV de 0.18, se puede observar que el costo promedio para generar una carga de café especial tipo seco de 125Kg, considerando todas las certificaciones, se sitúa alrededor de COP 943.750.

Además, se observa que el costo de producción normalmente se sitúa alrededor de COP 924.000, con un costo mínimo de aproximadamente COP 492.000 y un costo máximo de COP 1.260.080.

**Figura 23**

*Costo del café especial considerando todas las certificaciones*



*Nota.* El gráfico ilustra el costo para generar un café especial considerando todas las certificaciones. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Calculando los márgenes de ganancia (%) considerando todas las certificaciones, basados en el precio promedio de venta del café especial y el costo promedio para producir una carga de 125 kg de café seco, es necesario aplicar la fórmula que se presenta a continuación para obtener el resultado.

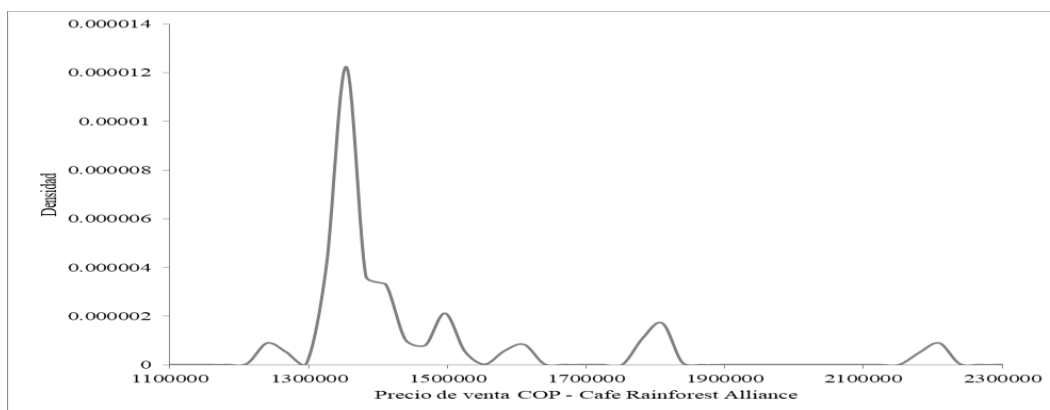
$$\begin{aligned} \text{Margen de ganancia \%} &= \left( 1 - \frac{\text{Precio de venta prom. café especial total}}{\text{Costo prom. café especial total}} \right) = \\ &= \left( 1 - \frac{\$1.429.418}{\$943.750} \right) = 34\% \end{aligned}$$

Dentro de este contexto, el caficultor podría disfrutar de un margen de ganancia aproximado del 34%. Sin embargo, es fundamental realizar un análisis detallado, especialmente sobre el predominio del café especial Rainforest Alliance, donde 25 de 33 caficultores están alineados a sus lineamientos.

En la Figura 24 se presenta un gráfico de densidad del café certificado Rainforest Alliance. El análisis de este gráfico se desarrolló con un coeficiente de variación (CV) de 0.13. De acuerdo con los datos, el precio promedio de venta de una carga de 125 kg de café seco certificado es de COP 1.453.098. Además, se puede observar que el precio de venta más común y de preponderancia se sitúa alrededor de COP 1.350.000, con rangos que varían desde un mínimo de COP 1.250.000 hasta un máximo de COP 2.200.000.

**Figura 24**

*Precio de ventas café especial Rainforest Alliance*

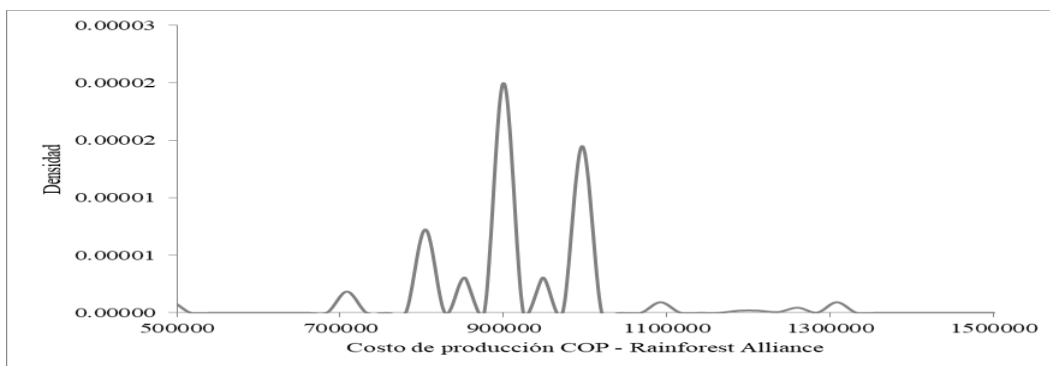


*Nota.* El gráfico muestra el precio de venta de café especial Rainforest Alliance. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

En este sentido, los costos relacionados con la producción del café especial con certificación Rainforest Alliance se detallan en la Figura 25. Al realizar un análisis con un coeficiente de variación (CV) de 0.19, se determina que el costo promedio de una carga de 125Kg de café tipo seco es de COP 931.250. Además, se destaca el costo de producción más significativo este alrededor de los COP 900.000, dentro de un rango que fluctúa entre un mínimo de COP 732.000 y un máximo de COP 1.308.000.

**Figura 25**

*Costo de producción de café especial Rainforest Alliance*



*Nota.* El gráfico muestra el costo de producción de café especial Rainforest Alliance. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Para obtener el margen de ganancias (%) considerando el precio de ventas promedio café especial Rainforest Alliance y el costo asociado para generar un café especial en esta modalidad en una carga de café seco de 125kg, se debe considerar la siguiente fórmula para obtener las ganancias.

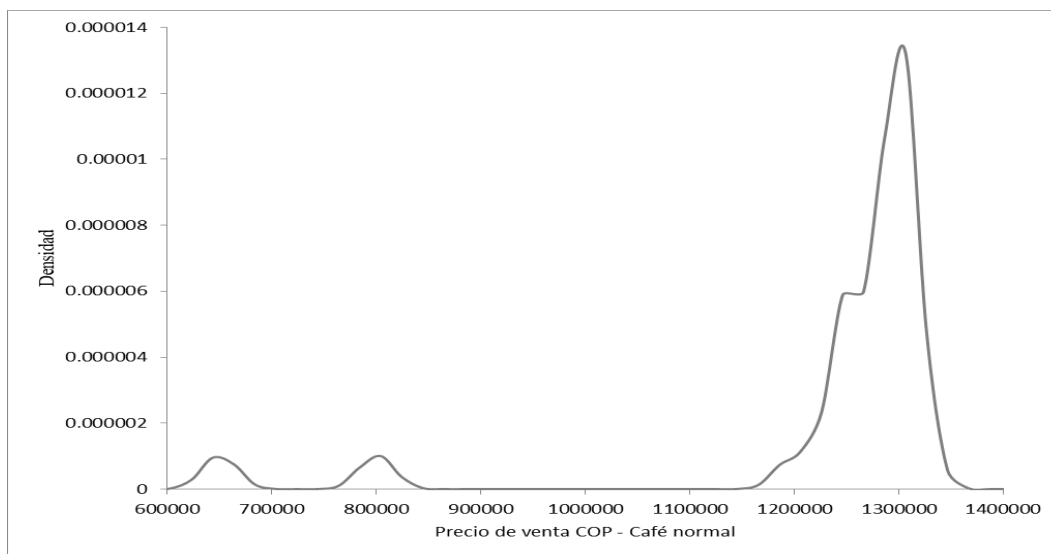
$$\begin{aligned} \text{Margen de ganancia \%} &= \left( 1 - \frac{\text{Precio de venta prom. café RA}}{\text{Costo prom. café especial RA}} \right) = \\ &= \left( 1 - \frac{\$1.453.958}{\$931.250} \right) = 36\% \end{aligned}$$

Después de analizar los beneficios económicos asociados con los cafés especiales, considerando todas las certificaciones, así como los cafés especiales certificados por Rainforest Alliance, es importante llevar a cabo un análisis económico comparativo con respecto al café normal.

De esta manera, la Figura 26 presenta un gráfico de densidad que muestra valores con un coeficiente de variación de 0.13 de los precios de venta de una carga de 125kg de café normal tipo seco. Este gráfico muestra que el precio promedio de venta del café es de COP 1.233.913, siendo el precio de venta más común de COP 1.306.600, con un mínimo registrado de COP 650.000 y un máximo alcanzado de COP 1.320.000.

**Figura 26**

*Precio de venta café normal*

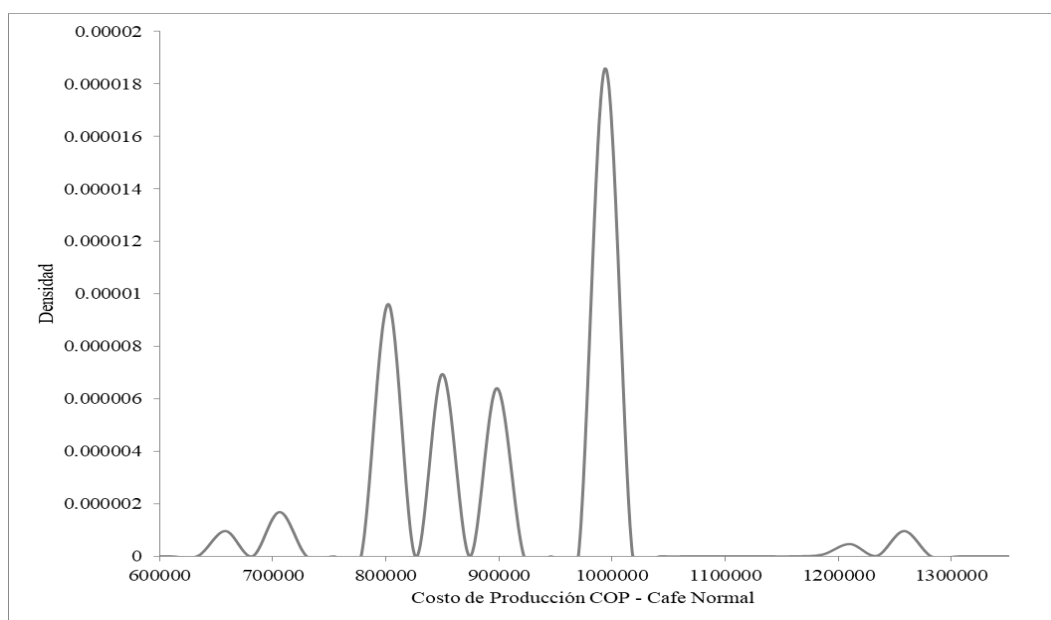


*Nota.* El gráfico muestra el precio de venta del café normal. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Así mismo, se realiza un análisis económico detallado en relación con los costos de producción asociados a una carga de 125 kg de café normal tipo seco. Como se describe en la Figura 27, con datos que tienen un coeficiente de variación del 0.18. Se observa que el costo promedio de producción de un café normal es de COP 919.565, siendo el costo más frecuente de COP 994.000, con intervalos de costos que varían desde un mínimo de COP 680.000 hasta un máximo de COP 1.250.000.

### Figura 27

#### *Costo de producción de café normal*



*Nota.* El gráfico muestra el costo de producción de café normal. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

El margen de ganancia (%) para los caficultores que producen y venden café normal en una carga de 125 kg en tipo seco, se calcula utilizando la siguiente fórmula para determinar los beneficios económicos

$$\begin{aligned} \text{Margen de ganancia \%} &= \left( 1 - \frac{\text{Precio prom. de venta café normal}}{\text{Costo prom. café normal}} \right) = \\ &= \left( 1 - \frac{\$1.233.963}{\$919.565} \right) = 25\% \end{aligned}$$

Con la finalidad de evaluar el verdadero beneficio económico que motiva a los caficultores a hacer la transición desde una producción café normal hacia una que esté alineada con estándares

representativos como los de Rainforest Alliance (25 de 33 caficultores), es esencial realizar una comparación económica detallada. La cual se puede observar en la Tabla 42, donde se realiza un análisis comparativo entre los aspectos económicos del café normal y el café especial certificado por Rainforest Alliance.

**Tabla 42**

*Ganancias y márgenes del café normal vs café especial*

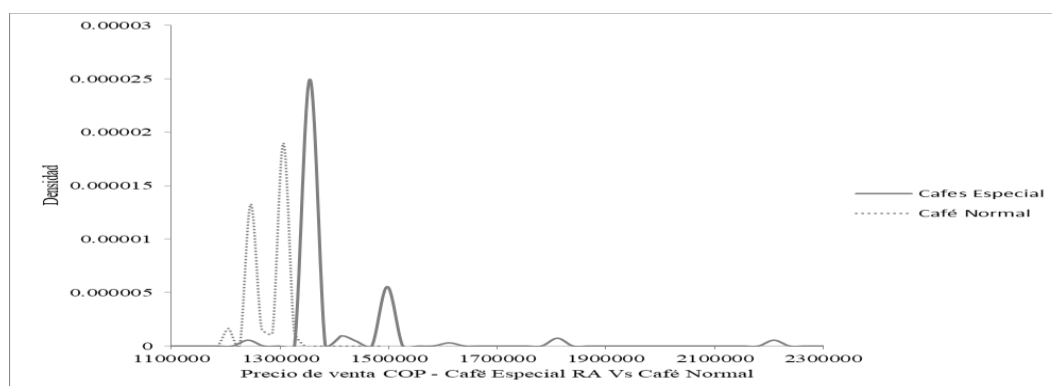
Café Normal	Café Especial - Rainforest Alliance (RA)
Margen de ganancia %	Margen de ganancia %
$= \left( 1 - \frac{\text{Precio de venta prom. café normal}}{\text{Costo prom. café normal}} \right) =$	$= \left( 1 - \frac{\text{Precio de venta prom. café RA}}{\text{Costo prom. café especial RA}} \right) =$
$= \left( 1 - \frac{\$1.233.963}{\$919.565} \right) = 25\%$	$= \left( 1 - \frac{\$1.453.958}{\$931.250} \right) = 36\%$
Ganancias COP	Ganancias COP
= Precio prom. venta – Costo prom. producción	= Precio prom. venta – Costo prom. producción
= \$1.233.963 – \$919.565 = \$ 314.398	= \$1.453.958 – \$931.250 = \$ 522.708
Ganancia por implementación del proceso producción de Café Especial, tipo seco, carga de 125Kg	
Ganancia Café COP = Ganancia Café Especial RA – Café Normal	
Ganancia Café COP = \$522.708 - \$ 314.398 = \$208.310	
Margen de ganancia por implementación del proceso producción de Café Especial, tipo seco, carga 125Kg	
Margen Ganancia (MG) Café % = MG Café Especial RA % – MG Café Normal %	
Margen Ganancia (MG) Café % = 36 % – 25 % = 11 %	

*Nota.* La tabla presenta las ganancias y márgenes, entre el café normal y café especial. Diseño propio creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Una vez evaluadas las posibles ganancias que podrían generarse, al convertir la producción de café normal en una variedad especial, la Figura 28 ilustra una comparación de precios entre el café normal y el café especial. Para el café normal, se ha identificado que el precio común de comercialización es de COP 1.306.600, con un máximo de COP 1.320.000. Por el contrario, si el caficultor decide enfocarse en la producción de café especial, los precios de comercialización son considerablemente mejores, oscilando alrededor de COP 1.350.000 y con oportunidad de alcanzar valores máximos hasta de COP 2.200.000.

**Figura 28**

*Comparación del precio de venta entre el café norma vs café especial.*

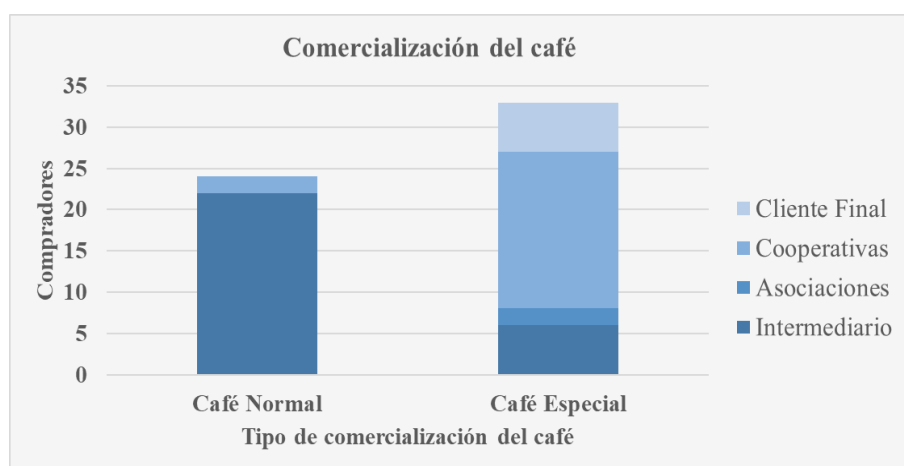


*Nota.* El gráfico ilustra los precios de comercialización entre café normal y café especial. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

En este contexto, cuando los caficultores optan por utilizar métodos de producción centrados en el café de tipo especial, se amplía el espectro de comercialización. Como se ilustra en la Figura 29 se puede observar que los caficultores que producen café de tipo normal tienen solo dos (2) alternativas de comercialización: a través de intermediarios o asociaciones. Por otro lado, los caficultores que se dedican a la producción de café de tipo especial expanden el panorama de ventas hacia la comercialización con cooperativas e incluso llegando hasta el cliente final.

**Figura 29**

*Alternativas de comercialización para el café normal y el café especial*

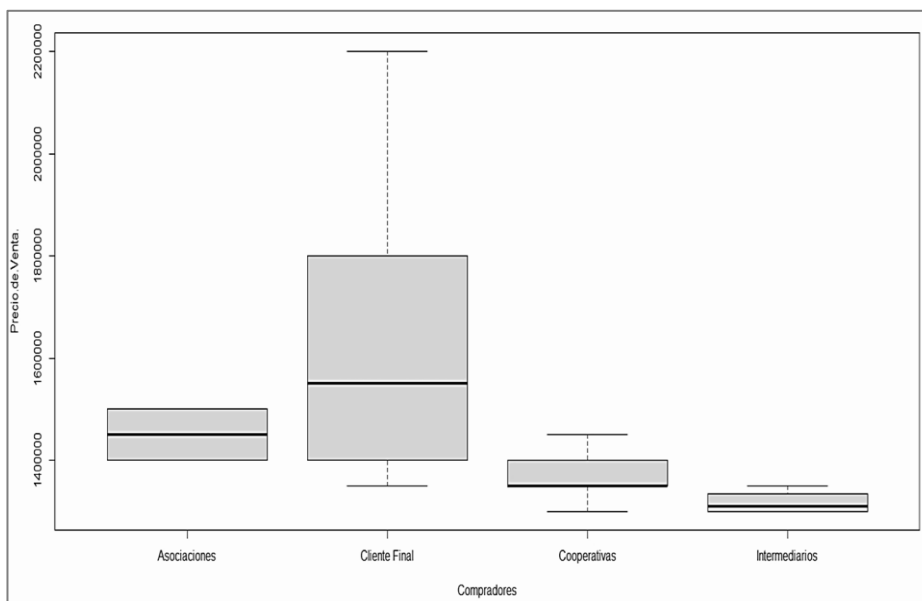


*Nota.* El gráfico ilustra las alternativas de comercialización entre café normal y café especial. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Cuando los caficultores optan por la producción de café especial, los precios de comercialización mejoran considerablemente debido a la expansión del mercado. Como se evidencia en la Figura 30, se detalla que al vender café tipo seco (125 kg) directamente a clientes, se obtienen valores de venta más altos, con una media de COP 1.580.000. Le siguen las asociaciones, que adquieren el café a una media de COP 1.450.000, y finalmente, las cooperativas, que lo compran a una media de COP 1.392.000. Es relevante destacar que las cooperativas son el punto focal donde se agrupa la mayoría de los caficultores especializados en la producción de café certificado de alta calidad. Esto se debe a que, mediante un acuerdo de exclusividad en la comercialización, los caficultores pueden obtener la certificación Rainforest Alliance.

**Figura 30**

*Café especial, precios de comercialización con diferentes compradores*



*Nota.* El gráfico muestra los precios de comercialización del café especial para distintos compradores. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Sintetizando la información recopilada durante el trabajo de campo y basados en la descripción estadística proporcionada, se pueden deducir las siguientes consideraciones sobre la producción de café especial:

- La variedad de café más cultivada por los caficultores son el Castillo (29 de 66), Caturra (15 de 66) y Bourbon rosado (15 de 66).

- Las fincas que se enfocan en la producción de café especial generalmente tienen un tamaño de 2.5 a 5 hectáreas (16 de 66 fincas) y de 5 a 10 hectáreas (8 de 66 fincas).
- El grupo de edad dominante entre los caficultores está en el rango de 36 a 46 años, seguido de cerca por los rangos de edades de 27 a 36 años y de 46 a 55 años.
- En el grupo de 36 a 46 años, los caficultores destacan por su especial atención a la producción de café especial, mostrando un interés marcado en prácticas innovadoras y sostenibles.
- Acorde al análisis de datos, 33 de las 66 fincas cuentan con el certificado de café especial Rainforest Alliance (café tipo seco), mientras que las otras 33 fincas no siguen ningún método de producción diferenciada y producen café convencional.
- Los caficultores que se enfocan en la producción de café especial suelen tener niveles de formación superior, como tecnología (9 de 12 caficultores), pregrado (9 de 16 caficultores) y posgrado (3 de 4 caficultores).
- Los caficultores dedicados a la producción de café especial disfrutan de un mayor espectro de comercialización, ya que su producto puede llegar a clientes finales a nivel local e internacional.
- Al convertir el café normal en café especial, el margen de ganancia adicional alcanza alrededor del 11%, es decir, por carga aproximadamente COP 208.861.
- Para lograr la certificación Rainforest Alliance y convertir su café en una variedad especial, los caficultores deben optar por comercializar sus productos a través de cooperativas. Esto les brinda la oportunidad de obtener la certificación, y adicional garantiza un precio de venta más favorable.
- En la comercialización de café especial, los precios de venta son más elevados, dado que pueden ser vendidos en asociaciones, cooperativas y directamente a clientes. En comparación, el café común se vende a precios más bajos y suele pasar por intermediarios o asociaciones antes de llegar al mercado.

Se resalta que las inversiones necesarias para llevar a cabo la implementación de la certificación Rainforest Alliance son notablemente bajas, estimadas en aproximadamente COP 2.000.000. Al comparar esta inversión con las ganancias derivadas de la implementación de la certificación sostenible, se identifica que se podrían obtener ingresos adicionales de alrededor de

COP 12.498.600 en una finca promedio de 4 hectáreas con 15 cargas de producción. Esto indica un aumento significativo en los ingresos provenientes de la venta de café especial.

Además de mejorar la calidad del producto, la aplicación de estas mejoras tiene el potencial de ampliar significativamente el alcance comercial de los caficultores, permitiéndoles penetrar en nuevos segmentos de clientes y mercados dispuestos a pagar primas adicionales por un café diferenciado.

Tras completar la caracterización de la información y haber identificado la trazabilidad en aspectos como la edad, nivel educativo, métodos de comercialización, las variedades de café más cultivadas y márgenes de ganancias. Se inicia la fase de construcción del modelo de innovación, que tiene como objetivo primordial generar en los procesos de producción de las fincas la generación de un café especial de tipo sostenible.

#### **5.4 Proceso de diseño del modelo de innovación.**

La construcción del modelo de innovación sigue un proceso específico. Primeramente, se organiza la información recopilada, y se procede a realizar una clusterización de las fincas que presentan factores de innovación en los procesos de producción del café. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis correlacional que evalúa la probabilidad de innovación en estas fincas en relación con las variables de innovación desarrolladas en el proceso de producción.

Este análisis correlacional se ejecuta mediante herramientas de software que generan un análisis de emparejamiento (Pair), facilitando la identificación de las variables de innovación más influyentes. Una vez identificadas estas variables clave, se realiza un análisis de mapa de calor (Heatmap) para determinar las variables y factores con mayor peso, aquellas que son cruciales para que una finca tenga la probabilidad de desarrollar un café especial.

Al tener identificadas las variables de innovación más significativa, se selecciona el método de regresión más adecuado teniendo en cuenta los datos de las variables de los factores de innovación. Siendo, el uso del software Rcommander fundamental para identificar aquellas variables con peso significativo y con capacidad predictiva que impacten de manera considerable en la variable dependiente llamada probabilidad de innovación.

Una vez construido el modelo, es necesario realizar la validación del modelo mediante el cumplimiento de los supuestos del análisis paramétrico, residuos y valores atípicos. Las cuales permiten definir si la información es certera y con carácter predictivo, para cumplir con el objetivo

de crear un modelo de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras para aumentar la producción de café especial.

#### **5.4.1 Agrupación por innovación de las fincas**

Con la información recopilada, se crea un dendograma generado por el software Rcommander, el cual es una representación gráfica de algoritmos de agrupamientos jerárquico que está definido por una expansión tipo árbol definida por una base de dato (Labbé et al. , 2022). En el cual se divide la información en dos partes, como se exhibe en la Figura 31 la cual ilustra la jerarquía de las fincas según el tipo de café que producen, ya sea normal o especial.

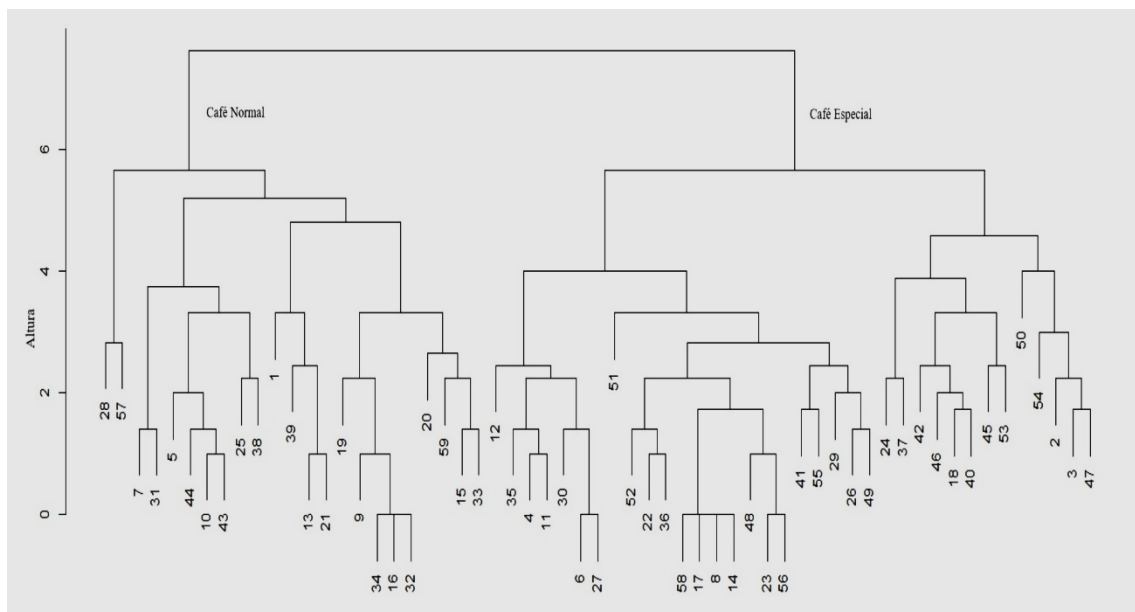
En el lado izquierdo de la figura, se encuentran representadas las fincas que producen café normal, marcadas como el número 1. Estas fincas producen café tipo seco de 125 kg de manera convencional, utilizando factores de innovación básicos. En contraste, en la misma rama, se destacan los puntos 16, 32 y 34, que son fincas que han trabajado más en los factores de innovación, y podrían tener una gran oportunidad de convertir su café en especial para así conseguir una mejor venta del producto.

Al analizar la ramificación del café especial, se identifican dos vertientes claramente diferenciadas. En la rama izquierda se encuentran las fincas que tienen un peso representativo en términos de factores de innovación, marcadas en los puntos jerárquicos 6, 8, 14, 17, 23, 27, 56 y 58. en el cual estas fincas tienen el potencial de obtener mejores precios de comercialización por la aplicación de factores de innovación en sus procesos de producción.

Por otro lado, en la rama derecha del dendograma se ubican fincas, representadas por el punto 50, que presentan un caso particular: si bien logran producir café con características especiales, exhiben niveles de innovación comparativamente más bajos que sus contrapartes. Esta situación revela un potencial sin explotar en sus procesos productivos. La brecha entre su capacidad actual y su potencial sugiere importantes oportunidades de mejora, especialmente en la implementación de prácticas innovadoras que podrían optimizar sus procesos de producción.

**Figura 31**

*Análisis de agrupación jerárquica del café normal y especial*



*Nota.* El gráfico ilustra la agrupación jerárquica entre el café normal y especial. Gráfica creada mediante el software Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Se lleva a cabo la agrupación de la información que es compartida en la Tabla 43, realizando el análisis desde dos perspectivas: 1) Tipo real, obtenido a partir de los datos recopilados en el trabajo de campo, y 2) Tipo teórico, que considera las distancias entre las respuestas. En este último, se utiliza un criterio basado en percentiles, donde el 40% se relaciona con términos de innovación y el 60% restante no presenta términos de innovación en los procesos de producción de las fincas, con el fin de generar un café de tipo especial. En base en las distancias presentadas en las respuestas, se pueden identificar las fincas que tienen probabilidad de innovación en sus procesos de producción.

Usando los criterios de percentil (40%) para lo teórico y formulado para lo real acorde al software R commander, un valor de cero (0) significa que las fincas no presentan innovación en sus procesos, mientras que un valor de uno (1) indica que sí la tienen. Además, se realizó una comparación de la probabilidad teórica y real de innovación utilizando el software R Commander,

y se identificó que en 59 de los 66 resultados existe similitud, lo que indica una gran concordancia entre lo teórico y lo real.

Acorde a los datos de la Tabla 43, que refleja la información real, se identifica que 31 de 66 fincas tienen procesos de innovación en comparación con los datos teóricos que nos indica que 28 de 66 fincas tienen procesos de innovación para generar café especial sostenible, es decir que la diferencia entre las fincas con procesos de innovación con datos reales y teóricos son de 3 fincas.

Al profundizar en el detalle de la información, se observa que las fincas que han adoptado medidas de innovación y las que no, pasa de 27 a 23 fincas. Al examinar la formulación teórica, se usa un percentil del 40% para identificar las fincas que tienen procesos innovadores, que genera un valor en la distancia de 0.69. Este resultado indica que las fincas con distancias superiores a este valor exhiben variables menos innovadoras, y estas variables están vinculadas a la X19, que aborda la falta de medidas de adaptación al cambio climático en las fincas en relación con el factor de innovación medioambiental. Así mismo, se evidencia una baja innovación en la variable X46, que se refiere a fincas con escasas medidas tecnológicas para reducir el consumo de energía, y en la variable X48, que trata sobre fincas con poca innovación al utilizar aplicaciones para mejorar las prácticas agrícolas. Estas dos últimas variables están directamente relacionadas con la innovación a través de la tecnología.

No obstante, es fundamental identificar en los valores reales en las fincas que se dedican a la producción de café especial, y que carecen de elementos innovadores en sus procesos de producción (6 fincas), es debido a una de estas fincas (Observación 4) que produce café en estado verde, lo cual no cumple con uno de los requisitos para la producción de café especial, que exige presentar la cereza en estado seco.

Además, se evidencia que dos de estas fincas (Observaciones 24 y 41) cuentan con certificaciones relacionadas con código de 4C y Fairtrade. Sin embargo, al evaluar la variable X54 del factor de innovación de gestión del cambio, que indica la necesidad de realizar inspecciones internas para obtener las certificaciones, se observa que estas fincas no cumplen con este requisito, lo que dificulta su reconocimiento como fincas productoras de café especial sostenible.

En este sentido, se determina que tres de las fincas (Observaciones 41, 57 y 60), a pesar de no aparentar tener factores de innovación en sus procesos de producción de café especial, sí

implementan prácticas innovadoras en la realidad. Esta diferencia revela que la percepción inicial de la falta de factores de innovación en sus procesos de producción de café especial no es precisa.

Así mismo, resulta importante detallar la Tabla 43, en relación con los datos reales, que presenta el escenario de fincas que producen café normal con procesos de producción innovadores. En este contexto se observa que cumplen con 6 de 7 factores que tienen innovación en sus procesos, y que su enfoque está dado con la producción de café tipo seco normal por volumen, dado que el promedio de área cultivable es de 13.5 hectáreas, muy por encima de la media de 4.5 hectáreas por finca, dando prioridad a esta perspectiva en lugar de enfocarse en los detalles de la especialidad. En consecuencia, se observa una falta de interés en cumplir el único factor de innovación pendiente, que está alineado con la gestión del cambio.

**Tabla 43**

*Agrupamiento de las fincas con procesos de innovación y no innovación*

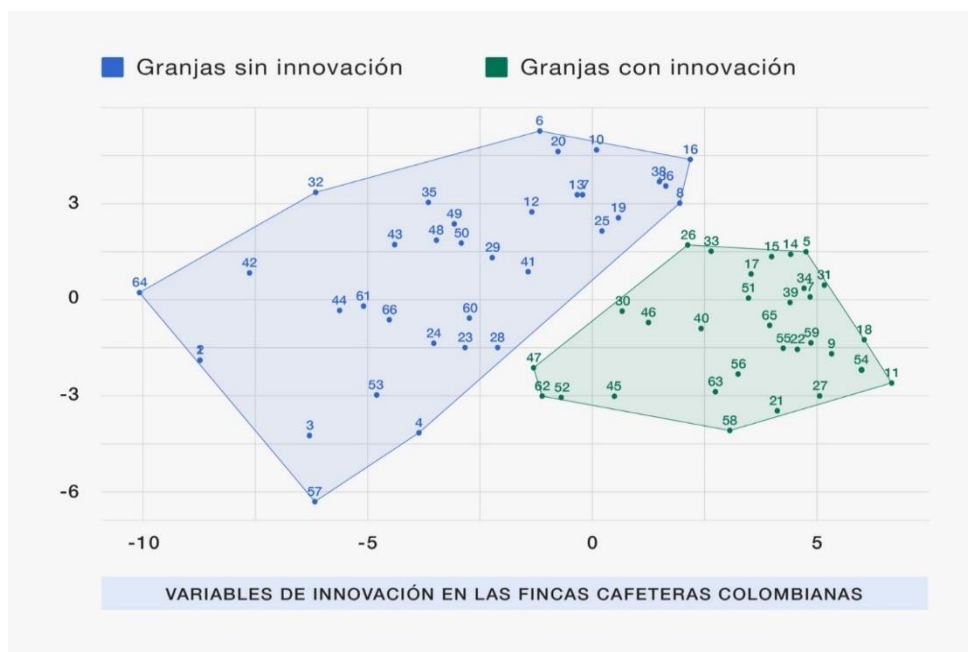
Datos reales				
Descripción	Tipo de Café	Innovación	No Innovación	Total general
Fincas Café Normal	0	4	29	33
Fincas Café Especial	1	27	6	33
Total, general		31	35	66
Datos teóricos				
Descripción	Tipo de Café	Innovación	No Innovación	Total general
Fincas Café Normal	0	5	28	33
Fincas Café Especial	1	23	10	33
Total, general		28	38	66

*Nota.* La tabla muestra las fincas que tienen en sus procesos innovación y no innovación. Diseño propio creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Ahora bien, siguiendo con la representación de las agrupaciones de las fincas según su nivel de innovación, en la Figura 32 se destacan dos conjuntos diferenciados por los colores verde y azul. Las fincas agrupadas en azul (35 de 66 fincas) son aquellas que emplean procesos poco innovadores, dando como resultado la producción de café normal. Se observa una mayor separación entre estas fincas. Por otro lado, en color verde (31 de 66 fincas) se identifican las fincas que implementan procesos con variables con factores de innovación, mostrando distancias más cercanas entre sí y con la capacidad para generar un café especial de tipo sostenible.

**Figura 32**

*Agrupación de las fincas con procesos de innovación*



*Nota.* El gráfico ilustra la agrupación de las fincas con procesos de innovación. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo mediante el software R commander.

Analizando en detalles los valores de agrupación se generan indicadores que buscan identificar las fincas que tienen en sus procesos de producción métodos de innovación en búsqueda de generar café especial, en la Tabla 44 se puede observar los datos de correlación que tienen las variables con la probabilidad de innovación, por lo que se van a desarrollar indicadores que permitan identificar las variables que tienen relación más fuerte con la variable probabilidad de innovación.

**Tabla 44**

*Fincas con variables de innovación*

Fincas Cafeteras	Probabilidad de innovación	Fincas Cafeteras	Probabilidad de innovación
1	0	34	1
2	0	35	0
3	0	36	0
4	0	37	0
5	1	38	0
6	0	39	1

7	1	40	1
8	0	41	0
9	1	42	0
10	0	43	0
11	1	44	0
12	0	45	1
13	0	46	1
14	1	47	1
15	1	48	0
16	0	49	0
17	1	50	0
18	1	51	1
19	0	52	1
20	0	53	0
21	1	54	1
22	1	55	1
23	0	56	1
24	0	57	0
25	0	58	1
26	1	59	1
27	1	60	0
28	0	61	0
29	0	62	1
30	1	63	1
31	1	64	0
32	0	65	1
33	1	66	0

*Nota.* La tabla muestra las fincas cafeteras que tienen variables de innovación en los procesos de producción. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander.

- Se generan dos indicadores para identificar las fincas según sus probabilidades de innovación, de la siguiente manera: a) Fincas con procesos de producción que presentan variables de innovación, con un valor mayor o igual a uno (fincas cafeteras innovadoras  $\geq 1$ ), y b) Fincas con procesos de producción sin variables de innovación, con un valor menor a uno (fincas cafeteras innovadoras  $< 1$ ). Estos indicadores permiten diferenciar los niveles de innovación de cada finca y facilitar la identificación de áreas con mayor potencial de desarrollo.
- Indicador 1, identifica las fincas cafeteras innovadoras  $\geq 1$ , tales como:  
5, 9, 11, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 39, 40, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 63, 65

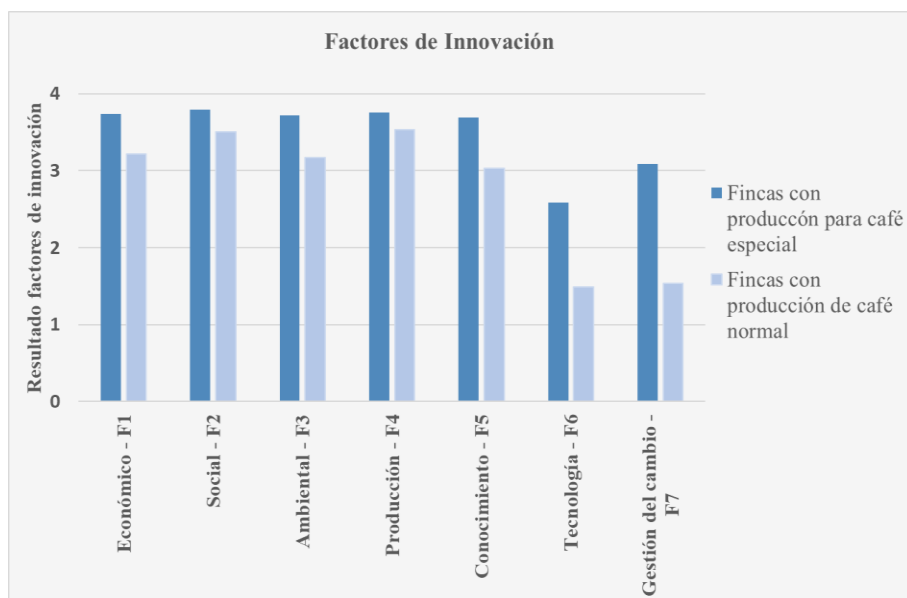
- Indicador 2, identifica las fincas cafeteras no innovadoras  $< 1$ , tales como:  
1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 13, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 28, 29, 32, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 53, 57, 60, 61, 64, 66

Con los resultados obtenidos, se identificó que 31 de las 35 fincas presentan variables en los procesos de producción con probabilidad de innovación, lo que sugiere un potencial para generar un café especial. Estas fincas destacan por incorporar prácticas que favorecen la calidad y sostenibilidad del producto. A su vez, esto les permite posicionarse de manera más competitiva en el mercado de cafés sostenibles.

Entrando en detalles, en el análisis del agrupamiento de las fincas según factores de innovación, la Figura 33 exhibe aquellas que incorporan elementos innovadores en sus procesos de producción de café especial. Se observa que estas fincas comparten principalmente siete (7) factores asociados a lo económico – F1 (Fincas para producir café especial "FPCE" con variables que tienen una media de 3.7 - Finca para producir café normal "FPCN" con variables con una media de 3.2), social – F2 (FPCE con variables con una media de 3.8 - FPCN con variables con una media de 3.5), ambiental – F3 (FPCE con una variables con una media de 3.7 - FPCN con variables con una media de 3.0), producción – F4 (FPCE con variables con una media de 3.8 - FPCN con variables con una media de 3.5), conocimiento – F5 (FPCE con variables con una media de 3.7 – FPCN con variables con una media de 3.0), tecnología – F6 (FPCE con variables con una media de 2.6 – FPCN con variables con una media de 1.5) y gestión del cambio – F7 (FPCE con variables con una media de 3.1 - FPCN con variables con una media de 1.5).

En este sentido, se destaca que las mayores distancias entre las fincas productoras de café normal y especial se encuentran en los factores de innovación relacionados con tecnología (F6) y gestión del cambio (F7). Estos factores son relevantes, y al evidenciarse una distancia significativa, indican que las fincas destinadas a la producción de café normal podrían carecer de procesos de producción innovadores para la producción de un café de tipo especial.

Se destaca que las fincas con la capacidad de producir café especial exhiben dos factores de innovación diferenciales: tecnología (F6) con variables con una media de 2.6 y gestión del cambio (F7) con variables con una media de 3.1. Evidenciando que las fincas que cumplan con las variables de estos dos factores tienen una alta probabilidad de innovación para la producción de café especial.

**Figura 33**
*Factores de innovaciones en las fincas cafeteras*


*Nota.* El gráfico ilustra los factores de innovación que aplican en las fincas cafeteras. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

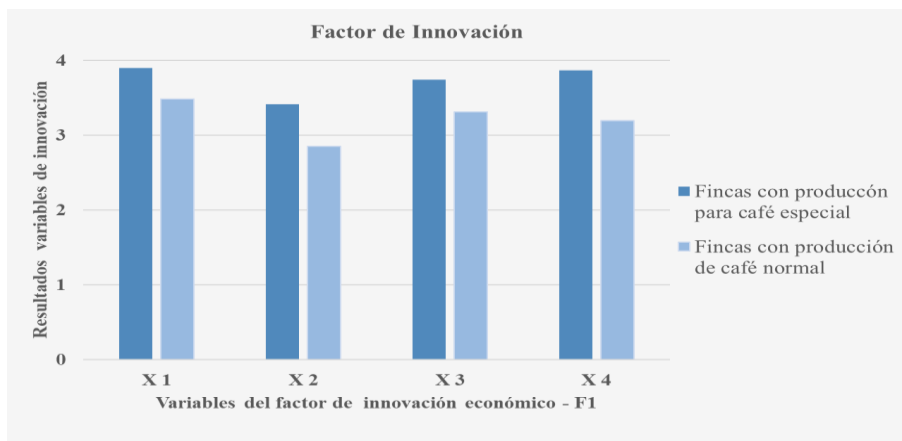
Una vez evaluado el impacto de los factores de innovación en las fincas cafeteras, resulta esencial identificar las variables de innovación que ejercen una mayor influencia, que permitirá determinar qué variables específicas son los responsables de que una finca pueda generar café de calidad especial o normal en sus procesos de producción.

De esta manera, en la Figura 34 se presentan las variables asociadas al factor de innovación económico (F1), y se observa que las fincas capaces de producir café especial muestran una media de 3.7 en todas las variables (X1, X2, X3 y X4), indicando que están llevando a cabo procesos innovadores en sus procesos de producción.

De igual manera, se destaca que las fincas que producen café normal cumplen con los procesos de innovación en 3 de las 4 variables, con una media de 3.2. Sin embargo, la variable X2 presenta una media de 2.9, situándose por debajo del nivel de cumplimiento. Esto sugiere que los procesos relacionados con el almacenamiento de registros de ingresos y costos para el control de la rentabilidad no son aplicados en todas las fincas. Dicha variable es de importancia para llevar un adecuado control de registros de gastos durante el proceso de producción del café.

**Figura 34**

*Variables de innovaciones económicas en las fincas cafeteras*

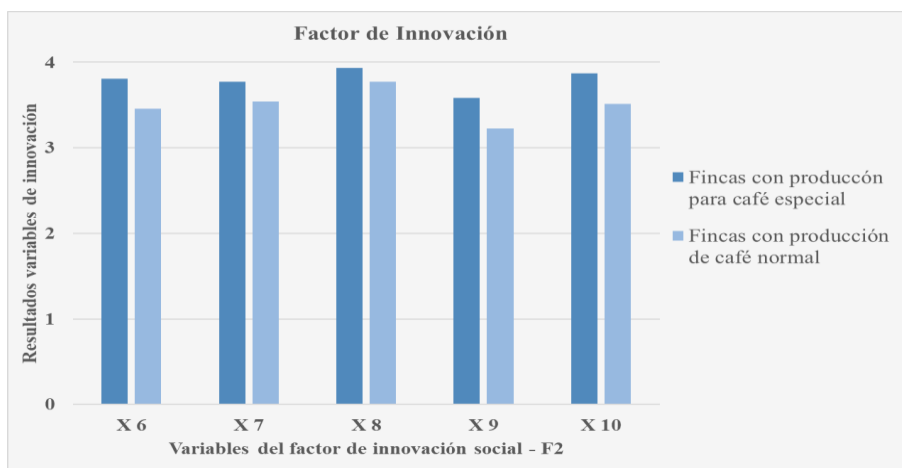


*Nota.* El gráfico muestra las variables entorno al factor económico que aplican en las fincas.

Ahora analizando las variables asociadas al factor de innovación social (F2), en la Figura 35 se observa que todas las fincas en sus procesos de producción de café, sea especial o normal, cumplen con los criterios sociales establecidos en las variables (X6, X7, X8, X9 y X10). Además, se identifica que el nivel de cumplimiento es ligeramente superior en las fincas con capacidad de producir café especial, en donde las variables tienen una media de 3.8, mientras que las fincas que producen café normal tienen variables con una media de 3.5.

**Figura 35**

*Variables de innovaciones social en las fincas cafeteras*



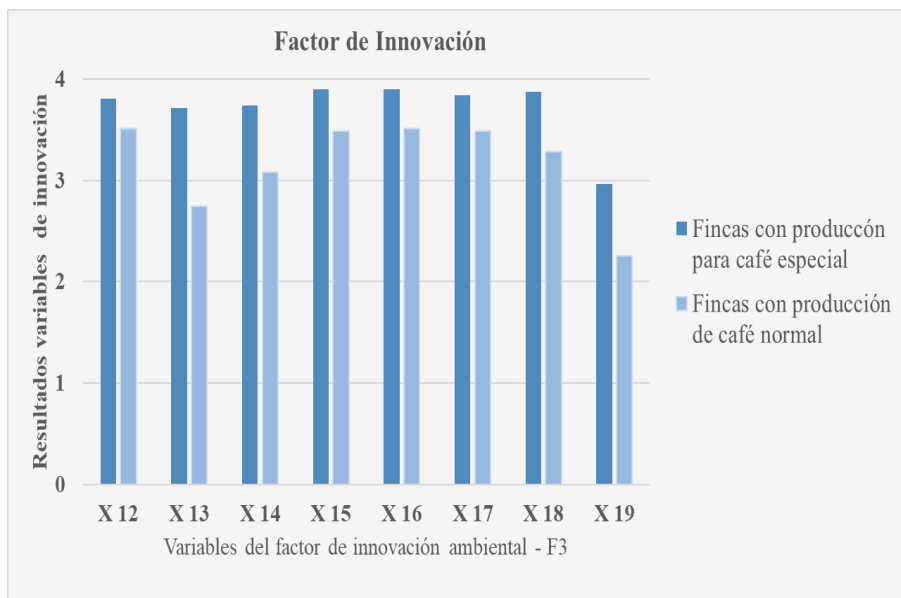
*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor social que aplican en las fincas cafeteras.

Siguiendo con el análisis, la Figura 36 ilustra que las fincas que tienen en los procesos la capacidad de producir café especial, sus variables relacionadas con el factor de innovación ambiental (F3) tienen en sus variables una media de 3.7. Sin embargo, se observa que la variable más baja en términos de cumplimiento se denomina como X19 (media de 3.0) y está relacionada con la adaptación de las fincas al cambio climático.

Por otro lado, las fincas que tienen procesos para producir café normal muestran variables con una media de 3.2, con dos variables por debajo del umbral de aceptación, que son denominadas como X13 (media de 2.7) y X19 (media de 2.3), que están relacionadas respectivamente con la implementación de un sistema integrado de plagas y la adaptación que tienen en sus procesos al cambio climático.

**Figura 36**

*Variables de innovaciones ambiental en las fincas cafeteras*



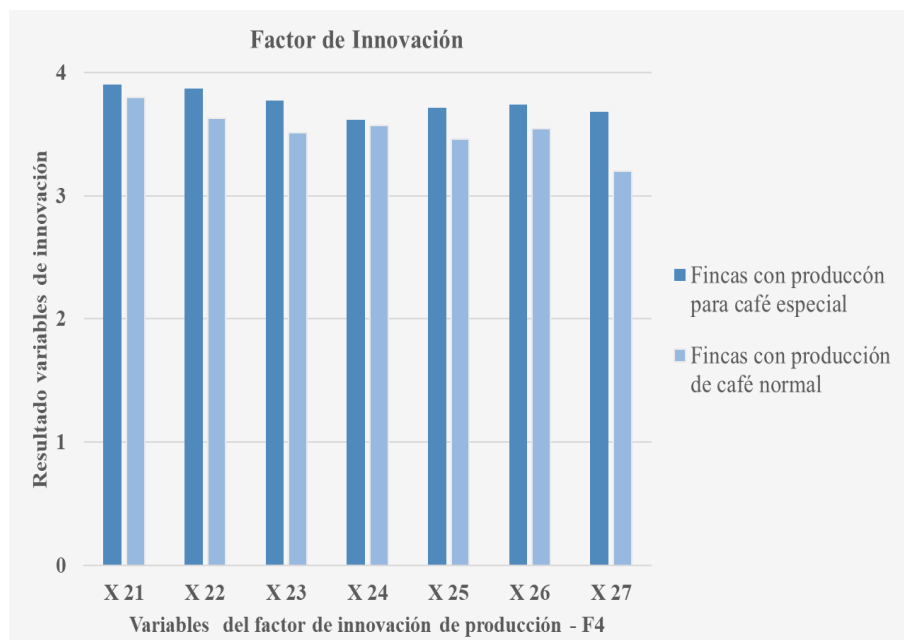
*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor ambiental que aplican en las fincas cafeteras. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Al analizar las variables de innovación en el ámbito del factor de producción (F4), la Figura 37 revela que las fincas que se dedican a la producción de café especial y aquellas a la producción de café normal muestran respectivamente en sus variables unas medias de 3.8 y 3.5. Lo que sugiere

que la diferencia en términos de innovación es mínima, indicando que las fincas cafeteras mantienen elevados estándares en los procesos de producción de café.

### Figura 37

*Variables de innovación de producción en las fincas cafeteras*



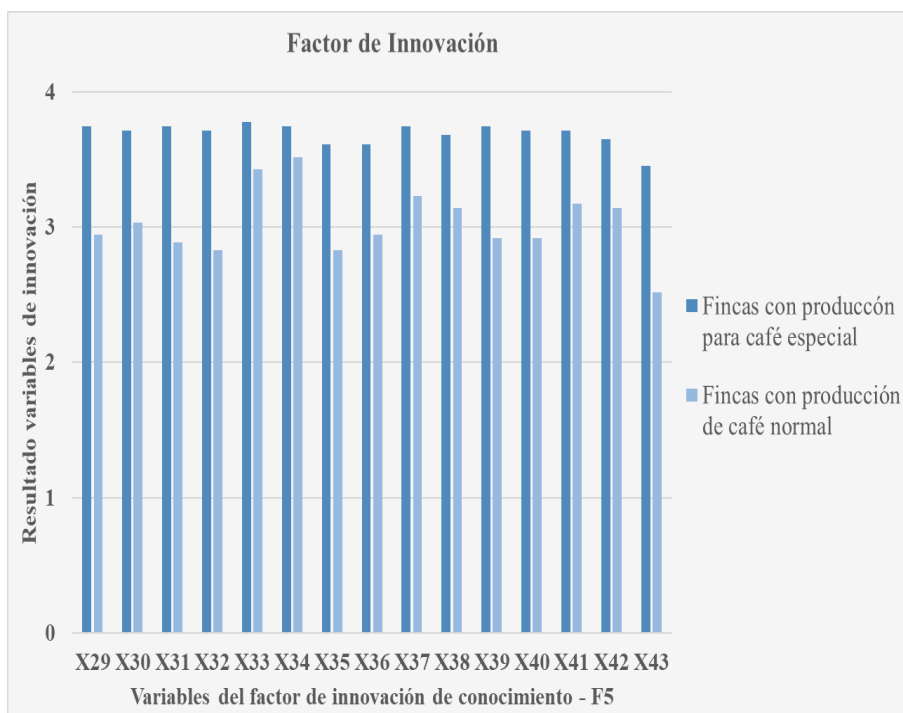
*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor de producción que aplican en las fincas cafeteras. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Se continua con el desglose de los factores, y la Figura 38 proporciona información sobre al factor de conocimiento (F5), observando que las fincas capaces de producir café especial presentan en sus variables una media de 3.7, evidenciando una diferencia significativa con aquellas que siguen procesos de producción para café normal, las cuales tienen una media de 3.0.

Al explorar las fincas dedicadas a la producción de café normal, se destaca que la variable con el valor más bajo registra una media de 2.5, situándose por debajo del punto de referencia, la cual está asociada a la capacidad de prestación de primeros auxilios. Este aspecto es de importancia en las fincas, dado que resalta la necesidad de contar con un personal capacitado para responder con prontitud ante cualquier eventualidad que pueda afectar el recurso humano.

**Figura 38**

*Variables de innovación de conocimiento en las fincas cafeteras*

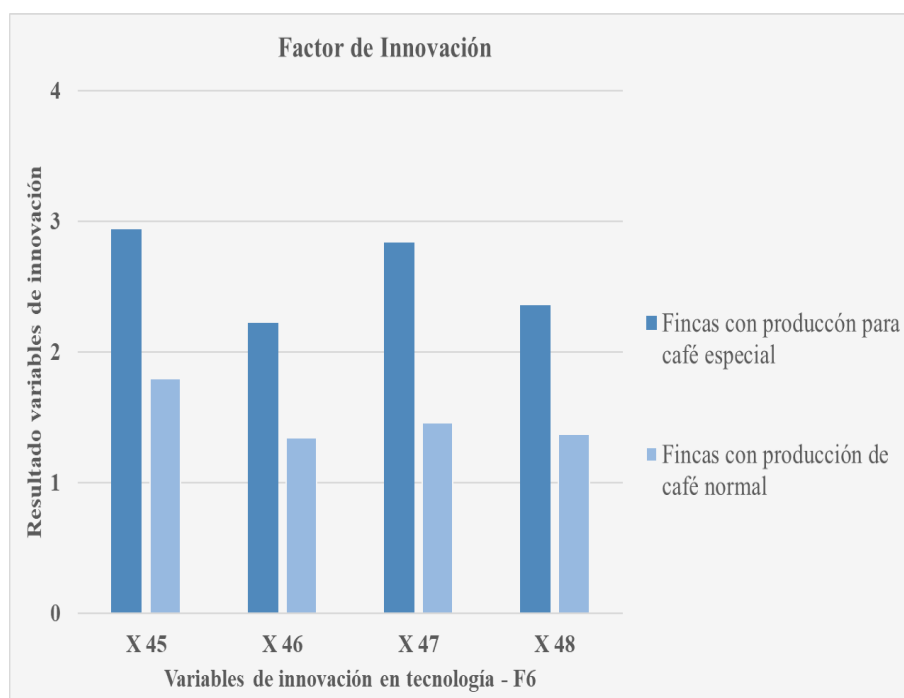


*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor de conocimiento que aplican en las fincas cafeteras. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Al analizar las variables del factor de innovación en tecnología en la Figura 39, se evidencia una clara diferencia entre las fincas con producción de café especial y aquellas dedicadas a la producción de café normal. Se destaca que las fincas con producción de café especial tienen variables con una media de 2.6, en contraste con las fincas que producen café normal sus variables tienen una media de 1.5. Específicamente, la variable X47, relacionada con la adopción digital, resalta como la que presenta la mayor diferencia entre ambos tipos de fincas, la cual desempeña un papel decisivo en los estándares asociados con la producción café especial en términos de sostenibilidad.

**Figura 39**

*Variables de innovaciones en tecnología en las fincas cafeteras*

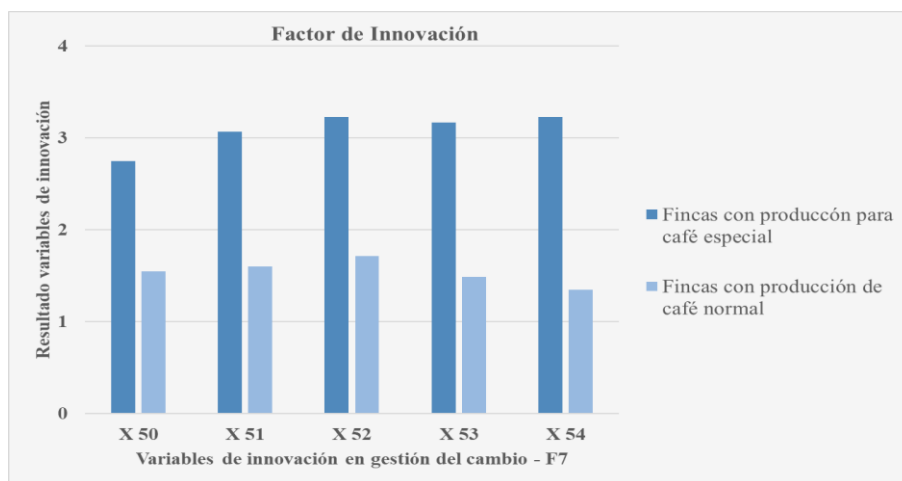


*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor de tecnología que aplican en las fincas cafeteras. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Para concluir el análisis de los factores de innovación, en la Figura 40 se evidencia que las fincas dedicadas a la producción de café especial presentan variables con una media de 3.2, mientras que aquellas centradas en la producción de café normal tienen una media de 1.5. Se destaca que las variables que muestran una distancia significativa entre ambos tipos de fincas son la X53 y X54, las cuales están relacionadas con la socialización de políticas sobre la certificación de cafés sostenibles y la implementación de un sistema interno de inspección para garantizar el cumplimiento de la certificación. Estas variables son de importancia en los procesos de producción de las fincas para mejorar la calidad, transformado el café de normal a especial.

**Figura 40**

*Variables de innovaciones en gestión del cambio en las fincas cafeteras*



*Nota.* El gráfico ilustra las variables entorno al factor en gestión del cambio aplicada en las fincas.

Con el propósito de identificar las variables comunes y no comunes en los procesos de producción de las fincas cafeteras, la Tabla 45 presenta las variables que influyen en la capacidad de una finca para producir café especial o normal. Es evidente que los factores que contienen variables de innovación no comunes son aquellas que marcan la diferencia en los procesos de producción de las fincas y determinan su capacidad para producir café especial.

**Tabla 45**

*Variables comunes y no comunes en los procesos de producción de las fincas para producir café especial*

Factor de innovación	Variables de innovación común	Variables de innovación no común
Económico - F1	X1, X2, X3	X4
Social - F2	X6, X8, X9, X10	-
Ambiental - F3	X12, X14, X15, X16, X17	X13, X18, X19
Producción - F4	X21, X22, X23, X24, X25, X26, X27	-
Conocimiento - F5	X29, X30, X31, X32, X33, X34, X35, X36, X37, X38, X39, X40, X41, X42	X43
Tecnología - F6	X45, X46, X48	X47
Gestión del cambio - F7	-	X50, X51, X52, X53, X54

*Nota.* La tabla muestra las variables de innovación común y no común que las fincas cafeteras para generar un café especial o normal.

El análisis de las distancias entre las variables de los factores de innovación ha permitido identificar las fincas con procesos de producción innovadores y no innovadores, lo que les facilita la producción de café diferenciado. Además, se identificaron factores de innovación cuyo impacto puede marcar la diferencia en los procesos de producción para la transformación del café convencional en café especial.

#### **5.4.2 Análisis de correlación**

Con el propósito de identificar las variables que guardan una relación más significativa con la innovación, se emplean herramientas de correlación como los gráficos de emparejamiento de datos “Pairs” y los mapas de calor “Heatmap” por medio del software Rcommander. Estas herramientas ofrecen una visualización clara y directa de las variables que están más relacionadas con los factores de innovación, facilitando así el logro de los objetivos de la investigación de manera efectiva.

#### **5.4.3 Análisis de correlación por emparejamiento de datos**

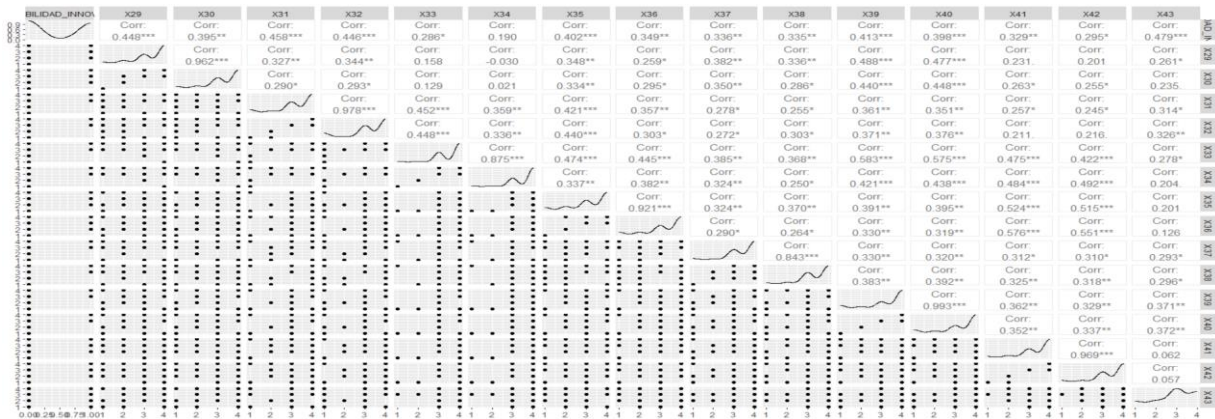
Para llevar a cabo el análisis de las correlaciones entre la variable de probabilidad de innovación (dependiente) y las variables de los factores de innovación del café sostenible (independiente) presentes en el proceso de producción de café en las fincas, se emplea un análisis de emparejamiento de datos. Este método, según Koehrsen (2018), ofrece una perspectiva amplia sobre la distribución de variables individuales y la interrelación entre dos variables, resultando en una herramienta útil para detectar tendencias relevantes en el análisis de seguimiento. Además, Hamed (2022) señala que este análisis se realiza a través de una tabla o matriz compuesta de múltiples gráficos, donde cada gráfico muestra la relación entre un par particular de variables.

En este contexto, la Figura 41 muestra diversos gráficos de emparejamiento de datos, revelando que la variable de probabilidad de Innovación (Y) presenta valores significativos de correlación con variables relacionadas a distintos factores de innovación, tales como el económico, ambiental, conocimiento, tecnología y gestión del cambio, las cuales podrían mejorar los procesos de producción de las fincas cafeteras para generar un café especial.

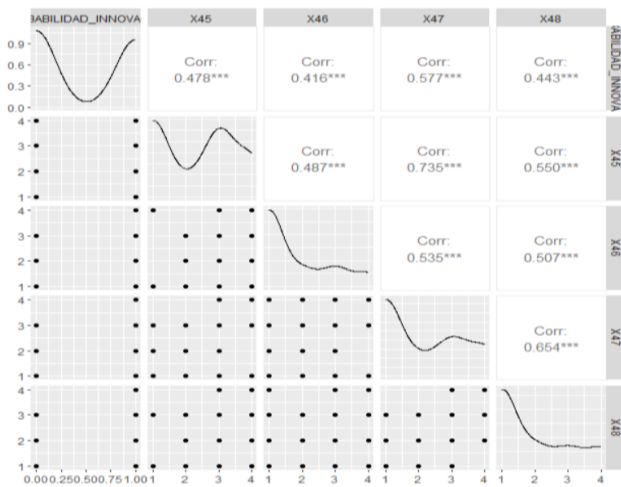
Así mismo, es importante señalar que en este análisis no se han tenido en cuenta las variables X5, X11, X20, X28, X44, X49 y X55, dado que estas constituyen variables de confirmación del cumplimiento de los diferentes factores de innovación, y por lo tanto, su información carece de relevancia para la investigación.



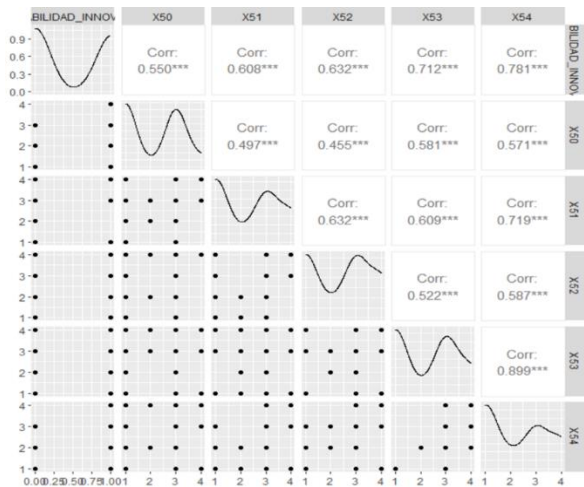
e) Variables de innovación entre X29 y X43



f) Variables de innovación entre X45 y X48



g) Variables de innovación entre X50 y X54



*Nota.* El gráfico ilustra la correlación por emparejamiento de los datos “Pairs”, entre las variables dependientes (Y) probabilidad de innovación y variables independientes (X) que están relacionadas con los factores de innovación para generar café de tipo especial. Esta gráficas se diseñaron por medio del programa Rcommander basados en los datos obtenidos del trabajo de campo.

Al llevar a cabo la identificación visual de las variables de innovación (X) que muestran una correlación significativa (\*\*\*) con la variable de probabilidad de innovación (Y), se detalla la información en la Tabla 46. sobre los factores innovadores esenciales para optimizar los procesos de producción, permitiendo así que una finca alcance la capacidad de producir café especial.

**Tabla 46**
*Variables de innovación significativas por emparejamiento de datos - Pairs*

Factor de innovación	VARIABLES DE INNOVACIÓN
Económico - F1	X4
Social – F2	-
Ambiental – F3	X13, X16, X18
Producción – F4	-
Conocimiento – F5	X31, X32, X35, X39, X43
Tecnología – F6	X45, X46, X47, X48
Gestión del cambio – F7	X50, X51, X52, X53, X54

*Nota.* La tabla muestra las variables de innovación común y no común las fincas que producen café para generar un producto especial o normal. La tabla es creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

El análisis de resultados revela variables clave que aumentan significativamente la probabilidad de innovación en los procesos productivos de las fincas, facilitando así su capacidad para producir café diferenciado. Además, se observan niveles significativos (\*\*\*) de correlación entre las variables vinculadas a los factores de innovación, que genera la necesidad de emplear herramientas adicionales para una selección precisa de las variables de innovación, que permitan construir el modelo de la investigación.

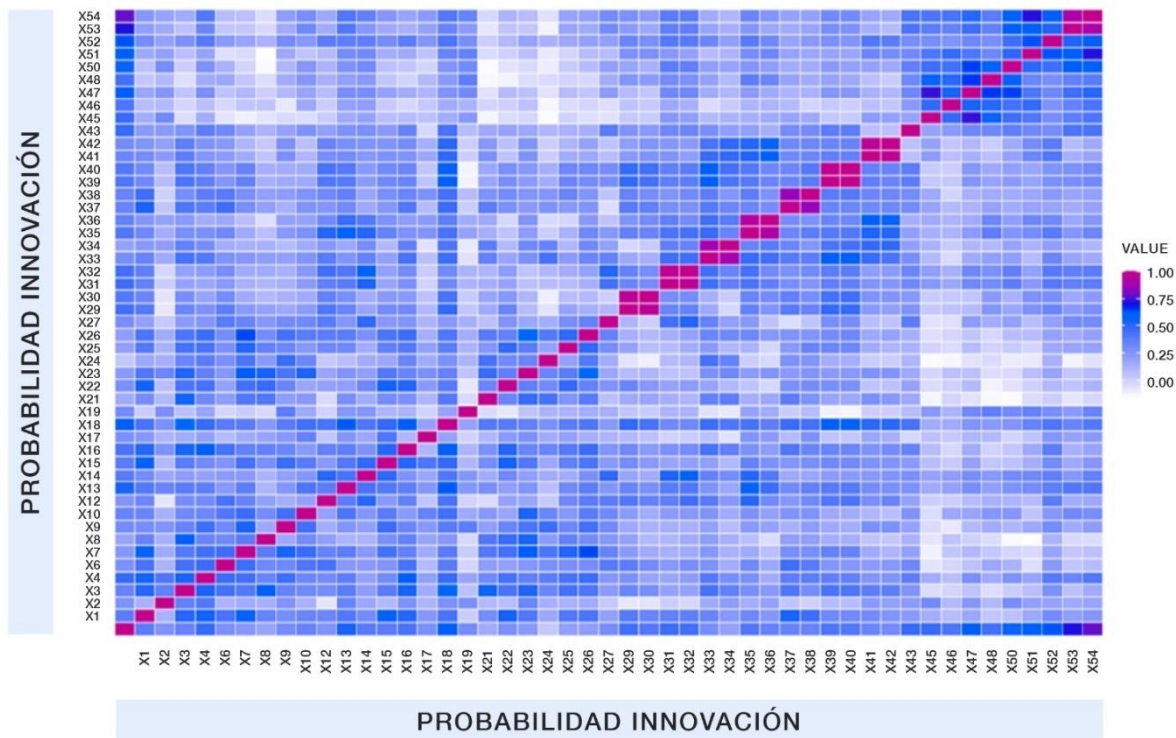
#### 5.4.4 Análisis de correlación por mapas de calor

La visualización mediante mapas de calor o Heatmap constituye una técnica de análisis correlacional que, según Gu y Hubschmann (2021), permite examinar eficazmente datos bidimensionales y descubrir patrones compartidos entre distintos subconjuntos de filas y columnas. Complementariamente, McDonald (2022) destaca que esta herramienta resulta especialmente valiosa para identificar tendencias y detectar valores atípicos dentro de un conjunto de datos de manera intuitiva.

En este sentido, la Figura 42 presenta el análisis de correlación que tiene la variable (Y) que está relacionada con la probabilidad de innovación que tienen las fincas y las variables (X) relacionadas con las variables de los factores de innovación que permiten mejorar los procesos de producción de las fincas cafeteras. La figura muestra cómo cada factor influye en la capacidad de innovación de las fincas, proporcionando una visión integral sobre las áreas que requieren atención para optimizar la producción. Permite identificar patrones y relaciones no evidentes a simple vista, facilitando la toma de decisiones estratégicas.

**Figura 42**

*Correlación de mapa de calor - Heatmap*

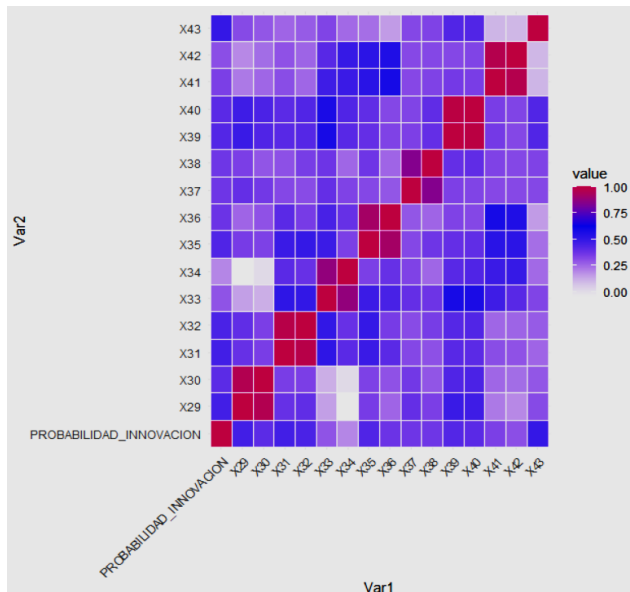


*Nota.* El gráfico ilustra la correlación en mapas de calos entre la probabilidad de innovación (Y) y las variables de los factores de innovación (X). Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

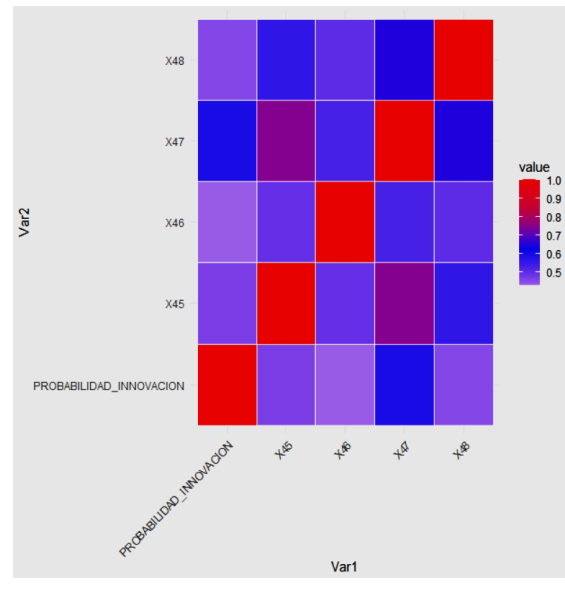
Es importante realizar un análisis en detalle del mapa de correlación de la figura previa, con el fin de identificar aquellas variables de innovación que presentan mayor impacto correlacional con la variable dependiente objetivo, en este caso, la probabilidad de innovación en las fincas cafeteras. Estas variables son las que tendrán un papel decisivo para la mejora de los procesos de producción en las fincas para la producción de café especial. Para obtener una visión más completa, se debe consultar la Figura 43, que ofrece un análisis detallado por factor de innovación.



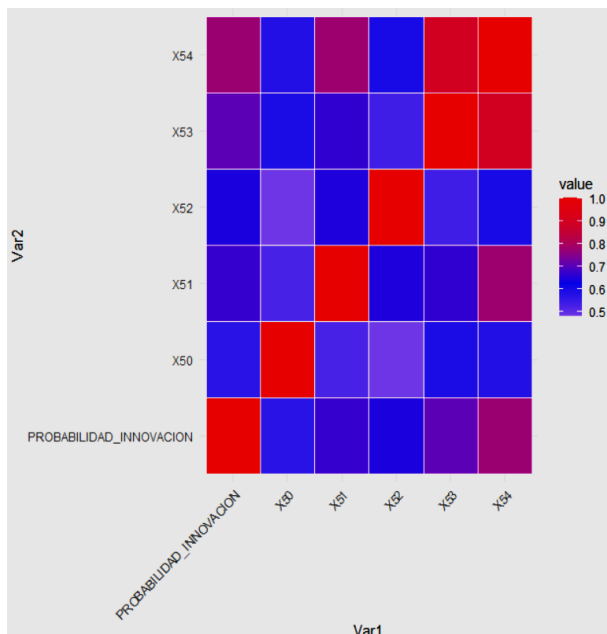
e) Variables de innovación entre X29 y X43



f) Variables de innovación entre X45 y X48



g) Variables de innovación entre X50 y X54



*Nota.* El gráfico ilustra la correlación por mapa de calor de los datos entre las variables dependientes (Y) probabilidad de innovación y variables independientes (X) que están relacionadas con los factores de innovación para generar café de tipo especial. Esta gráficas se diseñaron por medio del programa Rcommander basados en los datos obtenidos del trabajo de campo.

Con la información ilustrada en la correlación del mapa de calor “Heatmap”, se detalla en la Tabla 47, las variables de los factores de innovación que ejercen un impacto significativo en los procesos de la finca para la producción de café especial. Dichas variables han sido seleccionadas en función del color, asignando al azul y rojo como aquellas que tienen una mayor representatividad o correlación en función de la variable probabilidad de innovación, la cual está alineada con los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Se evidencian 10 variables con alto impacto de innovación, las cuales influyen en los diferentes factores de innovación, de la siguiente manera: 1) En el factor de innovación económico, la variable más representativa es la X4, 2) En el factor de innovación ambiental, destacan las variables X13 y X18, 3) En el factor de innovación en conocimiento, resalta la variable X43, 4) En el factor de innovación en tecnología, sobresale la variable X47 y 5) En el factor de innovación en gestión del cambio, se identifican como las más influyentes las variables X50, X51, X52, X53 y X54.

**Tabla 47**

*Variables de innovación significativas por mapa de calor - Heatmap*

Factor de innovación	Variables de innovación
Económico - F1	X4
Social – F2	-
Ambiental – F3	X13, X18
Producción – F4	-
Conocimiento – F5	X43
Tecnología – F6	X47
Gestión del cambio – F7	X50, X51, X52, X53, X54

*Nota.* La tabla muestra las variables de innovación con más impacto en la correlación del mapa de calor (Heatmap). La tabla es creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Para facilitar la interpretación y el análisis de los resultados, se desarrollaron indicadores basados en los coeficientes de correlación de Pearson. En la Tabla 48 se presentan los datos de correlación entre las variables y la probabilidad de innovación, a partir de los cuales se crearán indicadores que permitan identificar las variables con la relación más fuerte con esta probabilidad de innovación.

**Tabla 48**
*Valores de correlación de las variables*

Variables probabilidad de innovación	Valores de correlación	Variables probabilidad de innovación	Valores de correlación
PROBABILIDAD_INNOVACION	1	X29	0.44792566
X1	0.37555102	X30	0.39457241
X2	0.26316289	X31	0.45769961
X3	0.33692435	X32	0.446139
X4	0.47731394	X33	0.28631919
X6	0.26992734	X34	0.19028141
X7	0.24230407	X35	0.40245135
X8	0.17477374	X36	0.34892755
X9	0.29287039	X37	0.33572222
X10	0.33789592	X38	0.33540808
X12	0.25859463	X39	0.41325396
X13	0.53129045	X40	0.3983849
X14	0.38501001	X41	0.32855062
X15	0.37555102	X42	0.29540944
X16	0.42238031	X43	0.47932973
X17	0.27551925	X45	0.47825784
X18	0.58851698	X46	0.41582195
X19	0.29724095	X47	0.57697456
X21	0.14368424	X48	0.44257688
X22	0.27664217	X50	0.54957537
X23	0.22848131	X51	0.60752826
X24	0.03588917	X52	0.63170346
X25	0.20033972	X53	0.71181891
X26	0.20654211	X54	0.7808601
X27	0.28503131		

*Nota.* La tabla muestra el valor de la correlación de las variable de innovación. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander.

Se desarrollan dos indicadores de correlación de las variables con respecto a la probabilidad de innovación, de la siguiente manera: a) las variables con correlación fuerte se definen como aquellas con valores mayores o iguales a 0.47 (correlación fuerte:  $\geq 0.47$ ), y b) las variables con correlación débil son aquellas con valores menores de 0.47 (correlación débil:  $< 0.47$ ).

- Indicador 1, identifica las variables con correlación fuerte:  $\geq 0.47$ , tales como:

X54: 0.7808601, X53: 0.71181891, X52: 0.63170346, X51: 0.60752826, X18: 0.58851698

X47: 0.57697456, X50: 0.54957537, X13: 0.53129045, X4: 0.47731394, X43: 0.47932973

- Indicador 2, identifica las variables con correlación débil:  $< 0.47$ , tales como:

X45: 0.47825784, X29: 0.44792566, X32: 0.446139, X48: 0.44257688, X16: 0.42238031

X23: 0.22848131, X25: 0.20033972, X26: 0.20654211, X34: 0.19028141, X8: 0.17477374,

X21: 0.14368424, X24: 0.03588917.

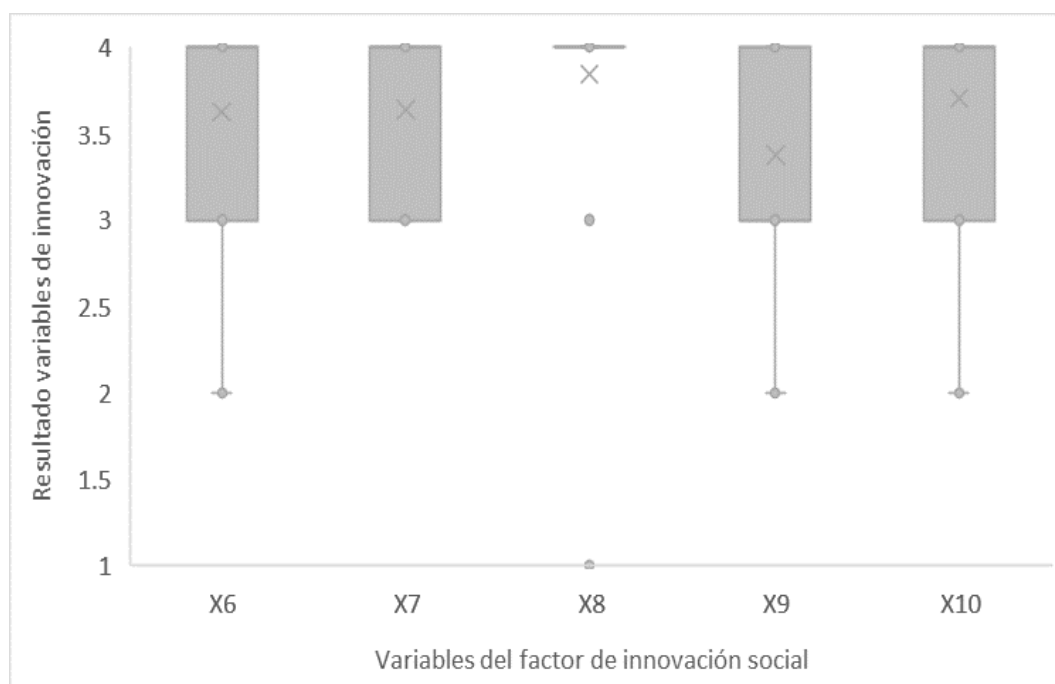
Estos indicadores permiten identificar rápidamente las variables con la relación más fuerte con la probabilidad de innovación. Además, esta información se conecta con los resultados presentados en la Tabla 47. Al observar ambas tablas, es posible establecer un análisis comparativo que facilita la identificación de tendencias en las variables evaluadas. Esto proporciona un marco sólido para orientar las estrategias de innovación.

De igual manera, en la Tabla 47 se observa que los factores de innovación relacionados con lo social – F2 y la producción – F4 carecen de variables significativas que puedan influir en la probabilidad de innovación en una finca cafetera. Este hallazgo resalta la necesidad de un análisis más profundo de los datos para entender los patrones que expliquen la ausencia de variables de innovación relevantes, puesto que la innovación en estos dominios puede tener un impacto significativo en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

En este sentido, la Figura 44 ilustra las variables del factor de innovación social, observando que los resultados de las variables muestran una media superior a 3.3. Esto sugiere que tanto las fincas que producen café especial como las que producen café normal están cumpliendo con los aspectos sociales requeridos, con un alto grado de homogeneidad en el cumplimiento de los indicadores. Sin embargo, esta homogeneidad también podría indicar una carencia de diferenciación, dado que todas las fincas están cumpliendo con los rigurosos estándares que tienen para ser cafés especiales de tipo sostenible.

**Figura 44**

*Diagrama de bloques de los resultados de las variables del factor de innovación social*

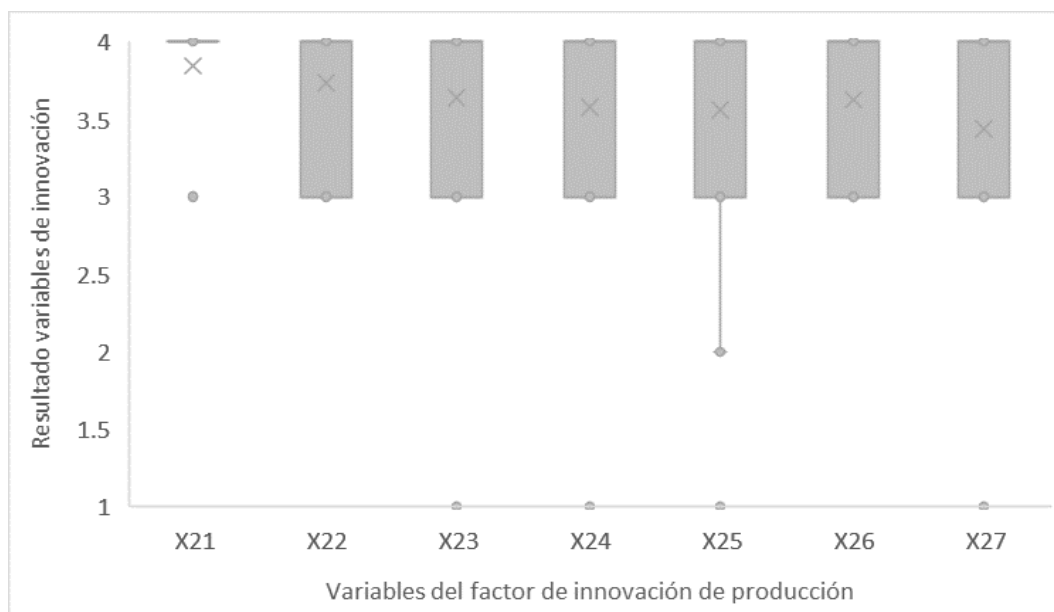


*Nota.* El gráfico ilustra los resultados de las variables entorno al factor de innovación social que aplican en las fincas. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

De manera similar, se lleva a cabo un análisis detallado de los resultados de las variables del factor de innovación en producción. La Figura 45, muestra que los resultados superan una media de 3.4. Esto sugiere que tanto las fincas cafeteras que producen café especial como las que producen café normal mantienen estándares elevados en este factor. Este comportamiento podría explicar la falta de variables de innovación significativas, dado que el alto nivel de cumplimiento en la producción podría reducir la variabilidad y la necesidad de innovación en este aspecto.

**Figura 45**

*Diagrama de bloques de los resultados de las variables del factor de innovación en producción*



*Nota.* El gráfico ilustra los resultados de las variables entorno al factor de innovación social que aplican en las fincas. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Tras llevar a cabo un análisis íntegro de los clústeres, factores comunes, información por emparejamiento (Pairs) y un mapa de calor (Heatmap), se han identificado las variables de los factores que ejercen un mayor impacto en la innovación de los procesos de producción de café especial en las fincas. Con esta valiosa información en mano, avanzamos hacia la creación del modelo de innovación. Este modelo está diseñado para generar un producto diferenciado, distinguido por sus altos estándares de sostenibilidad.

### 5.5 Aspectos del Modelo de innovación

Según Bureau (2020), plantea que un modelo de innovación ofrece una estructura completa para identificar, desarrollar e implementar ideas orientadas a la generación de valor agregado. En la misma línea, Kahn (2018) describe este modelo como una guía para crear o transformar procesos, orientada a generar nuevas propuestas de valor, captar segmentos de clientes y diversificar los ingresos.

De este modo, el enfoque innovador de esta investigación se alinea con la propuesta de Lambrecht et al. (2014), quienes plantean un tipo de innovación que integra tanto aspectos tecnológicos como no tecnológicos. En este contexto, se consideran variables de innovación aplicables a la agricultura, tales como el producto, los procesos, el mercadeo y la organización, las cuales contribuyen a fortalecer la capacidad innovadora.

Así mismo, la investigación busca crear un modelo de innovación para mejorar los procesos de producción en las fincas cafeteras, enfocándose en siete factores clave de innovación relacionados con lo económico (F1), social (F2), ambiental (F3), producción (F4), conocimiento (F5), tecnología (F6) y gestión del cambio (F7), considerados como variables independientes (X). Su objetivo radica en evaluar la capacidad innovadora de estas variables en los procesos de producción y su efecto en el aumento de la probabilidad de innovación (variable dependiente Y), con el fin último de mejorar la calidad del café.

Los factores de innovación están vinculados con variables que evalúan la capacidad innovadora de los procesos de producción de las fincas cafeteras. Para el factor económico, se consideran 4 variables (X1 a X4), para el factor social son 5 variables (X6 a X10), para el factor ambiental son 8 variables (X12 a X19), para el factor de producción son 7 variables (X21 a X27), para el factor de conocimiento son 15 variables (X29 a X43), para el factor tecnológico son 4 variables (X45 a X48) y para el factor de gestión del cambio son 5 variables (X50 a X54).

Al analizar la variable dependiente (Y), que representa la probabilidad de innovación, junto con las variables independientes (X), que comprenden los factores de innovación, es fundamental seleccionar la técnica estadística más adecuada para investigar la correlación entre estas variables. Además, se debe elegir el método de regresión apropiado que permita predecir el valor de una variable en función de otra variable, mejorando así los procesos de producción de las fincas cafeteras para generar café especial de tipo sostenible.

### **5.5.1 Selección del método estadístico**

Para crear el modelo de innovación, el análisis estadístico es fundamental, como lo señala Atkinson y Mircioiu (2017), dado que proporciona conclusiones válidas sobre el fenómeno observado, utilizando dos métodos ampliamente aplicados: el paramétrico y el no paramétrico. De igual forma, Taylor (2019) destaca que el “método paramétrico se caracteriza por utilizar un conjunto de parámetros fijos que determinan la probabilidad del modelo, mientras que el método

no paramétrico se basa en una distribución de métodos libres que no requiere de supuestos específicos para su aplicación”.

Específicamente, Schmidt y Finan (2018) señalan que, para realizar análisis paramétricos, los datos deben cumplir ciertos supuestos, como la ausencia de valores atípicos, la homocedasticidad, que asegura una dispersión constante de los errores a lo largo de todos los niveles de la variable predictora, y la independencia de los errores.

Así mismo Alita et al. (2021) “menciona que supuestos son fundamentales para los modelos por la necesidad de generar confiabilidad y exactitud en los resultados, los cuales los define como 1) Linealidad, 2) Homogeneidad, 3) Independencia y 4) Normalidad”. En este contexto, estos supuestos establecen condiciones que deben cumplirse para que los análisis estadísticos sean apropiados y fiables, contribuyendo a una interpretación precisa de los datos y una toma de decisiones fundamentada.

La investigación se adhiere al enfoque paramétrico, como destaca Aaron (2023), por su sobresaliente capacidad para identificar diferencias sutiles entre grupos. Además, este método ofrece estimaciones más precisas de los datos muestrales, lo cual enriquece el entendimiento de las relaciones entre las variables analizadas, permitiendo un análisis más profundo y una interpretación más robusta de los resultados.

Una vez definida la metodología estadística apropiada para el análisis de datos, es esencial seleccionar las pruebas estadísticas más apropiadas para la construcción del modelo de innovación. Este proceso de selección se divide en dos vertientes, la primera vertiente, se encuentran las pruebas de estadísticas clásicas, como señala Hailemeskel (2019), “la elección de la prueba estadística adecuada depende del tipo de datos sea continuo o categórico. Estas pruebas proporcionan herramientas fundamentales como: 1) T-test , que es usada cuando dos muestras son dependientes, 2) ANOVA, prueba la diferencia de las medias de tres o más grupos, 3) F-test, es usada cuando la muestra es independiente”.

La segunda vertiente, que como lo menciona Islam et al. (2024) “esta vincula a diferentes técnicas de modelos de aprendizaje automática”, entre las que se destacan: 1) Random Forest, es una técnica usada para clasificación y tareas de regresión, 2) Regresión logística, simula el efecto de las variables independientes sobre la variable de salida, generando una probabilidad binaria, 3) Bayes, asume que características son condicionalmente independientes basándose en las etiquetas

proporcionadas, 4) XGBoost, adiciona arboles de decisión para hacer predicciones exactas de conjunto de datos complejos”.

Con el enfoque metodológico estadístico paramétrico definido, resulta fundamental seleccionar las pruebas estadísticas apropiadas para analizar la información de la investigación. El estudio combina técnicas estadísticas clásicas como el análisis de varianza (ANOVA) con métodos de aprendizaje automático, específicamente la regresión logística, considerando la naturaleza de los datos recopilados. Esta integración metodológica constituye la base para desarrollar un modelo de innovación orientado a mejorar los procesos productivos en fincas cafeteras, con el objetivo de generar café especial bajo criterios de sostenibilidad.

### 5.5.2 Creación del modelo de innovación

Para desarrollar un modelo de innovación efectivo, es importante entender que es el análisis de regresión. Como lo menciona Sharma (2023) este análisis “es una técnica utilizada para discernir la relación entre un conjunto de datos dependientes (objetivo) y variables independientes, que se emplea ampliamente cuando estas variables están vinculadas de manera lineal o no lineal”.

Según Cote (2021), define la regresión como una técnica estadística empleada para identificar la estructura de la relación entre dos variables en el caso de la regresión lineal simple o entre tres o más variables en la regresión múltiple. Además, Cote (2021) indica que el análisis de regresión se utiliza principalmente para dos propósitos: analizar la magnitud y la estructura de la relación entre variables y predecir el valor de una variable en función de su relación con otra

Debido a la naturaleza de la información recopilada en la investigación, la Tabla 49 presenta las variables dependientes (Y) asociadas a la probabilidad de innovación y las variables independientes (X) vinculadas a los factores que influyen en la innovación.

**Tabla 49**

*Tipo de información que maneja las variables*

Variable dependiente	Variable independiente
Probabilidad de Innovación	Factores de innovación
Resultado 0 – 1	Resultados 1 – 4
Datos binarios	Datos ordinales

*Nota.* La tabla muestra el tipo de innovación que manejan las variables. La tabla es creada con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Con la información analizada, es necesario seleccionar el modelo adecuado. Inicialmente, se consideró el uso del modelo de regresión lineal, encontrando que a) asume una variable dependiente continua, lo cual no aplica para este caso, b) puede predecir valores fuera del rango de 0 a 1, lo cual no tiene sentido para una probabilidad, y c) los coeficientes de regresión lineal no tienen una interpretación clara para datos binarios. Además, este modelo no es capaz de manejar adecuadamente la relación no lineal entre las variables independientes y la probabilidad de ocurrencia del evento.

Posteriormente se evaluó el modelo de regresión logística. Que como lo menciona Ray (2024), el modelo de regresión logística permite estimar la probabilidad de éxito o fracaso de un evento, siendo la variable dependiente de tipo binario (0/1). En esta línea, Zou et al. (2019) indican que el modelo de regresión logística es ampliamente utilizado para clasificación y predicción de datos. La ecuación (2), conocida como función logística, se representa de la siguiente manera (Zou et al., 2019):

$$\text{Logit}(\pi) = 1/(1 + \exp(-\pi)) \quad (2)$$

Mientras, que esta ecuación (3) representa el modelo de regresión logística:

$$\ln(\pi/(1-\pi)) = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 * X_1 + \dots + B_k * K_k \quad (3)$$

Donde  $\pi$  representa la probabilidad de que el evento ocurra,  $\exp$  es la función exponencial,  $\ln$  es el logaritmo natural.  $\text{Beta}_0$  es el término constante o intercepto,  $\text{Beta}_1, \dots, B_k$  son los coeficientes asociados a las variables independientes  $X_1, \dots, X_k$  respectivamente.

Así mismo, la regresión logística tiene capacidad de modelar relaciones entre una variable dependiente binaria y múltiples variables independientes, sean estas continuas o categóricas (Sperandei, 2014). En el contexto de la innovación en la producción de café especial, donde buscamos predecir la probabilidad de que una finca sea clasificada como innovadora (1) o no innovadora (0) basándonos en diversos factores, la regresión logística se presenta como una herramienta estadística particularmente adecuada. Según Peng et al. (2002), este método es especialmente útil en investigaciones donde el resultado de interés es dicotómico, como es el caso de la investigación con la clasificación de fincas innovadoras. Además, la regresión logística no asume una relación lineal entre las variables dependientes e independientes, lo que la hace más

flexible y apropiada para modelar fenómenos complejos como la innovación agrícola (Ranganathan et al., 2017).

Otra ventaja significativa de la regresión logística en este estudio es su capacidad para manejar variables independientes de diferentes tipos, incluyendo las ordinales que utilizamos para medir los factores de innovación (Harrell, 2015). Esta característica es fundamental dado que las variables independientes, medidas en una escala de Likert de 1 a 4, son de naturaleza ordinal.

Además, la regresión logística proporciona odds ratios que son fácilmente interpretables, permitiendo una comprensión clara de cómo cada factor influye en la probabilidad de que una finca sea innovadora (Szumilas, 2010). Este aspecto es particularmente valioso para el objetivo de identificar los factores críticos que impulsan la innovación en la producción de café especial, facilitando la formulación de recomendaciones prácticas para los caficultores y las políticas del sector.

Por lo anterior, se define que la regresión logística es el modelo que mejor se adapta a este tipo de datos, permitiendo una interpretación precisa y coherente con la naturaleza binaria de la variable dependiente. Esta elección se fundamenta en su capacidad para modelar relaciones entre una variable dependiente binaria (probabilidad de innovación) y múltiples variables independientes ordinales (factores de innovación medidos en escala de 1 a 4). En el contexto de la producción de café especial, donde se busca predecir la probabilidad de que una finca sea clasificada como innovadora (1) o no innovadora (0), la regresión logística no requiere supuestos de linealidad entre las variables y proporciona odds ratios fácilmente interpretables, lo que facilita la identificación de factores críticos que impulsan la innovación en la producción de café especial.

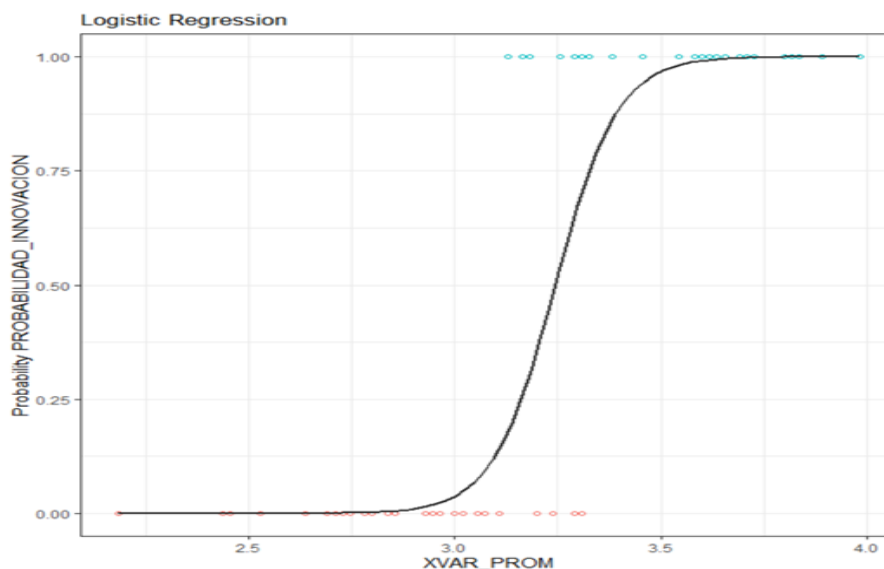
Con la información recolectada a través del instrumento, y mediante el uso del software Rcommander se genera un modelo de regresión logística el cual se presenta en la Figura 46., el cual considera todas las variables de los factores de innovación ( $X_1 \dots X_4$ ,  $X_6 \dots X_{10}$ ,  $X_{12} \dots X_{19}$ ,  $X_{21} \dots X_{27}$ ,  $X_{29} \dots X_{43}$ ,  $X_{45} \dots X_{48}$ ,  $X_{50} \dots X_{54}$ ,) que simula la probabilidad de innovación que tienen las fincas cafeteras en los procesos de producción.

En este sentido, la Figura 46 revela que las fincas con una probabilidad de innovación con valor de 1 exhiben un promedio de las variables de los factores de innovación, predominantemente a partir del valor 3 en adelante. En contraste, las fincas sin probabilidad de innovación, es decir, con valor de 0, muestran que las variables del factor de innovación mayoritariamente inferiores a

3. Estos resultados resaltan la necesidad de promover estrategias innovadoras en las fincas para asegurar la sostenibilidad y competitividad en el mercado del café.

### Figura 46

*Representación del modelo de regresión logística de la investigación*



*Nota.* El gráfico ilustra el modelo de regresión logística de las fincas cafeteras con probabilidad de innovación en sus procesos de producción para generar café especial . Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

Los resultados del modelo de regresión logística, que incluyen todas las variables de los factores de innovación se presentan en la Tabla 50, en la cual se destaca el valor estadístico  $Pr(>|z|)$ , definido por Zach (2022) “como el p-valor asociado, cuyo valor debe ser menor que 0.05 para que una variable predictora tenga una relación estadísticamente significativa con la variable de respuesta del modelo”. En el contexto de esta investigación, se obtiene un valor de 1, lo que indica que ninguna de las variables de los factores es significativa para predecir las probabilidades de innovación.

Además, se identifica el parámetro z-vale, que según Gao (2020) se emplea para evaluar la significancia de los coeficientes en el modelo. Este valor es crucial para determinar si los coeficientes son estadísticamente diferentes de cero, lo que indica una relación significativa entre las variables predictoras y la variable de resultado. Los resultados del análisis revelaron que los valores z de las variables de los factores de innovación no alcanzaron niveles significativos, lo que

sugirió la ausencia de una contribución estadísticamente relevante de estas variables en la predicción de la probabilidad de innovación en los procesos productivos de las fincas cafeteras.

**Tabla 50**
*Resultado de las variables del modelo de regresión logístico*

VARIABLES	Estimados	Std. Error	z value	Pr(> z )	VARIABLES	Estimados	Std. Error	z value	Pr(> z )
X1	-1.59E+01	5.36E+05	0	1	X29	1.64E+01	2.22E+06	0	1
X2	6.73E+00	2.14E+05	0	1	X30	-1.24E+01	2.09E+06	0	1
X3	-2.04E+00	2.39E+05	0	1	X31	-2.08E+02	5.26E+06	0	1
X4	9.42E+00	3.24E+05	0	1	X32	2.21E+02	5.35E+06	0	1
X6	1.43E+00	4.29E+05	0	1	X33	1.43E+01	8.04E+05	0	1
X7	3.55E+01	5.16E+05	0	1	X34	-3.71E+01	1.32E+06	0	1
X8	1.14E+01	9.42E+05	0	1	X35	-1.20E+02	2.11E+06	0	1
X9	2.17E+00	4.76E+05	0	1	X36	1.40E+02	2.53E+06	0	1
X10	-1.95E+01	3.50E+05	0	1	X37	1.94E+01	8.65E+05	0	1
X12	-9.97E+00	6.13E+05	0	1	X38	-1.58E+01	8.62E+05	0	1
X13	-1.20E+01	2.36E+05	0	1	X39	-6.50E+01	4.29E+06	0	1
X14	-9.34E+00	1.60E+05	0	1	X40	6.27E+01	4.52E+06	0	1
X15	1.99E+01	3.60E+05	0	1	X41	-1.84E+01	2.22E+06	0	1
X16	-5.85E+00	8.86E+05	0	1	X42	1.07E+01	1.68E+06	0	1
X17	-4.75E-02	4.39E+05	0	1	X43	-1.07E+01	2.36E+05	0	1
X18	3.99E+01	1.03E+06	0	1	X45	3.95E+00	3.14E+05	0	1
X19	3.25E+00	2.93E+05	0	1	X46	1.13E+01	2.12E+05	0	1
X21	1.92E+01	6.97E+05	0	1	X47	3.07E+00	1.97E+05	0	1
X22	-1.38E+01	6.26E+05	0	1	X48	-4.50E+00	3.66E+05	0	1
X23	-2.21E+00	5.84E+05	0	1	X50	6.21E+00	2.37E+05	0	1
X24	4.63E+00	5.76E+05	0	1	X51	-4.96E+00	3.45E+05	0	1
X25	-2.91E-01	6.49E+05	0	1	X52	6.90E+00	1.13E+05	0	1
X26	-4.28E+01	6.92E+05	0	1	X53	1.25E+01	2.68E+05	0	1
X27	8.40E+00	2.94E+05	0	1	X54	6.11E+00	2.35E+05	0	1

*Nota.* La tabla muestra los resultados de variables del modelo de regresión logístico. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Con base en los resultados presentados en la Tabla 51, es necesario realizar un análisis detallado de las variables más significativas asociadas con los factores de innovación. En este sentido, resulta fundamental examinar los siete factores de innovación y determinar cuáles son las variables de mayor relevancia mediante el empleo de la técnica de ANOVA. Según Andrade (2024) define el ANOVA “como un procedimiento estadístico usado para comparar la media de dos o más grupos”.

Previamente, se identificaron variables en cada uno de los factores de innovación con una fuerte correlación con la variable probabilidad de innovación, utilizando el análisis mediante mapa de calor o Heatmap. La finalidad es emplear el ANOVA para identificar las variables con mayor impacto significativo dentro de cada uno de estos factores de innovación. Posteriormente, se compararán los resultados obtenidos con el ANOVA y los del Heatmap para evaluar su similitud.

Iniciando el análisis, la Tabla 51 comparte los resultados del ANOVA para las variables asociadas al factor de innovación económico (F1), se puede identificar que la variable más significativa es X4, con un valor de 0.02, menor que 0.05 del p-value, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula y sugiere diferencias significativas en los resultados. Esto indica que la variable X4 tiene un impacto significativo en la probabilidad de innovación de los procesos de producción de fincas cafeteras. Al comparar este resultado con el análisis de mapa de calor plasmado en la Tabla 45, se confirma que la misma variable (X4), es significativa en ambos análisis.

### Tabla 51

*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación económico*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X1	1.8491	1	0.17388
X2	0.7786	1	0.37756
X3	0	1	0.99724
X4	5.0155	1	0.02512*

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA de las variables del factor de innovación económico. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Continuando con el análisis, la Tabla 52 muestra que ninguna de las variables asociadas al factor de innovación social (F2) tiene un valor de p-value menor de 0.05. Por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que no hay variables que tengan un impacto significativo en la probabilidad de innovación de los procesos de producción de las fincas cafeteras. Al comparar este resultado con el análisis del mapa de calor que está plasmado en la Tabla 45, se evidencia que ambos análisis arrojan resultados similares, es decir, no se identifican variables que tengan un impacto significativo sobre la variable dependiente.

**Tabla 52**
*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación social*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X6	1.65411	1	0.1984
X7	0.09452	1	0.7585
X8	0.15595	1	0.6929
X9	0.94687	1	0.3305
X10	2.21536	1	0.1366

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA de las variables del factor de innovación social.

Al explorar el factor de innovación ambiental (F3), la Tabla 53 proporciona información relevante sobre las variables potencialmente más influyentes. Al analizar los resultados, se destaca que la variable X18 exhibe un valor de 0.04, menor que el nivel de significancia establecido en el p-value de 0.05, lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula. Esto sugiere diferencias significativas en los resultados, indicando un impacto relevante en la variable objetivo, denominada probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Al comparar este hallazgo con el análisis del mapa de calor, documentado en la Tabla 45, se confirma que esta variable (X18) es significativa en ambos contextos, destacando su impacto significativo según el ANOVA.

**Tabla 53**
*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación ambiental*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X12	0.0033	1	0.95340
X13	1.9142	1	0.16649
X14	0.513	1	0.47383
X15	0.0694	1	0.79215
X16	0.3936	1	0.53040
X17	3.7495	1	0.05282
X18	3.8267	1	0.04415*
X19	3.6433	1	0.05629

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA de las variables del factor de innovación ambiental.

Ahora bien, analizando los detalles del factor de innovación en producción (F4), en la Tabla 54, se observa que los valores de las variables superan el umbral de significancia establecido en el p-value de 0.05. Mostrando que no hay variables que puedan impactar en la variable dependiente, denominada probabilidad de innovación de los procesos de producción de las fincas cafeteras. Al

comparar este resultado con el análisis del mapa de calor, plasmado en la Tabla 45, se confirma que ambos análisis llegan a conclusiones similares, mostrando que no se encuentran variables que muestren un impacto significativo en la probabilidad de innovación en ninguno de los casos.

#### Tabla 54

*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en producción*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X21	0.1267	1	0.72187
X22	1.6361	1	0.20086
X23	1.7934	1	0.18051
X24	0.956	1	0.32819
X25	0.0112	1	0.91581
X26	0.1019	1	0.74959
X27	3.3419	1	0.06754

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA del factor de innovación en producción.

Por su parte, la Tabla 55 comparte los datos de las variables asociadas al factor de innovación en conocimiento (F5), resaltando que la variable X43 exhibe un valor de 0.01, inferior al nivel de significancia del p-value de 0.05. Este hallazgo implica el rechazo de la hipótesis nula, señalando un impacto significativo en la variable objetivo, llamada probabilidad de innovación en los procesos de producción de fincas cafeteras. Al comparar este resultado con el análisis del mapa de calor, documentado en la Tabla 45, se confirma que esta variable (X43) es relevante en ambos análisis.

#### Tabla 55

*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en conocimiento*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X29	1.7469	1	0.18627	X37	0.0133	1	0.90809
X30	1.0806	1	0.29856	X38	0.3603	1	0.54834
X31	0	1	1	X39	0	1	1
X32	0	1	0.99988	X40	0	1	1
X33	1.8482	1	0.174	X41	1.5715	1	0.20999
X34	0.9053	1	0.34136	X42	1.178	1	0.27775
X35	0.4128	1	0.52054	X43	5.5039	1	0.01897*
X36	0.2703	1	0.60316				

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA del factor de innovación en conocimiento.

En relación con el factor de innovación en Tecnología (F6), la Tabla 56 muestra los valores de las variables de innovación, destacando que la variable X47 tiene un valor de p-value de 0.01,

por debajo del umbral de 0.05. Esto indica que la hipótesis nula es rechazada, evidenciando un impacto significativo sobre la variable objetivo, llamada probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras. Al comparar este resultado con el análisis del mapa de calor, documentado en la Tabla 45, se confirma que esta variable (X47) es significativa en ambos análisis.

### Tabla 56

*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en tecnología*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X45	0.0083	1	0.92746
X46	1.4663	1	0.22594
X47	5.8846	1	0.01527*
X48	0.5087	1	0.47571

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA de las variables del factor de innovación en tecnología. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander.

Finalizando con el análisis de los factores de innovación, la Tabla 55 presenta los datos pertinentes sobre el factor de innovación en la gestión del cambio, observando que las variables X50, X51 y X52 tienen un p-value inferior a 0.05. Esto lleva al rechazo de la hipótesis nula, demostrando que estas variables tienen un alto impacto en términos de influencia sobre la variable objetivo, llamada probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Al comparar este resultado con el análisis del mapa de calor, registrado en la Tabla 57, se confirma que estas variables (X50, X51 y X52) son significativas en ambos análisis, destacando el impacto generado por el ANOVA.

### Tabla 57

*Análisis ANOVA de las variables del factor de innovación en Gestión del cambio*

Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
X50	3.3595	1	0.04363*
X51	4.015	1	0.03261*
X52	5.5836	1	0.01813*
X53	0.0119	1	0.91326
X54	0.015	1	0.90261

*Nota.* La tabla muestra los resultados ANOVA de las variables del factor de innovación en gestión del cambio. La tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander.

Recopilando información de las variables que influyen sobre la probabilidad de innovación en los procesos de producción de fincas cafeteras, se detallan en la Tabla 58 los resultados que indican que las variables con más impacto significativo son X4, X18, X43, X47, X50, X51 y X52, vinculadas a factores como el económico, ambiental, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. Estos resultados sugieren que estas variables permitirán a las fincas cafeteras mejorar sus procesos de producción para generar café especial de tipo sostenible.

**Tabla 58**

*Recopilación de las variables con influencia significativa*

Factor de innovación	Variables
Económico	X4
Ambiental	X18
Conocimiento	X43
Tecnología	X47
Gestión del cambio	X50, X51, X52

*Nota.* La tabla presenta la recopilación de las variables de los factores de innovación que tienen impacto sobre la probabilidad de innovación. La tabla creada mediante la aplicación del programa Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Con el objetivo de identificar las variables con mayor impacto, la Tabla 59 comparte un análisis ANOVA detallado que busca identificar aquellas variables que influyen significativamente en la probabilidad de innovación de los procesos de producción de las fincas cafeteras. Los resultados destacan la importancia de estas variables para fortalecer los procesos productivos y promover prácticas sostenibles en el sector cafetero.

Tras este análisis, se observa que la variable X18, relacionada al factor de innovación ambiental, la variable X47, asociada al factor de innovación en tecnología, y la variable X51, vinculada al factor de innovación en gestión del cambio, muestran valores de p-value inferiores al mínimo umbral establecido (0.05). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, evidenciando que tienen un gran impacto en la variable objetivo de probabilidad de innovación. Esto sugiere que estas variables tienen el potencial de mejorar los procesos de producción de las fincas cafeteras, transformando el café convencional en café especial de tipo sostenible.

**Tabla 59**
*Análisis ANOVA de variables con gran impacto sobre la probabilidad de innovación*

Análisis 1					
Factor de innovación	Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	Nivel Significativo
Económico	X4	2.6908	1	0.1009304	
Ambiental	X18	4.4618	1	0.0346601	*
Conocimiento	X43	4.1823	1	0.0408482	*
Tecnología	X47	13.3778	1	0.0002546	***
Gestión del cambio	X50	2.567	1	0.1091171	
Gestión del cambio	X51	5.6509	1	0.017446	*
Gestión del cambio	X52	3.4791	1	0.0621477	.
Análisis 2					
Factor de innovación	Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	Nivel Significativo
Ambiental	X18	13.345	1	0.0002591	***
Conocimiento	X43	3.981	1	0.0460159	*
Tecnología	X47	17.634	1	0.000026781	***
Gestión del cambio	X51	19.863	1	0.000008321	***
Análisis 3					
Factor de innovación	Variables	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	Nivel Significativo
Ambiental	X18	19.451	1	0.000010322	***
Tecnología	X47	15.16	1	0.000098775	***
Gestión del cambio	X51	19.758	1	0.000008789	***

*Nota.* La tabla muestra un análisis ANOVA para identificar las variables de los factores de innovación con un fuerte impacto sobre la probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras. La Tabla es creada mediante la aplicación del programa Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

Con las variables de los factores de innovación plenamente identificadas, la Tabla 60 presenta los resultados del modelo de regresión logística que incorpora las variables X18, X47 y X51, las cuales demostraron estadísticamente tener el mayor impacto significativo en la clasificación de fincas cafeteras innovadoras. Los resultados del p-value, inferiores a 0.05, permiten afirmar con un nivel de confianza del 95% que estas tres variables independientes mantienen una relación estadísticamente significativa con la variable dependiente, proporcionando así un modelo robusto para clasificar las fincas productoras de café como innovadoras o no innovadoras.

**Tabla 60**

*Creación del modelo de innovación logística en los procesos de producción de las fincas cafeteras*

Descripción	Estimado	Std. Error	z value	Pr(> z )	Nivel significativo
Intercepto	-26.6951	7.939	-3.363	0.000772	***
X18	4.861	1.5995	3.039	0.002373	**
X47	2.1631	0.7833	2.762	0.005752	**
X51	2.0838	0.7098	2.936	0.003328	**

*Nota.* La tabla comparte información de la creación del modelo de innovación para el proceso de producción de las fincas cafeteras para la generación de café especial. Tabla creada mediante la aplicación del programa Rcommander con datos recopilados a través de encuestas realizadas en campo.

El modelo de innovación para la producción de café especial se expresa mediante la siguiente ecuación (4):

$$Y (\text{Probabilidad de innovación}) = -26.6951 + 4.861 * X18 + 2.1631 * X47 + 2.0838 * X51 \quad (4)$$

Donde:

- X18 corresponde a la variable identificación y gestión integral de residuos.
- X47 corresponde a la variable adopción de tecnología digital.
- X51 corresponde a la variable flexibilidad ante el cambio.

En este contexto, para que las fincas cafeteras puedan innovar en los procesos de producción y generar un café especial de tipo sostenible, es fundamental estar alineado con los elementos clave de dicha fórmula. Esta fórmula indica que las fincas que producen café tipo normal tienen un punto de partida o intercepto de -26.6951, y para mejorar sus procesos de producción deben enfocarse en la variable X18 del factor de innovación ambiental, la cual tiene un impacto en la probabilidad de innovación de 4.861. Además, deben implementar la variable X47 del factor de innovación en tecnología, que incide en la probabilidad de innovación con un valor de 2.1631, y ejecutar la variable X51 del factor de innovación en gestión del cambio, cuyo impacto en la variable probabilidad de innovación tiene un valor de 2.0838.

Al profundizar en el análisis de las variables seleccionadas y alineadas con los requisitos de las certificaciones de Fairtrade (2019), Rainforest Alliance (2023), Starbucks (2016), Código de Conducta 4C (2018) e IFOAM (2019), se explican a continuación sus alcances:

La variable X18 se enfoca en la identificación y gestión de residuos dentro del marco de la innovación ambiental. Esta estrategia se centra en identificar y gestionar de manera segura los residuos, maximizando su reutilización y reciclaje, mientras se asegura una eliminación adecuada. Esto implica la identificación sistemática de los diferentes tipos de residuos generados durante el proceso productivo del café, la implementación de prácticas de segregación efectiva y el establecimiento de procedimientos seguros para su manejo. Una gestión efectiva de los desechos no solo minimiza los impactos negativos en la salud y el medio ambiente, sino que también promueve la creación de áreas específicas en las fincas para el almacenamiento y la eliminación segura de desechos peligrosos.

Así mismo, la variable X47 está vinculada a la adopción digital del factor de innovación en tecnología, con el objetivo de mejorar la gestión de la información relacionada con seguimientos de calidad, procesos de producción, entrenamientos y aspectos económicos. Para mejorar la eficiencia en el análisis de los datos, se requiere la implementación de recursos y herramientas tecnológicas que permitan un seguimiento preciso y una gestión mejorada del desempeño en términos de sostenibilidad, cumpliendo con los estándares de la agricultura sostenible.

En este sentido, la variable X51 se centra en la flexibilidad al cambio como parte del factor de gestión del cambio. Esta variable evalúa la disposición y capacidad de empleados y empleadores para adaptarse a modificaciones en el ambiente laboral, incluyendo la adopción de nuevos roles, procesos y procedimientos. También contempla el desarrollo de habilidades de comunicación abierta y efectiva entre todas las partes involucradas, facilitando una retroalimentación constructiva que permita identificar oportunidades de mejora y asegurar una implementación efectiva de los cambios.

Basado en el análisis previo, se procede con la validación del modelo, evaluando el cumplimiento de los supuestos paramétricos: normalidad, homogeneidad, linealidad e independencia. La normalidad y homogeneidad de los residuos garantizan la fiabilidad de los resultados y la dispersión constante de los errores. La linealidad confirma la relación adecuada entre variables, mientras que la independencia descarta la autocorrelación. Criterios fundamentales para asegurar la fiabilidad del modelo, con el propósito de mejorar los procesos de producción y facilitar la generación de café especial de manera sostenible.

### 5.5.3 Validación del modelo

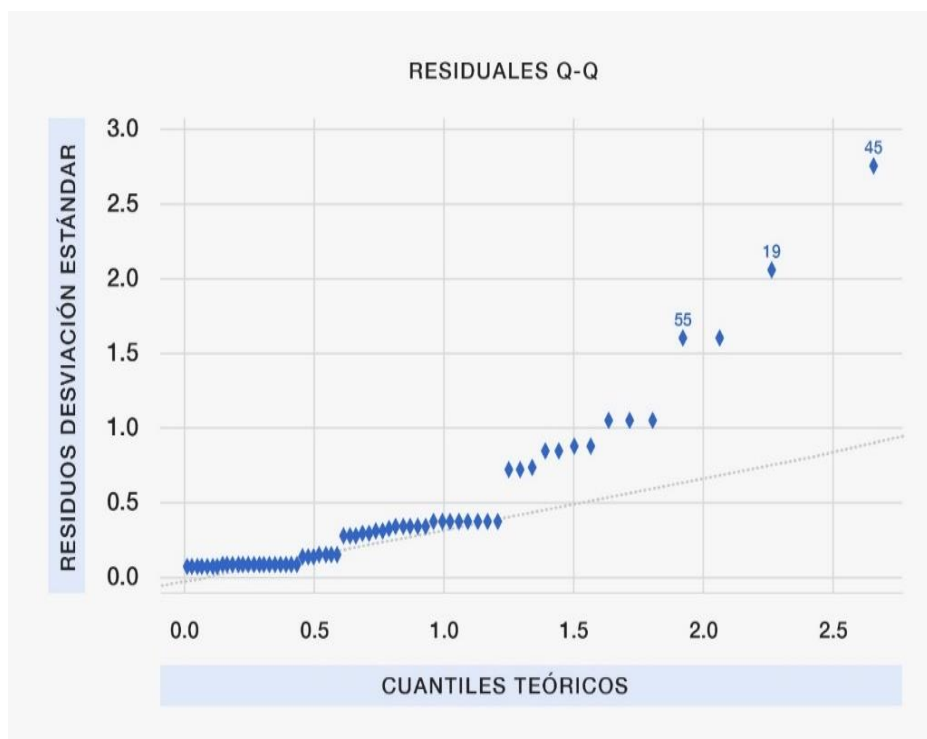
La validación del modelo requiere la verificación de ciertos supuestos fundamentales. Ernst y Albers (2017) advierten que, si estos supuestos son violados, podrían surgir conclusiones incorrectas que comprometen la validez de los resultados. Entre los principales supuestos destacan la linealidad, la homogeneidad de varianzas, la independencia de los errores y la normalidad de los residuos. De igual manera, Hair et al. (2019) señalan que validar modelos estadísticos es un paso crucial para asegurar la precisión y aplicabilidad de los resultados en contextos reales. Además, Tabachnick y Fidell (2019) subrayan que ignorar estos supuestos puede llevar a interpretaciones erróneas y resultados inexactos. Por ello, la revisión cuidadosa de estos elementos resulta esencial para garantizar la validez y confiabilidad del modelo propuesto.

El análisis de los supuestos del modelo inicia con el análisis del gráfico Q-Q de los residuos. De acuerdo con la Universidad de Wisconsin (2020), este gráfico utiliza los residuos estandarizados para evaluar visualmente la normalidad. En esta representación, se compara la alineación de los cuantiles de dos distribuciones: una distribución teórica en el eje x y los residuos del modelo en el eje y. La coincidencia de los puntos a lo largo de la línea de referencia permite determinar fácilmente si se cumple el supuesto de normalidad.

Al detallar la Figura 47, se observa que la mayoría de los residuos se distribuyen de manera estrecha y uniforme a lo largo de la línea de referencia. Si bien la observación 45 se aleja ligeramente del patrón general, su desviación no es lo suficientemente significativa como para influir en la validez del modelo. El resto de los puntos exhiben una marcada proximidad entre sí y un notable alineamiento con respecto a la línea de referencia. Estos indicadores visuales permiten afirmar con confianza que se satisface el supuesto de normalidad de los residuos del modelo.

**Figura 47**

*Grafica de residuos Q-Q de los cuantiles*



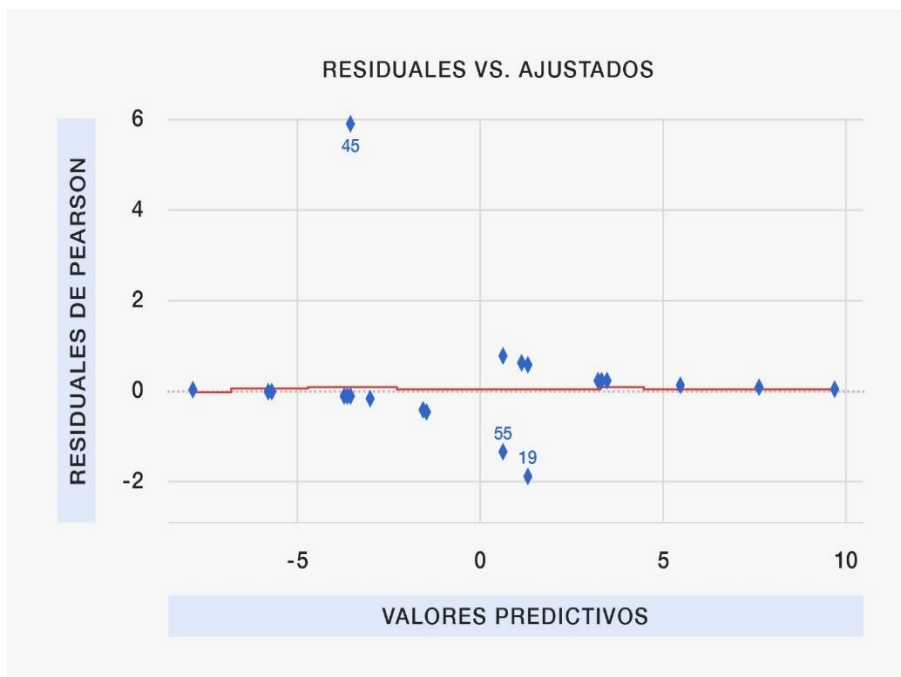
*Nota.* El gráfico ilustra el residuo Q-Q de los cuantiles. Gráfica creada con programa Rcommander.

En este contexto de validación del modelo, la Figura 48. muestra el gráfico de residuos versus ajustados. Según la Universidad de Pensilvania (2019) explica que este gráfico se utiliza comúnmente para mostrar los datos dispersos en el eje y, junto con los valores ajustados en el eje x. Su propósito es identificar la no linealidad, las varianzas de error y la presencia de valores atípicos.

En los resultados de la figura, se observa una dispersión aleatoria de los puntos alrededor de la línea horizontal en  $x = 0$ , sin patrones sistemáticos evidentes y presentan dispersión aleatoria. También se identifica un valor atípico relacionado con la observación 45, que para los fines de esta investigación, no impacta en el modelo de innovación. De acuerdo con lo observado en la gráfica, el modelo exhibe un buen desempeño, cumpliendo el supuesto de linealidad.

**Figura 48**

*Grafica de residuales vs ajustados*



*Nota.* El gráfico ilustra los datos ajustados versus ajustados. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

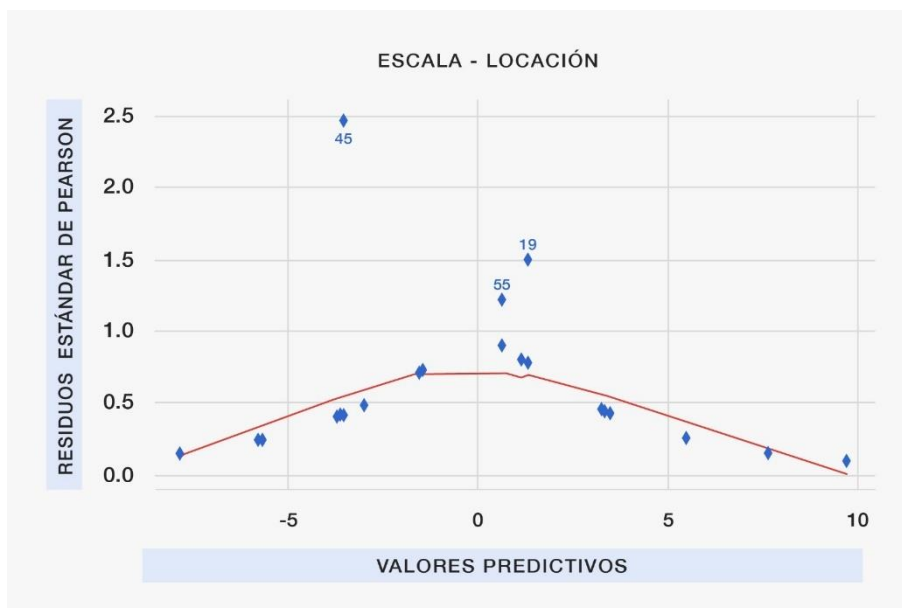
Así mismo, La Figura 49 muestra el diagrama de escala-locación, cuyo propósito es evaluar si existe homocedasticidad en los datos. De acuerdo con Zach (2020), este gráfico permite determinar si la dispersión de los errores se mantiene constante a lo largo de la línea de regresión. El mismo autor destaca la importancia de la homocedasticidad para garantizar que las inferencias del modelo sean válidas. En el gráfico, una línea que se mantiene horizontal sugiere la presencia deseable de homocedasticidad, mientras que si se observan patrones no lineales, esto podría indicar heterocedasticidad, lo cual afectaría negativamente la confiabilidad de las estimaciones del modelo.

Se aprecia en la figura, que los puntos están dispersos sin patrones evidentes, con una línea roja que evalúa el desempeño del modelo. Así mismo, se evidencia la observación X45 como un valor atípico, pero su presencia no afecta significativamente la probabilidad de innovación del modelo. El análisis visual confirma el cumplimiento del supuesto de homogeneidad, ya que la

distribución de los puntos no exhibe tendencias o patrones sistemáticos que sugieran heterogeneidad en la varianza de los residuos, respaldando así la validez del modelo.

**Figura 49**

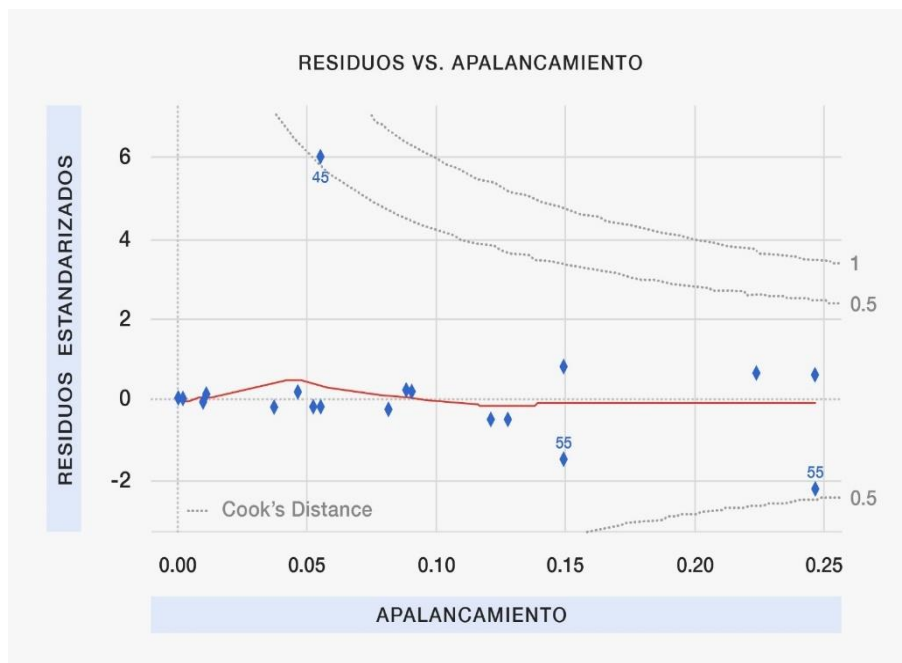
*Grafica de escala-locación*



*Nota.* El gráfico ilustra los datos escala-locación. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

El análisis de los supuestos de la Figura 50, ilustra información contenida entre residuos versus apalancamiento. Como lo menciona Zach (2021) “el apalancamiento mide cuánto variarían los coeficientes en un modelo de regresión si se removiera una observación específica del conjunto de datos, lo cual podría generar un cambio considerable. Además, Zach (2021) describe los residuos estandarizados como la diferencia entre el valor previsto de una observación y su valor real.

Al examinar la figura, se identifica que la observación X45 es un valor atípico que no influye en el modelo de innovación. Donde ningún punto supera el umbral comúnmente utilizado de 1, lo que indica la ausencia de observaciones individuales que ejerzan una influencia excesiva en los coeficientes del modelo. Además se observa que la dispersión de los datos está alrededor de cero, lo que significa el ajuste del modelo. En ese sentido, no se identifica ningún tipo de sesgo ni distorsión en los residuos, lo que respalda la adecuada independencia entre las observaciones.

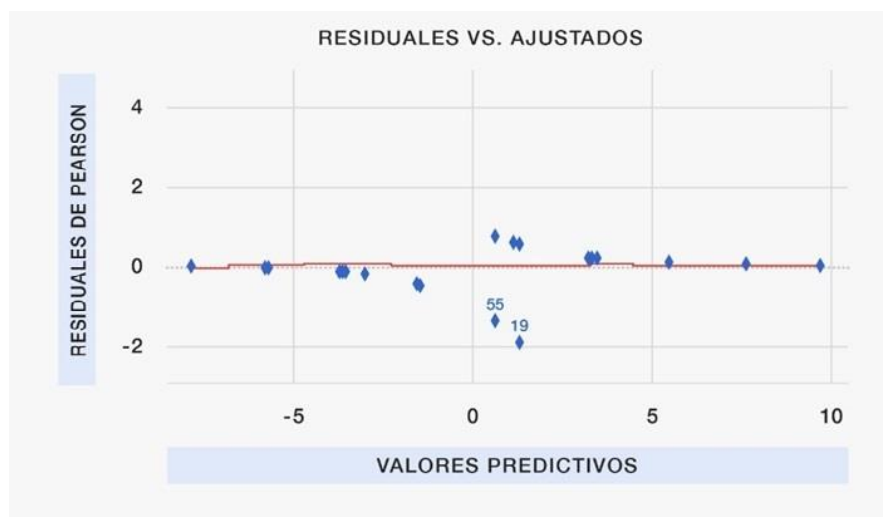
**Figura 50**
*Grafica de Residuos Vs Apalancamiento*


*Nota.* El gráfico ilustra los datos de residuos versus apalancamiento. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

La observación 45 fue identificada como un posible valor atípico aislado, como se puede observar en las figuras 47-50. Si bien esta observación exhibe una distancia de Cook superior al resto de los datos, su valor permanece por debajo del umbral crítico de 1, sugiriendo que no ejerce una influencia determinante en el modelo. Para evaluar su impacto, se realizó un análisis de sensibilidad ajustando el modelo sin incluir esta observación, confirmando que su exclusión no produce alteraciones significativas en los coeficientes estimados ni en la capacidad predictiva general del modelo. La Figura 51 muestra que los residuos mantienen una dispersión aleatoria, indicando que el comportamiento de los datos es consistente con los supuestos del modelo. Por tanto, aunque la observación 45 se destaca como un valor atípico, su presencia no viola el supuesto de linealidad, lo que respalda la validez de las relaciones establecidas entre las variables predictoras y la variable dependiente.

### Figura 51

Grafica de residuales vs ajustados, sin la observación 45



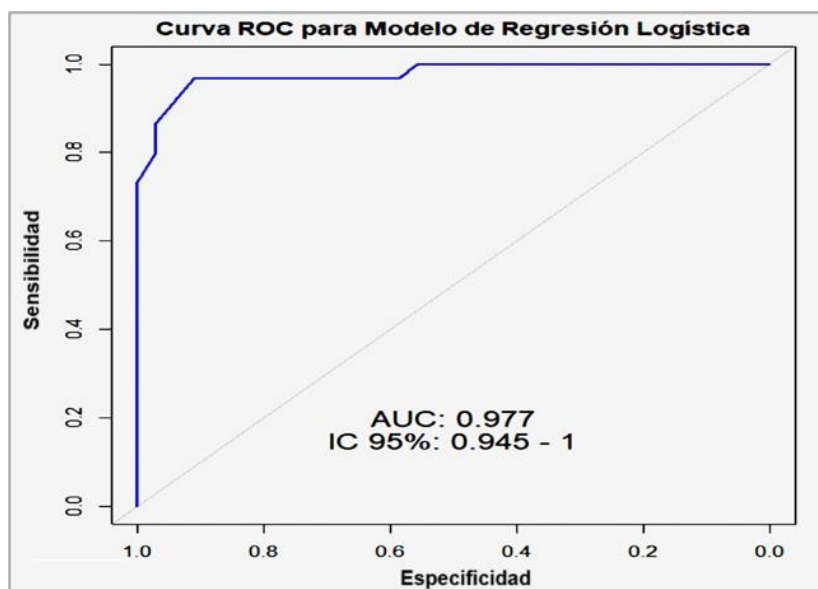
*Nota.* El gráfico ilustra los datos ajustados versus ajustados, sin la observación 45. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

Una vez analizada y desarrollada la validación del modelo, se puede concluir que el modelo de innovación cumple con todos los supuestos relacionados con la homogeneidad, linealidad, normalidad e independencia. Se destaca la ausencia de sesgos en los residuos, así como la falta de patrones discernibles y su dispersión uniforme en el eje, lo que indica un excelente ajuste del modelo. Esto proporciona información confiable y robusta, lo que facilitará la realización de predicciones precisas.

Como parte de la validación del modelo, se evaluó su precisión mediante la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), herramienta que Richardson et al. (2024) consideran fundamental para evaluar modelos de clasificación. En este caso, la curva ROC se utilizó para clasificar las fincas como innovadoras o no innovadoras, midiendo la exactitud de las predicciones en distintos niveles de probabilidad. El modelo obtuvo un valor de 0.97 (IC 95%: 0.945 – 1.0), lo cual demuestra un rendimiento sobresaliente, dado que un valor de 0.5 indicaría predicciones al azar. En términos prácticos, esto indica que el modelo tiene un 97% de probabilidad de clasificar correctamente las fincas cafeteras en ambas categorías, con un nivel de confianza del 95%.

## Figura 52

Curva ROC para el modelo de regresión logístico



*Nota.* El gráfico ilustra la capacidad predictiva de la curva ROC. Gráfica creada con datos recopilados a través de encuestas mediante la aplicación del programa Rcommander.

La validación del modelo se fundamenta en un análisis exhaustivo que abarca múltiples dimensiones. El análisis ANOVA permitió identificar las variables X18 (gestión integral de residuos), X47 (adopción de tecnología digital) y X51 (flexibilidad ante el cambio) como las más significativas, proporcionando una base sólida para el modelo. La regresión logística subsiguiente confirmó la relevancia de estas variables, con coeficientes estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) para todas ellas. La verificación de los supuestos paramétricos, incluyendo normalidad, homogeneidad, linealidad e independencia, a través de los gráficos de residuos, demostró que el modelo cumple con los requisitos estadísticos fundamentales. Finalmente, la evaluación de la capacidad predictiva mediante la curva ROC arrojó un AUC de 0.97, indicando una excelente capacidad discriminativa del modelo. Esta convergencia de evidencias estadísticas respalda la robustez y validez del modelo, sugiriendo su potencial para predecir eficazmente la probabilidad de innovación en las fincas cafeteras y, por ende, su capacidad para producir café especial de tipo sostenible.

Siendo así, una finca cafetera puede utilizar este modelo, que proporciona variables precisas y confiables, en sus procesos de producción. Esto permitirá aumentar la producción de café

especial de manera sostenible y mejorar la calidad del producto final. La aplicación de este modelo respaldado por datos sólidos ayudará a optimizar los recursos y prácticas agrícolas, lo que a su vez contribuirá al desarrollo sostenible de la industria cafetera.

#### 5.5.4 Análisis de sensibilidad con los resultados del modelo de innovación

Con la ecuación obtenida del modelo de innovación, en la Tabla 61 se lleva a cabo un análisis de sensibilidad de las variables X17, X48 y X51, con el propósito de comparar los resultados obtenidos en campo en las fincas cafeteras frente a la ecuación del modelo. Este análisis permite evaluar si ambos escenarios presentan resultados similares con respecto a las fincas que producen café especial sostenible. Para ello, se consideran veinte fincas cafeteras.

**Tabla 61**

*Análisis de sensibilidad de la ecuación del modelo innovación*

Finca	Resultados de encuestas				Resultados ecuación del modelo de innovación					Acierto (Si/No)
	X17	X48	X51	Tipo de Café	X18	X47	X51	Probabilidad	Tipo de Café	
1	3	1	3	Normal	3	1	3	0.02418359	Normal	Si
2	3	1	3	Normal	3	1	3	0.02418359	Normal	Si
3	3	2	3	Normal	3	2	3	0.17733624	Normal	Si
4	3	2	3	Especial	3	2	3	0.17733624	Normal	No
5	4	1	4	Especial	4	1	4	0.96257237	Especial	Si
6	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
7	4	3	4	Especial	4	3	4	0.99948632	Especial	Si
8	1	1	1	Normal	1	1	1	2.3013E-08	Normal	Si
9	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
10	4	4	4	Especial	4	4	4	0.99994092	Especial	Si
11	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
12	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
13	4	1	3	Especial	4	1	3	0.76194996	Especial	Si
14	4	1	4	Especial	4	1	4	0.96257237	Especial	Si
15	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
16	4	2	4	Especial	4	2	4	0.9955496	Especial	Si
17	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
18	4	1	1	Normal	4	1	1	0.04723649	Normal	Si
19	4	3	4	Especial	4	3	4	0.99948632	Especial	Si
20	4	2	3	Especial	4	2	3	0.96532681	Especial	Si

*Nota.* La tabla contiene información de las variables X17, X48 y X51, y los resultados conseguidos en campo y del modelo de innovación, con la finalidad de determinar si tienen similitud con relación a la producción de café especial. Los resultados de la ecuación del modelo innovación fue mediante el software Rcommander.

Según los resultados, El análisis de sensibilidad del modelo reveló un alto nivel de precisión en sus predicciones, con una tasa de acierto del 95%, identificando correctamente 19 de las 20 fincas analizadas. Se observó una única diferencia en una finca productora de café especial. Al examinar detalladamente los datos, se encontró que otra finca con valores idénticos en las variables críticas (X18 gestión integral de residuos, X47 adopción tecnológica digital y X51 flexibilidad ante el cambio) produce café normal, sugiriendo una posible inconsistencia en la recolección de datos.

La robustez del modelo queda demostrada por su índice de confianza del 95%, con predicciones que se alinean estrechamente con las observaciones realizadas en campo. Estos resultados validan la efectividad del modelo como una herramienta práctica y confiable para los caficultores, proporcionándoles una guía clara para mejorar sus procesos productivos hacia la generación de café especial sostenible. La capacidad predictiva sugiere que el modelo puede ser implementado con confianza para identificar y priorizar las áreas de mejora en las fincas cafeteras.

## **6 Conclusiones**

En los procesos de producción en las fincas cafeteras, se destacan cuatro etapas clave: la siembra de la semilla de café, la cosecha del grano maduro, el procesamiento de la cereza y su posterior trillado y tostado. Estas etapas representan áreas donde la implementación de las variables de innovación puede desempeñar un papel fundamental para impulsar la producción de café especial.

La investigación determina que la innovación en los procesos es esencial para la producción de café especial. Como base teórica, se utilizó el Manual de Oslo para orientar los pilares de innovación. En este contexto, se adoptó un enfoque de innovación centrado en los procesos del negocio, específicamente en las áreas de administración y gestión, así como en la mejora de los sistemas de información y comunicación. En el cual, el objetivo principal es optimizar los procesos de producción en las fincas cafeteras.

El café especial de tipo sostenible es elegido por su alta relevancia en el mercado actual, el cual se distingue por sus altos estándares y requisitos de sostenibilidad. Estos deben aplicarse rigurosamente en los procesos de producción de las fincas cafeteras para producir un producto diferenciado y de calidad. Estos requisitos se han seleccionado de las certificaciones más destacadas del mercado, como el Código de Conducta 4C, las prácticas de Starbucks, Rainforest Alliance, IFOAM y Fairtrade.

A partir del análisis del tipo de innovación basado en el Manual de Oslo, y considerando las especificaciones del café especial junto con las principales certificaciones de café sostenible (Rainforest Alliance, Fairtrade, IFOAM, Código de Conducta 4C y prácticas de Starbucks), se realizó una identificación sistemática de los factores de innovación presentes en cada certificación. Este análisis permitió establecer los elementos comunes entre las diferentes certificaciones, revelando siete factores críticos de innovación: económico, social, ambiental, producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio.

Los factores de innovación se relacionan con un conjunto de variables que evalúan el grado de innovación en cada uno de los procesos. Se determina que el factor económico de innovación está asociado con 4 variables, el factor social con 5 variables, el factor ambiental con 8 variables, el factor de producción con 7 variables, el factor de conocimiento con 15 variables, el factor tecnológico con 4 variables y el factor de gestión del cambio con 5 variables. Estas variables permitirán medir la probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Para desarrollar el modelo de innovación, se eligió la regresión logística debido a la naturaleza binaria de los datos de la variable dependiente, que se relacionan con la probabilidad de innovación, y a la naturaleza ordinal de las variables independientes del factor de innovación. Esta elección permite identificar las variables independientes con mayor impacto y capacidad predictiva sobre la variable objetivo, que es la probabilidad de innovación en los procesos de producción de las fincas cafeteras.

Al realizar un análisis de correlación de las variables mediante un mapa de calor (heatmap), se observa que los factores de innovación con un mayor número de variables de alto impacto significativo son los económicos, ambientales, de conocimiento, tecnológicos y de gestión del cambio. En contraste, los factores sociales y de producción no muestran variables que generen una diferencia significativa, puesto que las fincas cafeteras manejan altos estándares entono a estos dos factores.

La investigación se enfocó en identificar las variables clave en el proceso de innovación para la producción de café especial, logrando este objetivo a través de un análisis exhaustivo. Se determinaron siete factores críticos de innovación: económico, social, ambiental, producción, conocimiento, tecnología y gestión del cambio. Mediante análisis estadísticos avanzados como

ANOVA y mapas de calor, se identificaron las variables más significativas: la gestión integral de residuos (X18), la adopción de tecnología digital (X47), y la flexibilidad ante el cambio (X51). La principal fortaleza de este hallazgo radica en la precisión con la que se identificaron estas variables críticas, respaldada por métodos estadísticos robustos.

La creación del modelo de innovación se fundamenta en que una finca cafetera de adoptar practicas innovadoras para producir café especial. Su punto de partida se sitúa en -26.6951, y es importante dar especial énfasis a la variable X18 del factor de innovación ambiental que tiene un impacto de 4.86, a la variable X47 del factor de innovación tecnológica que tiene una incidencia de 2.1631, y a la variable X51 del factor de innovación en gestión del cambio, que tiene un peso de 2.0838.

Cumpliendo con el objetivo de diseñar un modelo de innovación para el proceso de café especial en Colombia, se desarrolló una ecuación de regresión logística:  $Y$  (Probabilidad de innovación) =  $-26.6951 + 4.861 * X18 + 2.1631 * X47 + 2.0838 * X51$ . Este modelo integra las tres variables más significativas identificadas, proporcionando una herramienta cuantitativa para evaluar y predecir la capacidad de innovación en las fincas cafeteras. La fortaleza principal de este modelo reside en su capacidad para ofrecer una visión holística, incorporando variables de diferentes factores y permitiendo predicciones cuantificables. No obstante, una debilidad que podría la naturaleza estática del modelo podría no capturar adecuadamente la dinámica cambiante del mercado del café especial.

La validación del modelo se fundamentó en un análisis exhaustivo que abarca múltiples dimensiones. El análisis ANOVA permitió identificar las variables X18 (gestión integral de residuos), X47 (adopción de tecnología digital) y X51 (flexibilidad ante el cambio) como las más significativas, proporcionando una base sólida para el modelo. La regresión logística subsiguiente confirmó la relevancia de estas variables, con coeficientes estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) para todas ellas. La verificación de los supuestos paramétricos, incluyendo normalidad, homogeneidad, linealidad e independencia, a través de los gráficos de residuos, demostró que el modelo cumple con los requisitos estadísticos fundamentales. Finalmente, la evaluación de la capacidad predictiva mediante la curva ROC arrojó un AUC de 0.97, indicando una excelente capacidad discriminativa del modelo. Esta convergencia de evidencias estadísticas respalda la

robustez y validez del modelo, sugiriendo su potencial para predecir eficazmente la probabilidad de innovación en las fincas cafeteras.

El estudio alcanzó sus tres objetivos de manera sistemática: primero, se identificó las variables clave de innovación para la producción de café especial a través de una revisión de la literatura y un análisis estadístico (gestión de residuos, adopción tecnológica y flexibilidad al cambio). En segundo lugar, se diseñó un modelo de innovación utilizando regresión logística con las variables críticas identificadas. Por último, se validó el modelo mediante análisis ANOVA y verificación de supuestos paramétricos. Este proceso dio como resultado un modelo de innovación robusto y validado, capaz de mejorar la producción de las fincas cafeteras para la generación de café especial sostenible en Colombia, proporcionando una herramienta valiosa para los actores del sector cafetero.

Los resultados de esta investigación proporcionan un fuerte respaldo a las hipótesis planteadas inicialmente. En relación con la primera hipótesis, que plantea que las variables clave de innovación X18 (gestión integral de residuos), X47 (adopción tecnológica digital) y X51 (flexibilidad ante el cambio) influyen significativamente en los procesos de producción de las fincas cafeteras, fue validada convincentemente a través de múltiples análisis estadísticos. El estudio demostró que estas tres variables son determinantes en la producción de café especial. Los coeficientes del modelo de regresión logística (4.861, 2.1631 y 2.0838 respectivamente) demuestran una influencia positiva y estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en la probabilidad de que una finca sea clasificada como innovadora. Este hallazgo se fortaleció mediante el análisis de correlación, que mostró valores significativos para estas variables (X18: 0.58851698, X47: 0.57697456, X51: 0.60752826), y se confirmó a través del análisis de clusters, que reveló una clara diferenciación entre fincas innovadoras y no innovadoras basada en estas variables clave.

En cuanto a la segunda hipótesis, que propone que la implementación de un modelo de innovación que integre prácticas sostenibles y comercio justo en los procesos de producción de las fincas cafeteras mejorará la producción de café especial, también fue respaldada por los resultados. El modelo desarrollado demostró una excepcional capacidad predictiva, evidenciada por un área bajo la curva ROC de 0.97 (IC 95%: 0.945 – 1.0), indicando una precisión del 97% en la clasificación de fincas cafeteras. La validación del modelo a través del cumplimiento de los supuestos paramétricos de normalidad, homogeneidad, linealidad e independencia, junto con el

análisis de sensibilidad que mostró una precisión mayor al 95% en la predicción (19 de 20 fincas correctamente clasificadas), confirma su robustez y aplicabilidad práctica.

La investigación logró dar respuesta a sus preguntas fundamentales. Respecto a la primera pregunta sobre los factores críticos de innovación que influyen en los procesos de producción de las fincas cafeteras, el estudio identificó, mediante análisis estadísticos robustos (ANOVA y mapas de calor), tres variables cruciales: la gestión integral de residuos (X18) del factor ambiental, la adopción de tecnología digital (X47) del factor tecnológico, y la flexibilidad ante el cambio (X51) del factor de gestión del cambio. En cuanto a la segunda pregunta sobre el modelo de innovación que integra prácticas sostenibles y comercio justo, se desarrolló un modelo de regresión logística que incorpora estas variables críticas, expresado en la ecuación:  $Y$  (Probabilidad de innovación) =  $-26.6951 + 4.861 * X18 + 2.1631 * X47 + 2.0838 * X51$ . Este modelo demostró una excelente capacidad predictiva (AUC = 0.97) y fue validado mediante rigurosas pruebas estadísticas,.

## **7 Aportes de la investigación**

### **7.2 Aportes Teóricos**

Esta investigación se destaca por su análisis sin precedentes, basado en un sólido conocimiento teórico de los tipos de innovación más ampliamente documentados en la literatura científica. Se aplicaron estos conocimientos en los procesos de producción del café, siguiendo directrices alineadas con las principales certificaciones de café sostenible del mercado. El objetivo principal fue identificar los factores de innovación más impactantes y determinar las variables más significativas en la producción de café, con el fin de mejorar los procesos y obtener café especial de tipo sostenible.

Este modelo introduce aspectos investigativos inéditos, originales y altamente relevantes en este sector específico. Hasta la fecha, no se había desarrollado un modelo que considerara los diversos tipos de innovación relacionados con los cafés especiales desde una perspectiva sostenible. El análisis revela que las variables principales que impulsan la innovación en las fincas cafeteras se encuentran dentro de la variable X18, que aborda la identificación y gestión de residuos del factor de innovación ambiental, la variable X47 que está vinculada a la adopción digital centrada en el factor de innovación tecnológica y la variable X51 que se enfoca en la flexibilidad al cambio del factor de innovación de la gestión del cambio.

La investigación identifica que los factores clave de innovación que comparten las diferentes certificaciones, tales como el factor ambiental – F3, tecnología – F6 y gestión del cambio – F7 son fundamentales y deben aplicarse en los diversos procesos de las fincas cafeteras con el objetivo de impulsar la innovación en los procesos de producción para generar café especial en un entorno de sostenibilidad.

La investigación identifica los tipos de innovación relacionados con el modelo de Oslo (2018) aplicables a la innovación en los procesos del negocio (IPN) en el sector cafetero. Además, se seleccionan las categorías funcionales alineadas con la administración y gerencia, así como la información y los sistemas de comunicación. Estas categorías están vinculadas con subcategorías importantes como dirección estratégica, gobierno corporativo, hardware y software. Elementos fundamentales para mejorar los procesos de producción en las fincas cafeteras y generar café especial de forma sostenible.

### **7.3 Aportes Prácticos**

Con este modelo, los caficultores tienen una herramienta efectiva para identificar y evaluar los factores clave de innovación en sus procesos de producción. Al comprender el estado actual de la innovación en sus operaciones, pueden tomar medidas concretas para mejorar y optimizar sus prácticas. Esto les permite ajustar sus procesos para cumplir con los estándares exigentes del mercado del café especial sostenible, asegurando la calidad y la sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de producción. En última instancia, este modelo fomenta una cultura de mejora continua y adaptación en el sector cafetero, promoviendo la innovación y la excelencia en la producción de café especial.

El modelo de innovación proporciona a los caficultores una herramienta precisa para identificar las variables que realmente impactan en sus procesos de producción. Esta capacidad de identificación de variables promueve la innovación dentro del sector cafetero, permitiendo que las fincas cafeteras trasciendan su papel tradicional como productoras de café normal y se posicionen como generadoras de café especial de alta calidad. Este cambio de enfoque abre nuevas oportunidades en el mercado a nivel nacional e internacional, permitiendo a los caficultores destacarse y satisfacer las demandas de los consumidores exigentes en términos de calidad y sostenibilidad.

El modelo de innovación proporcionara las herramientas teóricas para que las fincas cafeteras que busquen innovar en sus procesos de producción deben centrarse en la identificación y gestión integral de residuos en todas sus etapas. Es importante digitalizar y adaptar estos procesos para mejorar la trazabilidad, el control y la eficiencia. Además, es fundamental trabajar en la flexibilidad al cambio, lo que permitirá que los diferentes procesos se adapten dinámicamente al entorno y a las nuevas necesidades, con el objetivo de evolucionar y alcanzar los más altos estándares de calidad en el ámbito del café especial.

El modelo de innovación proporcionará a las entidades gubernamentales las herramientas necesarias para identificar con precisión los procesos que requieren mejoras. Esto permitirá la elaboración de programas de apoyo específicos para los caficultores, con el objetivo de mejorar su producto en términos de sostenibilidad. Basándose en este conocimiento, se podrán implementar acciones concretas para mejorar la calidad del café y así fortalecer la industria cafetalera de manera integral.

#### **7.4 Aportes al conocimiento**

Esta investigación contribuye significativamente al campo de la innovación en la producción de café especial sostenible en Colombia. Al integrar el modelo de Oslo con las certificaciones de café sostenible, se ha desarrollado un enfoque único para identificar los factores críticos de innovación en los procesos de producción. Este estudio llena un vacío importante en la literatura, ya que hasta ahora no se había realizado un análisis tan exhaustivo de la innovación en el contexto específico del café especial sostenible en Colombia.

El modelo de innovación desarrollado en este estudio representa una herramienta valiosa tanto para los académicos como para los profesionales del sector cafetero. Para los investigadores, ofrece un marco conceptual robusto que combina teorías de innovación con prácticas sostenibles, permitiendo un análisis más profundo de la interacción entre estos elementos en el contexto agrícola. Para los productores y las organizaciones del sector, el modelo proporciona una guía práctica para implementar innovaciones que mejoren tanto la calidad del café como la sostenibilidad de su producción. Este enfoque dual de aplicabilidad teórica y práctica fortalece la relevancia del estudio en el campo de la gestión agrícola innovadora y sostenible.

Esta investigación metodológicamente aporta un enfoque novedoso al campo al utilizar técnicas estadísticas avanzadas como la regresión logística para modelar la probabilidad de

innovación en las fincas cafeteras. Este método permite una comprensión más precisa de cómo diferentes factores influyen en la capacidad innovadora de una finca, proporcionando una perspectiva cuantitativa valiosa para la toma de decisiones. Además, el estudio establece un precedente para la aplicación de análisis estadísticos rigurosos en el contexto de la producción de café especial, lo que puede inspirar futuros estudios a adoptar enfoques similares. Esta contribución metodológica fortalece la base empírica del campo y promueve un enfoque más cuantitativo en el estudio de la innovación agrícola sostenible.

Este estudio también contribuye significativamente al entendimiento de la intersección entre innovación y sostenibilidad en el sector agrícola. Al identificar las variables críticas como la gestión integral de residuos, la adopción de tecnología digital y la flexibilidad ante el cambio, la investigación proporciona una nueva perspectiva sobre cómo la innovación puede impulsar prácticas más sostenibles en la producción de café. Este hallazgo es particularmente relevante en el contexto actual de cambio climático y creciente demanda de productos sostenibles. Además, el estudio demuestra cómo las certificaciones pueden fomentar la innovación, ofreciendo así un nuevo enfoque para analizar la relación entre los estándares de certificación y el desarrollo de capacidades innovadoras en las fincas.

### **7.5 Aportes a políticas públicas**

Basado en los hallazgos de esta investigación sobre la innovación en la producción de café especial sostenible en Colombia, se recomienda que las políticas públicas se enfoquen en el fomento de la gestión integral de residuos en las fincas cafeteras. Esto podría lograrse mediante la implementación de programas de capacitación y asistencia técnica para los caficultores, centrados en prácticas efectivas de gestión de residuos. Además, se sugiere ofrecer incentivos fiscales o subsidios para la implementación de sistemas de gestión de residuos en las fincas, así como establecer normativas que promuevan la economía circular en el sector cafetero.

En cuanto a la promoción de la adopción tecnológica digital, se recomienda desarrollar programas de alfabetización digital específicamente diseñados para caficultores. Estos programas deberían ir acompañados de políticas que faciliten el acceso a créditos blandos para la adquisición de tecnologías digitales en las fincas. Asimismo, se propone la creación de una plataforma digital nacional para la gestión y trazabilidad del café especial. Esta plataforma no solo mejoraría la eficiencia en la producción y comercialización del café, sino que también aumentaría la

transparencia en la cadena de suministro, lo cual es cada vez más valorado en los mercados internacionales de café especial.

Para fomentar la flexibilidad ante el cambio, elemento crucial identificado en la investigación, se sugiere el diseño de programas de formación en gestión adaptativa y resiliencia para los caficultores. Estas iniciativas deberían complementarse con el establecimiento de un sistema de alerta temprana para cambios en el mercado y condiciones climáticas, permitiendo a los productores anticiparse y adaptarse a los desafíos emergentes. Además, se recomienda promover activamente la diversificación de cultivos y prácticas agrícolas como estrategia de adaptación, lo que no solo reduciría los riesgos asociados con la dependencia de un solo cultivo, sino que también podría abrir nuevas oportunidades de mercado para los caficultores.

## **7.6 Trabajos futuros**

Esta investigación ofrece información robusta y confiable sobre café especial de tipo sostenible, tipos de innovación y certificaciones. Por lo tanto, puede servir como punto de partida para futuros proyectos enfocados en otros tipos de café especial, sea por factores específicos, origen o proceso de producción. Además, establece una base sólida para el desarrollo de iniciativas relacionadas con la mejora continua y la diversificación dentro del sector cafetero.

Esta investigación podría ser fundamental para identificar posibles brechas en los procesos, promover la creación de nuevas metodologías de investigación, validar o cuestionar teorías establecidas, y facilitar intercambios interdisciplinarios. Además, tiene el potencial de impulsar debates y discusiones entorno a su base teórica, lo que contribuiría a un enriquecimiento continuo del conocimiento en el campo del café especial y la sostenibilidad.

Se sugiere una línea futura de investigación enfocada en la realización de estudios que analicen la evolución de las prácticas innovadoras en la producción de café especial a lo largo del tiempo. Esto permitiría entender de manera más profunda cómo factores externos, como los cambios climáticos y las fluctuaciones del mercado, influyen en la adopción de innovaciones.

Otra línea de investigación potencial podría centrarse en el impacto económico y social a largo plazo de la adopción de prácticas innovadoras en la producción de café especial. Esto podría incluir estudios sobre cómo la innovación impacta positivamente los ingresos de los caficultores, la sostenibilidad de las comunidades cafeteras y la calidad de vida de los trabajadores agrícolas.

Así mismo, sería interesante investigar el papel de las políticas públicas en el fomento de la innovación en el sector cafetero, evaluando la efectividad de diferentes intervenciones gubernamentales. Además, sería relevante explorar cómo estas políticas impactan a los distintos actores dentro de la cadena de valor del café, desde pequeños productores hasta exportadores. Esta investigación facilitaría la identificación de estrategias óptimas para promover el desarrollo sostenible del sector.

### **7.7 Linealidad con propuestas gubernamentales**

La alineación del presente estudio con los objetivos estratégicos de las principales instituciones del sector cafetero en Colombia garantiza su relevancia y aplicabilidad práctica. Para lograrlo, se realizó una revisión en detalle de las directrices estratégicas y programas de innovación propuestos por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) y el Ministerio de Agricultura. En este análisis se identificaron áreas prioritarias de innovación desde la perspectiva institucional y se compararon con los hallazgos del estudio sobre factores de innovación críticos para la producción sostenible de café de especialidad (Bentley & Baker, 1999; Giovannucci et al., 2001; Ordoñez et al., 2019). Este enfoque proporciona una visión integral de cómo la investigación se integra con los esfuerzos existentes para promover la sostenibilidad y la innovación en el sector cafetero de Colombia.

El Plan Estratégico 2027 de la FNC enfatiza la importancia de la innovación tecnológica y la sostenibilidad, centrando sus esfuerzos en tecnologías de agricultura de precisión, desarrollo de variedades de café resistentes a plagas y la promoción de prácticas sostenibles (Bentley & Baker, 1999). El presente estudio se alinea con estas metas, al identificar la adopción digital (variable X47) y las prácticas sostenibles (variable X18) como factores de innovación clave para la producción sostenible de café. De manera similar, las áreas de investigación de Cenicafé, que incluyen la mejora genética, el manejo integrado de plagas y la optimización del uso de agua y energía, se reflejan en los resultados obtenidos, donde se destaca la gestión integral de residuos (variable X18) y la flexibilidad ante el cambio (variable X51) como variables que complementan las prioridades de investigación (Bentley & Baker, 1999).

La política de Desarrollo Agrícola y Rural 2018-2022 del Ministerio de Agricultura subraya la necesidad de transformación digital, fortalecimiento de las cadenas de valor y promoción de una agricultura sostenible (Giovannucci et al., 2001). El modelo de innovación propuesto en este

estudio apoya estos objetivos al integrar factores tecnológicos, ambientales y de gestión del cambio, destacando la adopción digital (variable X47) como un elemento crítico para promover la modernización del sector.

### **7.8 Limitaciones de la investigación**

Es importante reconocer las limitaciones inherentes al método de recolección de datos. Aunque se tomaron medidas para garantizar la validez y confiabilidad del instrumento de encuesta, incluyendo la validación por expertos y una prueba piloto, existe siempre la posibilidad de sesgos en las respuestas de los participantes. Factores como la deseabilidad social o la interpretación subjetiva de las preguntas podrían influir en las respuestas.

Así mismo, se debe considerar la rápida evolución de las tecnologías y prácticas de innovación en el sector agrícola. El modelo de innovación desarrollado se basa en el estado actual de la tecnología y las prácticas de producción de café especial. Sin embargo, el sector agrícola, y particularmente la producción de café, está experimentando una rápida transformación debido a avances en áreas como la agricultura de precisión, la inteligencia artificial, y la biotecnología. Estas innovaciones emergentes podrían alterar significativamente los procesos de producción y las prácticas sostenibles en un futuro cercano. Por lo tanto, aunque el modelo propuesto es válido y útil en el contexto actual, puede requerir actualizaciones frecuentes para mantenerse relevante frente a las nuevas tecnologías y prácticas que surjan en el sector.

Otra limitación significativa está relacionada con la naturaleza transversal del estudio. Los datos fueron recolectados en un momento específico (octubre de 2023), lo que proporciona una instantánea valiosa de la situación actual, pero no captura la evolución temporal de las prácticas de innovación en la producción de café especial. Factores como las fluctuaciones en los precios del café, cambios en las políticas agrícolas, o eventos climáticos extremos podrían alterar las prácticas de innovación de los caficultores a lo largo del tiempo.

Los desafíos logísticos y de acceso a las zonas cafeteras constituyeron una limitación significativa que persistió durante todo el desarrollo del estudio. La naturaleza montañosa del terreno, las condiciones variables de las vías de acceso y la dispersión geográfica de las fincas cafeteras plantearon retos considerables para la recolección de datos. Estas condiciones no solo extendieron los tiempos de recolección de información sino que también pudieron influir en la

profundidad y extensión de las entrevistas realizadas con algunos caficultores, particularmente en las zonas más remotas.

la investigación se concentró específicamente en la fase de producción del café especial, sin abordar en profundidad otras etapas cruciales de la cadena de valor, como el procesamiento postcosecha, la comercialización, la exportación y la distribución final. Si bien, esta delimitación fue necesaria para mantener el enfoque y la viabilidad del estudio, también significa que no se capturó la totalidad de las dinámicas de innovación que podrían estar presentes en otros segmentos de la cadena de valor del café.

## 8 Referencias

- Alvarez, A. y Hurtado, J. (2023). A History of Colombian Economic Thought. Routledge, vol. 1, p. 12. <https://doi.org/10.4324/9781003289241>
- Anaconda, C. A., Montoya B. P., Ramos E. V y Solis A. F (2021). Evaluation of Cup Profile for Post-Harvest in Coffee Variety Castillo from Cauca Department. *Tendencias en ciencias*, vol. 1, p. 1. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.4526>
- Alita, D., Putra, A., y Darwis, D. (2021). Analysis of Classic assumption test and multiple linear regression coefficient test for employee structural office recommendation. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*. vol.15, p. 297. <https://doi.org/10.22146/ijccs.65586>
- Andrade, C. (2024). Understanding Factorial Designs, Main Effects, and Interaction Effects: Simply Explained with a Worked Example. *Indian Journal of Psychological Medicine*, vol. 46, pp. 1. <https://doi.org/10.1177/02537176241237066>
- Aaron, Z. (2023). Parametric vs Non-Parametric Tests: Advantages and Disadvantages. <https://medium.com/geekculture/parametric-vs-non-parametric-tests-advantages-and-disadvantages-bab3062a6fe7>
- Atman, c. (2021). What is Coffee Sustainability?. <https://latinamericancoffeeacademy.org/what-is-coffee-sustainability/#:~:text=A%20simple%20definition%20of%20coffee,Including%20the%20planet.>
- Aghion, P., Van Reenen, J., y Zingales, L. (2013). Innovation and institutional ownership. *American Economic Review*, vol. , pp. 277–304. <https://doi.org/10.1257/aer.103.1.277>
- Atkinson, J. y Mircioiu, C. (2017). A Comparison of Parametric and Non-Parametric Methods Applied to a Likert Scale. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, vol. 1, pp. 1-12. <https://doi.org/10.3390/pharmacy5020026>
- Agencia UNAL (2022). Innovación técnica y asociatividad, secreto de la producción cafetera en Pitalito. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/innovacion-tecnica-y-asociatividad-secreto-de-la-produccion-cafetera-en-pitalito>

- Agriculture Innovation Agenda, AIA (2020). Agriculture Innovation as a Solution for Farmers, Consumers, and the Environment. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/agriculture-innovation-agenda-vision-statement.pdf>
- Asociación Americana de Café de Especial – AACE (2016). <https://italyspecialty.coffee/articles/what-is-specialty-coffee>
- Asociación Americana de Café de Especialidad – AACE (2018). Coffee Price Crisis. <https://sca.coffee/research/coffee-price-crisis>
- Asociación Americana de Café de Especialidad – AACE (2021). Coffee Report 2020. <https://scanews.coffee/2021/02/10/2020-coffee-report/>
- Asociación Americana de Café de Especialidad – AACE (2022). What is Specialty Coffee?. <https://sca.coffee/research/what-is-specialty-coffee>
- Asociación Nacional del Café - ANC (2020). 10 Steps from Seed to Cup. <https://www.ncausa.org/About-Coffee/10-Steps-from-Seed-to-Cup>
- Asociación Nacional del Café - ANC (2022). Coffee varieties <https://www.ncausa.org/About-Coffee/Coffee-Varieties>
- Asmar, S. (2020). Las ventajas del café caturro para ser variedad premium. <https://www.agronegocios.co/agricultura/las-ventajas-del-cafe-caturro-para-ser-variedad-premium-3018991#:~:text=Entre%20las%20grandes%20ventajas%20que,los%20favoritos%20de%20los%20consumidores.>
- Babbie, E. (2016). The basics of social research. Cengage Learning, edition 7, pp. 1-575. ISBN: 0-495-10233-4.
- Byrareddy, V., Kath, J., Kouadio, L., Mushtaq, S., y Geethalakshmi, V. (2024). Assessing scale-dependency of climate risks in coffee-based agroforestry systems. *Scientific Reports*, vol. 14, p. 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58790-5>
- Barreto, J., Silva, J., Oliveira, B. y Alves, R. (2022). Sustainability issues along the coffee chain: From the field. *Journal metrics*, vol. 1, pp. 287-323. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13069>
- Barrera, A., Ramirez, A., Cuevas, V., y Espejel, A. (2021). Modelos de innovación en la producción de café en la Sierra Norte de Puebla-México. *Revista de ciencias sociales*, vol. 27, pp. 443-458. ISSN-e 1315-9518
- Bager, S., Singh, C. y Persson, M. (2022). Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: Insights from a coffee case study. *Current Research in Environmental Sustainability*, pp.1-12. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100163>.
- Barjolle, D., Quiñones-Ruiz, X. F., Bagal, M., & Comoé, H. (2017). The Role of the State for Geographical Indications of Coffee: Case Studies from Colombia and Kenya. *World Development*, 98, pp.105-119. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.006>
- Bentley, J. y Baker, P. (1999). The colombian coffee growers' federation: Organised, successful smallholder farmers for 70 years. *Agricultural Research & Extension Network*, pp. 2-16. ISBN:0850034523

- Biswas-Tortajada, A. y Biswas, A. (2015). Sustainability in Coffee Production Creating Shared Value Chains in Colombia. *Routledge*, vol. 5, pp. 2-273. ISBN: 978-1-315-69750-5
- Bryman, A. (2016). *Social Research Methods*. Oxford University Press, Edition 5, pp. 2-16. ISBN-978-2-19-968945-3
- Bogers, M., Chesbrough, H., y Moedas, C. (2018). Open Innovation: Research, Practices, and Policies. *Sage journal*, vol. 60, pp. 5-12. <https://doi.org/10.1177/0008125617745086>
- Bureau, A. (2020). Innovation models. <https://alcorfund.com/insight/innovation-models-innovation-process-models-examples/#:~:text=An%20Innovation%20model%20provides%20a,to%20create%20the%20needed%20value.>
- Brook, J. y Pagnanelli, F. (2014). Integrating sustainability into innovation project portfolio management. A strategic perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 34, p. 46-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.11.004>
- Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Shearer, T., Walkem, K., Young, S., Bywaters, D. y Walker, K. Purposive sampling: complex or simple?. *Journal of Research in Nursing*, vol. 1, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1177/1744987120927206>
- Centro de Promoción de Importaciones - CPI, (2021). Entering the European market for certified coffee. <https://www.cbi.eu/market-information/coffee/certified-coffee/market-entry>
- Cortina, H, Acuña, J., Moncada, M., Herrera, J y Molina, D. (2013). Variedades de café: Desarrollo de variedades. Manual del cafetero colombiano: *Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*, vol. 1, pp. 169–202. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_09](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_09)
- Cote, C. (2021). What is regression analysis in business analytics?. <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-regression-analysis>
- Coffee Behind the Scenes, CBS (2018). El Café en Colombia. <Http://www.coffeebehindthescenes.com/es/country/colombis>
- Cresswell, J. W. (2012). *Planning, Conducting, And Evaluating Quantitative And Qualitative Research*. Pearson, edition 4, pp. 1-673. ISBN-13: 978-0-13-136739-5
- Creswell, J. W. (2014). *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, edition 3, pp. 1-270. ISBN 978-1-4129-6557-6
- Creswell, J. D., Lindsay, E. K., Villalba, J. A., Chin, B., y Praissman, S. (2020). Mindfulness predicts lower affective reactivity to negative stimuli: A meta-analysis of correlational and experimental findings. *Mindfulness*, vol. 4, pp. 848-858. <https://doi.org/10.1007/s12671-017-0718-3>
- Crossan, M. y Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: a systematic review of the literature. *Journal of Management Studies* vol. 47, pp. 1154-1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
- Cooper, R. (1993). Stage-gate systems: A new tool for managing new products. *Business Horizons*, vol. 36, pp. 58-66. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(90\)90040-I](https://doi.org/10.1016/0007-6813(90)90040-I)

- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2018). Research Methods in Education (8th ed.). *Research Methods in Education. Edition 8, vol. 5*, pp. 1-944. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Código de Conducta 4C. (2018). Código de conducta. [https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2019/04/4C-Code-of-Conduct\\_v2.3\\_ES.pdf](https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2019/04/4C-Code-of-Conduct_v2.3_ES.pdf)
- Colfresh (2020). Conoce como se logra un café 100% colombiano. <https://colfreshcoffee.com/proceso-del-cafe>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., y Aquilano, N. J. (2006). Operations Management for Competitive Advantage. *McGraw-Hill, edition 6*, pp. 1-805. ISBN: 0072983906
- Coffeefrank (2020). El proceso del café de Colombia: de la semilla a la taza. <https://www.cafecafeteras.com/proceso-de-cafe-colombia/>
- Curtis, M., Alexander, S., Cirino, G., Docherty, J., George, C., Giembycs, M., Hoyer, D., Insel, P., Izzo, A., Ji, Y., MacEwan, D., Sobey, C., Stanford, C y Ahluwalia, A. (2018). Experimental design and analysis and their reporting II: updated and simplified guidance for authors and peer reviewers. *British Journal of Pharmacology, vol. 175*, pp. 987-993. <https://doi.org/10.1111/bph.14153>
- Dorjsuren, B. (2019). Changing practices of modes of innovation and interactions in Estonian case. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8989218>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE (2014). Censo Nacional Agropecuario. <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/informacion-veredas.xls>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE (2023). Archivo Exportaciones tradicionales y no tradicionales. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>
- Deribe, H. (2019). Review on Factors which Affect Coffee (*Coffea Arabica L.*). Quality in South Western, Ethiopia. *International Journal of Forestry and Horticulture (IJFH), vol. 5*, pp. 1-8. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-9487.0501003>
- Devaux, A., Torero, M., Donovan, J. y Horton, D. (2018) Agricultural innovation and inclusive value-chain development: a review. *Current Opinion in Environmental Sustainability, vol. 8*, pp. 15-22. <https://doi.org/10.1108/JADEE-06-2017-0065>
- Echavarría, N., Atehortúa, N., y Tobón, O. (2016). Manual de Producción y Consumo Sostenible. Gestión del Recurso Hídrico. <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Cafetero.pdf>
- Edwards, M. (2018). The nature and variety of innovation. *International Journal of Innovation Studies, vol.2*, pp 65-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2018.08.004>
- Elsantil, Y. y Hamza, E. (2019). The impact of self-conscious emotions on willingness to pay for sustainable products. *Humanities & Social Sciences Reviews, vol. 1*, pp. 1-14. <https://doi.org/10.18510/hssr.2019.729>
- El Bilali, H. (2020). Transition heuristic frameworks in research on agro-food sustainability transitions. Environment, Development and Sustainability. *Elsevier journal,, vol. 22*, pp. 1693–1728. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0290-0>

- Ernst, A. F., y Albers, C. J. (2017). Regression assumptions in clinical psychology research practice—a systematic review of common misconceptions. *Peer Journal*, vol. 5, e3323.  
<https://doi.org/10.7717/peerj.3323>
- Fairtrade (2019). Criterio de Comercio Justo Fairtrade para Organizaciones de pequeños productores.  
[https://files.fairtrade.net/standards/SPO\\_SP.pdf](https://files.fairtrade.net/standards/SPO_SP.pdf)
- Fabregas, R., Kremer, M., & Schilbach, F. (2019). Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice. *Science journal*, vol. 366(6471), p. 3038.  
<https://doi.org/10.1126/science.aay3038>
- Federación Nacional de Cafeteros FNC (2019). Cafés especiales.  
<https://federaciondefcafeteros.org/wp/programas/cafes-especiales/>.
- Federación Nacional de Cafeteros FNC (2019). Café de Huila.  
<https://huila.federaciondefcafeteros.org/cafede-huila/>
- Federación Nacional de Cafeteros FNC (2020). De la semilla a la taza.  
<https://www.cafedecolombia.com/particulares/de-la-semilla-a-la-taza/>
- Federación Nacional de Cafeteros FNC (2020). Conozca las ventajas de las variedades de café castillo® zonales. <https://caldas.federaciondefcafeteros.org/listado-noticias/conozca-las-ventajas-de-las-variedades-de-cafe-castillo-zonales/#:~:text=Las%20variedades%20de%20caf%C3%A9%20Castillo,y%20excelente%20calidad%20en%20taza>
- Federación Nacional de Cafeteros FNC (2023). Precios, áreas y producción de café.  
<https://federaciondefcafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia FNC. (2022). Informe de Gestión 2022.  
<https://federaciondefcafeteros.org/app/uploads/2023/05/Resumen-Ejecutivo-IG-2022.pdf>
- Farfán, F., Arcila, J., Moreno, A., Salazar, L e Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. *Cafés especiales*, vol.1, pp. 234-254.  
<https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo10.pdf>
- Frohmann, A. (2017). Estándares de sostenibilidad y participación de los productores. pp. 4-27.  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion\\_17.10.17\\_alicia\\_frohmann.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_17.10.17_alicia_frohmann.pdf)
- Gao, J. (2020). P-values – a chronic conundrum. *BMC Journal*, vol. 1, pp. 1.8.  
<https://doi.org/10.1186/s12874-020-01051-6>
- Garud, R., Tuertscher, P., y Van de ven, A. (2013). Perspectives on innovation processes. *The Academy of Management Annals*, vol. 7, pp. 773–817. <http://dx.doi.org/10.1080/19416520.2013.791066>
- Gadermann, A. M., Guhn, M., y Zumbo, B. D. (2018). Estimating ordinal reliability for Likert-type and ordinal item response data: A conceptual, empirical, and practical guide. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, vol. 23(8), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1080/19416520.2013.791066>
- Gingrich, C. y King, E. (2012). Does Fair Trade Fulfill the Claims of its Proponents? Measuring the Global Impact of Fair Trade on Participating Coffee Farmers. *Journal of Cooperatives*, vol. 26, pp. 17-39. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.164708>

- Giovannucci, D. Leibovich, J., Goldenberg, D., Pizano, G., Paredes, S., Montenegro, H., Arévalo, P., Varangis, N. (2001). 2. Colombia: coffee sector study. *Social Science Research Network*, pp. 2-20. ISSN 1657-7191
- Gómez-Barbero, M., y Berbel, J. (2018). Innovation in the agri-food system: A model of analysis. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 16, pp 1-25. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018161-11943>
- Gu, Z. y Hubschmann (2021). Make Interactive Complex Heatmaps in R. *Oxford University Press*. vol. 38. pp. 1. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btab806>
- Guo, J., Zhang, Y., Wang, L., Li, X., y Yan, J. (2021). Health-related quality of life of cancer survivors in China: a cross-sectional study. *Journal of Advanced Nursing*, vol. 77, pp. 2145-2156. <https://doi.org/10.1186/s12955-021-01779-5>
- Green, J., y Thorogood, N. (2018). Qualitative methods for health research. *Sage publications*, vol. 15, pp. 10-440. ISBN: 1526448807
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.
- Hammed, A., Hussain, S., Umair, M., Ullah, S., Pasha, I. y Rasul, H. (2018). Farm to Consumer: Factors Affecting the Organoleptic Characteristics of Coffee. II: Postharvest Processing Factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 1, pp. 2. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12365>
- Harrell, F. E. (2015). Regression modeling strategies: With applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis. *Springer journal*, vol. 1, pp. 2-18. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19425-7>
- Hamed, S. (2022). Pair Plots In R. <https://medium.com/@ai.mlresearcher/pair-plots-in-r-140db6584ba>
- Hailemeskel, T. (2019). The Derivation and Choice of Appropriate Test Statistic (Z, t, F and Chi-Square Test). *Research Methodology*, vol. 5, pp. 1-8. <https://doi.org/10.11648/j.ml.20190503.11>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. *Mc Graw Hill*, edición 6, pp. 2-589. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- Hu, X., Ada, B., Adjei, I. y Addai M. (2020). Does Innovation Type Influence Firm Performance? A Dilemma of Star-Rated Hotels in Ghana. *MDPI journal*, vol. 1, pp. 1-27. <https://doi.org/10.3390/su12239912>
- Ibrahim, F y Muhd, N. (2023). Design of The High-Productivity of Coffee Cherry Processing Machine for Small Industry. *UTHM Journal*, Vol. 4, pp. 430-435. <https://doi.org/10.30880/rpmme.2023.04.01.049>
- IFOAM (2019). The Common Objectives and Requirements of Organic Standards (COROS). [https://ch.ifoam.bio/sites/default/files/2020-04/coros\\_2011\\_spreadsheet\\_final\\_5.xls](https://ch.ifoam.bio/sites/default/files/2020-04/coros_2011_spreadsheet_final_5.xls)
- Isa SSM, Abidin NZ, y Yahaya. I (2019) Conceptualizing eco-innovation practices in contractor firms—the dynamic capability approaches. *IOP Publishing*, vol. 601, pp. 2-6. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/601/1/012030>

- Islam, T., Sheakh, A., Tahosin, S., Hena, H., Akash, S., Yardan, Y., FentahunWondmie, G., Nafidi, H. y Bourhia, M. (2024). Predictive modeling for breast cancer classification in the context of Bangladeshi patients by use of machine learning approach with explainable AI. *Scientific Reports*, vol. 14, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57740-5>
- Indrawati, H., Caska y Suarman (2020). Barriers to technological innovations of SMEs: how to solve them?. *International Journal of Innovation*, vol. 1, pp. 1-20. <http://dx.doi.org/10.1108/IJIS-04-2020-0049>
- International Coffee Organization. (2021). Coffee Market Report. <https://www.ico.org/documents/cy2020-21/cmr-0321-e.pdf>
- Instituto de Investigación del Café – IIR (2022). Coffee Varieties. <https://coffeainstitute.org/coffee-varieties/>
- Jaffee, D. (2014). *Brewing Justice. Fair Trade Coffee, Sustainability, and Survival.*, vol. 1, pp. 50-65. ISBN: 9780520282247
- Jahani, R. y Hui, Y. (2017). Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 1, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.06.002>
- Jacobs, F. R., y Chase, R. B. (2017). *Operations and Supply Chain Management. McGraw-Hill Education, edition 15*, pp. 5-478. ISBN: 978-1259666100
- Jin Hong, Bojun Hou, Kejia Zhu, Dora Marinova (2018). Exploratory innovation, exploitative innovation and employee creativity: The moderation of collectivism in Chinese context. *Chinese Management Studies*, vol. 1, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1108/CMS-11-2016-0228>
- Karki, S., Ranjan, P. y Grote, U. (2016). Fair Trade Certification and Livelihoods: A Panel Data Analysis of Coffee-growing Households in India. *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 45(3), pp. 436-458. <https://doi.org/10.1017/age.2016.3>
- Jiao, Z., Yang, S., Shahbaz, M., Hussain, M., Khan, Z. (2020). Natural resource abundance, technological innovation, and human capital. *Resources policy*, vol. 65, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101585>
- Héctor, Ramiro, Ordóñez, Jurado., Jorge, Fernando, Navia, Estrada., William, Ballesteros, Possú. (2019). 5. Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión Nariño, Colombia. DOI: 10.21897/RTA.V24I1.1779
- Kalay, F. y Lynn, G. (2015). The impact of strategic innovation management practices on firm innovation performance. *Research Journal of Business and Management*, vol. 2, pp. 2-19. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2015312989>
- Kan, K. (2018). Understanding innovation. *Elsevier journal*, vol. 1, pp 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.01.011>
- Khan, Z., Ali, S., Umar, M., Kirikkaleli, D., & Jiao, Z. (2020). Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy.

- Science of The Total Environment*, vol. 730, pp.138-245.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>
- Kirikaleli, D., & Adebayo, T. S. (2021). Do renewable energy consumption and financial development matter for environmental sustainability? New global evidence. *Sustainable Development*, vol. 29(4), pp. 583-594. <https://doi.org/10.1002/sd.2159>
- Kerlinger, F. N. (2014). Foundations of behavioral research. Gadjah Mada University Press, edition 4, pp. 1-450. ISBN: 978-0155078970
- Krosnick, J. A. (2018). Improving Question Design to Maximize Reliability and Validity. *The Palgrave Handbook of Survey Research*, vol. 1, pp. 95-101. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54395-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54395-6_13)
- Koehrsen, W. (2018). Visualizing Data with Pairs Plots in Python.  
<https://towardsdatascience.com/visualizing-data-with-pair-plots-in-python-f228cf529166>
- Labbé, M., Landete, M. y Leal, M (2022). Dendrograms, minimum spanning trees and feature selection. *European Journal of Operational Research*, vol 308, pp. 555-567.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.11.031>
- Lay, J., Wiewiora, A., Javanmardi, A. y Bradley, L. (2022). Operationalising a process model of innovation for the mining industry. *Resources Policy*, vol. 79, pp. 1-13.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102988>
- Lambrecht, E., Kuhne, B., y Gellynck X. (2014). How do innovation partners differ with respect to innovation type and stage in the innovation journey of farmers?. *International Journal of Entrepreneurship and In-novation*, vol. 15, pp. 191-201. <https://doi.org/10.5367/ije.2014.0155>
- Laranjeira, I. (2019), Café de Calidad y Sostenibilidad Ambiental: ¿Cómo Lograrlos?  
<https://perfectdailygrind.com/es/2019/09/12/cafe-de-calidad-y-sostenibilidad-ambiental-como-lograrlos/>
- Levy, D., Reinecke, J., Manning, S. (2016). The Political Dynamics of Sustainable Coffee: Contested Value Regimes and the Transformation of Sustainability. *Journal of Management Studies*, vol.5, pp. 2-39. <https://doi.org/10.1111/joms.12144>.
- Lipper, L., McCarthy, N., Zilberman, D., Asfaw, S., & Branca, G. (Eds.). (2020). Climate Smart Agriculture: Building Resilience to Climate Change. *Springer Nature*, vol. 1, pp. 2-22.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-61194-5>
- Molienda Diaria Perfecta – MDP (2019). ¿Cómo Se Compra Y Vende El Café Verde?.  
<https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/15/como-se-compra-y-vende-el-cafe-verde/>
- Molienda Diaria Perfecta – MDP (2022). The Different Types of Coffee Beans. (2022).  
<https://www.perfectdailygrind.com/2019/03/the-different-types-of-coffee-beans-visual-guide/>
- Molienda Diaria Perfecta – MDP (2022). Sustainability in the Coffee Industry.  
<https://perfectdailygrind.com/2022/03/sustainability-in-the-coffee-industry/>
- Manchola, C. (2022). Por 12 años consecutivos, Huila es el mayor productor de café.  
<https://www.lanacion.com.co/por-12-anos-consecutivos-huila-es-el-mayor-productor-de-cafe/>

- Mosquera, T., Combariza, J., Cuellar, D. y Quiñonez, H. (2022). Differential elements of a successful agricultural innovation scaling-up model. *Evaluation and Program Planning*, vol. 94, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102116>
- Molina, J., Mora, C., y Gallardo, M. (2021). Relations between politics and coffee reality: a case study in Pitalito (Huila-Colombia). *Revista do Desenvolvimento Regional*, vol. 26, pp. 2. <https://doi.org/10.17058/redes.v26i0.17253>
- Murdoch, W., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Aslb, R. y Yu, B. (2019). Definitions, methods, and applications in interpretable machine learning. *Physical science*, vol. 116, pp. 3-10. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900654116>
- Norwood, B., Oltenacu, P., Calvo-Lorenzo, M., Lancaster, S. (2015). Agricultural and Food Controversies: What Everyone Needs to Know. *Oxford University Press, edition 1*, pp. 1-12. ISBN: 978-0199368426
- Ohno, T. (2013). Taiichi Ohno's Workplace Management: Special 100th Birthday Edition. *McGraw Hill Education, edition 1*, pp. 2-158. ISBN: 978-0071808019
- Oracle. (2021). Variables. <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/nutsandbolts/variables.html>
- Ordoñez, H, Navia., J. y Ballesteros, W. (2019). Typification of coffee production systems in La Union Nariño, Colombia. *Temas agrarios*, vol. 24(1), pp. 53-65. <http://dx.doi.org/10.21897/rta.v24i1.1779>
- Organización para la cooperación económica y oficina de desarrollo estadístico de las comunidades europeas – OCED, Manual de Oslo (2005). *Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. Edición 3*, pp. 4-264. ISBN: 92-64-4-01308-3
- Organización para la cooperación económica y oficina de desarrollo estadístico de las comunidades europeas – OCED, Manual de Oslo (2018). *Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. Cuarta (4) edición*. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Organización Internacional del café (2021). The Coffee Market. <https://www.ico.org/Market-Reports-1.aspx>
- Organización Internacional del café (2019). What is Coffee?. <https://www.ico.org/what-is-coffee.html>
- Organización Internacional del Café (OIC). (2023). Informe del mercado de café – Septiembre 2023. <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/cmr-0923-c.pdf>
- Oliva, F., Semensato, B., Buzzulini, D., Jacques, E., Bution, F., Gomes, M., Bottacin, M., Ferranty, M., Lennan, M. y Freire, P. (2019). Innovation in the main Brazilian business sectors: characteristics, types and comparison of innovation. *Journal of knowledge management*, vol. 23, pp. 135-167. <https://dx.doi.org/10.1108/JKM-03-2018-0159>
- Otálora, P., & Rangel, G. (2021). Innovaciones en la cadena de valor del café. *Revista especializada en ciencias administrativas, económicas y contables*, vol. 1(3), pp. 2-18. <http://dx.doi.org/10.15765/4ecxjq37>

- Pham, Y. Reardon-Smith, K., y Cockfield, G. (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Springer journal*. Vol. 156, pp. 16.  
<https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>
- Preet, S (2013). Variables en investigación. <https://sites.usp.br/rnp/wp-content/uploads/sites/830/2020/10/complemento-aula-1.pdf>
- Prácticas C.A.F.E de Starbucks (2016). Tarjeta de puntuación genérica.  
[https://cdn.scsglobalservices.com/files/program\\_documents/cafe\\_scr\\_genericv3.4\\_esp\\_030916\\_1.pdf](https://cdn.scsglobalservices.com/files/program_documents/cafe_scr_genericv3.4_esp_030916_1.pdf)
- Parga (2022). Café Premium Por La Federación Nacional de Cafeteros.  
<https://juliopargacoffee.com/velkommen-til-bloggen-min/#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20caf%C3%A9%20especial%3A%20%E2%80%9CUn,a%20pagar%20un%20precio%20superior.>
- Peng, C. Y. J., Lee, K. L., & Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research*, vol. 96(1), pp. 3-14.  
<https://doi.org/10.1080/00220670209598786>
- Perfect Daily Grind - PDG (2019). ¿Cómo Se Compra Y Vende El Café Verde?.  
<https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/15/como-se-compra-y-vende-el-cafe-verde/>
- Perfect Daily Grind – PDG (2020). Geisha vs Bourbon: Un Curso Intensivo de Variedades de Café.  
<https://perfectdailygrind.com/es/2017/09/05/geisha-vs-bourbon-un-curso-intensivo-de-variedades-de-cafe/#:~:text=Una%20mutaci%C3%B3n%20natural%20de%20Typica,como%20en%20toda%20Am%C3%A9rica%20Latina.>
- Perfect Daily Grind – PDG (2020). Producir café certificado: Oportunidades y desafíos.  
<https://perfectdailygrind.com/es/2021/11/25/producir-cafe-certificado-oportunidades-y-desafios/>
- Pereira, A., Carballo-Penela, A., González-Loureiro, M., & Vence, X. (2021). Transitioning towards a circular economy in the coffee value chain: An analysis of company initiatives. *Journal of Cleaner Production*, vol. 300, pp. 126-208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126908>
- Pisano, U., Lange, L., Berger, G. (2015) Social Innovation in Europe An overview of the concept of social innovation in the context of European initiatives and practices. *Social Innovation in Europe*, vol.36, pp. 4-27. [https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN\\_Reports/2015-April-Social\\_Innovation\\_in\\_Europe.pdf](https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/2015-April-Social_Innovation_in_Europe.pdf)
- Polit, D.F. y Beck, C.T. (2017). Nursing Research: Generating and Assessing Evidence for Nursing Practice. *Wolters Kluwer Health*, vol. 10, p. 784. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2015.01.005>
- Puerta, G. (2021). manual del cafetero colombiano: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura, vol. 3, pp. 81. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0026>
- Ranganathan, P., Pramesh, C. S., & Aggarwal, R. (2017). Common pitfalls in statistical analysis: Logistic regression. *Perspectives in Clinical Research*, vol. 8(3), pp. 148-151.  
[https://doi.org/10.4103/picr.PICR\\_87\\_17](https://doi.org/10.4103/picr.PICR_87_17)

- Rahi, S. (2017). Research Design and Methods: A Systematic Review of Research Paradigms, Sampling Issues and Instruments Development. International. *Journal of Economics & Management Sciences*, vol. 6, p. 3. <http://dx.doi.org/10.4172/2162-6359.1000403>
- Rainforest alliance (2023). Requisitos para fincas. <https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2023/02/SA-S-SD-1-V1.3ES-Rainforest-Alliance-2020-Estandar-Agricultura-Sostenible-Requisitos-para-Fincas.pdf>
- Ramirez, E. y Garcia L. (2020). Competitividad en la producción de cafés especiales del departamento del Huila. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10101?locale-attribute=en>
- Raza, G., Khan, W., Ray, R. y Ihtisham, M. (2021). Current Progress and Future Prospects of Agriculture Technology: Gateway to Sustainable Agriculture. *MDPI Journal*, vol. 13, pp. 2-32. <https://doi.org/10.3390/su13094883>
- Rajapathirana, R. and Hui, Y. (2017). Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 3, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.06.002>.
- Revista EAN (2020). Código de ética y buenas prácticas de la universidad. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1199>
- Reardon, T., Minten, B., Chen, K., Adriano, L., Dao, T. A., y Wang, X. (2018). The Quiet Revolution in Agri-Food Value Chains in Asia: Understanding the Fast Emergence of Cold Storages in Poor Districts in India. *World Development*, vol. 109, pp. 327-342. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4557.6000>
- Richardson, E., Trevizani, R., Greenbaum, J., Carter, H., Nielsen, M. y Peters, B. (2024). The receiver operating characteristic curve accurately assesses imbalanced datasets. *Elsevier Journal*, vol. 12, pp. 2-12. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2024.100994>
- Rivera, Y., Landero, J., Dávila, S., y Sevilla, A. (2020). Influencia de la innovación en el proceso productivo. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, vol. 5(6), pp. 64-78. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i33.9609>
- Ries, E. (2011). The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. *Crown Business*, edition 1, pp. 7-296. ISBN:978-0-307-88791-7
- Getaneh, E., Workneh, S., y Satheesh N. (2020). Effect of Broken Coffee Beans Particle Size, Roasting Temperature, and Roasting Time on Quality of Coffee Beverage. *Journal of Food Quality*, vol. 1, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1155/2020/8871577>
- Rohrer, J. (2018). Thinking Clearly About Correlations and Causation: Graphical Causal Models for Observational Data. *Sage journal*, vol. 1, pp. 28-44. <https://doi.org/10.1177/2515245917745629>
- Sanabria-Gómez, M., & Caro-Moreno, A. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: el rol de la Federación Nacional de Cafeteros. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/2624>
- Samper, L. y Quiñones, X. (2017). Towards a Balanced Sustainability Vision for the Coffee Industry. *Resources*, vol. 6, pp. 5. <https://doi.org/10.3390/resources6020017>

- Sharma, P. (2023). Different Types of Regression Models.  
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/01/different-types-of-regression-models/>
- Sperandei, S. (2014). Understanding logistic regression analysis. *Biochemia Medica*, vol. 24(1), pp. 12-18.  
<https://doi.org/10.11613/BM.2014.003>
- Steenkamp, R. (2019). The quadruple helix model of innovation for Industry 4.0. *Independent Research Journal in the Management Sciences*, vol. 1, pp. 1-10. <https://doi.org/10.4102/ac.v19i1.820>
- Schimdth, A. y Finan, C. (2018). Linear regression and the normality assumption.  
[https://research.rug.nl/files/51783532/1\\_s2.0\\_S0895435617304857\\_main\\_1\\_.pdf](https://research.rug.nl/files/51783532/1_s2.0_S0895435617304857_main_1_.pdf)
- Sgroi, F. (2022). The role of blockchain for food safety and market efficiency. *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 10, pp. 2-4. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100326>
- Silva, L. (2023). Modelo circular para la sostenibilidad energética en fincas cafeteras. *Revista Innovación Agrícola*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/61847/432-attachment-1654823903.pdf?sequence=1>
- Sultan, M., Zhexue, J., Salloum, S., Emara, T. y Sadatdiynov K. (2020). A Survey of Data Partitioning and Sampling Methods to Support Big Data Analysis. *Big Data Mining and Analytics*, vol. 3, pp. 1-17. <http://dx.doi.org/10.26599/BDMA.2019.9020015>
- Szumilas, M. (2010). Explaining odds ratios. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 19(3), 227-229.  
[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2938757/pdf/ccap19\\_3p227.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2938757/pdf/ccap19_3p227.pdf)
- Ray, S. (2024). 7 Regression Techniques You Should Know!.  
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2015/08/comprehensive-guide-regression/>
- Razzaq, A., Sharif, A., Aziz, N., Irfan, M., & Jermsittiparsert, K. (2020). Asymmetric link between environmental pollution and COVID-19 in the top ten affected states of US: A novel estimation from quantile-on-quantile approach. *Environmental Research*, vol. 191, pp. 110-189.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110189>
- Samper, L. F., y Quiñones-Ruiz, X. F. (2017). Towards a Balanced Sustainability Vision for the Coffee Industry. *Resources*, vol. 6(2), p. 17. <https://doi.org/10.3390/resources6020017>
- Shi, H., Ren, Y., Xian, J., Ding, H., Liu, X., y Wan, C. (2024). Item analysis on the quality of life scale for anxiety disorders QLICD-AD (V2.0) based on classical test theory and item response theory. *Health and Quality of Life Outcomes*, vol.2 , p. 2. <https://doi.org/10.1186/s12991-024-00504-2>
- Szutowski, D. (2020). The impact of eco-innovation on the stock returns of technology based KIBS: role of eco-innovation. *Management and Policy Journal*, vol. 1, pp. 1-26.  
<http://dx.doi.org/10.1108/SAMPJ-10-2019-0375>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
- Taylor, C. (2019). *Parametric and Nonparametric Methods in Statistics*.  
<https://www.thoughtco.com/parametric-and-nonparametric-methods-3126411>

- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, vol. 48, pp. 127-145.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. Long Range Planning, vol. 43, pp. 172-194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- TechTarget. (2021). Variable Definition. <https://searchcio.techtarget.com/definition/variable>
- Tidd, J., y Bessant, J. (2020). Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change (5th ed.). Wiley, edition 7, pp. 2-21. ISBN: 978-1-119-71330-2
- Tieghi, H., Almeida, L., Silva, G., Katchborian, A., Brandao, D., Mincato, R., Ferreira, D., Aparecida, D., Gomes, M., Guilherme, W. y Pires, P. (2024). Effects of geographical origin and post-harvesting processing on the bioactive compounds and sensory quality of Brazilian specialty coffee beans. *Food Research International*, vol 186, pp. 6-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114346>
- Universidad de Wisconsin (2020). Normality. <https://chat.openai.com/c/f1fcc065-79ed-46c2-b646-fe58bdb8db9a>
- Tolessa, K., D'heer J., Duchateau, J., y Boeckx, P. (2016). Influence of growing altitude, shade and harvest period on quality and biochemical composition of Ethiopian specialty coffee. *Journal of the science of food and agriculture*, vol. 1, pp.13. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8114>
- Umar, M., Ji, X., Kirikkaleli, D., Xu, Q., & Chen, M. (2020). COP21 Roadmap: Do innovation, financial development, and transportation infrastructure matter for environmental sustainability in China? *Journal of Environmental Management*, 271, 111026.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111026>
- Universidad de Pensilvania, (2019). Residuals vs. Fits Plot.  
<https://online.stat.psu.edu/stat462/node/117/#:~:text=When%20conducting%20a%20residual%20analysis,unequal%20error%20variances%2C%20and%20outliers.>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA (2023). Resultado Evaluaciones agropecuarias 2023.  
[https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva\\_2023.aspx](https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2023.aspx)
- Vale, A., Marques, C., De Dea, J., Saldanha, L., Kemil, N., Binder M, Kaur, S., Soccol, C. y De Melo, G. (2024). Exploring Microbial Influence on Flavor Development during Coffee Processing in Humid Subtropical Climate through Metagenetic–Metabolomics Analysis. *MDPI Journal*, vol 13(12), pp. 18-71. <https://doi.org/10.3390/foods13121871>
- Valerio, Y. (2022). Marcas de café sostenible y cómo comprarlo. <https://www.eraofwe.com/coffee-lab/es/articles/marcas-de-cafe-sostenible.>
- Vander, B. (2016). What on Earth is 'sustainable' coffee?. <https://www.conservation.org/blog/what-on-earth-is-sustainable-coffee#:~:text=So%2C%20what%20is%20'sustainable%20coffee,who%20grow%20and%20process%20iCur>

- Vanlauwe, B., Coyne, D., Gockowski, J., Hauser, S., Huising, J.E., Masso, C., Nziguheba, G. y Van Asten, P. (2014). Sustainable Intensification and the African Smallholder Farmer. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 8, pp. 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.06.001>
- Várady, M., Slusarczyk, S., Boržíkova, J., Hanková, K., Vieriková, M., Marcincák, S. y Popelka, P. (2021). Heavy-Metal Contents and the Impact of Roasting on Polyphenols, Caffeine, and Acrylamide in Specialty Coffee Beans. *MDPI Journal*, vol. 10(6), p. 1310. <http://dx.doi.org/10.3390/foods10061310>
- Velasco, J., & Pulgarin, L. (2017). Estrategias empresariales en la caficultura colombiana. *Evolving Entrepreneurial Strategies for Self-Sustainability in Vulnerable American Communities*, vol. 1 pp.207-230. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-2860-9.ch011>
- Vellema, W., Buritica, A., Gonzalez, C., y D'Haese, M. (2015). The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialization. *Elsevier journal*, vol. 1, p. 22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.003>
- Wang, Y., Xie, G., & Jiang, Z. (2021). R&D intensity, foreign direct investment, and green innovation: Evidence from China's manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*, vol. 314, pp. 127-264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127964>
- Wagner, T., Hermann, C. y Thiede S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Published by Elsevier*, vol. 63, pp. 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Wahyudi, A., Wulandari, S., Aunillah, A. y Alouw, J. (2020). Sustainability certification as a pillar to promote Indonesian coffee competitiveness. *IOP Publishing*, vol. 418, p. 3. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012009>
- Workman, D. (2022). Coffee Exports by Country. <https://www.worldstopexports.com/coffee-exports-country/>
- Xuhua, H., Danso, B., Mensah, A. y Addai, M. (2020). Does Innovation Type Influence Firm Performance? A Dilemma of Star-Rated Hotels in Ghana. *MDPI journal*, vol. 12, pp. 1-27 <https://doi.org/10.3390/su12239912>
- Zach, A. (2020). How to Interpret a Scale-Location Plot. <https://www.statology.org/scale-location-plot/#:~:text=A%20scale%2Dlocation%20plot%20is,residuals%20along%20the%20y%2Daxis.>
- Zach, A. (2021). What is a Residuals vs. Leverage Plot?. <https://www.statology.org/residuals-vs-leverage-plot/>.
- Zach, A. (2022). How to Interpret  $P(>|z|)$  in Logistic Regression Output in R. <https://www.statology.org/interpret-prz-logistic-regression-output-r/>
- Zhang, Y., Khan, U., Lee, S. y Salik, M. The Influence of Management Innovation and Technological Innovation on Organization Performance. A Mediating Role of Sustainability. *MDPI Journal*, vol. 1, pp. 1-21. <https://doi.org/10.3390/su11020495>
- Zhao, N., Fan, D., Chen, Y., y Wu, C. (2022). Impact of innovation organization network on the synergy of cross-organizational technological innovation: evidence from megaproject practices in China.

*Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 29, pp. 50-63.

<http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2023.18051>

Zotarelli, M., Tolentino, C., Menezes, L., Santana, R y Zanella, C. (2022). Effect of Fermentation of Arabica Coffee on Physicochemical Characteristics and Sensory Analysis. *Research square*, vol. 13 (12), pp. 1-14. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1555586/v1>

Zou, X., Tian, Z., Hu, Y. y Shen, K. (2019). Logistic Regression Model Optimization and Case Analysis. *IEEE Xplore Digital Library*, vol. 1, pp. 2-6.

<http://dx.doi.org/10.1109/ICCSNT47585.2019.8962457>

## 9 Anexos

- **Encuesta de campo versión inicial**

### ENCUESTA DE INNOVACIÓN PARA CAFÉ ESPECIAL

Esta encuesta hace parte del proyecto de investigación llamado “Diseño de un modelo para el proceso de producción del café especial en Colombia”, y para ello se están encuestando caficultores del departamento del Huila. La información que nos suministre será de carácter confidencial y será utilizada estrictamente para efectos académicos. De antemano agradecemos responder esta encuesta de la manera más atenta posible.

#### DATOS GENERALES

**Nombre quien responde la encuesta:**

**Ciudad y teléfono de Contacto**

Ciudad/Municipio:

Número de teléfono:

**Qué edad tiene quien responde la encuesta:**

Menos de 18     18 - 24     25 - 34     35 - 44

45 - 54     55 - 64     65 o más     No responde

**Nivel de formación de quien responde la encuesta:**

Bachillerato     Tecnología     Pregrado     Posgrado

Título obtenido:

En este punto encontrara información relacionadas con variables socioeconómicas significativas alineadas con el recurso que trabaja en la produccion del café.

<b>Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de las variables socioeconómicas.</b>	
1	Tipo de café que produce en la finca. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Arábica    <input type="checkbox"/> Robusta</span>
2	Tipo de variedad de café. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Caturra    <input type="checkbox"/> Castilla    <input type="checkbox"/> Bourbon Rosado    <input type="checkbox"/> Tabi <input type="checkbox"/> Otro, Cual:</span>
3	hectáreas que tiene la finca. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> 0-5    <input type="checkbox"/> 6-10    <input type="checkbox"/> 11-15    <input type="checkbox"/> 16 o más</span>
4	Número de empleados que contrata la finca. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> 0-5    <input type="checkbox"/> 6 -10    <input type="checkbox"/> 11 o más</span>
5	Como vende su carga de café, 125 Kg. <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Verde    <input type="checkbox"/> Seco</span>

6	Cuántas cargas de café por hectárea produce la finca en temporada.	( ) 0 - 10 ( ) 11 - 20 ( ) 21 - 30 ( ) 31 - 40 ( ) 41 o más
7	A quien le vende la carga de café.	( ) Intermediarios ( ) Cooperativas ( ) Otro, Quien:
8	En cuánto vende la carga de café (125Kg), COP.	( ) 0 - 400K ( ) 401 - 800K ( ) 801k - 1200K ( ) 1201K - 1600K ( ) 1600K o más
9	Cuanto le cuesta producir la carga de café (125Kg), COP.	( ) 0 - 400K ( ) 401 - 800K ( ) 801k - 1200K ( ) 1201K - 1600K ( ) 1601K o más
0	La finca cuenta con sello de certificación sostenible.	( ) Rainforest Alliance ( ) C.A.F.E Starbucks ( ) Fairtrade ( ) 4C conducta ( ) IFOAM orgánico ( ) Otro, Cual:
1	Las capacitaciones relacionadas con el mejoramiento de producción las reciben de parte.	( ) Federación Nacional de cafeteros - FNC ( ) Asociaciones cafeteras ( ) Cooperativas ( ) No recibe capacitaciones ( ) Otros, cual:
2	Para la mejora de infraestructura, compra de herramientas y equipos, la financiación de donde viene.	( ) Recursos propios ( ) Apoyo Federación Nacional de cafeteros - FNC ( ) Cooperativas ( ) Crédito bancarios ( ) Otros, cual:

En adelante, usted encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con innovaciones inmersas en los sellos de certificación de café sostenibles. En cada una marque con una (X) en donde corresponda a su nivel de acuerdo, para lo cual tiene las opciones de respuesta que se presentan a continuación.

<b>Totalmente en desacuerdo</b>	<b>En desacuerdo</b>	<b>De acuerdo</b>	<b>Totalmente de acuerdo</b>
①	②	③	④

No	Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de los factores de innovación que están relacionadas con los sellos de certificación sostenible.	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	<b>Puede decirse que el factor de innovación económica en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
01	El caficultor implementa prácticas que pueden llevar a mantener o aumentar la rentabilidad y la productividad a largo plazo, como con las buenas prácticas agrícolas.				
02	El caficultor mantiene registro de los principales costos e ingresos del café para controlar la rentabilidad.				
03	El caficultor conoce los mecanismos de precios de acuerdo con los atributos de calidad del café y las prácticas de producción sostenible.				
04	El caficultor tiene claramente trazado, identificado, segregado y protegido el café de calidad.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación social en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④

No	Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de los factores de innovación que están relacionadas con los sellos de certificación sostenible.	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
05	El caficultor a la hora de contratar no discrimina por motivos de raza, color, discapacidad u estado civil.				
06	El caficultor previene el trabajo forzoso o tipo esclavo a los trabajadores de la finca.				
07	El caficultor no emplea en la finca a menores de edad.				
08	El caficultor garantiza que los trabajadores de la finca puedan afiliarse a una organización o son libres de participar en negociaciones grupales sobre sus condiciones laborales.				
09	El caficultor las remuneraciones pagadas en producción o cuotas, la jornada laboral normal la pagan proporcional al salario mínimo.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación ambiental en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
10	La finca tiene medidas para la conservación o restauración de la vegetación, la fauna natural y la protección de las zonas sensibles (taludes, riberas de ríos, humedales).				
11	La finca tiene documentado y se está implementando un sistema de manejo integrado de plagas (MIP).				
12	El caficultor ha establecido medidas de conservación del suelo para protegerlo de la erosión con vegetación y/o residuos vegetales y/o labranza mínima y otras técnicas de conservación del suelo.				
13	En la finca los materiales de desecho orgánico son reciclados y considerados como un suministro de nutrientes y/o existen prácticas para aumentar la fertilidad				
14	En la finca las fuentes de agua han sido identificadas y se conservan mediante el reciclaje, utilizando menos cantidades que no pongan en peligro su sostenibilidad.				
15	En la finca las aguas residuales de las instalaciones centrales de procesamiento y de las aguas residuales de las viviendas de los trabajadores no se vierten directamente en los cursos de agua.				
16	En la finca se identifican diferentes tipos de residuos generados en los procesos de producción				
17	En la finca se implementan medidas de adaptación al cambio climático, como mecanismos de recolección y uso de aguas lluvias, variedades de cultivos resistente a las sequías o prácticas de podas mejoradas.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación de producción en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
18	En la finca la variedad del café es seleccionada en base a calidad, resistencia a plagas y adaptabilidad en su entorno.				
19	Se realiza poda y renovación de acuerdo con las necesidades del cultivo, condiciones agroecológicas y directrices aplicables a la poda.				
20	El cultivo desarrollado no es genéticamente modificado.				
21	Los caficultores emplean agroquímicos por proveedores autorizados, cuando es necesario en los procesos.				
22	El caficultor explica los requisitos medioambientales y labores durante el proceso del café.				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de los factores de innovación que están relacionadas con los sellos de certificación sostenible.	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
23	El caficultor evalúa el área donde se va a sembrar el cultivo para no afectar algún área de conservación.				
24	En la finca en el proceso de sembrado se usa semillas orgánicas y materiales de siembra para el cultivo.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación por conocimiento en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
25	El caficultor recibe capacitación sobre el manejo de la vida silvestre.				
26	El caficultor recibe capacitación sobre los plaguicidas, productos químicos peligrosos y riesgos en el manejo de estas sustancias.				
27	El Caficultor recibe capacitaciones en prácticas que reduzcan y/o prevengan la erosión del suelo.				
28	El Caficultor recibe capacitaciones sobre el uso apropiado de fertilizantes y medidas del almacenamiento de estos.				
29	El Caficultor recibe capacitaciones sobre calidad del agua para el riego, estimado de agua para cultivos y mantenimiento del sistema de distribución del agua.				
30	El Caficultor recibe capacitaciones sobre manejo de aguas residuales y prevención de riesgos asociados.				
31	El Caficultor y trabajadores reciben capacitaciones sobre el uso adecuado de EPP's.				
32	Personal que trabaja en la finca recibe capacitaciones para el manejo de las maquinarias.				
33	Personal que trabaja en la finca recibe capacitaciones de primeros auxilios.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación por tecnología en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
34	En las fincas se tiene Implementado un programa de control para tener seguimiento a la productividad y calidad del café, por hectárea, producción anual, etc.				
35	En la finca se adoptan medidas o tecnologías para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética.				
36	La finca tiene la documentación digitalizada con la finalidad de mejorar la eficiencia en procesos y responder a los cambios del mercado.				
37	El caficultor maneja alguna aplicación para crear planes de desarrollo para la finca, mejorar prácticas agrícolas e inversiones, adaptación climática y entrenamiento para certificación.				
	<b>Puede decirse que el factor de innovación por gestión del cambio en las fincas está dado por:</b>	①	②	③	④
38	La finca tiene información de los trabajadores tales como nombres, géneros, tipo de contrato y salarios.				
39	La finca tiene algún mecanismo para que los empleados puedan gestionar sus quejas relacionadas con sus labores.				
40	La finca tiene documentando los temas de capacitación, cantidad de capacitaciones y listas de asistencias				
41	El caficultor y trabajadores conocen las políticas, procesos y registros pertinente a los sellos de café sostenible.				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de los factores de innovación que están relacionadas con los sellos de certificación sostenible.	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
42	La finca cuenta con un sistema de inspección interno para evaluar anualmente el cumplimiento de todos los actores dentro del alcance de la certificación.				

**COMENTARIOS ABIERTOS POR PARTE DEL ENCUESTADO**

Si desea hacer algún comentario, observación o sugerencia sobre la temática tratada en esta encuesta, por favor escríbala a continuación:

---



---



---



---



---

- **Encuesta de campo versión final**

**ENCUESTA DE INNOVACIÓN PARA CAFÉ ESPECIAL**

Esta encuesta hace parte del proyecto de investigación llamado “Diseño de un modelo para el proceso de producción del café especial en Colombia” y para ello se está encuestando a algunos caficultores del departamento del Huila. La información que nos suministre de carácter confidencial y utilizada estrictamente para efectos académicos. De antemano agradecemos responder esta encuesta de la manera más veraz posible.

**DATOS GENERALES**

---

<b>Nombre quien responde la encuesta:</b>	<b>Ciudad/Municipio:</b>
<b>Nombre finca:</b>	<b>Sector o Vereda:</b>

---

**Qué edad tiene quien responde la encuesta:**  
 Menos de 18     18 - 24     25 - 34     35 - 44  
 45 - 54     55 - 64     65 o más     No responde

---

**Nivel de formación de quien responde la encuesta:**  
 Primaria     Bachillerato     Tecnología     Pregrado     Posgrado  
**Título obtenido:**

En esta sección evalué las variables socioeconómicas relacionadas con el recurso que trabaja en la producción del café.

<p><b>Marque con una equis (X) donde corresponda, según la respuesta de las variables socioeconómicas.</b></p>	
1	<p>Tipo de café que produce en la finca.</p> <p>( ) Arábica ( ) Robusta</p>
2	<p>Tipo de variedad de café.</p> <p>( ) Caturra ( ) Castillo ( ) Bourbon Rosado ( ) Tabi ( ) Otro, Cual:</p>
3	<p>Cuántas hectáreas cultivadas tiene la finca.</p>
4	<p>Número de empleados que contrata la finca en cosecha</p>
5	<p>En qué estado del grano vende su carga de café (250Kg./125 Kg.)</p> <p>( ) Verde ( ) Seco</p>
6	<p>Cuántas cargas de café por hectárea produce la finca en cosecha.</p>
7	<p>A quien le vende la carga de café.</p> <p>( ) Intermediarios ( ) Cooperativas ( ) Otro, Quien:</p>
8	<p>En cuanto vende la carga de café (250Kg./125 Kg.), COP.</p>
9	<p>Cuanto le cuesta producir la carga de café (250Kg./125 Kg.), COP.</p>
0	<p>La finca cuenta con cual sello de certificación sostenible.</p> <p>( ) Rainforest Alliance ( ) C.A.F.E Starbucks ( ) Fairtrade ( ) 4C conducta ( ) IFOAM orgánico ( ) Ninguno ( ) Otro, Cual:</p>
1	<p>Las capacitaciones relacionadas con el mejoramiento de producción, a las cuales ha asistido, las reciben de parte.</p> <p>( ) Federación Nacional de cafeteros - FNC ( ) Asociaciones cafeteras ( ) Cooperativas ( ) No recibe capacitaciones ( ) Otros, cual:</p>
2	<p>Para la mejora de infraestructura, compra de herramientas y equipos, la financiación proviene de.</p> <p>( ) Recursos propios ( ) Apoyo Federación Nacional de cafeteros - FNC ( ) Cooperativas ( ) Crédito bancarios ( ) Otros, cual:</p>

En adelante, usted encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con innovaciones inmersas en los sellos de certificación de café sostenibles. En cada una marque con una (X) en donde corresponda a su nivel de acuerdo, para lo cual tiene las opciones de respuesta.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
①	②	③	④

No	Marque con una equis (X) donde corresponda	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	<b>Innovación económica</b>	①	②	③	④
01	En la finca se han implementado prácticas que pueden llevar a mantener o aumentar la rentabilidad y la productividad a largo plazo, como con las buenas prácticas agrícolas.				
02	En la finca se mantienen registros de los principales costos e ingresos del café para controlar la rentabilidad.				
03	En la finca se conocen y se implementan los mecanismos de precios de acuerdo con los atributos de calidad del café, y las prácticas de producción sostenible.				
04	En la finca se tiene claramente trazado, identificado, segregado y protegido el café de calidad.				
05	En la finca se han realizado innovaciones significativas en el aspecto económico.				
	<b>Innovación social</b>	①	②	③	④
06	La contratación de personal en la finca se realiza de manera transparente, objetiva y con base en las normas legales.				
07	En la finca la carga laboral es coherente con las capacidades de los empleados y con su remuneración.				
08	En la finca no se emplea personal menor de edad.				
09	En la finca los trabajadores son libres de participar en negociaciones grupales sobre sus condiciones laborales.				
10	En la finca las remuneraciones pagadas en producción o cuotas, se pagan proporcional al salario mínimo.				
11	En la finca se han realizado innovaciones significativas en el aspecto social.				
	<b>Innovación ambiental</b>	①	②	③	④
12	La finca tiene medidas para la conservación o restauración de la vegetación, la fauna natural y la protección de las zonas sensibles (taludes, riberas de ríos, humedales).				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
13	La finca tiene documentado y se está implementando un sistema de manejo integrado de plagas (MIP).				
14	En la finca se han establecido medidas de conservación del suelo para protegerlo de la erosión con vegetación y/o residuos vegetales y/o labranza mínima y otras técnicas de conservación.				
15	En la finca los materiales de desecho orgánico son reciclados y considerados como un suministro de nutrientes y/o existen prácticas para aumentar la fertilidad				
16	En la finca las fuentes de agua han sido identificadas y se conservan mediante el reciclaje, utilizando menos cantidades que no pongan en peligro su sostenibilidad.				
17	En la finca las aguas residuales de las instalaciones centrales de procesamiento y de las aguas residuales de las viviendas de los trabajadores no se vierten directamente en los cursos de agua.				
18	En la finca se identifican diferentes tipos de residuos generados en los procesos de producción				
19	En la finca se implementan medidas de adaptación al cambio climático, como mecanismos de recolección y uso de aguas lluvias, variedades de cultivos resistente a las sequias o prácticas de podas mejoradas.				
20	En la finca se han realizado innovaciones significativas en el aspecto ambiental.				
	<b>Innovación de producción:</b>	①	②	③	④
21	En la finca la variedad del café es seleccionada en base a calidad, resistencia a plagas y adaptabilidad en su entorno.				
22	En la finca se realiza poda y renovación de acuerdo con las necesidades del cultivo, condiciones agroecológicas y directrices aplicables a la poda.				
23	El cultivo de la finca es genéticamente libre de modificaciones.				
24	En la finca se emplean agroquímicos por proveedores autorizados, cuando es necesario en los procesos.				
25	En la finca se explica a los empleados los requisitos medioambientales y labores durante el proceso del café.				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
26	En la finca se evalúa el área donde se va a sembrar el cultivo para no afectar alguna área de conservación.				
27	En la finca en el proceso de sembrado se usan semillas y materiales de siembra orgánicos para el cultivo.				
28	En la finca se han realizado innovaciones significativas en el proceso de producción del café.				
	<b>Innovación por conocimiento</b>	①	②	③	④
29	En la finca se reciben capacitaciones sobre los plaguicidas, productos químicos peligrosos y riesgos en el manejo de estas sustancias.				
30	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas a la reducción de los riesgos generados por plaguicidas.				
31	En la finca se reciben capacitaciones en prácticas que reduzcan y/o prevengan la erosión del suelo.				
32	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas a prevenir la erosión del suelo.				
33	En la finca se reciben capacitaciones sobre el uso apropiado de fertilizantes y medidas del almacenamiento de estos.				
34	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas al uso y disposición apropiadas del fertilizante.				
35	En la finca se reciben capacitaciones sobre calidad del agua para el cultivo, estimado de agua para cultivos y mantenimiento del sistema de distribución del agua.				
36	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas sobre calidad del agua.				
37	El Caficultor recibe capacitaciones sobre manejo de aguas residuales y prevención de riesgos asociados.				
38	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas al manejo				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	y reducción de riesgos de las aguas residuales.				
39	En la finca se realizan capacitaciones sobre el uso adecuado de EPP's.				
40	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas al uso adecuado de EPP's				
41	En la finca se realizan capacitaciones al personal para el manejo de las maquinarias.				
42	En la finca se han implementado mejoras basadas en la experiencia y en las capacitaciones recibidas dirigidas al uso de la maquinaria.				
43	En la finca se realizan capacitaciones al personal sobre la prestación de primeros auxilios.				
44	En la finca se han realizado innovaciones significativas de conocimiento relacionado a las capacitaciones.				
	<b>Innovación por tecnología:</b>	①	②	③	④
45	En la finca se tiene Implementado un programa de control para tener seguimiento a la productividad y calidad del café, por hectárea, producción anual, etc.				
46	En la finca se adoptan medidas o tecnologías para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética.				
47	La finca tiene la documentación digitalizada con la finalidad de mejorar la eficiencia en procesos y responder a los cambios del mercado.				
48	En la finca se maneja alguna aplicación para crear planes de desarrollo, mejorar prácticas agrícolas e inversiones, adaptación climática y entrenamiento para certificación.				
49	En la finca se han realizado innovaciones significativas con el uso de la tecnología.				
	<b>Innovación por gestión del cambio:</b>	①	②	③	④
50	En la finca se tienen indicadores de rotación de personal por labor, distribución de personal o selección por género.				
51	En la finca se han implementado mecanismos para que los trabajadores puedan gestionar sus quejas o reclamos.				

No	Marque con una equis (X) donde corresponda	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
52	En la finca se tiene documentando las capacitaciones dadas y almacenado los soportes de listas de asistencias.				
53	En la finca se han socializado a los trabajadores las políticas, procesos y registros con relación a los sellos de café sostenible.				
54	En la finca se ha implementado un sistema de inspección interno para evaluar anualmente el cumplimiento de todos los actores dentro del alcance de la certificación.				
55	En la finca se han realizado innovaciones significativas por la aplicación de la gestión del cambio.				

**COMENTARIOS ABIERTOS POR PARTE DEL ENCUESTADO**

Si desea hacer algún comentario, observación o sugerencia sobre la temática tratada en esta encuesta, por favor escríbala a continuación:

---



---



---