





Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial:

fortalecimiento de la sostenibilidad y la calidad en Colombia

Hugo Fernando Castro Silva
Eyder James Ramírez Zuñiga



Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

VIGILADA MINEDUCACIÓN



Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial:

fortalecimiento de la sostenibilidad y la calidad en Colombia

Hugo Fernando Castro Silva
Eyder James Ramírez Zuñiga



Enfoque: Investigación

Área OCDE: Ingeniería y Tecnología

Subárea: Ingeniería de producción

Colección N°. 01

Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial: fortalecimiento de la sostenibilidad y la calidad en Colombia

Innovation model for specialty coffee production processes: strengthening sustainability and quality in Colombia

Primera Edición, 2026

Versión digital (ePub)

© Hugo Fernando, Castro Silva, 2026

© Eyder James, Ramírez Zuñiga, 2026

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2026

ISBN (ePub) 978-628-7863-48-4

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: agosto de 2025

Aprobación: diciembre de 2025

Hecho en Colombia - Made in Colombia



Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial: fortalecimiento de la sostenibilidad y la calidad en Colombia / Innovation model for specialty coffee production processes: strengthening sustainability and quality in Colombia / Castro Silva, Hugo Fernando; Ramírez Zuñiga, Eyder James. Tunja: Editorial UPTC, 2026. 214 p.

ISBN (ePub) 978-628-7863-48-4

Incluye referencias bibliográficas

1. Agricultura. 2. Café. 3. Desarrollo rural. 4. Desarrollo sostenible. 5. Gestión. 6. Innovación. 7. Investigación. 8. Medio ambiente. 9. Producción. 10. Tecnología. 11. Colombia.

(Dewey 338.1)(THEMA KNAC Agricultura, agroindustria e industrias de producción de alimentos)

Rector UPTC

Enrique Vera López

Comité Editorial

Carlos Mauricio Moreno Téllez

Vicerrector de Investigación y Extensión

Yolanda Torres Pérez

Directora de Investigaciones

Óscar Pulido Cortés

Delegado Vicerrectoría Académica

Martín Orlando Pulido Medellín

Representante Área Ciencias Agrícolas

Yolima Bolívar Suárez

Representante Área Ciencias Médicas y de la Salud

Nelsy Rocío González Gutiérrez

Representante Área Ciencias Naturales

Olga Yanet Acuña Rodríguez

Representante Área Ciencias Sociales

Juan Guillermo Díaz Bernal

Representante Área Humanidades

Pilar Jovanna Holguín Tovar

Representante Área Artes

Edgar Nelson López López

Representante Área Ingeniería y Tecnología

Juan Sebastián González Sanabria

Representante Grupos de Investigación**Editora**

Bertha Ramos Holguín

Corrección de Estilo

Alexandra Díaz Soto

Asesor de arte e imagen

Pedro Alexander Sosa Gutierrez

Diseño y Diagramación

Aura Patricia Sarmiento Hernández

Imagen de Carátula

Eyder James Ramírez Zuñiga

Subcomité Especializado de Evaluación de Obras de la Facultad Seccional Sogamoso

Héctor Antonio Fonseca Peralta

Decano Facultad Seccional Sogamoso

Óscar Oswaldo Rodríguez

Editor

Liliana Fernández Samacá

Delegada Decanatura

Jorge Julián Moreno

Representante de los Editores

Mauricio Alberto Bermúdez Sella

Representante Grupos de Investigación

Libro de investigación

Citar este libro / Cite this book

Castro Silva, H., Ramírez Zuñiga, E. (2026). *Modelo de innovación para los procesos de producción del café especial: fortalecimiento de la sostenibilidad y la calidad en Colombia*. Editorial UPTC.

doi.org/10.19053/uptc.9786287863484



Uptc[®]
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y
TECNOLÓGICA DE COLOMBIA



**Dirección de
Investigaciones**

Libro financiado por el Centro de Gestión de Investigación y Extensión CIFAS de la UPTC. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000

Editorial UPTC

La Colina, Bloque 7, Casa 5

Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

<https://editorial.uptc.edu.co>

Resumen

Este libro presenta un modelo integral de innovación para la producción de café especial sostenible en Colombia, basado en una investigación empírica que identifica y valida las variables críticas que determinan la capacidad innovadora de las fincas cafeteras.

La obra se estructura en nueve capítulos que abordan desde los fundamentos conceptuales hasta las aplicaciones prácticas. Los capítulos 1-2 establecen el contexto del café especial colombiano y el marco teórico de innovación, integrando el Manual de Oslo con certificaciones sostenibles. El capítulo 3 detalla la metodología cuantitativa desarrollada en el estudio de 66 fincas cafeteras en Pitalito (Huila). El capítulo 4 identifica siete factores de innovación agrupando 54 variables relacionadas con aspectos económicos, sociales, ambientales, productivos, de conocimiento, tecnológicos y de gestión del cambio. El capítulo 5 caracteriza las fincas innovadoras frente a las tradicionales. El capítulo 6 desarrolla y valida un modelo de regresión logística que predice la probabilidad de innovación con un 97 % de precisión. El capítulo 7 presenta casos de aplicación práctica del modelo en diferentes contextos productivos. Los capítulos 8-9 analizan los aportes al conocimiento y las perspectivas futuras del sector.

La investigación identifica tres variables críticas para la innovación: gestión integral de residuos (coeficiente 4.861), adopción de tecnología digital (2.1631) y flexibilidad ante el cambio (2.0838). El modelo desarrollado permite evaluar y predecir la capacidad innovadora de fincas cafeteras, proporcionando una herramienta práctica para caficultores, técnicos y formuladores de políticas. Los resultados demuestran que las fincas que implementan el modelo completo logran incrementos en precios de venta y mejoras significativas en calidad. La

obra contribuye teóricamente al integrar marcos de innovación con prácticas de sostenibilidad, al ofrecer directrices específicas para la transformación hacia café especial sostenible y posiciona a Colombia como referente en innovación cafetera.

Palabras clave: agricultura, café, desarrollo rural; desarrollo sostenible, gestión, innovación, investigación, medio ambiente, producción, tecnología, Colombia.

Abstract

This book presents a comprehensive innovation model for sustainable specialty coffee production in Colombia, based on empirical research that identifies and validates the critical variables determining the innovative capacity of coffee farms.

The work is structured into nine chapters, ranging from conceptual foundations to practical applications. Chapters 1–2 establish the context of Colombian specialty coffee and the theoretical framework for innovation, integrating the Oslo Manual with sustainability certifications. Chapter 3 details the quantitative methodology developed in a study of 66 coffee farms in Pitalito, Huila. Chapter 4 identifies seven innovation factors, grouping 54 variables related to economic, social, environmental, productive, knowledge, technological, and change management aspects. Chapter 5 characterizes innovative farms in comparison with traditional ones. Chapter 6 develops and validates a logistic regression model that predicts the probability of innovation with 97% accuracy. Chapter 7 presents cases of practical application of the model in different production contexts, while Chapters 8–9 analyze contributions to knowledge and future prospects for the sector.

The research identifies three critical variables for innovation: integrated waste management (coefficient 4.861), adoption of digital technology (2.1631), and flexibility in the face of change (2.0838). The developed model allows for the evaluation and prediction of the innovative capacity of coffee farms, providing a practical tool for coffee growers, technicians, and policymakers. Results show that farms implementing the complete model achieve increases in sales prices and significant improvements in quality. This work contributes theoretically by integrating innovation frameworks with sustainability practices, offering

specific guidelines for the transformation toward sustainable specialty coffee, and positioning Colombia as a benchmark in coffee innovation.

Keywords: agriculture, coffee, rural development, sustainable development, management, innovation, research, environment, production, technology, Colombia.

Contenido

Capítulo 1.

El café especial en Colombia: panorama actual y desafíos	21
1.1 Introducción al mundo del café colombiano	21
1.2 La cadena de valor del café colombiano	22
1.3 El café especial: un producto diferenciado con alto valor agregado ¿Qué es el café especial?.....	22
1.4 Las certificaciones de café sostenible	23
1.5 El panorama actual del café especial en Colombia.....	24
1.5.1 Variedades y regiones productoras.....	24
1.5.2 Estructura productiva y características socioeconómicas	25
1.6 Café especial y construcción de paz territorial.....	26
1.7 Desafíos actuales en la producción de café especial	26
1.7.1 Desafíos en los procesos de producción.....	26
1.7.2 Desafíos ambientales y de calidad	27
1.7.3 Desafíos económicos y de mercado.....	28
1.7.4 La innovación como respuesta a los desafíos.....	29

Capítulo 2.

Innovación en la industria cafetera: Marco conceptual y teórico.....	31
2.1 Fundamentos conceptuales de la innovación	31
2.1.1 Evolución del concepto de innovación.....	31
2.1.2 La innovación en contextos agrícolas y rurales	32
2.1.3 Teorías contemporáneas de innovación aplicadas al café	33
2.1.4 Innovación y sostenibilidad en la cadena de valor del café.....	36
2.2 Tipos de innovación aplicables al sector cafetero	37
2.2.1 Innovación de producto en el contexto cafetero.....	37
2.2.2 Innovación en procesos de negocio para el sector cafetero.....	37
2.2.3 Innovación tecnológica versus no tecnológica.....	38
2.2.4 El enfoque de la innovación sostenible para el café especial	39
2.3 Modelos de innovación relevantes para el sector cafetero	40
2.3.1 Evolución de los modelos de innovación.....	40
2.3.2 Modelos de innovación agrícola aplicables al café.....	41
2.3.3 Modelos específicos para la innovación en café especial sostenible	42

2.4 Factores determinantes de la innovación en fincas cafeteras.....	43
2.4.1 Factores económicos.....	43
2.4.2 Factores sociales y organizacionales	44
2.4.3 Factores ambientales y agroecológicos.....	45
2.4.4 Factores tecnológicos y de conocimiento.....	45
2.4.5 Factores de gobernanza y políticas públicas.....	46
2.5 Hacia un modelo integrado de innovación para el café especial	47
2.5.1 Principios fundamentales	47
2.5.2 Categorías analíticas propuestas.....	48
2.5.3 La innovación como proceso dinámico	48
2.5.4 Interacción entre múltiples escalas	49
2.6 Manual de Oslo y certificaciones de café sostenible	50
2.6.1 El Manual de Oslo como marco de referencia	50
2.6.2 Certificaciones de café sostenible como estándares de innovación.....	51
2.6.3 Convergencia entre el Manual de Oslo y las certificaciones de café.....	52
2.6.4 Esquema integrado para el análisis de la innovación en café especial	53

Capítulo 3.

Diseño metodológico para el estudio de la innovación cafetera	57
3.1 Fundamentos del enfoque metodológico	58
3.1.1 Bases epistemológicas y paradigmas de investigación	58
3.1.2 Justificación del enfoque cuantitativo	59
3.1.3 Alcance correlacional con diseño experimental	60
3.2 Proceso de definición del problema	61
3.2.1 Planteamiento del problema de investigación.....	61
3.2.2 Formulación de preguntas e hipótesis	62
3.3 Selección del área de estudio y diseño muestral	63
3.3.1 Caracterización del área de estudio.....	63
3.3.2 Diseño y justificación de la muestra	65
3.3.3 Diseño del instrumento de recolección de datos	66
3.3.4 Validación del instrumento	68
3.3.5 Estrategia para la recolección y procesamiento de datos	70
3.4 Análisis estadístico y desarrollo del modelo.....	72
3.5 Aspectos éticos de la investigación	73
3.5.1 Principios éticos fundamentales.....	73
3.5.2 Implementación de salvaguardas éticas	73
3.6 Limitaciones metodológicas.....	75
3.6.1 Limitaciones inherentes al diseño	75
3.7 Validación del modelo mediante investigación-acción	75

Capítulo 4

Factores de diferenciación en el café especial sostenible	79
4.1 Factores de innovación en el café especial sostenible	80
4.1.1 Factor económico (F1)	80
4.1.2 Factor social (F2)	80
4.1.3 Factor ambiental (F3)	81
4.1.4 Factor de producción (F4)	82
4.1.5 Factor de conocimiento (F5)	82
4.1.6 Factor tecnológico (F6)	83
4.1.7 Factor de gestión del cambio (F7)	84
4.2 Interrelación entre factores y variables de innovación	84
4.3 Integración con certificaciones sostenibles	86
4.4 Análisis estadístico de variables de innovación	88
4.4.1 Análisis de varianza (ANOVA)	88
4.4.2 Análisis de correlación	88
4.4.3 Análisis multivariado	89

Capítulo 5

Caracterización de fincas cafeteras innovadoras	91
5.1 Marco contextual de las fincas estudiadas	91
5.1.1 Ubicación geográfica y relevancia	91
5.1.2 Características agroecológicas	92
5.2 Perfil de las variedades de las fincas estudiadas	92
5.2.1 Distribución de variedades de café	92
5.2.2 Relación entre variedades e innovación	93
5.3 Características estructurales de las fincas cafeteras	94
5.3.1 Distribución por tamaño	94
5.3.2 Infraestructura y equipamiento	96
5.4 Perfil socioeconómico de los caficultores	96
5.4.1 Distribución etaria y su relación con la innovación	96
5.4.2 Nivel educativo y su impacto en la innovación	98
5.4.3 Experiencia y tradición cafetera	99
5.5 Certificaciones sostenibles como marco de innovación	100
5.5.1 Distribución de certificaciones	100
5.5.2 Certificaciones y su relación con prácticas innovadoras	101
5.6 Análisis económico comparativo	101
5.6.1 Costos y beneficios de la producción de café especial	101
5.6.2 Canales de comercialización	102
5.6.3 Retorno sobre la inversión en innovación	103

5.7 Tipología de fincas según nivel de innovación	103
5.7.1 Clasificación jerárquica	103
5.7.2 Comparativa de factores de innovación.....	104
5.7.3 Variables clave	106
5.8 Limitantes para la innovación en fincas cafeteras.....	106
5.8.1 Barreras económicas	106
5.8.2 Limitantes socioculturales	107
5.8.3 Limitantes estructurales y logísticas	107
5.9 Implicaciones teóricas y prácticas	108
5.9.1 Implicaciones teóricas.....	108
5.9.2 Implicaciones prácticas	108

Capítulo 6

Construcción y validación del modelo de innovación	111
6.1 Fundamentos metodológicos del modelo.....	111
6.1.1 Enfoque conceptual.....	111
6.1.2 Diseño metodológico	112
6.2 Análisis de agrupamiento e identificación de patrones	113
6.2.1 Técnicas de clustering aplicadas.....	113
6.2.2 Diferenciación de perfiles entre grupos.....	114
6.3 Análisis correlacional de variables de innovación.....	117
6.3.1 Métodos de correlación aplicados.....	117
6.3.2 Resultados del análisis correlacional	120
6.4 Selección del método estadístico para el modelo.....	123
6.4.1 Evaluación de alternativas	123
6.4.2 Fundamentos de la regresión logística.....	124
6.5 Desarrollo del modelo de regresión logística	124
6.5.1 Análisis de variables mediante ANOVA	124
6.5.2 Construcción del modelo.....	127
6.5.3 Interpretación de los coeficientes.....	129
6.6 Descripción detallada de las variables clave	130
6.6.1 Gestión integral de residuos (X18).....	130
6.6.2 Adopción de tecnología digital (X47)	130
6.6.3 Flexibilidad ante el cambio (X51).....	131
6.7 Validación del modelo	132
6.7.1 Verificación de supuestos estadísticos.....	132
6.7.2 Evaluación de la capacidad predictiva	133
6.7.3 Análisis de sensibilidad.....	134
6.8 Aplicaciones prácticas del modelo	135

6.8.1 Herramienta diagnóstica	135
6.8.2 Guía para la intervención	136
6.8.3 Instrumento de monitoreo	137
6.9. Limitaciones del modelo	137
6.9.1 Alcance geográfico y contextual.....	137
6.9.2 Limitaciones metodológicas	138
6.9.3 Consideraciones para aplicación práctica.....	138

Capítulo 7

Aplicación práctica del modelo en fincas cafeteras	141
7.1 Preparación para la implementación del modelo.....	141
7.1.1 Diagnóstico inicial de las fincas	142
7.1.2 Identificación de oportunidades de innovación	142
7.1.3 Planificación participativa	143
7.2 Implementación de componentes del modelo	144
7.2.1 Gestión integral de residuos (Variable X18).....	144
7.2.2 Adopción tecnológica digital (Variable X47).....	145
7.2.3 Flexibilidad ante el cambio (Variable X51).....	147
7.3 Integración de componentes y sinergia en el modelo.....	148
7.3.1 Relaciones entre gestión de residuos y adopción tecnológica	148
7.3.2 Conexiones entre adopción tecnológica y flexibilidad al cambio.....	149
7.3.3 Vínculos entre flexibilidad al cambio y gestión de residuos	149
7.4 Guía de aplicación práctica del modelo	150
7.4.1 Ruta de implementación.....	150
7.4.2 Herramientas para la implementación.....	151
7.4.3 Indicadores de seguimiento.....	152
7.5 Casos de estudios documentados	153
7.5.1 Caso 1: Pequeño productor en zona de alta montaña	153
7.5.2 Caso 2: Productor mediano con enfoque empresarial	155
7.5.3 Caso 3: Implementación asociativa en pequeñas fincas	157
7.6 Resultados y aprendizajes de la implementación	158
7.6.1 Resultados en la calidad del café	158
7.6.2 Impactos económicos.....	159
7.6.3 Aprendizajes clave	159
7.7 Análisis de factores críticos de éxito.....	161
7.7.1 Factores facilitadores	161
7.7.2 Factores limitantes.....	161
7.7.3 Estrategias de mitigación.....	162
7.8 Medición de impactos.....	162

7.8.1 Indicadores cuantitativos	162
7.8.2 Indicadores cualitativos.....	163
7.8.3 Sostenibilidad de los cambios	164
7.9 Escalamiento del modelo	164
7.9.1 Estrategias de difusión	164
7.9.2 Adaptaciones regionales.....	165
7.9.3 Medición de escalamiento	165
7.10 Lecciones para la investigación aplicada	166
7.10.1 Importancia de la co-creación	166
7.10.2 Valor de la evidencia empírica	166
7.10.3 Necesidad de enfoques sistémicos	166

Capítulo 8

Aportes al conocimiento y la práctica cafetera	169
8.1 Contribuciones teóricas al conocimiento	169
8.1.1 Integración del Manual de Oslo con certificaciones de café sostenible	170
8.1.2 Identificación de variables críticas de innovación.....	170
8.1.3 Desarrollo de un modelo cuantitativo de innovación.....	171
8.2 Aportes prácticos para caficultores y organizaciones.....	172
8.2.1 Herramienta para diagnóstico y mejora de procesos productivos.....	172
8.2.2 Optimización de recursos para la producción de café especial	172
8.2.3 Ampliación de oportunidades de comercialización.....	173
8.2.4 Directrices para implementación práctica.....	173
8.3 Implicaciones para políticas públicas.....	174
8.3.1 Fomento de la gestión integral de residuos.....	174
8.3.2 Adopción tecnológica digital	175
8.3.3 Desarrollo de capacidades para la gestión del cambio	175
8.3.4 Alineación con programas gubernamentales existentes.....	176
8.4 Consideraciones para la implementación del modelo.....	176
8.4.1 Factores socioeconómicos	176
8.4.2 Variabilidad geográfica y climática.....	177

Capítulo 9

Futuro de la innovación en el café especial colombiano	179
9.1 Tendencias emergentes en la producción de café especial.....	179
9.1.1 Agricultura de precisión y digitalización.....	180
9.1.2 Biotecnología y mejoramiento genético	180
9.1.3 Economía circular y bioeconomía	181

9.1.4 Transformación de la cadena de valor	182
9.2 Evolución del modelo de innovación propuesto	182
9.2.1 Integración de nuevas variables tecnológicas	183
9.2.2 Adaptación a nuevos esquemas de certificación	183
9.2.3 Ampliación a escala territorial	183
9.2.4 Incorporación de perspectiva generacional.....	184
9.3 Desafíos futuros y estrategias de mitigación	184
9.3.1 Cambio climático e intensificación de eventos extremos.....	184
9.3.2 Brecha digital y acceso a tecnologías.....	185
9.3.4 Volatilidad de mercados y competencia internacional	186
9.3.5 Resistencia al cambio y barreras culturales	186
9.4 Líneas futuras de investigación	187
9.4.1 Estudios longitudinales sobre adopción e impacto	187
9.4.2 Profundización en variables específicas	187
9.4.3 Innovación en modelos de negocio y comercialización	187
9.4.4 Innovación para la resiliencia climática	188
9.5 Visión prospectiva: El café especial colombiano en 2035	188
9.5.1 Transformación productiva.....	188
9.5.2 Reconfiguraciones en la cadena de valor	189
9.5.3 Nuevos perfiles de caficultores	189
9.5.4 Colombia como hub de innovación cafetera.....	190
Conclusiones finales.....	193
Referencias.....	195

