

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 23 de julio de 2024

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Diego Ivan Caviedes Rubio, con C.C. No. 7717484,

Autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado: Impacto Ambiental de Fincas Cafeteras con Certificaciones RA, Orgánico, FT, UTZ, CPr y/o 4C en el Municipio de Pitalito, Huila

presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de Doctor en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

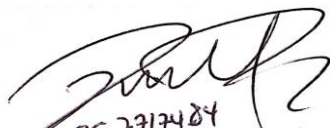
PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:


CC 7717484

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Impacto Ambiental de Fincas Cafeteras con Certificaciones RA, Orgánico, FT, UTZ, CPR y/o 4C en el Municipio de Pitalito, Huila

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Caviedes Rubio	Diego Ivan

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Olaya Amaya	Alfredo

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Doctor en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Doctorado en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2024

NÚMERO DE PÁGINAS: 327

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_x_ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___ Litografías___ Mapas_x_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros_x_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Ninguno. Solo Word o pdf.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4

MATERIAL ANEXO: No

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

Inglés

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. impacto ambiental | environmental impact |
| 2. certificación de café | coffee certification |
| 3. certificación múltiple | multiple certifications |
| 4. pareamiento por puntajes de propensión | propensity score matching |
| 5. efecto del tratamiento en los tratados | treatment effect on the treated |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Esta investigación evaluó la eficacia de las certificaciones *Rainforest Alliance* (RA), *Fairtrade Labelling Organizations International* (FT), *Utz Certified* (Utz), *Orgánico* (Org), *Café Practice* (CPr) y el Código de Conducta 4C en términos de los impactos socioeconómicos y ambientales seleccionados en una muestra representativa de fincas productoras de CE en el municipio de Pitalito - Huila. La evaluación incluyó mediciones de parámetros para calcular de índices ambientales, económicos y sociales en cada una de las fincas cafeteras participantes, así como, la aplicación de encuestas estructuradas siguiendo los criterios, variables e indicadores de cada programa de certificación. Se determinó un contrafactual mediante pareamiento por puntajes de propensión para evaluar el impacto o la diferencia de resultados en cada indicador presentado entre fincas certificadas y no certificadas. Adicionalmente, se determinaron los factores que estimulan y restringen la adopción de programas de certificación en las fincas de este municipio, mediante procesamiento de lenguaje natural y regresión binomial. También se evaluó la eficiencia de los esquemas de múltiple certificación mediante un análisis de componentes principales y se propuso un índice de impacto ambiental integral para fincas cafeteras. Finalmente, se plantearon criterios para la generación de planes de manejo ambiental a partir de los impactos identificados. Se evidenció que el programa de certificación con mejor desempeño ambiental,



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

económico y social fue el orgánico (Org) y que los esquemas con múltiples certificaciones no presentan adicionalidad en los efectos positivos, pero si generan efectos adversos para el caficultor. Por otro lado, los factores que estimulan la adopción de certificaciones se concentran principalmente en el incremento del precio que el caficultor recibe por su producto y que las restricciones normalmente se centran en los costos de inversión para obtener la certificación y la limitación económica de algunos agricultores.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This research evaluated the effectiveness of Rainforest Alliance (RA), Fairtrade Labelling Organizations International (FT), Utz Certified (Utz), Organic (Org), Café Practice (CPr), and the 4C Code of Conduct certifications in terms of selected socioeconomic and environmental impacts in a representative sample of SC-producing farms in the municipality of Pitalito - Huila. The evaluation included measurements of parameters to calculate environmental, economic, and social indices on each of the participating coffee farms, as well as the application of structured surveys following the criteria, variables, and indicators of each certification program. A counterfactual was determined through propensity score matching to evaluate the impact or the difference in outcomes for each indicator presented between certified and non-certified farms. Additionally, the factors that stimulate and restrict the adoption of certification programs on farms in this municipality were determined through natural language processing and binomial regression. The efficiency of multiple certification schemes was also evaluated through principal component analysis, and an integrated environmental impact index for coffee farms was proposed. Finally, criteria were proposed for the generation of environmental management plans based on the identified impacts. It was found that the certification program with the best environmental, economic, and social performance was the organic (Org) program and that schemes with multiple certifications do not present additional positive effects but do generate adverse effects for the coffee grower. On the other hand, the factors that stimulate the adoption of certifications are mainly concentrated on the increase in the price that the coffee grower receives for their product, and the restrictions are usually centered on the investment costs to obtain certification and the economic limitations of some farmers.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Laura Leticia Vega López

Firma:

Nombre Jurado: Luis Fernando Salazar Gutiérrez

Firma:

Nombre Jurado: Armando Torrente Trujillo

Firma:

**IMPACTO AMBIENTAL DE FINCAS CAFETERAS CON CERTIFICACIONES
RA, ORGÁNICO, FT, UTZ, CPr Y/O 4C EN EL MUNICIPIO DE PITALITO,
HUILA**

DIEGO IVAN CAVIEDES RUBIO

**DOCTORADO EN AGROINDUSTRIA
Y DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEIVA, 2024**

**IMPACTO AMBIENTAL DE FINCAS CAFETERAS CON CERTIFICACIONES
RA, ORGÁNICO, FT, UTZ, CPr Y/O 4C EN EL MUNICIPIO DE PITALITO,
HUILA**

DIEGO IVAN CAVIEDES RUBIO

**Memoria de grado para optar el título de Doctor en Agroindustria y Desarrollo
Agrícola Sostenible**

Dr. Alfredo Olaya Amaya

Director

**DOCTORADO EN AGROINDUSTRIA
Y DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEIVA, 2024**

RESUMEN

Una de las apuestas productivas del departamento del Huila es el cultivo del café, específicamente los Cafés Especiales (CE), los cuales en los últimos 20 años han presentado un incremento productivo y posicionamiento global importante. Los atributos que presentan los CE por los cuales los consumidores están dispuestos a pagar un monto superior, incluyen una serie de condiciones y criterios establecidos para recibir una certificación de cumplimiento por parte de una entidad certificadora. Esta investigación evaluó la eficacia de las certificaciones *Rainforest Alliance* (RA), *Fairtrade Labelling Organizations International* (FT), *Utz Certified* (Utz), Orgánico (Org), *Café Practice* (CPr) y el Código de Conducta 4C en términos de los impactos socioeconómicos y ambientales seleccionados en una muestra representativa de fincas productoras de CE en el municipio de Pitalito - Huila. La evaluación incluyó mediciones de parámetros para calcular de índices ambientales, económicos y sociales en cada una de las fincas cafeteras participantes, así como, la aplicación de encuestas estructuradas siguiendo los criterios, variables e indicadores de cada programa de certificación. Se determinó un contrafactual mediante pareamiento por puntajes de propensión para evaluar el impacto o la diferencia de resultados en cada indicador presentado entre fincas certificadas y no certificadas. Adicionalmente, se determinaron los factores que estimulan y restringen la adopción de programas de certificación en las fincas de este municipio, mediante procesamiento de lenguaje natural y regresión binomial. También se evaluó la eficiencia de los esquemas de múltiple certificación mediante un análisis de componentes principales y se propuso un índice de impacto ambiental integral para fincas cafeteras. Finalmente, se plantearon criterios para la generación de planes de manejo ambiental a partir de los impactos identificados. Se evidenció que el programa de certificación con mejor desempeño ambiental, económico y social fue el orgánico (Org) y que los esquemas con múltiples certificaciones no presentan adicionalidad en los efectos positivos, pero si generan efectos adversos para el caficultor. Por otro lado, los factores que estimulan la adopción de certificaciones se concentran principalmente en el incremento del precio que el caficultor recibe por su producto y que las restricciones normalmente se centran en los costos de inversión para obtener la certificación y la limitación económica de algunos agricultores.

Palabras clave: impacto ambiental, certificación de café, certificación múltiple, pareamiento por puntajes de propensión, efecto del tratamiento en los tratados

ABSTRACT

One of the productive bets of the department of Huila is coffee cultivation, specifically Specialty Coffees (SC), which in the last 20 years have shown a significant increase in production and global positioning. The attributes presented by SC, for which consumers are willing to pay a higher amount, include a series of conditions and criteria established to receive a certification of compliance from a certifying entity. This research evaluated the effectiveness of Rainforest Alliance (RA), Fairtrade Labelling Organizations International (FT), Utz Certified (Utz), Organic (Org), Café Practice (CPr), and the 4C Code of Conduct certifications in terms of selected socioeconomic and environmental impacts in a representative sample of SC-producing farms in the municipality of Pitalito - Huila. The evaluation included measurements of parameters to calculate environmental, economic, and social indices on each of the participating coffee farms, as well as the application of structured surveys following the criteria, variables, and indicators of each certification program. A counterfactual was determined through propensity score matching to evaluate the impact or the difference in outcomes for each indicator presented between certified and non-certified farms. Additionally, the factors that stimulate and restrict the adoption of certification programs on farms in this municipality were determined through natural language processing and binomial regression. The efficiency of multiple certification schemes was also evaluated through principal component analysis, and an integrated environmental impact index for coffee farms was proposed. Finally, criteria were proposed for the generation of environmental management plans based on the identified impacts. It was found that the certification program with the best environmental, economic, and social performance was the organic (Org) program and that schemes with multiple certifications do not present additional positive effects but do generate adverse effects for the coffee grower. On the other hand, the factors that stimulate the adoption of certifications are mainly concentrated on the increase in the price that the coffee grower receives for their product, and the restrictions are usually

centered on the investment costs to obtain certification and the economic limitations of some farmers.

Keywords: environmental impact, coffee certification, multiple certifications, propensity score matching, treatment effect on the treated

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 Objetivos generales.....	23
2.2 Objetivos específicos.....	23
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1 Propagación de la Producción cafetera en el Mundo.....	24
3.2 Especies de Café Cultivadas.....	24
3.3 Principales productores de café certificado en el mundo.....	25
3.4 Producción Cafetera en Colombia.....	26
3.5 Producción Cafetera en el Departamento del Huila	27
3.6 Cafés Especiales.....	29
3.7 Estudios sobre el Impacto de la Certificación del Café.....	32
3.7.1 Hallazgos de Impacto ecológico, social y económico de fincas certificadas en las diferentes regiones productoras del mundo.	37
3.7.2 Impacto Ambiental de la caficultura certificada en Colombia	49
4. METODOLOGÍA	59
4.1 Enfoque y tipo de investigación	59
4.2 Área de estudio	59
4.3 Selección de la muestra.....	61
Diseño para la selección de muestra	61
Determinación del Tamaño de Muestra	62
4.4 Identificación de Impactos Ambientales.....	67
4.4.1 Construcción de la lista maestra de Impactos Ambientales	67
4.4.1.1 Revisión documental	67
4.4.1.2 Registros de las entidades cafeteras	69
4.4.1.3 Entrevista a expertos	69
4.4.1.4 Validación de la lista maestra	69
4.4.2 Encuesta a caficultores.....	70
4.4.2.1 Diseño y validación del formulario de encuesta	70
4.4.2.2 Aplicación de la encuesta a caficultores.....	71
4.4.2.3 Tabulación y homologación de impactos ambientales con la lista maestra.....	71
4.5 Estimación de Impactos Ambientales	72

4.5.1 Información de la encuesta, macroindicadores y variables	74
4.5.2 Métodos para evaluar los impactos ecológicos atribuidos a la adopción de programas de certificación.....	77
4.5.2.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la biodiversidad	77
4.5.2.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la protección de la fauna	83
4.5.2.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la conservación del agua.....	84
4.5.2.4 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la conservación del suelo	89
4.5.2.5 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la reforestación en fincas cafeteras.....	91
4.5.2.6 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre el manejo integrado de plagas en fincas cafeteras	92
4.5.2.7 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la gestión de residuos sólidos en fincas cafeteras.	94
4.5.3 Metodología para evaluar los impactos económicos atribuidos a la adopción de programas de certificación.....	96
4.5.3.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la productividad de fincas cafeteras.	97
4.5.3.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre el precio al que se vende el café.	97
4.5.3.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre los ingresos económicos de fincas cafeteras.	97
4.5.3.4 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el acceso al crédito de sus propietarios.	98
4.5.3.5 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la pobreza de los hogares caficultores.	99
4.5.3.7 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la expansión de tierras destinadas a la caficultura.	99
4.5.4 Metodología para evaluar los impactos sociales atribuidos a la adopción de programas de certificación.....	100
4.5.4.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el mantenimiento de registros de la gestión de la finca.....	100
4.5.4.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la participación de los caficultores en grupos asociativos.....	101

4.5.4.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el empleo justo.....	102
4.5.4.4 Métodos para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la seguridad y salud en el trabajo.....	103
4.6 Metodología para la determinación de factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación.....	106
4.6.1 Análisis de datos.....	107
4.6.1.1. Procesamiento de lenguaje natural.....	107
4.6.1.2. Regresión binomial.....	108
4.7 Metodología para la comparación del impacto ambiental de esquemas que incluyen múltiples programas de certificación, definiendo su eficiencia ecológica y socioeconómica que argumenten la viabilidad de dicha práctica.....	111
4.7.1 Caracterización del Índice de Impacto Ambiental (IIA _c).....	111
4.7.2 Determinación del CMD _c	112
4.7.3 Estandarización de Indicadores en el CMD _c	114
4.7.4 Determinación de los pesos de cada indicador.....	114
4.7.5 Caracterización IIA.....	115
4.8 Metodología para la definición de directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.....	116
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
5.1 Resultados obtenidos y discusión	117
5.1.1 Identificación, valoración y comparación de los impactos ecológicos, económicos y sociales de las fincas cafeteras no certificadas y certificadas con los programas RA, Org, Utz, FT, CPr y 4C.	117
5.1.1.1 Lista maestra de impactos ambientales	117
5.1.1.2 Estadísticas descriptivas	121
5.1.1.3 Impactos ecológicos de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.	124
5.1.1.4 Impactos económicos de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.	169
5.1.1.5 Impactos sociales de los programas de certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.	181
5.1.2 Reconocimiento de factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación en fincas cafeteras	209
5.1.2.1 Procesamiento de lenguaje natural (PLN)	209
5.1.2.2 Análisis de sentimiento para identificar los factores que restringen la adopción de programas de certificación	209
5.1.2.3 Factores que estimulan la adopción de programas de certificación	213

5.1.2.4 Otros factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación.	215
5.1.3 Comparación del impacto ambiental de esquemas que incluyen múltiples programas de certificación, definiendo su eficiencia ecológica y socioeconómica que argumenten la viabilidad de dicha práctica.	220
5.1.3.1 Conjuntos Mínimos de Datos	220
5.1.3.2 Índices de Impacto Ambiental por componente (IIA _c)	227
5.1.3.3 Índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI)	232
5.1.3.4 Eficiencia de la multicertificación	234
5.1.4 Directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas y no certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.	240
5.1.4.1 Lista de impactos ambientales de la caficultura del municipio de Pitalito Huila...	240
5.1.4.2 Impactos ambientales de cada programa y esquema de certificación evaluado.....	243
5.1.4.3 Directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.....	251
6. CONCLUSIONES.....	260
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores de café, año 2020.	25
Tabla 2. Principales productores de café en Colombia, sus áreas de cultivo y nivel de tecnificación al año 2021 de acuerdo con la FNCC (2022b) y Agronet (2022).	27
Tabla 3. Criterios auditados por las certificaciones o sellos de sostenibilidad, adaptado de Andrade et al (2021).	34
Tabla 4. Impactos ecológicos, económicos y sociales reportados con mayor frecuencia en países de diferentes continentes (Caviedes y Olaya, 2020).	37
Tabla 5. Escenarios de prevalencia (P) y número de fincas (n_a)	63
Tabla 6. Resultados del tamaño de Muestra (n_{ah}) en segunda fase de muestreo.	64
Tabla 7. Coeficientes de variación final (cv_f) según tamaños del sub-estrato (n_h)	64
Tabla 8. Programas o combinaciones de programas de certificación en Estándares Voluntarios de Sostenibilidad evaluados.	65
Tabla 9. Indicadores y operacionalización de impacto ambiental.	75
Tabla 10. Indicadores y operacionalización de impacto social.	76
Tabla 11. Indicadores y operacionalización de impacto	77
Tabla 12. Programas o combinaciones de programas de certificación en Estándares Voluntarios de Sostenibilidad evaluados.	78
Tabla 13. Porcentajes de remoción de DQO para las diferentes unidades de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en las fincas cafeteras.	86
Tabla 14. Valores ponderados para el ICAPBHC en las diferentes etapas del proceso de beneficio del café (Rodríguez <i>et al</i> , 2021).	87
Tabla 15. Categorías de intensidad de erosión hídrica mediante evaluación cualitativa.	90
Tabla 16. Categorías de toxicidad y DL_{50} de los ingredientes activos aplicados en las fincas estudiadas.	93
Tabla 17. Valoración de medidas de gestión de residuos peligrosos.	95
Tabla 18. Valoración de medidas de gestión de residuos sólidos en la finca.	96
Tabla 19. Impactos ecológicos de los programas de certificación en la caficultura.	118
Tabla 20. Impactos económicos de los programas de certificación en la caficultura.	119
Tabla 21. Impactos sociales de los programas de certificación en la caficultura.	120
Tabla 22. Estadísticas descriptivas de las características de los grupos de hogares participantes de acuerdo con la certificación adoptada para la finca.	122
Tabla 23. Estadísticas descriptivas de las fincas y cultivos de los 12 grupos de tratamiento y del grupo de control.	123
Tabla 24. Valores descriptivos por índices de diversidad evaluados en cada grupo taxonómico.	126
Tabla 25. Supuestos de normalidad y homocedasticidad por índices de diversidad evaluados en cada grupo taxonómico.	126
Tabla 26. p-valores para cada índice en cada grupo taxonómico obtenidos con el ANOVA	127
Tabla 27. Prueba post-hoc de Tukey para crear grupos de diferencias.	128
Tabla 28. Esquemas de certificación evaluados y comparados a partir de valores del IMCVS	133

Tabla 29. Esquemas de certificación evaluados y comparados a partir de valores del IMCA	136
Tabla 30. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el IETARD.....	137
Tabla 31. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el IMAPBHC	138
Tabla 32. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el ICAPBHC	139
Tabla 33. Impacto ambiental de las fincas cafeteras certificadas sobre el recurso hídrico.	140
Tabla 34. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de N aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	144
Tabla 35. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de P_2O_5 aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	145
Tabla 36. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de K_2O aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	146
Tabla 37. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de MgO aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	147
Tabla 38. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de S aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	148
Tabla 39. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de CaO aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.	148
Tabla 40. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a la intensidad de erosión ..	150
Tabla 41. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el área de bosque conservada en las fincas cafeteras estudiadas.....	151
Tabla 42. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el manejo de sombra en la plantación de café	153
Tabla 43. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el número de árboles sembrados fuera de la plantación de café.....	154
Tabla 44. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con el IMMIP	156
Tabla 45. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con los índices de manejo para la broca, roya y arvenses.	157
Tabla 46. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de herbicidas y el número de DL_{50} que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.	159
Tabla 47. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de insecticidas y el número de DL_{50} que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.	160
Tabla 48. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de fungicidas y el número de DL_{50} que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.	162
Tabla 49. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con el número de DL_{50} total que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción, por concepto de herbicidas, insecticidas y fungicidas.....	164
Tabla 50. Efecto del tratamiento en los tratados sobre el manejo de los residuos peligrosos originados por el uso de plaguicidas.....	166
Tabla 51. Efecto de tratamiento en los tratados sobre el manejo de los residuos sólidos domésticos	167
Tabla 52. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la productividad de las fincas cafeteras	169
Tabla 53. Efecto de tratamiento en los tratados sobre el precio de venta del café	171

Tabla 54. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la dependencia económica del hogar a los ingresos generados por la caficultura	173
Tabla 55. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la utilidad económica generada por la caficultura certificada.....	173
Tabla 56. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la diversidad de opciones de acceso al crédito por parte de los caficultores certificados	176
Tabla 57. Efecto del tratamiento en los tratados sobre la probabilidad de que el hogar se encuentre en condición de pobreza.	178
Tabla 58. Efecto del tratamiento en los tratados sobre la expansión de tierras destinadas a la caficultura.....	179
Tabla 59. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la diversidad de registros que mantienen los caficultores en la finca.....	182
Tabla 60. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la participación de los caficultores en grupos asociativos o cooperativas.	183
Tabla 61. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la contratación de empleados permanentes.....	185
Tabla 62. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el pago de salarios a los empleados no permanentes en periodos de no cosecha	189
Tabla 63. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el pago de salarios a los empleados no permanentes en periodos de cosecha	190
Tabla 64. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el acceso a programas educativos.....	193
Tabla 65. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la diversidad en temas de capacitación a que han tenido acceso.....	194
Tabla 66. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la propiedad de la finca.	196
Tabla 67. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la equidad de género al contratar empleados	198
Tabla 68. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre las condiciones habitabilidad ofrecidas a los trabajadores	202
Tabla 69. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de elementos para la prestación de primeros auxilios.....	203
Tabla 70. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de botiquines de primeros auxilios en las instalaciones de la finca.	204
Tabla 71. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el uso de EPP para el manejo y aplicación de fertilizantes.....	206
Tabla 72. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas	207
Tabla 73. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de señalización de seguridad en los lugares de trabajo.....	208
Tabla 74. Motivos o razones por las que los caficultores no se certifican en el municipio de Pitalito.	210
Tabla 75. Motivos o razones por las que los caficultores han adoptado programas de certificación en el municipio de Pitalito.....	214
Tabla 76. Iteraciones sobre los datos del grupo de entrenamiento por el método <i>Stepwise</i> con criterio de búsqueda por AIC.	215
Tabla 77. Efecto del tratamiento en los tratados en variables explicativas.....	216
Tabla 78. Validaciones de calidad	217

Tabla 77. Parámetros de validación del modelo reducido	217
Tabla 80. ATET de variables reducidas para data completa	218
Tabla 81. Valores de los Odds Ratios (OR)	219
Tabla 82. CP de los indicadores de impacto ecológico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.	221
Tabla 83. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto ecológico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.....	222
Tabla 84. CP de los indicadores de impacto económico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.	223
Tabla 85. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto económico de la certificación de fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.....	224
Tabla 86. CP de los indicadores de impacto social de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.....	225
Tabla 87. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto social de la certificación de fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.....	226
Tabla 88. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente ecológico y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.	227
Tabla 89. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente económico y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.	229
Tabla 90. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente social y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.	230
Tabla 91. Categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación a partir del IIAI.....	232
Tabla 92. Impactos ecológicos generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila.....	240
Tabla 93. Impactos económicos generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila.....	241
Tabla 94. Impactos sociales generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila.....	242
Tabla 95. Impactos ambientales por componente a intervenir en planes de manejo ambiental	252
Tabla 96. Objetivos de un PMA genérico para fincas cafeteras certificadas	253
Tabla 97. Esquema de programas y proyectos del PMA	255

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Municipios del Departamento del Huila Productores de café y Rangos de áreas de Plantaciones (FNCC, 2015).....	28
Figura 2. Ubicación del municipio de Pitalito - Huila.	60
Figura 3. Procesos para estimación del índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI) empleado en este estudio.	112
Figura 4. Sección de diagramas de cajas según índices de biodiversidad en fincas cafeteras certificadas.....	129
Figura 5. Valores acumulados de índices IETARD, IMAPBHC y ICAPBHC para determinación del impacto sobre el recurso hídrico de fincas cafeteras certificadas.	142
Figura 6. Nube de palabras: motivos o razones por las cuales no adoptan programas de certificación	211
Figura 7. Nube de palabras: motivos o razones por las cuales adoptan programas de certificación.	213
Figura 8. Curva ROC para validación de los elementos de calidad del modelo	218

LISTA DE ABREVIATURAS

CE:	Café especial
RA:	<i>Rainforest Alliance</i>
FT:	<i>Fairtrade Labelling Organizations International</i>
Utz:	<i>Utz Certified</i>
Org:	Orgánico
CPr:	<i>Café Practice</i>
4C:	Código de Conducta 4C
NC:	No certificada
ICO:	<i>International Coffee Organization</i>
FNCC:	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia
cps:	Café pergamino seco
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
UPA:	Unidad de Producción Agropecuaria
PPP:	Pareamiento por puntajes de propensión
ATET:	Efecto promedio del tratamiento en los tratados
IP:	Impacto positivo
IN:	Impacto negativo
DL₅₀:	Dosis letal 50
Ij:	Índice de Jaccard
IMCVS:	Índice de medidas para la conservación de la vida silvestre
IETARD:	Índice de Eficiencia de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas
IMAPBHC:	Índice de Manejo del Agua en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café
ICAPBHC:	Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café
IIMARFC:	Índice integral de Manejo de Aguas Residuales de la Finca Cafetera
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
IMMIP:	Índice de medidas para el manejo integrado de las plagas
ICA:	Instituto Colombiano Agropecuario

OMS:	Organización Mundial de la Salud
IMRPP:	Índice de manejo de los residuos peligrosos originados por pesticidas
OIT:	Organización Internacional del Trabajo
IMRSD:	Índice de manejo de los residuos sólidos domésticos
TDCH:	Tasa de Dependencia del Café en el Hogar
IVC:	Ingreso por ventas de café
ITH:	Ingresos totales del hogar
GTP:	Gastos totales de producción
IPP:	Índice de Probabilidad de Pobreza
DANE:	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
IMR:	Índice de Manejo de Registros
IAPE:	Índice de Acceso a Programas Educativos
ICTCC:	Índice de Capacitación en Temas para el Cultivo del Café
SST:	Seguridad y Salud en el Trabajo
EPP:	Equipos de Protección Personal
AIC:	Criterio de información de Akaike
IIA:	Índice de Impacto Ambiental
IIAI:	Índice de Impacto Ambiental Integral
CTD:	Conjunto total de datos
CMD:	Conjunto mínimo de datos
ACP:	Análisis de componentes principales
FPL:	Función de Puntuación Lineal

1. INTRODUCCIÓN

Colombia después de Brasil y Vietnam es el tercer país con mayor producción de café en el mundo, con aproximadamente el 8 % de la producción global (*International Coffee Organization* (ICO), 2022). El café como producto de exportación es uno de los pilares fundamentales de la economía del país y del empleo rural (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC), (2021). Entre diciembre de 2020 y diciembre de 2021 se presentó una cosecha de 12,6 millones de sacos y registró un total aproximado de 840110 hectáreas (ha) sembradas de café de las cuales 144120,2 se encuentran ubicadas en el departamento del Huila (FNCC, 2022b; Agronet, 2022), este departamento al finalizar el año 2020 logró una producción de 197370 toneladas (t) que corresponden al 22,9% de la producción nacional, ubicándolo desde hace 11 años consecutivos como el departamento de mayor producción de café y café especial (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), 2021; Agronet, 2022).

Esta creciente producción agroindustrial demanda una serie de recursos naturales y ciertas condiciones socioeconómicas; es así, como la producción cafetera en Colombia genera varios problemas ecológicos, siendo los más importantes la contaminación hídrica, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad (Trimarchi, 2015; Moreno y Romero, 2016; Roach *et al*, 2021). El procesamiento convencional de 1 kg café pergamino seco (cps) emplea aproximadamente 40 L de agua entre su lavado y fermentación, adicionalmente el agua se puede contaminar con las descargas de materia orgánica proveniente de la pulpa y de diferentes agentes químicos de productos fertilizantes y plaguicidas (Rodríguez *et al*, 2015). La mayor parte de la producción cafetera de Colombia se realiza en cultivos sin sombrero, menos del 30% de la superficie cultivada presenta este tipo de sistema agroforestal (Guhl, 2009); esta fracción coincide a nivel global (Aguirre *et al*, 2022), debido a la implementación de variedades que no requieren sombra, lo que en el pasado incrementó la deforestación e incrementó el uso de agroquímicos dado a que los efectos beneficiosos de la sombra natural se pierden (Jha *et al*, 2014; Atallah *et al*, 2018), Así mismo, la pérdida de la cobertura vegetal presenta un impacto directo sobre la biodiversidad de los ecosistemas complejos y frágiles; por lo que la conservación de la diversidad biológica requiere una estrategia a nivel de paisaje más allá de solo aplicar buenas prácticas en fincas individuales (Rincón *et al*, 2009; *Rainforest*

Alliance, 2014; Gonzales *et al*, 2021; Valente *et al*, 2022).

Los problemas sociales en sector cafetero se centran básicamente en la fuerza de trabajo que generalmente se sustenta en los miembros de la familia en el caso de los pequeños productores, aunque estos también requieren de la mano de obra de los jornaleros, cuyas condiciones laborales carecen de ciertas garantías, como equipos de seguridad, horarios laborales definidos, protección social y en algunos casos falta de instalaciones sanitarias y agua potable; sin desconocer que el trabajo infantil en Colombia integra un 25% de niños en actividades agrícolas (MinTrabajo, 2012, Vellema *et al*, 2015; Torres *et al*, 2019; Dietz *et al*, 2020; Andrade *et al*, 2021). Por otro lado, una de las cuestiones económicas más apremiantes para pequeños productores de café en Colombia es su precio (Dietz *et al*, 2020). Como los productores de café de todo el mundo, tienen que hacer frente a la volatilidad de los precios de los productos básicos que producen, ya que el café se comercializa en los mercados financieros a nivel internacional. Por esta razón, los productores de Colombia verán la rentabilidad de su actividad, altamente influenciado por causas que están fuera de su alcance, como el comportamiento variacional en la producción de los países del sudeste asiático, Vietnam e Indonesia, o como un período de sequía en Brasil (Volcafé, 2013; Vellema *et al*, 2015; Dietz y Grabs, 2022). Además, puesto que el café se cotiza en dólares, los ingresos de los agricultores son también fuertemente influenciados por el tipo de cambio entre el dólar estadounidense y el peso colombiano (Trimarchi, 2015).

En los últimos 20 años, parte de la caficultura colombiana ha adoptado una serie de esquemas de certificación que consiste en desarrollar una serie de prácticas de producción sostenible o estándares voluntarios de sostenibilidad, verificadas por una entidad u órgano certificador que otorga a la finca y al producto una certificación representada en una etiqueta, cuyo objetivo es permitirle obtener un mejor precio e incrementar la competitividad en el mercado, ya que indican a los consumidores que el café que compran y por el cual pagan una prima adicional proviene de procesos productivos bajo un adecuado manejo agrícola que las hace económicamente viables, ambientalmente adecuadas y socialmente beneficiosas y equitativas (De Lima *et al*, 2008; Jurjonas *et al*, 2016; Bray y Neilson, 2017).

Para el año 2021, en todo el mundo se registró un aproximado de 4,1 millones de hectáreas de café certificadas bajo uno de los 5 principales sellos de cumplimiento de estándares de sostenibilidad voluntarios. Estos sellos hacen referencia a los programas de certificación: *Bird-Friendly* (Smithsonian Migratory Bird Center) con 14973 ha (Williams *et al*, 2021), *Fairtrade Labelling Organizations International* (FT) con 1,1 millones de ha (Fairtrade International, 2022), Orgánico con 744942 ha (Willer *et al*, 2022), *Rainforest Alliance* (RA) y *UTZ Certified* (Utz) con 583026 y 826397 ha respectivamente (Rainforest Alliance, 2022), aunque cabe aclarar que esta no es el área real de plantaciones certificadas, ya que una misma hectárea de café puede estar certificada bajo varios programas.

Tales beneficios de la certificación se han evaluado en diversos estudios realizados en diferentes regiones productoras de café en el mundo y se expondrán de una manera más amplia en el marco teórico de esta propuesta. Los impactos que con mayor frecuencia se describen en los estudios, corresponden a los relacionados con la reducción del uso de agroquímicos, que se reporta en todas las regiones productoras (Milder y Newson, 2015; Ibáñez y Blackman, 2016, Gatti *et al*, 2022); el aumento de la biodiversidad es reportado en estudios de Centro y Suramérica (Komar, 2012; Milder y Newson, 2015; Hardt *et al*, 2015, Suárez *et al*, 2019; Aguirre *et al*, 2022), Sin embargo, no hay evidencia real de que así sea en Asia, como tampoco, que los impactos ecológicos generados por las certificaciones sean permanentes (Kessler *et al*, 2012; Ho *et al*, 2021). Los impactos sociales de mayor frecuencia corresponden a la reducción de la mano de obra infantil en Asia (Auriol y Schilizzi, 2015); la reducción del nivel de pobreza en comunidades africanas (Chiputwa *et al*, 2015; Bray y Neilson, 2017) y mejora en las condiciones laborales en Suramérica (Guhl, 2009; Caviedes y Olaya, 2020). Finalmente, en el aspecto económico se describe en mayor frecuencia la estabilidad y garantía de precios en todas las regiones productoras, sin embargo, en algunas regiones de África y Centro y Suramérica, los caficultores indican que no es suficiente para mitigar la inversión de la certificación y no contribuye a erradicar la pobreza de los productores (Van Rijsbergen *et al*, 2016; Dietz y Grabs, 2022; Estrella *et al*, 2022). Estos resultados evidencian divergencias en los impactos que los esquemas de certificación generan en cada región y coinciden en la necesidad de más investigación para evaluar la implementación real y su efecto (Blackman y Rivera, 2010; DeFries *et al*, 2017; Caviedes y

Olaya, 2020; Partzsch *et al*, 2021).

Las variaciones expuestas anteriormente, son atribuibles al contexto y a los actores de la implementación de los estándares voluntarios de sostenibilidad, al nivel de esfuerzo de las instituciones (incluidas las públicas) o las cooperativas de caficultores para apoyar la obtención de la certificación y ampliar la cobertura sin discriminar el grado de sostenibilidad del productor al inicio del proceso, de tal manera, que no solo se certifiquen comportamientos preexistentes (Dietz *et la*, 2020; Dietz y Grabs, 2022). De igual manera, también es atribuible a aspectos como las relaciones industriales, al sistema comercial de la región, el derecho laboral, el derecho de propiedad y aspectos culturales, como la idiosincrasia de las comunidades y la resistencia al cumplimiento de los estándares debido a la baja relación costo – beneficio que encuentran con la implementación de los programas (Amengual y Chirot, 2016; Ibáñez y Blackman, 2016; Caviedes y Olaya, 2020; Roach *et al*, 2021; Graz, 2022)

La literatura referente a la evaluación directa o indirecta del impacto de los programas de certificación en Colombia ha incrementado, principalmente en la publicación de artículos en revistas de alto impacto (Caviedes y Olaya, 2020; Caviedes *et al*, 2023). No obstante, la mayoría de las publicaciones solo se remiten a evaluar algún aspecto de los tres componentes de la evaluación de impacto (ecológico, económico y/o social) y principalmente se enfoca en los programas de certificación *Rainforest Alliance* y Orgánico, por lo que se evidencia el vacío de información respecto al efecto de las combinaciones de esquemas o multicertificación. De igual manera se pudo determinar que los departamentos de Cundinamarca y Santander presentan la mayor densidad de estudios que indican algunos efectos de la adopción de estándares voluntarios (Caviedes *et al*, 2023).

En el departamento del Huila existen aproximadamente 102000 fincas pertenecientes a 83000 caficultores que representan el 14 % del país y que cultivan 144120 hectáreas de café (FNCC, 2022). Estos productores no son ajenos a la problemática ambiental y socioeconómica anteriormente citada, pero al igual que muchos productores en otras regiones del país han optado por incluir en sus procesos productivos programas de buenas prácticas agrícolas o de agricultura sostenible, al igual que programas de condiciones laborales y comercio justos. Sin

embargo, apenas un 13 % de las fincas del departamento han adoptado programas de certificación, siendo los programas *Rainforest Alliance* (RA), *Fairtrade Labelling Organizations International* (FT), *UTZ Certified* (Utz) y Orgánico (Org) los más implementados.

Los estudios realizados en este departamento del Huila por Aristizábal y Duque, (2005); Polo, (2013); Duarte, (2013); Valbuena *et al*, (2017) y Suárez *et al*, (2021), registran una serie de impactos generados por la caficultura, destacando la contaminación hídrica, contaminación por uso de agroquímicos, aumento de procesos erosivos, disminución de la cobertura arbórea y aumento de algunas emisiones atmosféricas y cálculos de valores de capital. No obstante, son muy limitados en el aspecto socioeconómico y algunos de ellos no toman como variable la adopción de programas de certificación. Así mismo, estos estudios son limitados en cantidad y calidad, careciendo del rigor estadístico e incorporan sesgo significativo en el proceso de muestreo y en la selección del tamaño de la muestra; si bien tienen contribuciones en la toma de decisiones a nivel predial, no representan un insumo de confianza para el establecimiento y gestión de las políticas a nivel regional, evidenciándose vacío de conocimiento en la adopción efectiva del programa de certificación.

La adopción de los programas de certificación cuyo objetivo básicamente está dirigido a reducir los impactos negativos y mejorar los impactos positivos que para este caso genera la caficultura, también genera otra serie de impactos paradójicamente negativos, principalmente cuando se compara con quienes por diferentes motivos no adoptan tales programas. Por otro lado, el fenómeno de la adopción de múltiples certificaciones (super etiquetas) por una finca o un grupo asociativo, puede generar una inversión innecesaria, además de otros efectos adversos poco evaluados en el mundo cafetero (Vanderhaegen *et al*, 2018).

Es evidente que, a pesar del desarrollo de algunos estudios en el departamento del Huila, existe un vacío significativo de conocimiento respecto a los efectos ecológicos y socioeconómicos que los programas de certificación han generado desde su adopción en la caficultura de Colombia y específicamente la del departamento del Huila, como por ejemplo, si realmente el caficultor percibe un beneficio económico o tales beneficios sólo se concentran

en los demás componentes de la cadena de comercialización y si este fenómeno es atribuido a la permisibilidad que generan los vacíos en las políticas públicas y privadas o si por el contrario las políticas del gobierno favorecen al productor, independientemente de los programas de certificación, si la combinación de esquemas de certificación tienen los mismos efectos que solo contar con una o si realmente hay cumplimiento de los criterios o solo se obtiene la certificación por pertenecer a una asociación o incluso estas se remiten a certificar grupos de fincas con comportamientos preexistentes, lo que reduciría el cumplimiento de los diferentes objetivos de estos estándares voluntarios. De igual manera, se desconocen los motivos por los cuales los caficultores huilenses adoptan, uno o varios esquemas de certificación. Esta investigación pretende dar respuesta a los interrogantes: ¿Cuáles son los impactos ecológicos, sociales y económicos generados en las fincas cafeteras con certificación RA, Org, FT, Utz, CPr o 4C en el municipio de Pitalito – Huila, ¿cuáles factores restringen o estimulan su adopción y cómo se podría mejorar los impactos positivos y minimizar los impactos negativos de estas fincas? Información que podría dar origen a medidas dirigidas a mejorar, optimizar o evitar tales impactos.

La investigación se desarrolló siguiendo diversas técnicas estadísticas para selección de muestra, resolución del problema del contrafactual, determinación del efecto de los programas de certificación, valoración de indicadores globales mediante conjuntos mínimos de datos y componentes principales; análisis de sentimiento mediante procesamiento de lenguaje natural en lenguaje de programación multiparadigma y definición de predictores mediante regresión logística binomial, a fin de dar validez a los resultados arrojados luego del análisis de datos obtenidos de una muestra de 461 fincas cafeteras del municipio de Pitalito en el departamento del Huila.

2. OBJETIVOS

Con el propósito de ofrecer respuestas a la pregunta de investigación, se consideró necesario realizar un estudio a partir de los siguientes objetivos generales y específicos:

2.1 Objetivos generales

Determinar los impactos ambientales generados por las fincas cafeteras con certificación RA, Org, Utz, FT, CPr o 4C en el municipio de Pitalito, Huila, identificar los factores que restringen o estimulan su adopción y proponer estrategias para maximizar y minimizar respectivamente, los impactos positivos y negativos.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificar, valorar y comparar los impactos ecológicos, económicos y sociales generados por las fincas cafeteras no certificadas y certificadas con los programas RA, Org, Utz, FT, CPr o 4C.
2. Reconocer los factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación en fincas cafeteras.
3. Comparar el impacto ambiental de esquemas que incluyen múltiples programas de certificación, definiendo su eficiencia en términos ecológicos y socioeconómicos que argumenten la viabilidad de dicha práctica.
4. Analizar los impactos ambientales de la caficultura certificada, definiendo criterios generales que permitan originar planes de manejo ambiental dirigidos a maximizar los impactos positivos y minimizar los impactos negativos de las fincas cafeteras.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Propagación de la Producción cafetera en el Mundo

La dispersión del café por el mundo se le atribuye inicialmente a la cultura musulmana. Entre el siglo VIII y XIII se distribuyó en Arabia, donde la política establecida sobre el grano impedía la salida de granos fértiles a fin de monopolizar su cultivo. Para 1510 ya se había distribuido el cultivo por todo el mundo musulmán (Chalarca, 2000; Guhl, 2004).

Según Chalarca (2000) el ingreso a Europa se desarrolló por Turquía y de ahí pasó a Italia, Francia y Holanda; pero otros atribuyen la obtención de semillas fértiles, ingreso a Europa y cultivo en invernaderos a los holandeses, quienes a finales del siglo XVII llevaron el cultivo a India y al territorio del actual Sri Lanka, llegando a comienzos del siglo XVIII a Indonesia y China, aunque de este último se reportan datos con anterioridad. Precisamente, el primer ingreso del café a América es adjudicado a los chinos a finales del siglo XV (Guhl, 2004), pero no existen registros arqueológicos que permitan determinar su cultivo con fines productivos. Por otro lado, para 1730 se tienen indicios de su ingreso a la isla de Jamaica en cuyo territorio se desarrolló el cultivo al igual que en Costa Rica.

En Suramérica, su ingreso data de antes de 1727 cuando llega a Brasil, sacado de las Guayanas francesa y holandesa, donde solo hasta comienzos del siglo XIX se empezó a producir en masa y de donde se difundió a Venezuela y, de allí, en 1820 a Colombia en donde se terminó de dispersar por la región andina a inicios del siglo XX (Chalarca, 2000).

3.2 Especies de Café Cultivadas

El género *Coffea* comprende más de 103 especies, pero la producción de café utiliza sólo dos especies en todo el trópico: *Coffea canephora*, mejor conocida como Robusta, que es auto-estéril y diploide, y de la cual, para el año 2016 se produjeron en el mundo 3385140 t, y la especie *Coffea arábica*, que es auto-fértil y tetraploide, con una producción mundial de 5712240 t en el mismo año (Charrier y Berthaud, 1985; ICO, 2017).

En los continentes productores, la selección de la especie es variada en sus propias regiones, es así que en África oriental predomina la especie *arábica*, mientras en la región occidental y central lo hace la Robusta, aunque en las zonas altas de esta última también hay cultivos de la especie *arábica* (Panhuysen y Pierrot, 2014). En Asia predomina la especie Robusta, mientras en México, Centroamérica y Suramérica la especie que predomina es la *arábica*, sin embargo, en Brasil también incluye la especie Robusta en los cultivos de su territorio con menor altitud (Panhuysen y Pierrot, 2014; UTZ, 2015).

En Colombia se cultiva la especie *arábica* cuyas variedades Típica, Borbón, Maragogipe y Tabi, se caracterizan por su alto porte y su susceptibilidad a la roya, a excepción de la variedad Tabi; por otro lado, las variedades Caturra, Colombia y Castilla son de bajo porte y con excepción de la variedad caturra, resistentes a la roya (Echeverri, 2004).

3.3 Principales productores de café certificado en el mundo

Según datos publicados por la *International Coffee Organization* (ICO) (ICO, 2022) en el año 2020 la producción global de café fue de aproximadamente 169,6 millones de sacos de 60 kg. El 45,8 % de la producción mundial se genera en Suramérica, donde Brasil y Colombia, primer y tercer productor del planeta respectivamente, generan el 94,1 % del continente. Por su parte, Asia aporta el 28,8 % del café mundial, en la que países como Vietnam (segundo productor mundial), Indonesia e India contribuyen con el 95,3 % del café asiático (tabla 1).

El continente africano cuyos principales productores son Etiopía y Uganda produjo en el año 2020 aproximadamente 10,9% del grano que se consume en el mundo, una cantidad muy similar a la de Centro América y México, donde países como Honduras, Guatemala y Nicaragua son los principales productores de la región. Finalmente cabe destacar a Papúa Nueva Guinea como el principal productor de café en Oceanía con una producción de 683000 sacos en 2020 que representan el 0,4 % del café mundial.

Tabla 1. Principales países productores de café, año 2020.

País productor	Producción total	
	(en miles de bolsas de 60kg)	% de producción mundial
Brasil	63400	37,37
Vietnam	29000	17,09
Colombia	14300	8,42
Indonesia	11950	7,04
Etiopía	7375	4,35

Fuente: *International Coffee Organization* (2022)

3.4 Producción Cafetera en Colombia

Colombia produjo en el año 2021 12,5 millones de sacos de c.p.s de 60 kg, el valor de esta cosecha registrada anual fue de más \$ 10,7 billones (FNCC, 2022b), demostrando un potencial generador de crecimiento del PIB del sector agrícola, tanto así, que del aumento del 3,3% que en el año 2021 tuvo el PIB en este sector, el 15,3% fue contribución exclusiva de la producción cafetera (FNCC, 2021a; FNCC, 2021b). El café es el cuarto producto con mayor participación en las exportaciones de Colombia, después de productos hidrocarburos (Piraquive *et al*, 2017) solo durante el año 2021, las exportaciones de café comprenden 12439000 sacos de 60 kg, cantidad que no supera los valores alcanzados en el periodo anterior y que se le atribuye principalmente al efecto de la pandemia ocasionada por el Covid 19 (FNCC, 2021; FNCC, 2022b).

El valor de la cosecha cafetera se distribuye como ingresos entre más de 563 mil familias productoras, de las cuales el 96 % tienen menos de 5 hectáreas de café (Bravo *et al*, 2016; FNCC, 2021b) y en donde se genera aproximadamente 2,5 millones de empleos, de los cuales, 960 mil son directos, lo que equivale aproximadamente al 26% del total de empleos agrícolas, un número significativamente superior al generado por otras actividades agropecuarias (FNCC, 2021b; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2022).

La caficultura en Colombia se desarrolla en 23 departamentos con áreas andinas, pero el 68,5 % de las plantaciones de un total de 840110 ha y más del 70% de la producción se ubican en seis departamentos (Tabla 2) con variados niveles de tecnificación del cultivo, donde se

destacan los departamentos del Huila y Antioquia, primer y segundo productores cafeteros del país respectivamente, con el 36,6 % de la producción nacional. De acuerdo con datos publicados en FNCC al año 2018 se registraron 227856 fincas con al menos un esquema de certificación de sostenibilidad (FNCC, 2021b).

Tabla 2. Principales productores de café en Colombia, sus áreas de cultivo y nivel de tecnificación al año 2021 de acuerdo con la FNCC (2022b) y Agronet (2022).

Departamento	%	Área Cultivada (miles de ha)	% Área Cultivada Nacional	Nivel de Tecnificación*		
				Tradicional	Tecnificado Envejecido	Tecnificado Joven
Huila	22,86	144,12	17,75	0,09	18,85	125,17
Antioquia	13,69	116,29	13,84	0,00	19,26	97,02
Tolima	10,57	107,03	12,73	0,65	26,76	79,61
Cauca	11,24	93,00	11,06	0,96	16,61	75,44
Caldas	6,41	59,28	7,05	0,01	7,54	51,72
Valle del Cauca	5,78	51,38	6,11	0,38	8,59	42,42

*En miles de hectáreas a diciembre de 2021.

Tradicional: Típica sin trazo o típica con densidad menor a 2500 árboles.

Tecnificado Envejecido: Cultivos al sol mayores a 9 años, o cultivos a la sombra total o parcial mayores a 12 años

Tecnificado Joven: Cultivos al sol menores o iguales a 9 años, o cultivos a la sombra total o parcial menores o iguales a 12 años

3.5 Producción Cafetera en el Departamento del Huila

El departamento del Huila en los últimos años se ha consolidado como el principal productor de café en Colombia con más del 22 % de la cosecha nacional, generada por un parque cafetero constituido por más de 825,3 millones de árboles, cifra de la cual, más del 86 % es joven y tecnificado (tabla 2), con densidad media de 5727 árboles por hectárea, que llega a una productividad media de 16,4 sacos de café verde por hectárea (FNCC, 2021; FNCC,

2022b). Tal productividad de la caficultura aporta el 14 por ciento del Producto Interno Bruto departamental (PIB) y el 45 por ciento del PIB agropecuario, generando aproximadamente 101 mil empleos directos, con un 74% de la población rural dedicada a la caficultura (Delgado *et al*, 2015; FNCC, 2022).

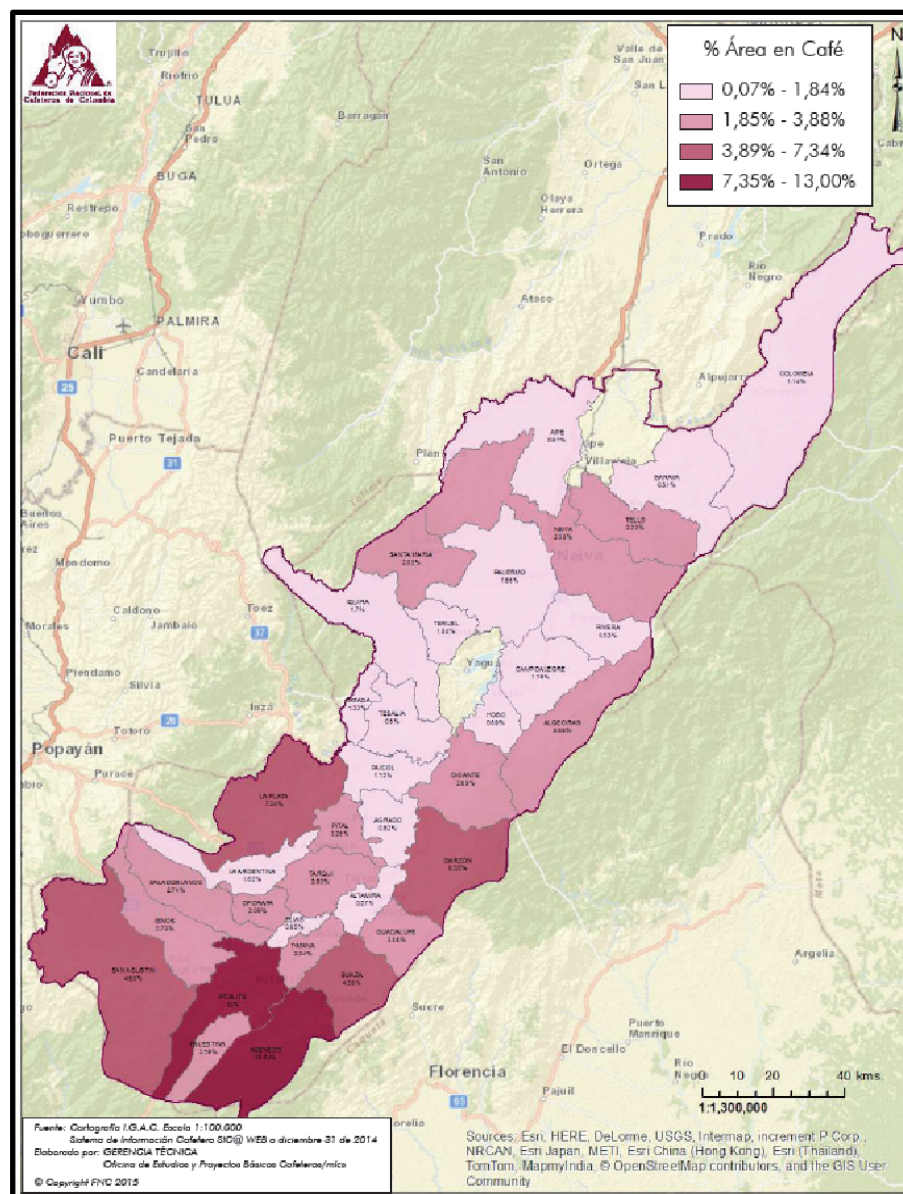


Figura 1. Municipios del Departamento del Huila Productores de café y Rangos de áreas de Plantaciones (FNCC, 2015).

De los 37 municipios del departamento del Huila, 2 no tienen producción cafetera (Villavieja y Yaguará), siendo la distribución de % de área sembrada con café en su territorio así: 16 entre el 0,07 y el 1,84 %; 13 entre 1,86 a 3,88 %, 4 (Garzón, La Plata, Suaza y San Agustín)

entre 3,89 a 7,34 % de su territorio. De igual manera, los municipios de Pitalito y Acevedo presentan sembradíos de café en áreas que oscilan entre el 7,35 y 13 % de su territorio (Figura 1). Finalmente, es importante indicar que 5 de los 10 municipios de mayor producción cafetera en Colombia son del departamento del Huila (Pitalito, Acevedo, La Plata, Garzón y Suaza) que en el año 2021 registraron una producción de 83191 t (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), 2021; Agronet, 2022).

3.6 Cafés Especiales

Luego de diversas crisis en el mercado cafetero y ante las escasas oportunidades para los pequeños productores de incrementar su participación en los beneficios del comercio internacional de este producto, surgió la alternativa de apoyar la creación de vínculos de los pequeños agricultores a los mercados de cafés especiales, incluidos los destinados a la certificación de comercio justo y el café orgánico, con lo que se ha buscado mejorar las perspectivas de los pequeños productores en el corto y largo plazo (Donovan y Poole, 2014).

El mercado de los cafés especiales ha evidenciado un rápido crecimiento por su alta demanda, aunque para acceder a estos mercados los agricultores han tenido que cumplir con una serie de requisitos estrictos que generalmente conducen a la certificación por parte de una entidad u órgano certificador, al cual los productores solicitan inspecciones para verificar de forma independiente. La certificación de fincas de café como orgánico, comercio justo, y/o de sombra (*Rainforest Alliance*) ofrece una manera de proteger la biodiversidad y promover salarios dignos para los agricultores. Si se cumplen los criterios de la agencia de certificación, se autoriza un sello de aprobación en los envases, de ese modo se garantiza a los consumidores que los criterios específicos del programa de certificación se cumplen en la granja donde se cultivan productos (Milder *et al*, 2014).

La diferenciación en el mercado presupone a una empresa o consumidor una demanda sustancial de productos sostenibles. Esta demanda podría reflejarse en la disposición a pagar precios más altos para los productos certificados como sostenibles, o en las expectativas de que ciertas líneas de productos se derivan sólo de fuentes sostenibles. Los productores pueden

beneficiarse de precios más altos para los productos certificados, lo cual da lugar a un incentivo económico para que estos adopten prácticas de sostenibilidad (Ferraro *et al*, 2005) y aseguren el acceso a un mercado del que de otro modo podrían quedar excluidos (Tscharrntke *et al*, 2015). A continuación, se exponen las definiciones de los cafés y se sintetizan las certificaciones y los criterios de cumplimiento bajo los cuales se otorgan los sellos que se pretenden evaluar en este estudio.

Cafés Especiales (CE). Este término fue empleado por primera vez en 1978 en la conferencia de Café en Montreul (Francia), haciendo alusión a la producción de granos de café con sabor único. Para 1982 la Asociación Americana de Café Especial definió el café especial como “buena preparación de un origen único y sabor distintivo” (Ospina, 2008; Farfán, 2010); Para la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia FNCC (2010), “un café especial es un café de alta calidad, pero un café de alta calidad No es un café especial”, por ello lo han definido como “aquellos valorados por los consumidores por sus atributos consistentes, verificables y sostenibles y por los cuales están dispuestos a pagar precios superiores”. Estos cafés se clasifican en tres categorías que también pueden combinarse: Café de Origen, Café de Preparación y Café Sostenible.

- Café de Origen: provienen de una región o finca, con cualidades únicas, debido a que crecen en lugares determinados. Son vendidos al consumidor final sin ser mezclados con otras calidades o cafés provenientes de otros orígenes (FNCC, 2016).
- Café de Preparación: tienen una apariencia especial por su tamaño y forma, lo que los hace apetecidos en el mercado internacional. También pertenecen a esta categoría los cafés que satisfacen las preferencias de un cliente en particular y se acopian para ofrecer un producto consistente (FNCC, 2016).
- Café Sostenible: la categoría busca ejercer una supervisión estricta sobre los factores sociales, ambientales y económicos asociados con la producción de café, para garantizar el futuro de las personas y comunidades que lo cultivan. Estas comunidades tienen un serio compromiso con la protección del medio ambiente, la conservación de la biodiversidad de sus zonas y la promoción del llamado "mercado justo" con los países en vías de desarrollo. Los cafés sostenibles involucran procesos de certificación y/o

cumplimiento de códigos de conducta (FNCC, 2016).

Cafés Certificados. En el departamento del Huila los CE se encuentran certificados básicamente dentro de los programas “*Rainforest Alliance*”, “*Fairtrade Labelling Organizations International*”, “*UTZ Certified*” y Orgánico. El programa de certificación *Rainforest Alliance* (RA), es una coalición de organizaciones conservacionistas independientes, sin ánimo de lucro, que fomenta la sostenibilidad socioambiental de actividades agrícolas mediante el desarrollo de estándares y la certificación de fincas que cumplan con ellos (Farfán, 2010), actualmente es denominada una certificación basada en datos lo que permite procesos de mejora continua y que desde mediados de 2018 se ha integrado con el código de conducta de Utz (*UTZ Certified*), que es una iniciativa independiente que ha desarrollado un código de conducta para la producción de café sostenible sobre la base de las “buenas prácticas agrícolas” del Grupo Europeo de Vendedores al detal (EUREP-GAP) (CRECE, 2015), pero que ahora se fusionó en un solo estándar de certificación de sostenibilidad aplicado desde 2020 (RAS, 2020).

Por su parte, el programa de certificación *Fairtrade Labelling Organizations International* (FLO), promueve el desarrollo social, económico y democrático; además, garantiza que los productores y agricultores reciban una recompensa equitativa de su trabajo (Farfán, 2010; *Fairtrade International*, 2019). Los programas de certificación Orgánico corresponden a diferentes etiquetas con algunas variaciones dependiendo del destino del producto, es así que, las certificaciones orgánicas adoptadas en Colombia principalmente corresponden a NOP-USA que es la certificación orgánica emitida por el *Agricultural Marketing Service* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica; el certificado JAS, es el certificado de producción agrícola y de procesamiento de producción orgánica Japonés; la certificación de productos orgánicos bajo la Norma Ecológica de equivalencia con los reglamentos (CE) 834/2007 y 889/2008 que permite mover libremente por todo el Mercado Común Europeo y la certificación acreditadas por el gobierno de Corea. También existe certificación orgánica para Canadá y para Colombia. Sin embargo, todas coinciden en que son otorgadas a quienes adoptan sistemas de manejo de producción que promueven y mejoran la biodiversidad, los ciclos biológicos, la actividad biológica del suelo como ser viviente, la

incorporación de materia orgánica para promover cultivos saludables sin el uso de químicos sintéticos cumpliendo con las siguientes normas básicas en el caso del cultivo de café.

El programa C.A.F.E Practice (CPr) es una iniciativa comercial de la compañía Starbucks. Este programa de compra y venta de café verde se basa en incentivos otorgados en la compra de café a caficultores que lo producen de manera sostenible y cumplen inicialmente con criterios de calidad del producto, responsabilidad socioeconómica, mejor acceso al mercado y liderazgo ambiental (Salazar, 2005; Fajar *et al*, 2023). Finalmente, el Código de común para la comunidad cafetera 4C es un programa que fomenta la aplicación de buenas prácticas agrícolas para el mejoramiento de la producción, el procesamiento y el comercio sostenible del café, además de otros aspectos socioeconómicos y ecológicos, como la protección del suelo, el agua y la conservación de la vida silvestre (Lentijo y Hostetler, 2011; Renard, 2022). En la tabla 3 se presenta un paralelo comparativo de criterios de calidad auditados por las Certificaciones o Sellos de sostenibilidad para los programas “*Rainforest Alliance*”, “*Fairtrade Labelling Organisations International*”, “*UTZ Certified*”, Orgánico, C.A.F.E Practice y 4C.

La aplicación de medidas por parte de los caficultores y grupos asociativos en aras de dar cumplimiento con los criterios establecidos por los programas de certificación, a pesar de tener como objetivo la sostenibilidad en términos ambientales y socioeconómicos de la producción del grano, genera diversos impactos y en diferente proporción según el país o la región donde se desarrolle la actividad productiva.

3.7 Estudios sobre el Impacto de la Certificación del Café

Basados en las indicaciones referidas en el *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Higgins *et al*, 2019) y la metodología *Joanna Briggs Institute* (JBI) para las revisiones de alcance (Peter *et al*, 2020), se definió la metodología para este proceso de obtención, selección y análisis de documentación. Inicialmente se estableció el alcance de las preguntas de investigación, definiendo estas como ¿cuál es el grado de conocimiento en la literatura sobre el impacto ambiental que ha generado la adopción de programas de

certificación en buenas prácticas ecológicas, económicas y sociales en las fincas cafeteras de los principales países productores del grano? y ¿Cuáles son los impactos ambientales de la caficultura colombiana certificada? Los resultados obtenidos se presentan de manera general, exponiendo un balance de lo concluido por diferentes autores y posteriormente se presentan los principales impactos reportados por continente, de acuerdo con Caviedes y Olaya (2020). Finalmente, se presentará una síntesis de los resultados obtenidos de la literatura del impacto de la caficultura certificada en Colombia.

Las publicaciones referentes para identificar y analizar el efecto de los esquemas de certificación o estandartes voluntarios presentan un amplio espectro, dadas las diferentes etiquetas adoptadas y las dinámicas políticas y comerciales de los países que comprenden geográficamente el cinturón cafetero. Terstappen *et al* (2013) en revisión de información bajo diversas estrategias de búsqueda, encontró 573 recursos “potencialmente relevantes” relacionados con redes de comercio justo y alternativo, publicados entre 1990 y 2010, de éstos se seleccionaron 250 artículos, de acuerdo a criterios establecidos por los investigadores, de los cuales, 56 presentan discusiones ambientales, 135 económicas y 129 sociales, todas ellas desde el comercio justo y con enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos, lo que evidencia un amplio interés por mostrar los efectos de la producción cafetera bajo programas de certificación. Sin embargo y a pesar de que los organismos de certificación han generado numerosas evaluaciones de impacto real de sus programas a corto y largo plazo, los resultados han sido contradictorios y todavía se hace necesaria una investigación de mayor calidad y en diferentes escenarios (Takahashi y Todo, 2013; Trimarchi, 2015).

Tabla 3. Criterios auditados por las certificaciones o sellos de sostenibilidad, adaptado de Andrade et al (2021).

Criterios	Comercio justo-FT	Orgánico	<i>Rainforest Alliance</i>	<i>UTZ Certified</i>	<i>C.A.F.E Practice</i>	4C
Condiciones comerciales	Trazabilidad, contratos y marca registrada	Trazabilidad en transporte, almacenamiento y maquila	Verificación de toda la cadena de custodia más allá del ciclo de producción.	Verificación de calidad del producto que asegura primas de venta.	Iniciativa Industrial con verificación de calidad de tasa y aseguramiento de prima de ventas	Iniciativa industrial con trazabilidad del ciclo de producción y postcosecha.
Producción	Cumplimiento del Sistema de Control Interno (SCI)	Seguimiento de procesos administrativos, productivos y comerciales bajo el manual de calidad	Cumplimiento de estándares de la Red de Agricultura Sostenible (RAS). Regula distancias y densidades de los ecosistemas y las unidades de vivienda	Se verifica el cumplimiento de Buenas Prácticas Agrícolas y el manejo administrativos de las fincas. Igualmente, productividad, ingreso, condiciones de financiación e infraestructura.	Seguimiento y verificación de cinco requisitos establecidos en tarjeta de puntuación C.A.F.E Practice en un proceso supervisado por la Scientific Certification Systems (SCS).	Verificación de principios y criterios de sostenibilidad establecidos en el Código de Conducta de 4C
Desarrollo Ambiental	Manejo ambiental, plaguicidas y fertilizantes, uso de agua, gestión del suelo, residuos, biodiversidad, emisiones de CO ₂	Fertilización y manejo de plagas y enfermedades mediante el uso de insumos orgánicos, cuidado del medio ambiente, conservación de la biodiversidad, regulación de las siembras en monocultivo.	Verifica la gestión social y ambiental, conservación de ecosistemas y vida silvestre, los recursos hídricos, el manejo integrado del cultivo, los suelos y desechos.	Se verifica la calidad y salud del suelo, el uso eficiente del agua y la energía, la reducción de residuos y contaminación y la protección de hábitats naturales	Verificación del uso racional y eficiente del recurso hídrico y energía, gestión de residuos y desechos, conservación del suelo, cambio climático y manejo de plagas	Protección de la biodiversidad, uso de agroquímicos, conservación del agua y el suelo, consumo de energía y manejo de residuos.

Criterios	Comercio justo-FT	Orgánico	<i>Rainforest Alliance</i>	<i>UTZ Certified</i>	<i>C.A.F.E Practice</i>	4C
Condiciones laborales	Derechos, libertad del trabajo, trabajo infantil, asociatividad, seguridad ocupacional,	Los trabajadores y sus familias tengan acceso a agua potable, alimento, vivienda, educación y servicios de transporte y de salud.	Buen trato a los trabajadores, las condiciones de salud y seguridad ocupacional	Cumplimiento de derechos laborales, seguridad ocupacional, trabajo infantil y asistencia escolar.	Contratación y salarios justo, libertad de asociación, seguridad y salud laboral, sistemas de gestión y acceso a educación	Derechos humanos, derechos y condiciones laborales
Organización	Participación y empoderamiento en las agremiaciones por ser orientado especialmente a grupos de productores	No se verifica. Cualquier productor individual puede someterse a verificación para certificarse	No se verifica, aunque se sugieren prácticas para buenas relaciones con vecinos y comunidad y los intereses locales de los productores	Participación y empoderamiento en las agremiaciones de productores que integren la iniciativa de certificación	El productor o grupo de productores se someten a verificación de puntuación en los requisitos exigidos	No se verifica. Cualquier productor individual solicitar verificación para certificarse

Blackman y Rivera (2010) analizaron diferentes investigaciones sobre el impacto ambiental generado por las certificaciones de sostenibilidad, condiciones laborales y comercio justos, en la producción de varios productos agrícolas; para el caso del café se reportaron 26 investigaciones de las que solo 6 presentan una estructura razonable y verificable para el estudio de impacto, evidenciando que los estudios a nivel de fincas certificadas no proporcionan pruebas convincentes de que la certificación tiene impactos positivos al nivel socioeconómico y ambiental (Trimarchi, 2015; Grabs *et al*, 2016; Dietz y Grabs, 2022).

Estos estudios evalúan comparativamente los impactos de la producción certificada con la no certificada, pero parece no existir evaluaciones del impacto basados en el antes y después de la certificación. Arnould *et al* (2009) y Bolwing *et al* (2009), indican que la certificación tiene beneficios socioeconómicos. Sin embargo, Caviedes y Olaya (2020) manifiestan que no hay una diferencia significativa entre los ingresos de un productor certificado, respecto a uno no certificado, lo que descarta su eficiencia como un factor de reducción de la pobreza rural. Por su parte, Blackman y Naranjo (2010) e Ibáñez y Blackman (2016) concluyen que la certificación presenta impactos ambientales, en ambos casos significativos, pero para Sáenz y Zúñiga (2008), Fort y Roben (2008) y Estrella *et al*, (2022), la certificación no evidencia ningún impacto considerable. Igualmente, se observa un mayor grado de evaluación sobre la certificación FT comercio justo y muy poca sobre otros programas igualmente importantes (Krasnozhan *et al*, 2015).

De acuerdo con Philpott *et al* (2007), Barham y Weber (2012) y Caviedes y Olaya (2020) los estudios sobre resultados ambientales de certificación empleando muestras aleatorias representativas son escasos; otros se enfocan en reforestación o cultivos con sombrero o solo evalúan una etiqueta (Hagggar *et al*, 2015; Hardt *et al*, 2015; Rueda *et al*, 2015). Así mismo, es evidente que los criterios ambientales que tienen en cuenta los programas de certificación difieren entre sí (Ponte, 2004; van Rijsbergen *et al*, 2016; Andrade *et al*, 2021). Sin embargo, existe una amplia diversidad de estrategias procedimentales y herramientas estadísticas que permiten detectar y cuantificar los efectos de la adopción de programas de certificación en la caficultura.

3.7.1 Hallazgos de Impacto ecológico, social y económico de fincas certificadas en las diferentes regiones productoras del mundo.

A continuación, se expondrán algunas características de la producción cafetera en Asia, África, México - Centroamérica y Suramérica y en la tabla 4, los impactos ambientales desde el punto de vista ecológico y socioeconómico generados por la adopción de diferentes programas de certificación en estos continentes.

Tabla 4. Impactos ecológicos, económicos y sociales reportados con mayor frecuencia en países de diferentes continentes (Caviedes y Olaya, 2020).

Impactos	Continente			
	Asia	África	México y Centroamérica	Suramérica
Ecológico				
Reducción del uso de plaguicidas y abonos sintéticos	X	X		X
Incremento de medidas de ahorro del agua	X	X	X	X
Aumento del reciclaje de materiales	X	X		
Reducción de tasas de deforestación		X	X	
Obtención insostenible de material vegetal como insumo para producir abono orgánico		X		
Incremento en la tasa de deforestación			X	X
Mayor biodiversidad			X	X
Mayores tasas de supervivencia de aves migratorias			X	
Mayor cobertura forestal en cafetales y riberas de los ríos				X
Mayor protección a los ecosistemas aledaños a la plantación				X
Económico				
Aumenta la estabilidad en los precios	X			
Aumento de la capacidad de asociación	X	X		
Ingresos netos más altos	X	X	X	X
Desarrollo de redes regionales de productos	X			
Incapacidad de cooperativas para asegurar el apoyo a caficultores	X			
Limitación en el empoderamiento económico y político	X			
Reducción de otras actividades productivas en las fincas		X		
Aumenta la estabilidad de precios		X	X	X
Mayor productividad		X		X
Salarios de trabajadores no equivalentes a los ingresos de los productores		X		
Exclusión y falta de autonomía de los pequeños productores		X		
Incremento de acceso al crédito			X	X

Modernización del sistema de producción			X	X
Incremento del costo de los abonos orgánicos			X	X
Mayor acceso a la certificación mediante grupos asociativos				X
Inconformidad con los ingresos de la certificación, por falta de beneficio inmediato				X
Social				
Reducción de la mano de obra infantil	X			
Aumento de la educación y capacitación en producción cafetera	X	X	X	X
Aumento de la calidad de vida en hogares y reducción de la pobreza		X	X	X
Reducción del interés del agricultor por adoptar programas de certificación		X		
Mayor nivel de participación de la mujer		X		
Menor seguridad alimentaria			X	
Aumento del uso de prendas y equipos de protección personal				X

Asia

La producción de café en el continente asiático genera aproximadamente el 28 % del café mundial (ICO, 2022) y se obtiene principalmente en 9 países: Vietnam, Indonesia, India, Filipinas, Laos, Tailandia, Yemen, Camboya y China con predominio en las plantaciones de la especie Robusta, cuyas parcelas certificadas ligeramente exceden una hectárea (UTZ, 2015; *Fairtrade International*, 2016).

La certificación ofrece un vehículo para el reconocimiento del mercado de buenas prácticas, disminuye significativamente el uso de plaguicidas y abonos sintéticos promoviendo el uso de abonos orgánicos a partir del reciclaje de diversos materiales residuales generados en la finca. Sin embargo, Ho *et al* (2021) indican que las fincas certificadas en algunas regiones de Vietnam elevan los costos de producción y finalmente reducen sus ingresos. Todas las certificaciones incluyen criterios a favor de la protección de las fuentes locales de agua, por lo que se hace evidente la adopción de medidas de ahorro del agua (COSA, 2013, Milder y Newson, 2015). No obstante, estudios realizados en Vietnam indican que no se observa un efecto de la certificación en el uso eficiente del agua, principalmente para el riego (Ho *et al*, 2022). La certificación también apoya otros servicios de los ecosistemas de las áreas de producción, tales como el almacenamiento de carbono, la purificación y regulación del flujo

de agua (Tscharntke *et al*, 2015). Los estudios realizados por Kessler *et al*, (2012) en Indonesia, sugieren que 1,6 ha de agrobosque manejados de forma óptima puede capturar el carbono equivalente a cómo 1ha de bosque natural lo haría. Pero también se observó que no hay un vínculo estrecho entre el almacenamiento de carbono y la biodiversidad, ya que en estos agroecosistemas forestales se encontró una baja biodiversidad comparada con el bosque nativo aledaño.

El principal impacto social registrado en Asia es la reducción de la mano de obra infantil en la producción cafetera, vale la pena aclarar que la mayoría de pequeños productores lo consideran una actividad familiar en la que se incluyen todos sus miembros, lo que hace de este un impacto ambiguo (Auriol y Schilizzi, 2015). Por otro lado, Baland y Duprez (2009), indican que cuando la obtención de una etiqueta es relativamente fácil, su impacto se reduce significativamente, debido al fenómeno de desplazamiento que se origina en las labores de la finca; ya que los trabajadores adultos reemplazan a los niños en las plantaciones certificadas y los niños sustituyen a los adultos en el sector doméstico, burlando de cierta manera este criterio de certificación.

La producción de café bajo las normas ambientales y sociales de los programas de certificación en Vietnam e Indonesia, permiten a los agricultores beneficiarse de precios más estables, a los miembros de las cooperativas constituidas por pequeños productores propietarios de fincas certificadas, les garantiza un ingreso neto más alto (Chi *et al*, 2015; Pham *et al*, 2022), lo cual contribuye a contrarrestar las fluctuaciones de los precios del café y sus efectos nocivos sobre los medios de vida. Además, los impulsa hacia un sistema asociativo más descentralizado y participativo (Meyfroidt *et al*, 2013).

En Indonesia se ha hecho notorio el aumento de empresas comerciales multinacionales en las zonas productoras de café (Neilson, 2008), lo que, en la mayoría de los casos, ha permitido a los caficultores aprovechar su apoyo técnico y programas de formación o capacitación, en conjunto con los programas de certificación (Fairtrade International, 2015; Zapata y Nauges, 2016). Sin embargo, también se ha presentado incapacidad por parte de las cooperativas para asegurar el apoyo a los agricultores, debido a que no proporcionan los mismos servicios de mercado tradicionales, como el acceso sin problemas a los procedimientos de

comercialización dentro de los ciclos de mercado tradicionales de crédito (Neilson, 2008). En Vietnam Auld (2010), identificó un impacto que se podría generalizar en toda Asia e incluso otros continentes. Tal impacto es derivado del auge del café certificado, en relación con la demanda y los precios por su comercialización, pues han puesto en evidencia la limitación de los avances en el empoderamiento tanto económico como político de los productores derivado del poder que tienen los comerciantes y tostadores de café en estos sectores.

África

Los principales productores de café en África: Etiopía, Uganda, Costa de Marfil, Kenia, Camerún, Tanzania, Madagascar y Ghana producen el 10,5% del café del mundo (ICO, 2022). Las plantaciones de café certificado en este continente en promedio tienen un área de 0,8ha (UTZ, 2015; Fairtrade International, 2016).

Los impactos ambientales que la certificación cafetera genera son diversos, en algunos casos contrastan dependiendo la región donde se desarrollan. Takahashi y Todo (2013), observaron en Etiopía que los bosques aledaños a cultivos de café de sombra certificado bajo el programa *Rainforest Alliance* eran menos propensos a ser deforestados que los bosques que no presentaban cercanía al café o a otros cultivos. Mientras que los bosques cercanos a cultivos de café sin certificación, eran igual de propensos a ser deforestados que los bosques sin café u otros cultivos cercanos. De igual manera, se observó que este esquema no presentaba efectos sobre el cuidado del agua (Partzsch *et al*, 2021). El café de sombra también genera otra serie de impactos como la disminución en la temperatura del suelo, el rompimiento en la fuerza del viento y de las precipitaciones, el control en la erosión en pendientes pronunciadas, supresión de malas hierbas, reciclaje y lixiviación de nutrientes, entre otros. Sin embargo, en las regiones donde la lluvia es limitada y las estaciones secas son prolongadas como es el caso de Kenia, Camerún o Tanzania, los árboles de sombra pueden afectar negativamente a la productividad debido a una fuerte competencia con el café por la humedad disponible en el suelo (Van der Vossen, 2005).

En el África subsahariana, la aplicación anual de fertilizantes inorgánicos es de sólo 9 kg/ha (nutrientes) que frente al promedio mundial de 90 kg/ha es muy baja (Dudal, 2002). La

caficultura certificada incluye dentro de sus criterios el uso de fertilizantes orgánicos, pero en África son varios los impactos que se derivan de este criterio. Uno de ellos es el cumplimiento del criterio de forma involuntaria, caso de la mayoría de los cafés Arábica en Etiopía, cuyas pequeñas plantaciones se producen sin fertilizantes inorgánicos ni plaguicidas sintéticos debido a la falta de recursos financieros de los productores, por lo tanto, orgánicos por defecto. Aun así, no se califican automáticamente como orgánicos (Partzsch *et al*, 2021; Van der Vossen, 2005).

Los residuos de los frutos del café compostado devueltos al campo sólo pueden suministrar 25 a 30% de estos requerimientos adicionales de nutrientes, por lo que se debe disponer de los medios para adquirir materiales ricos en nutrientes, materia orgánica y abono, para compensar la diferencia y así lograr nutrientes suficientes (Sánchez y Jama, 2002; Van der Vossen, 2005). No obstante, la mayoría de los pequeños productores no cuentan con los recursos para tener acceso regular a cantidades considerables de materia orgánica o de estiércol, lo que los limita o excluye de la posibilidad de certificar sus plantaciones. Otro impacto que el criterio de uso de fertilizantes orgánicos genera en algunas regiones, es la insostenibilidad a largo plazo de la explotación de biomasa vegetal en descomposición presente en suelos de bosque destinada a servir de nutrientes en el suelo de los cultivos cafeteros, tal y como lo identificaron Metzler-Amieux y Dosso (1998) en la región de Buyenzi, Burundi donde los pequeños caficultores, basaron su abonado exclusivamente en mantillo, recolectado y transportado al suelo de sus plantaciones agotando gradualmente los nutrientes disponibles en otros suelos.

En el aspecto económico, son varios los impactos que predominan en el continente. Uno de los más importantes se refiere a los ingresos netos más altos para los productores, pero hay poca evidencia de que los productores obtengan grandes aumentos en el precio como resultado de lograr la certificación y en otros casos los precios garantizados no son suficientes para mitigar la inversión de la certificación (Milder y Newson, 2015; Van Rijsbergen *et al*, 2016). De igual manera se han observado mayores beneficios económicos para los agricultores de mayores propiedades y de mejor posición económica, mientras que los pagos de salarios a los trabajadores no generan beneficios equivalentes (Ruben y Fort, 2012).

Mientras que para otros los costos y requisitos de acceso a la certificación, pueden llevar a la exclusión y la falta de autonomía (Guedes *et al*, 2014).

Elder *et al* (2013), concluyeron que los incentivos para especializarse proporcionados por algunos certificadores en Ruanda parecen desalentar a los agricultores sobre dirigir su energía hacia prácticas agrícolas con impactos ambientales positivos en el largo plazo, ya que no proporcionan beneficios económicos inmediatos. Sin embargo, Van der Vossen (2005) indica que la certificación reduce simultáneamente otras actividades generadoras de ingresos, ya que las granjas certificadas tienden a especializarse más en la producción de café y pueden descuidar los demás cultivos de alimentos.

En Uganda y Etiopía, se evidenció que certificación *Fairtrade* FT, aunque no se asocia con mayores ingresos, ni con un menor tiempo de trabajo infantil, aumenta la probabilidad de escolarización y mejora su eficiencia escolar, lo que no se evidencia con *Rainfores Alliance*, que está relacionado con una ligera reducción de la escolarización de las niñas, pero si mejora ingresos (Akoyi *et al*, 2020).

La certificación de comercio justo en algunas regiones de Uganda aumenta el nivel de vida de los hogares en un 30%, reduce la prevalencia, el nivel de la pobreza (Chiputwa *et al*, 2015) y facilita el acceso a la capacitación mejorando la capacidad de aumentar la calidad del café. Sin embargo, se ha evidenciado una asociación negativa entre el comercio justo y la confianza de los agricultores en el liderazgo cooperativo, mientras se percibe un mayor nivel de participación de las mujeres en las actividades de producción y comercialización (Elder *et al*, 2013). Así mismo, se evidenció que combinaciones de estándares *Utz-Rainforest Alliance-4C* aumenta la producción de café, la productividad laboral y los ingresos, y disminuye la incidencia de la pobreza, pero reduce los servicios ecosistémicos en las fincas, en cambio la combinación FT-Orgánico da como resultado una mayor abundancia de hormigas y escarabajos errantes, una mayor diversidad de árboles y un mayor almacenamiento de carbono en los campos de café, pero reduce el rendimiento, la productividad laboral y los ingresos, a pesar de los precios más altos en la finca (Vanderhaegen *et al*, 2018).

México y Centroamérica

El 11,2 % del café que se consume en el mundo se produce en Centroamérica y México, incluyendo algunas islas del caribe. Los principales productores de café en Centroamérica son Honduras y Guatemala, seguido por México, Nicaragua y Costa Rica (Donovan y Poole, 2014; ICO, 2022). El área de las plantaciones de café certificado en esta región, promedian las 2,6ha y 2,0ha en el caso de las islas del caribe (UTZ, 2015; Fairtrade International, 2016), en las cuales predomina la especie Arábica.

Los impactos ambientales generados por la certificación en Centroamérica presentan contrastes dependiendo de la región e incluso dentro de un mismo país. Barham y Weber (2012) indican que en México las mejoras significativas en la productividad de las plantaciones de café existentes evidencian la tendencia a la reducción de la presión sobre las tierras boscosas. No obstante, en México también se reporta un amplio margen de deforestación para establecer nuevas plantaciones de café atribuidas a suplir el bajo rendimiento de los cultivos certificados asociado al uso de fertilizantes orgánicos que al igual que ocurre en Nicaragua, incrementan su costo a causa de su alta demanda, ya que la generación de materia orgánica en las fincas es insuficiente (Beuchelt y Zeller, 2011; Valkila, 2009; Gatti *et al*, 2022).

Otro factor incidente en los impactos ecológicos sobre los bosques en las regiones cafeteras fue analizado por Philpott *et al*. (2007) en México y Costa Rica, observando que las primas en los precios por café de sombrero y otras certificaciones, que sólo incluyen las relaciones ecológicas entre las características del hábitat y la biodiversidad, inducen a los caficultores a plantar en el sotobosque del bosque nativo. Por otro lado, no existen evidencias de que en las áreas recientemente deforestadas no se esté plantando café orgánico, poniendo en entredicho los principios de la certificación (Jurjonas *et al*, 2016). Estudios realizados en El Salvador y México, comparan fincas bajo diferentes programas de certificación con fincas no certificadas en términos de biodiversidad encontrando que en las certificadas es mayor el número de especies de mamíferos, artrópodos y especies arbóreas, así como especies de aves migratorias, pero sin diferencias significativas entre programas de certificación. Por otro lado, si se comparan estas fincas con el bosque nativo aledaño, esta conserva mayor riqueza en términos de diversidad biológica (Philpott *et al*, 2007; Komar, 2012; Milder y Newson, 2015).

Donovan y Poole (2014), afirman que el incremento al acceso del crédito dirigido a la expansión de la producción cafetera certificada en Nicaragua y que ha sido impulsada por el ingreso a los mercados para el café de comercio justo y el café orgánico, contribuye significativamente a la reducción de la pobreza, para incrementar el acceso de activos que permitan modernizar el sistema de producción y actualizar los conocimientos al igual que las habilidades para la producción de café. No obstante, este impacto es más persistente en los grandes productores, dado que reciben créditos a largo plazo, mientras que a pequeña escala las probabilidades de tener acceso al crédito de varios años es limitada, porque estos han demostrado menor capacidad de reinvertir las ganancias de los precios del café o las mejoras de otros créditos a la acumulación del capital físico para la producción en las explotaciones agrícolas.

Cuando los precios de mercado son bajos, los precios para el café certificado en comercio justo y orgánico son sustancialmente más altos que sus contrapartes no certificadas (Ponte, 2004; Calo y Wize, 2005). Sin embargo, en algunas regiones de México estos precios más altos no eran suficientes como para satisfacer los costes de producción, por lo que los agricultores dependen luego de los subsidios del gobierno para pagar sus cuentas. Mientras que, en Honduras, Estrella *et al*, (2022), concluye que la certificación no siempre mejora la calidad de vida de los productores y que presentan el 56% a 58% de probabilidades de vivir bajo la línea de pobreza nacional.

Por su parte Barham *et al*, (2011), indican que la diferencia en el ingreso de efectivo neto por hectárea entre los hogares certificados con comercio justo, orgánico y convencional en México, proviene principalmente de las diferencias en los rendimientos y no de los precios, demostrando que la certificación en comercio justo y orgánico no proporciona un camino potencial hacia la solución de la pobreza rural persistente. De acuerdo con Katlyn *et al*, (2013), en El Salvador los pequeños caficultores pasan periodos de hambre debido a que no diversifican su producción, ya que invierten su tiempo y energía exclusivamente a la producción de café, poniendo en riesgo su seguridad alimentaria.

Un estudio comparativo entre productores de café certificado (*FairTrade* y orgánico) y no certificado de México, Nicaragua, El Salvador y Guatemala determinó que la certificación

incrementa los precios del café y por tanto los ingresos, pero que no se observan efectos significativos sobre los medios básicos de subsistencia como salud y educación (Méndez *et al*, 2010b; Grabs *et al*, 2016).

Suramérica

La producción cafetera suramericana excede el 50,3% del café del planeta e incluye como sus principales productores a Brasil y Colombia. En menor proporción a otros países andinos como Perú, Ecuador, Bolivia y Venezuela (ICO, 2022). La especie que predomina en las plantaciones suramericanas es la Arábica, sin embargo, en Brasil también incluye la especie Robusta en los cultivos de su territorio con menor altitud (Panhuysen y Pierrot, 2014).

La cobertura arbórea en las plantaciones de café permite una mayor disponibilidad de material orgánico, posibilitando el reciclaje de nutrientes que de otro modo no estarían disponibles para el café. También faculta la diversificación en la producción, así como los ingresos, mejorando la calidad de la copa de la planta de café, particularmente en zonas de café ecológicamente sub-óptimas por sus altas temperaturas. Por otro lado, también genera algunos efectos adversos como el daño a los cafetos por la caída de ramas de los árboles de sombra, costos adicionales de mano de obra para la poda regular de árboles cuando hay sombreado excesivo y competencia por el recurso hídrico en regiones con periodos de baja precipitación, entre otras (Van der Vossen, 2005).

En Colombia, el área de bosque denso en zonas cafeteras ha aumentado considerablemente al igual que la cobertura arbórea en las parcelas certificadas, más que en las no certificadas (Rueda *et al*, 2015). También muestran zonas de ribera más sanas (Partzsch *et al*, 2021), con niveles más altos de macroinvertebrados acuáticos sensibles a la contaminación y mayor riqueza de especies de artrópodos en el suelo (Hughell y Newsom, 2013). Se observó la disminución en el uso de plaguicidas, uso de fertilizantes orgánicos y disminución de las aguas residuales (Ibáñez y Blackman, 2016).

Según Hardt *et al*. (2015), la certificación produjo cambios sutiles en la evolución y disponibilidad de hábitat al igual que la conectividad del paisaje en fincas cafeteras brasileiras, evaluadas luego de nueve años de certificación bajo el sello *Rainforest Alliance*, encontrando

que esta reduce las tasas de deforestación y mejora la conservación, así como la conectividad de la vegetación nativa local, coincidiendo con lo planteado por Gonzales *et al*, (2021) en Colombia. Sin embargo, Waldron *et al*, (2012), observaron que las medidas para aumentar la biodiversidad en paisajes agrícolas a menudo reducen el rendimiento o aumentan los costos de producción, lo cual generalmente desincentiva a los agricultores para adoptar prácticas amigables con la biodiversidad.

Estudios comparativos realizados en fincas cafeteras certificadas *Fairtrade* y fincas sin certificación del Perú, concluyen que en términos de ingresos familiares, no hay efecto significativo de la participación en este programa, presuntamente afectado por el aumento de los costos de mano de obra, insumos y la reducción de los ingresos derivados de otras actividades productivas. Así mismo, se evidencia la reducida diferencia de precios del café certificado respecto al no certificado. Sin embargo, se puede percibir mayor bienestar general en términos económicos, infraestructura del hogar y de producción en un efecto muy reducido en aspectos como la salud, educación y migración (Ruben y Fort, 2012; Barham y Weber, 2012; Suárez *et al*, 2019).

Los elevados costos de insumos como el abono orgánico principalmente, afectan directamente los ingresos de los caficultores de la región. Barham y Weber (2012), observaron en Perú, que la producción de materia orgánica para producir abono es insuficiente e incluso, abonos desarrollados a base de guano y otros materiales carecen de un equilibrio óptimo de nutrientes, reduciendo la productividad de la plantación e incrementando los gastos por costos de transporte de fertilizante orgánico.

En Brasil, Guedes *et al*. (2014) evaluó el acceso de los caficultores a los programas de certificación, encontrando que para los grupos ha aumentado el acceso a los pequeños y medianos productores, debido a los bajos costos, pero con igual exigencia de las auditorías. También anotan que a pesar de la accesibilidad que ofrece la certificación mediante grupos asociativos, los productores más marginados todavía no pueden adoptar programas de certificación. En Colombia se observa que al excluirse de la certificación a los productores marginados y sin recursos, estos presentan la tendencia de convertirse paulatinamente en jornaleros de los grandes o medianos productores, abandonando la producción en sus fincas

(Guhl, 2009; Grabs *et al*, 2016). Los agricultores afiliados a cooperativas de café certificado en buenas prácticas de gestión sostenible de la tierra a menudo tienen más acceso al crédito (Méndez *et al.*, 2010; Dietz *et al*, 2020). Aunque Ibáñez y Blackman, (2016) sugieren que los beneficios económicos de la certificación orgánica de fincas cafeteras en Colombia son limitados e indican que los costos de los insumos y el bajo rendimiento son los efectos negativos predominantes de la certificación.

Desde el punto de vista social, la certificación impacta positivamente, mejorando las condiciones laborales de los trabajadores de la finca, incrementa el uso de equipos de seguridad y protección personal (Guhl, 2009). Sin embargo, Manrique y Gracia (2014), manifiestan que las condiciones de seguridad alimentaria e inocuidad en fincas productoras no se asocian significativamente con la certificación de los cultivos.

Discusión

Los impactos ecológicos que la certificación potencializa hacen referencia a la protección y conservación de la diversidad vegetal y animal que dentro de los sistemas de café con sombrero proporcionan un control de plagas, incrementan la polinización, conservación de especies, captura de carbono y el control de la erosión. Sin embargo, el beneficio potencial económico de estos servicios a menudo pasa desapercibido para los agricultores, ya que los productores con poca frecuencia son recompensados directamente por estos servicios, aunque las fincas de café de sombra con un conjunto diverso de árboles a menudo proporcionan otras fuentes de ingresos para los agricultores, entre los que se incluyen ingresos adicionales de madera y productos no maderables de los árboles de sombra (Jha *et al*, 2011).

La certificación incluye importantes garantías de beneficios para la conservación de la biodiversidad y la evidencia de la conservación a escala local es importante, pero hay una necesidad de considerar mejor el papel dominante de los procesos a escala de paisaje en el mantenimiento de la biodiversidad y no la fragmentación que aún se presenta. Así mismo, la comprensión de los beneficios relativos a los factores económicos y ecológicos puede ser importante para la consecución de los sistemas agrícolas sostenibles que contribuyen a los medios de vida de los agricultores y la protección del paisaje cafetero.

Existen altas cantidades de café con doble certificación (orgánico y de comercio justo o *BirdFriends*/orgánico), algunos argumentan que un esfuerzo coordinado para la incorporación de la triple certificación y la creación de las ‘super etiquetas’ podría cumplir mejor los objetivos generales de sostenibilidad (Philpott y Dietsch 2003; Ponte, 2004) y por lo tanto contribuir mejor a esfuerzos de conservación. Aunque el principal objetivo del caficultor para la múltiple certificación se centra en tener diversas opciones y así vender al mejor precio según el sello que le otorgue mejor pago en el mercado.

Por su parte, los impactos socioeconómicos que las fincas cafeteras generan por su actividad bajo los principios de los diferentes sellos son menos claros. Debido a los diferentes sistemas económicos en que se desarrolla la producción cafetera global, los impactos positivos principalmente se les atribuyen a factores como la confianza en el liderazgo, la organización democrática interna y la crucial participación de las mujeres (Van Rijsbergen *et al*, 2016), pero no son comunes en todo el mundo. Entre los impactos de mayor predominancia se encuentra la disminución a la exposición de agentes químicos por parte de los trabajadores, tanto por su uso restringido como por las condiciones de seguridad y protección personal con que se manipulan.

Algunos autores (Ibáñez y Blackman, 2016; Vellema *et al*, 2015) exponen el impacto de beneficio económico en la población cafetera a causa de las denominadas primas que la certificación otorga al valor del café, pero este impacto es afectado por diversos factores propios de cada país e incluso de cada región dentro de un mismo país. Estos factores hacen referencia principalmente al derecho de propiedad del caficultor, al tipo de asociaciones productoras que se desarrollan y a la oscilación de los precios en el mercado internacional. Se hace evidente, que en las regiones donde predomina el cultivo del grano, se observa un desarrollo amplio en materia de vías secundarias y terciarias. Los gobiernos y asociaciones generalmente impulsan programas para tecnificar la producción, lo que incentiva las obras civiles locales e indirectamente incrementa la cobertura educativa y los servicios prestadores de salud para estas comunidades. Finalmente, una amenaza latente de la certificación cafetera y de otros productos, considerada por Guhl (2009) y Partzsch *et al*, (2021), consiste en que a pesar de que la certificación puede fortalecer los vínculos comerciales entre la producción

local y los consumidores internacionales, se corre el riesgo de establecer más vínculos de explotación y solidificación de la dependencia entre el norte y el sur.

3.7.2 Impacto Ambiental de la caficultura certificada en Colombia

La revisión de los 82 documentos seleccionados permitió identificar que las evaluaciones o estudios se concentran en 15 departamentos (Tabla 2) que, en conjunto, comprenden un total de 104 municipios productores del grano, siendo los departamentos de Santander y Cundinamarca los más escogidos para la realización de estudios que incluyen información del efecto generado por los programas de certificación. El instrumento de recolección de datos más empleado fue la entrevista, complementada con métodos cuantitativos entre los que se destaca la valoración de puntuación de propensión, haciendo que el enfoque metodológico más adoptado en estas investigaciones fuera el mixto (47 %). En los artículos, las tesis de pregrado y de posgrado se observa con mayor claridad el enfoque empleado, dada la extensión de estos documentos, mientras que en los documentos institucionales se presenta mayor dificultad para categorizar el enfoque metodológico; incluso, no se indica claramente una metodología que hiciera al estudio replicable.

Impactos ecológicos

El impacto referenciado con mayor frecuencia fue el aumento de la biodiversidad (Gonzales, 2021; Trimarchi, 2015; Rojas *et al*, 2012; Jha *et al*, 2011; Armbrrecht *et al*, 2005; Farfán y Sánchez, 2007), el cual se sustenta con estudios que reportan incrementos de la diversidad de especies arbóreas y epífitas (Ibáñez y Blackman, 2016; Del Río, 2016; Andrade, 2016; Moreno y Romero, 2016; Ramírez y Granobles, 2015; Salinas, 2013; Gaona, 2013), así como el aumento de especies de aves, mamíferos, anfibios y macroinvertebrados. El primer grupo taxonómico es el más estudiado en fincas cafeteras, donde se observa que debido a la alta heterogeneidad del paisaje existe una alta diversidad de hábitats con diferentes elementos paisajísticos que confieren estructuras favorables para la diversidad y la conformación de comunidades de otros grupos taxonómicos (Botero *et al*, 2014; Muñoz y Villota, 2014;

Lentijo y Hostetler, 2013; Caviedes, 2012; Calderón, 2011; Bosselman *et al*, 2009, Suárez *et al*, 2019; Roach *et al*, 2021; Valente *et al*, 2022).

Los caficultores consideran que la certificación aumenta la conciencia ambiental; las medidas de conservación y protección de la fauna y la flora, y disminuye la cinegética (Rueda *et al*, 2013; Valencia, 2010, Gómez *et al*, 2018). De igual manera, el desarrollo de los sistemas agroforestales permite el mejoramiento de los hábitats para las especies (Méndez y Garzón, 2016; Ramírez y Betancur, 2015; Nosque, 2014; Polo, 2013; Mancilla, 2012). También se menciona repetidamente la disminución de la deforestación y las quemadas controladas en las fincas certificadas (Rojas *et al*, 2012; Solarte *et al*, 2014; Bosselman *et al*, 2009), el aumento en la preservación de relictos de bosque existentes en las fincas e inmediaciones (Osorio, 2014; Hughell y Newsom, 2013; Trejos *et al*, 2011; Calderón, 2011; Muñoz, 2007), así como el incremento del área de cultivos bajo sombra, que incide en la generación de diversos impactos ecológicos (Ibáñez y Blackman, 2016; Moreno y Romero, 2016; Pérez *et al*, 2016; Rojas, 2012; Gómez, 2012; Farfán y Baute, 2009; Valente *et al*, 2022). Sin embargo, muchos caficultores indican una reducción significativa de la biodiversidad original en los ecosistemas (Botero *et al*, 2014; Lentijo y Hostetler, 2013), un aumento de la frontera agrícola en detrimento de los bosques naturales (Trimarchi, 2015); el aumento del monocultivo (Trimarchi, 2015; Oberthür *et al*, 2012) y la reducción de la actividad fotosintética de los cafetos debido al sombrero exigido por algunos sellos (Nosque, 2014; Mancilla, 2012; Brunner, 2018; Atallah *et al*, 2018).

El segundo impacto nombrado con mayor frecuencia en los estudios revisados se refiere a la disminución de las aplicaciones de agroquímicos, principalmente empleados para el manejo de la broca y la roya (Valbuena *et al*, 2017; Ibáñez y Blackman, 2016; Mancilla, 2012; Gómez, 2012;). Los estudios indican que más del 72 % de las fincas certificadas no aplican plaguicidas y quienes lo hacen, lo efectúan de forma controlada y bajo recomendación técnica, empleando sustancias cuyos principios activos no están prohibidos por agencias internacionales (Trimarchi, 2015; Ramírez y Granobles, 2015; Cruz *et al*, 2011;), esta reducción se debe a los manejos integrados para el control y reducción de plagas y enfermedades adoptados por los caficultores (Moreno y Romero, 2016; Palacios y Presiga, 2014; Farfán y Sánchez, 2007;

Estrada y Santa, 2007).

El aumento de las medidas de conservación de las fuentes hídricas y la disminución de su contaminación son los impactos en tercer lugar más referenciados en los estudios revisados (Grabs *et al*, 2016; Del Rio, 2016; Rueda *et al*, 2015; Hughell y Newsom, 2013; Oliveros y Sanz, 2011; Trejos *et al*, 2011; Ospina *et al*, 2008; Aristizábal y Duque, 2005). La principal medida de conservación implementadas por los caficultores es la reforestación de las microcuencas dentro de los predios (Mosquera, 2018; Jha *et al*, 2011; Bosselman *et al*, 2009), pero también son importantes, la reducción del uso de agroquímicos; el aumento en la implementación de prácticas que reducen la generación de residuos e incrementan su aprovechamiento (Valbuena *et al*, 2017; Ibáñez y Blackman, 2016; Grabs *et al*, 2016; García *et al*, 2014; Polo, 2013; Hughell y Newsom, 2013) y la disminución de la demanda de agua en el beneficio húmedo, reduciendo así la carga contaminante de los vertimientos (Araque, 2015; García *et al*, 2014; Solano, 2014; Mancilla, 2012; Galindo *et al*, 2012).

El mejoramiento de la calidad del suelo, expresado en un aumento de los nutrientes presentes en el mismo, empleado para el cultivo del café (Valbuena *et al*, 2017; Ramírez y Granobles, 2015; Diaz, 2014; Muñoz y Villota, 2014; Nosque, 2014; Mancilla, 2012; Jha *et al*, 2011; Bosselman *et al*, 2009; Ospina *et al*, 2008; Farfán y Sánchez, 2007), representan el cuarto impacto ambiental más significativo de la producción cafetera certificada en Colombia. Este efecto ha causado la reducción del uso de fertilizantes sintéticos y el incremento del uso de abonos orgánicos (Trimarchi, 2015; Ceballos y Ocaña, 2014; Escobar *et al*, 2012; Bosselman *et al*, 2009), lo que se traduce en una reducción en los costos de producción y en el mejoramiento de la calidad del café. Sin embargo, la producción de abonos orgánicos ha provocado la contaminación del aire al emitir malos olores y la contaminación del suelo y aguas subterráneas por el flujo de lixiviados (Moreno y Romero, 2016; Nosque, 2014).

Finalmente, la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) representa el quinto impacto ambiental que con mayor frecuencia se reporta en los estudios revisados (Andrade, 2016; Jaramillo, 2015; Díaz, 2014; Mancilla, 2012; Jha *et al*, 2011; Navia *et al*, 2016), este impacto es generado por la reducción de quema y entierro de residuos (Trimarchi,

2015; Rueda y Lambin, 2013), reducción de quemas de biomasa vegetal y el incremento de sistemas agroforestales que aumentan el secuestro de carbono y viabilizan la adaptabilidad al cambio climático (Navia *et al*, 2016; Andrade, 2016; Jaramillo, 2015). Por otro lado, Ceballos y Ocaña (2014); Nosque (2014) y Estrada y Santa (2007) reportan aumentos de emisiones GEI.

Impactos económicos

El principal impacto económico generado por la adopción de programas de certificación en la caficultura colombiana, se refiere al aumento de los ingresos de los caficultores (Suárez *et al*, 2019; Giuliani *et al*, 2017; Andrade, 2016; Moreno y Romero, 2016; Trimarchi, 2015; Vellema *et al*, 2015; Rueda y Lambin, 2013; Calderón *et al*, 2011; Trejos *et al*, 2011; Cruz *et al*, 2011; Peñuela *et al*, 2007; Aristizábal y Duque, 2005; Rebolledo y Vento, 2004), efecto no solo atribuido a la producción del grano, sino también al aumento de proyectos productivos y mayor diversidad de productos agrícolas en estas fincas (Grabs *et al*, 2016; Ramírez y Granobles, 2015; Solano, 2014; Salinas, 2013; Mancilla, 2012), lo que genera un aumento en el poder adquisitivo y mayor sostenibilidad económica de los productores y en general un aumento en el desarrollo económico de la región y del Producto Interno Bruto nacional (Grabs *et al*, 2016; Pérez *et al*, 2016; Burgos, 2015; Osorio, 2014; Duarte, 2013; Montoya, 2011). Sin embargo, otros autores indican que los programas de certificación tienen fuerte incidencia en la reducción de la diversidad de productos generados en las fincas, lo que acarrea un aumento de la dependencia del campesino hacia el cultivo del café (Vellema *et al*, 2015; Nosque, 2014; Oberthür, 2012; Guhl, 2004).

Muy relacionados con el primer impacto, se encuentran el segundo y tercero impactos de mayor frecuencia en esta revisión, a los que se hace referencia respectivamente como el aumento del precio del café (Del Rio, 2016; Ibañez y Blackman, 2016; Grabs *et al*, 2016; González, 2015; Rueda *et al*, 2015; Mejía y Orozco, 2014; Solarte *et al*, 2014; Gómez, 2012; Cano *et al*, 2012; Dietz *et al*, 2020) y el incremento de su productividad (Valbuena *et al*, 2017; Trimarchi, 2015; Vellema *et al*, 2015; Duarte, 2013; Álzate, 2013; Oberthür, 2012; Cruz *et al*, 2011; Serna *et al*, 2010; Armbrrecht *et al*, 2005), que se podría explicar por un aumento de

intensidad en los cultivos (Jiménez, 2018; Cardona y Wilches, 2016; Pérez *et al*, 2016; Calderón *et al*, 2011; Farfán y Baute, 2009), aunque respecto a este tercer impacto, algunos investigadores discrepan en sus conclusiones ya que indican que los requerimientos de algunos programas de certificación que exigen sombrero reducen la productividad del cultivo al disminuir la exposición de la planta a la radiación solar (Jaramillo *et al*, 2017; Nosque, 2014; Díaz, 2014; Mancilla, 2012; Atallah *et al*, 2018) y en el caso del orgánico, el incremento del precio solo es viable si no hay pérdida significativa de productividad, originada por la dependencia a fertilización orgánica y al control de plagas (Roach *et al*, 2021) . De igual manera, el aumento del precio no se manifiesta como una ganancia neta o reducción de la pobreza por mayores ingresos familiares (Dietz *et al*, 2020)

El cuarto impacto económico nombrado con mayor frecuencia se refiere al aumento de la demanda y la seguridad de compra de café certificado (Giuliani *et al*, 2017; Grabs *et al*, 2016; Araque, 2015; Palacios y Presiga, 2014; Bosselman *et al*, 2009); no obstante, algunos estudios advierten y presentan casos de disminución de la rentabilidad por super producción (Duarte, 2013). Las certificaciones también incrementan la protección de la marca, la competitividad, accesibilidad y diferenciación del producto en el mercado (Ibáñez y Blackman, 2016; Vellema *et al*, 2015; Oberthür, 2012), aunque se debe tener en cuenta que el aumento en los cambios de los patrones de consumo globales, tiene repercusiones en los mercados del café (Rueda *et al*, 2015), que generan un aumento en la fluctuación de los precios del café certificado y la disminución de precios para el café convencional (Navarro, 2016; Burgos, 2015; Rueda *et al*, 2015; Muñoz y Villota, 2014).

Un quinto impacto de la producción cafetera certificada se refleja en el aumento de la calidad del producto, mayor inocuidad y mejora de la calidad organoléptica (Andrade, 2016; Ibáñez y Blackman, 2016; Quiñones *et al*, 2015; Jaramillo, 2015; Trimarchi, 2014; Mancilla, 2012; Oberthür, 2012). El sexto impacto expresa un aumento del esfuerzo en inversión y dedicación de los caficultores, generado por los costos de producción, insumos, la inversión para alcanzar y sostener la certificación y el incremento de labores culturales (Valbuena, 2017; Del Rio, 2016; Andrade, 2016; Ibáñez y Blackman, 2016; Burgos, 2015; Hughell y Newsom, 2013; Mancilla, 2012). Este fenómeno ocasiona la marginación a productores que no pueden pagar

o sostener la certificación (Giuliani *et al*, 2017; Del Rio, 2016; Quiñones *et al*, 2015; Solarte *et al*, 2014; Rueda y Lambin, 2013).

El desarrollo tecnológico de la finca también se ve incrementado, se observa un aumento de las inversiones para la finca y un mejoramiento de la eficiencia técnica de las propiedades (Giuliani *et al*, 2017; Araque, 2015; Burgos, 2015; Palacios y Presiga, 2014; Lentijo y Hostetler, 2013; Peñuela, 2007), estos hechos incrementan el avalúo de la finca y facilitan el acceso al crédito de los caficultores al tener un respaldo para su deuda (Ibáñez y Blackman, 2016; Palacios y Presiga, 2014; Machado *et al*, 2015; Alzate, 2013; Peñuela, 2007).

En la revisión también se encontraron otros impactos económicos que presentaron menor frecuencia en los documentos, pero que presuntamente han sido poco evaluados. Entre estos se encuentra el incremento de la inversión en investigación y desarrollo (Araque, 2015; Rueda *et al*, 2015), al que se le podría atribuir entre otros impactos, el aumento de la vida útil de los cultivos (Valbuena, 2017; Mancilla, 2012). Por otro lado, se observan impactos como el aumento de asociaciones de productores o cooperativas de caficultores, lo que es una muy buena estrategia para la obtención de una certificación o multicertificación, ya que reduce los costos y permite que caficultores generalmente aseguren la comercialización del grano (Ibáñez y Blackman, 2016; Nosque, 2014; Calderón *et al*, 2011). Por último, se observa a algunos autores resaltar el incremento de proyectos de ecoturismo y agroturismo en las zonas cafeteras del país (Ramírez y Betancur, 2015).

Impactos sociales

El impacto referenciado con mayor frecuencia fue el aumento de los procesos educativos en actividades cafeteras, lo que incrementa el profesionalismo del sector y la formación de líderes que participan en instancias de decisión en el ámbito local, departamental y nacional (Jiménez, 2018; Ramírez y Betancur, 2015; Vellema, 2015; Rueda, 2015; Mejía y Orozco, 2014; Trimarchi, 2014; Valencia, 2010; Bosselman *et al*, 2009).

El segundo impacto social de mayor frecuencia fue el aumento en la generación de empleo (Mosquera, 2018; Grabs *et al*, 2016; Méndez y Garzón, 2016; Ibáñez y Blackman, 2016; Jaramillo, 2015; Solarte *et al*, 2014; Vellema, 2015; Araque, 2015; Rueda, 2015; Hughell y Newsom, 2013; Estrada, 2011), lo que ha llevado al aumento de la inclusión de las minorías empleadas en la caficultura y al aumento de la experiencia de los caficultores (Muñoz y Villota, 2014; Muñoz, 2007). El incremento del empleo se encuentra estrechamente ligado a la reducción de la pobreza rural en áreas productoras (Giuliani *et al*, 2017; Navia *et al*, 2016; Moreno *et al*, 2016). Sin embargo, las pruebas de los efectos de los programas de certificación sobre los productores agrícolas y los trabajadores asalariados son limitadas. Los precios y el ingreso por la venta de productos son mayores para los caficultores certificados. Pero, el incremento salarial de los trabajadores no parece ser beneficiado con la adopción de etiquetas (Oya *et al*, 2018; Nosque, 2014).

Los programas de certificación dentro de sus exigencias también han incrementado las medidas de seguridad y prevención laboral entre los caficultores (Del Río, 2016; Vellema, 2015; Ramírez y Betancur, 2015; Manrique y García, 2014; Calderón *et al*, 2011), es así que este es el tercer impacto social más referenciado en los documentos revisados en este estudio. Se reporta disminución de riesgos en salud ocupacional al manejar agroquímicos, herramientas y maquinaria agrícola; al igual que un aumento en la formación de brigadistas que puedan atender cualquier tipo de emergencias (Rueda *et al*, 2015; Trimarchi, 2015; Solano, 2014; Trejos *et al*, 2011).

La mejora en las condiciones laborales corresponden al cuarto impacto de mayor frecuencia, traducido esto en el aumento de la accesibilidad a sistemas de salud y seguridad social (Del Río, 2016; Ramírez y Betancur, 2015; Solano, 2014; Trimarchi, 2014; Calderón *et al*, 2011); aumento de la estabilidad laboral de mano de obra agrícola (Giuliani *et al*, 2017; Trejos *et al*, 2011; Valencia, 2010) y mejoramiento de las condiciones higiénicas y sanitarias de las instalaciones para los trabajadores (Del Río, 2016; Ramírez y Betancur, 2015; Ospina *et al*, 2008). Otro impacto se refiere a la disminución del riesgo de la seguridad alimentaria, por exigencias de algunos sellos que exigen cultivo bajo sombra, lo que permite incluir otras especies arbóreas productivas (Navia *et al*, 2016; Manrique y García, 2014; Solano, 2014,

Machiavello y Miquel, 2019). No obstante, otros estudios indican una reducción de la seguridad alimentaria, basada en el aprovechamiento de tierras productivas bajo monocultivo (Navia *et al*, 2016; Nosque, 2014; Polo, 2013).

En la mayoría de regiones cafeteras de Colombia se evidencia un aumento de la cobertura educativa, gracias en gran parte a dos de los impactos generados por los programas de certificación: aumento a la accesibilidad a escuelas (Andrade *et al*, 2021; Vellema *et al*, 2015; Palacios y Presiga, 2014; Rueda *et al*, 2015; Calderón *et al*, 2011; Valencia, 2010) y la disminución del trabajo infantil, dado que durante el proceso de capacitación para adopción de programas de certificación, se enfatiza en la legislación para erradicar el trabajo infantil y la normatividad de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), reflejándose en la restricción del empleo de niños y jóvenes escolares en faenas agrícolas (Giuliani *et al*, 2017; Vellema *et al*, 2015; Ramírez y Betancur, 2015; Trejos *et al*, 2011; Calderón *et al*, 2011).

El Aumento de la participación de la mujer en el desarrollo de la finca cafetera, el incremento de la inclusión de género en las asociaciones de caficultores e incluso el nivel de organización de las mismas, son un grupo de impactos estrechamente relacionados y bastante referenciados en diferentes estudios (Grabs *et al*, 2016; Ramírez y Granobles, 2015; Araque, 2015; Burgos, 2015; Cárdenas y Pardo, 2014; Duarte, 2013; Calderón *et al*, 2011). Por su parte, se evidencia un aumento en la organización de caficultores en grupos asociativos, lo que da mayor reconocimiento del caficultor ante la comunidad y la región (Burgos, 2015; Ramírez y Betancur, 2015; Solarte *et al*, 2014; Trimarchi, 2014)

Otro grupo de impactos asociados a la adopción de programas de certificación, pero que en menor medida han sido referenciados, son el aumento de la adquisición de tierras o propiedades destinadas a la caficultura, observándose que muchos caficultores compraron más hectáreas o transformaron más territorio, para cultivar café (Andrade *et al*, 2021), el aumento de las mejoras estructurales de las viviendas de los caficultores (Estrada y Santa, 2007; Peñuela *et al*, 2007); mayor mantenimiento de las vías terciarias y accesibilidad a sistemas de transporte (Rueda *et al*, 2015; Serna *et al*, 2010) y la retención de jóvenes campesinos que no migran a las ciudades (Solano, 2014; Trejos *et al*, 2011; Valencia, 2010).

También se referencian impactos negativos al momento de acceder a los programas de certificación, manifestados en la disminución de caficultores y fincas certificadas a causa del incremento de las exigencias establecidas por cada sello y por el desconocimiento de los mecanismos de certificación (Solarte *et al*, 2014; Gómez 2012).

Discusión

Los impactos ecológicos se centran en cambios que favorecen o desfavorecen la conservación, ya sea de la biodiversidad, de los bosques o de la fauna silvestre; secundariamente, se refieren a la conservación o al deterioro de los suelos y los recursos hídricos, pero con mayor tendencia hacia las consecuencias positivas. En menor proporción, se hace referencia a los impactos que modifican de manera beneficiosa o adversa la calidad del aire y las plagas o enfermedades; así como el mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos, el paisaje, la investigación científica y la manera de afrontar las amenazas climáticas.

Los impactos económicos se refieren fundamentalmente a inversiones, precios, ingresos o rentabilidad, así como a aspectos relacionados con la producción, la productividad, los productos del café y los beneficios o costos de las certificaciones. Con menor énfasis se identifican impactos que se relacionan con la tecnología o la investigación científica, la vida útil de las plantaciones y las áreas potencialmente productoras de las fincas cafeteras. De otra parte, se alcanza a percibir que la caficultura certificada contribuye al desarrollo económico, tanto de los finqueros, como del país y de las regiones con cultivos de café. Sin embargo, el incremento de los ingresos, que es el principal objetivo que tienen los caficultores para la adopción de los programas de certificación, parece no ser totalmente verificable y menos evidente en pequeños productores, debido a que, aunque aumente el ingreso por café, se reducen los ingresos por otros productos, sin contar que la mano de obra que se debe intensificar, no obtiene retornos superiores (Vellema *et al*, 2015). De acuerdo con Dietz *et al*, (2020), las instituciones son actores fundamentales para además de brindar acceso al crédito, conducir a un cercano equilibrio entre los costos de producción y los precios que permitan al caficultor mayores ganancias netas.

Los impactos sociales se relacionan con el empleo o el trabajo, la educación, la equidad de género, la infraestructura vial y el transporte, la seguridad alimentaria, la vivienda, la legislación y las normas técnicas de las certificaciones y el empoderamiento del caficultor respecto a su capacidad de resiliencia, experiencia, organización y el reconocimiento de parte de la comunidad. Pero, pese a que en Colombia han proliferado las asociaciones de mujeres caficultoras y las inversiones sociales en el área rural luego de los acuerdos de paz, la evidencia de estudios que relacionan estos fenómenos con la caficultura certificada y sus efectos es inexistente.

Se necesita mayor claridad en las metodologías de investigación aplicadas en los estudios que se exponen a la comunidad científica, pero, también es importante destacar que la metodología aplicada para este estudio permite identificar los impactos desde los grupos asociativos como los estudios de caso que principalmente exponen las tesis de grado revisadas. Muchas de las metodologías desarrolladas no son claras y ni replicables, no existen evaluaciones de impacto basadas en el antes y el después de la certificación, aunque si de estudios comparativos entre fincas certificadas y no certificadas. Sin embargo, no se observa suficiente rigor en las metodologías o estrategias procedimentales y muchos documentos son solo estudios de caso. Podría ocurrir que debido a los diferentes niveles de rigurosidad y a la diversidad de las metodologías aplicadas se podrían excluir o marginar algunos testimonios importantes de los diferentes actores de la caficultura certificada.

Hay una marcada homogeneidad en los resultados de la mayoría de los estudios, ya que pocas veces se expresa de manera explícita aspectos como el género de los participantes y si éstos son propietarios o jornaleros, el dimensionamiento de las fincas, la fracción de estas que se encuentra en producción cafetera certificada y otros enfoques productivos alternos, lo cual puede ocultar detalles específicos de la certificación y dificultar una mejor definición los impactos. Es importante aclarar que los estándares y criterios de certificación cambian con el tiempo, por factores como predominio en el mercado, competencia o cambios en el sector. La revisión documental incluyó la información existente entre el año 2000 y 2021, lo que implica que durante este periodo los programas de certificación, probablemente, presentaron diversos cambios que pudieron generar algunos nuevos impactos o variar la dimensión de estos.

4. METODOLOGÍA

4.1 Enfoque y tipo de investigación

Por los instrumentos a emplear y el análisis estadístico a aplicar, la investigación tiene un enfoque mixto, dado que implica la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos mediante un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008). De igual manera, presenta un diseño metodológico no experimental de tipo correlacional-causal, que además de describir las variables o su relación, se enfoca en establecer sus causas y consecuencias, que se centran en la atribución, es decir, investigan qué diferencia produce la intervención en los resultados (Gertler *et al*, 2017).

4.2 Área de estudio

La evaluación de impacto ambiental y socioeconómico se desarrolló estableciendo un grupo de fincas certificadas del municipio de Pitalito en el departamento del Huila al sur de Colombia. Se eligió el municipio de Pitalito por ser el mayor productor del grano en el departamento (Delgado *et al*, 2015) y se ha reconocido en los últimos 12 años como la región de mayor producción cafetera en este país (Figura 2), cuenta con 4966 Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) con cultivos de café, en las que se totaliza un área de 17992 ha sembradas (DANE, 2015) y porque de igual manera, presenta el mayor número de fincas certificadas. En este municipio se evaluaron también fincas no certificadas en condiciones ambientales similares a las certificadas, cuyos datos serán el referente de comparación en los diferentes aspectos a evaluar.

El territorio del municipio de Pitalito se extiende por 625,54 Km² (1° 52' N y 76° 02' W) en el Macizo Colombiano (Suárez *et al*, 2021), inmerso en el distrito biogeográfico de San Agustín de la ecorregión denominada “Bosque montano del valle del Magdalena” (Olson *et al*, 2021; Brand *et al*, 2020), al que corresponden las zonas agroecológicas ZAE5 y ZAE6 de departamento del Huila (Cenicafé, 2019), con condiciones climáticas homogéneas que van

desde el clima Frio Húmedo hasta el clima Templado Seco que predomina en el 77,3% del territorio y en el que se desarrolla principalmente la caficultura (Sánchez y Acosta, 2015; Cenicafé, 2019), contando con un área de cultivos de café de aproximadamente el 29% de territorio de este municipio. Las fincas evaluadas se ubican en un rango altitudinal de 1200 a 2000 msnm, en suelos con régimen de humedad y temperatura údicos e isomésicos respectivamente de los órdenes taxonómicos Alfisol, Molisol y Andisol, siendo los grupos de mayor representación los *Typic Hapludalfs* y *Mollic Hapludalfs* (Torrente, 2016), donde se cultiva café (*Coffea arabica* L.) de variedades como Típica, Borbón, Tabí, Caturra, Castillo, Colombia, Geisha y Maragogype (Suárez et al, 2021; Abella et al, 2021).



Figura 2. Ubicación del municipio de Pitalito - Huila.

4.3 Selección de la muestra

Diseño para la selección de muestra

La estratificación es una técnica de reducción de varianza dentro del muestreo, sin embargo, en casos donde no existe información a priori para la construcción de estratos sobre un marco, es posible la implementación de un muestreo en dos fases con el siguiente esquema: una primera gran muestra es seleccionada y luego de estratificados sus elementos con el uso de información recolectada en el operativo inicial, que se asume es de un menor costo; Posteriormente, se lleva a cabo una segunda fase sobre la muestra primaria seleccionada, tomando un tamaño considerablemente menor para cada “sub-estrato” y las variables o características de mayor complejidad son acopladas en esta segunda fase que se asume de mayor costo por ser encuestas de profundidad. Este procedimiento es conocido en la literatura como “two-phase sampling for stratification” (Bryan *et al*, 2002., Agumbiade *et al*, 2017., Cao *et al*, 2023).

Más específicamente, el diseño en dos fases se define en la siguiente forma:

1. En la primera fase, una muestra grande s_a de tamaño n_{s_a} es seleccionada de acuerdo con un diseño muestral $p_a(.)$, Para los elementos en s_a , se acopia información que permita la construcción de estratos.
2. La información es usada para estratificar la muestra primaria s_a en H_{s_a} estratos denotados por s_{ah} ($h = 1, 2, \dots, H_{s_a}$) (Ecuación 1), con n_{ah} elementos en el estrato h (Ecuación 2) de manera que

$$s_a = \bigcup_{h=1}^{H_{s_a}} s_{ah} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$n_{s_a} = \sum_{h=1}^{H_{s_a}} n_{ah} \quad (\text{Ecuación 2})$$

3. Del sub-estrato h , una muestra s_h (donde $s_h \subseteq s_{ah}$) de tamaño n_h es seleccionada de acuerdo con un diseño $p_h(s_a)$ ecuaciones 3 y 4 respectivamente. El submuestreo es llevado a cabo de manera independiente en cada uno de los sub-estratos, para la muestra final s , la descomposición es

$$s = \bigcup_{h=1}^{H_{sa}} s_h \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$n_s = \sum_{h=1}^{H_{sa}} n_h \quad (\text{Ecuación 4})$$

En el caso particular de la aplicación presente se decide usar en todas las fases el diseño Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para la selección de las unidades, que corresponden con fincas certificadas con uno o varios programas (RA: *Rainforest Alliance Certified*. FT: *Fairtrade Labelling Organizations International*. Utz: *UTZ Certified*. Org: *Orgánico*. CP: *Café Practice*. 4C: *4C Certification*) y fincas sin certificación que permitan la obtención de un contrafactual confiable. En el caso particular donde se tiene predefinido a la selección de la muestra los sub-estratos para la segunda fase, es decir de antemano se conoce la conformación de los subgrupos de estudio, lo que hace posible unas simplificaciones.

Determinación del Tamaño de Muestra

Para la evaluación de la calidad asociada a un tamaño de muestra determinado en un muestreo de dos fases por estratificación, cuando se implementa usando en cada una de las fases una selección aleatoria simple se debe tener en cuenta la evaluación del coeficiente de variación estimado (cv_f) para una estadística poblacional $\hat{\theta}$ bajo un nivel de confiabilidad predeterminado, esto es evaluar en la ecuación 5 el valor de

$$cv_f(\hat{\theta}) = \sqrt{V(\hat{\theta})} / E(\hat{\theta}) \quad (\text{Ecuación 5})$$

En el caso particular de la encuesta y para poder realizar un estudio de casos la estadística que se decide utilizar corresponde con el promedio y en particular si se utiliza una variable dicotómica con prevalencia poblacional (P) se puede evaluar el coeficiente de variación para una propuesta de tamaño de acuerdo con las ecuaciones 6 y 7.

$$cv_f(\hat{P}) = \sqrt{V(\hat{P})} / P \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde

$$V(\hat{P}) = \frac{1-f_a}{n_a} PQ + \sum_{h=1}^H \frac{W_h PQ}{n_a} \left(\frac{1}{v_h} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Con los valores $f_a = n_{sa}/N$ y $v_h = n_h/n_{ah}$ como los valores de las fracciones de muestreo en cada fase, W_h el tamaño relativo de cada estrato de la segunda etapa (Särndal *et al*, 2003). Para la determinación de la primera fase de muestreo se determina el tamaño de la muestra de acuerdo con la ecuación 8. (Rao, 1973).

$$n = \frac{N \cdot \left[(P \cdot cv_i \cdot z_{(1-\alpha/2)})^2 + P \cdot (1-P) \cdot z_{(1-\alpha/2)}^2 \right]}{N \cdot (P \cdot cv_i \cdot z_{(1-\alpha/2)})^2 + P \cdot (1-P) \cdot z_{(1-\alpha/2)}^2} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Si se toma como valores para la primera etapa un tamaño $N = 4966$ fincas en Pitalito, un coeficiente de variación para la primera etapa del 2.1% y una confianza del 99% ($z_{(1-0.01/2)} = 2.57$) para unos escenarios de prevalencias del 10%, 30% y 50% (Tabla 5), se obtienen los siguientes tamaños para la primera fase de la muestra:

Tabla 5. Escenarios de prevalencia (P) y número de fincas (n_a)

P	n_a
10%	701
30%	1376
50%	1556

De acuerdo con esto la prevalencia $P=50\%$ resulta la opción conservadora ya que este tamaño garantiza los niveles de calidad para el resto de las opciones, también debe tenerse en cuenta que un mayor tamaño de muestra en la primera fase es deseable en términos de captar información útil para la segunda fase de selección.

Para la segunda fase de selección se evalúan diferentes tamaños de muestra en cada uno de los sub-estratos buscando minimizar el coeficiente de variación global de la encuesta, en este caso se busca que los tamaños de muestra para cada uno de los sub-estratos sea homogéneo

(Tillé *et al*, 2020), de manera que para los análisis de efectos se pueda garantizar un tamaño balanceado de registros por cada uno de los tipos de certificación a evaluar, los resultados relevantes para la selección de tamaño en la segunda fase de muestreo se presenta en la Tabla 6.

De acuerdo con esto se examinan distintos tamaños de muestra de segunda fase (Tabla 7) para sub-estratos en términos del valor de coeficiente de variación final (cv_f).

Tabla 6. Resultados del tamaño de Muestra (n_{ah}) en segunda fase de muestreo.

H(Sub-estrato)	n_{ah}	$W_h(\%)$
4C	81	3,3
CPr	189	7,6
CPr+Utz	64	2,6
FT	153	6,1
CPr+FT	142	5,7
Org	39	1,6
RA	83	3,3
CPr+RA	69	2,8
FT+RA	90	3,6
CPr+FT+RA	85	3,4
CPr+FT+RA+Utz	60	2,4
CPr+RA+Utz	57	2,3
Resto	133	5,3
Ninguna	313	50,0
Total	1558	100

n_{ah} = número de fincas de cada certificación. W_h = tamaño relativo según tipo de certificación en el universo del estudio.

Tabla 7. Coeficientes de variación final (cv_f) según tamaños del sub-estrato (n_h)

n_h	cv_f
5	9,0
10	6,7

15	5,7
20	5,1
25	4,8
30	4,5

Se establece de este cuadro que para un coeficiente de variación inferior o igual al 5% basta con un tamaño de muestra por sub-estrato (tipo de certificación) de 20 fincas en la segunda fase de muestreo, sin embargo, para compensar por una posible tasa de rechazos (referente) del 30% se sugiere ajustar este tamaño con una sobremuestra que daría un total de 30 fincas por grupo de certificación (Tabla 8). Hay que tener en cuenta que para los propósitos de este estudio en el análisis de efectos existe un tratamiento previo en la asignación de contrafactuales por lo que se decidió que un valor de 101 fincas sin certificación resultaría suficiente para asignar contrafactuales de cada finca certificada, como lo sugiere Baser (2006). De esta manera, con el siguiente plan de muestreo de 1558 de la primera etapa, 30 fincas por cada tipo de certificación y 101 fincas sin certificación garantizan un coeficiente de variación inferior al 5% con una confianza del 99% previendo una posible tasa de rechazos del 30%.

Es de tener en cuenta que estos cálculos agrupan en el sub-estrato “Resto” las fincas con otros tipos de combinaciones de certificaciones diferentes a los 12 grupos principales, por lo que no se recomienda realizar un análisis de efectos para este grupo por cuanto no hay garantía de homogeneidad en las características de las fincas que pertenecen al mismo. Excluyendo este grupo de fincas el estudio tendría un alcance para el 95% de las fincas del universo de estudio. Finalmente, cada uno de los 12 grupos de 30 fincas certificadas y el grupo de 101 fincas cafeteras no certificadas seleccionadas se ubican en los corregimientos de Bruselas, Criollo, Charguayaco y Regueros del municipio de Pitalito.

Tabla 8. Programas o combinaciones de programas de certificación en Estándares Voluntarios de Sostenibilidad evaluados.

Número de certificaciones	Certificación o grupo de certificaciones	Número de fincas evaluadas
---------------------------	--	----------------------------

1	RA	30
1	Org	30
1	CPr	30
1	FT	30
1	4C	30
2	Utz + CPr	30
2	RA + CPr	30
2	FT + CPr	30
2	RA + FT	30
3	RA + FT + CPr	30
3	RA + Utz + CPr	30
4	RA + FT + Utz + CPr	30
0	NC	101

RA: *Rainforest Alliance Certified*. FT: *Fairtrade Labelling Organizations International*. Utz: *UTZ Certified*. Org: Orgánico. CPr: *Café Practice*. 4C: *4C Certification*. NC: No certificada.

Estimación del Contrafactual

Para definir un grupo de comparación válido se verificó que el promedio de características específicas como aspectos geográficos y ambientales del grupo de tratamiento y del grupo de comparación son idénticas en ausencia del programa o de los programas; que todas las unidades elegibles hayan recibido tratamiento y que no hayan unidades no elegibles que hayan recibido tratamiento, es decir que hayan estado certificadas durante algún periodo; que sean suficientemente numerosas las UPA en los grupos de tratamiento y comparación. De igual manera, que el tratamiento no tuvo afectación sobre el grupo de comparación de forma directa ni indirecta y finalmente, se analizará que los resultados de las UPA no certificadas deberían cambiar de la misma manera que los resultados en los grupos de las UPA certificadas, si ambos grupos fueran objeto del tratamiento (o no).

Se implementó un t-test para las características observables de los agricultores seleccionados, con el objetivo de comprobar la validez, lo que confirmará la ausencia de diferencias

significativas entre los grupos de estudio. Las fincas se seleccionarán de acuerdo con aspectos geográficos y ambientales que sean similares entre ellas a fin de evitar sesgos respecto a impactos ecológicos y de productividad principalmente. Finalmente, se emplearon como covariables: la edad del propietario, el género, años de escolaridad, tenencia de la tierra, número de miembros del hogar, participación en asociaciones o cooperativas de caficultores, altura en que se ubica la finca, área de la finca, área del cafetal, el porcentaje del área de la finca cultivado con café, distancia a centro poblado.

4.4 Identificación de Impactos Ambientales

La identificación de impactos ecológicos, económicos y sociales generados por las fincas cafeteras se desarrollará empleando una lista maestra de impactos ambientales específica para fincas cafeteras, la cual se elaborará como uno de los productos de la investigación, dada la inexistencia de este instrumento.

4.4.1 Construcción de la lista maestra de Impactos Ambientales

La lista maestra se construirá siguiendo un proceso que conlleva tres etapas, la primera de ellas será la obtención, selección y análisis de documentación mediante un estudio de revisión documental de alcance basados en las indicaciones de Higgins y Green (2011) en el *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Versión 5.1.0 y la metodología Joanna Briggs Institute (JBI) para las revisiones de alcance (Peter *et al*, 2020). La segunda comprenderá la entrevista a un grupo de expertos y finalmente, como tercera etapa se realizará un taller de validación de la lista maestra con expertos.

4.4.1.1 Revisión documental

Se hizo un estudio de revisión de artículos publicados sobre impactos ambientales de la caficultura en los principales países productores de café en el mundo, de donde se obtuvo mediante análisis y homologación los impactos evaluados, lo cual arrojó el primer insumo de la lista maestra.

Entre los países y estudios allí desarrollados se tendrán en cuenta: Brasil (De Lima *et al*, 2008; Guedes *et al*, 2014; Hardt *et al*, 2015; Araújo *et al*, 2011; Pazeto y Modesto, 2017), Perú (Arnould *et al*, 2009; Ruben y Fort, 2012; Barham y Weber, 2012), Nicaragua (Valkila, 2009; Beuchelt y Zeller, 2011; Donovan y Poole, 2014; Hagggar *et al*, 2017), Costa Rica (Lyngbaek *et al*, 2001; Saenz y Zuñiga, 2008; Blackman y Naranjo, 2012; Hagggar *et al*, 2015), Guatemala (Giuliani *et al*, 2017), México (Jaffee, 2008; Martínez, 2008; Méndez *et al*, 2010; Barham *et al*, 2011; Barham y Weber, 2012; Jurjonas *et al*, 2016) Honduras (Estrella *et al*, 2022), Indonesia (Rudianto, 2013; Ibnu *et al*, 2015), Vietnam (Meyfroidt *et al*, 2013; COSA, 2013; Chi *et al*, 2015; Ho *et al*, 2021; Pham *et al*, 2022; Ho *et al*, 2022), India (Ranjan y Grote, 2017), Uganda (Chiputwa *et al*, 2015; Vanderhaegen *et al*, 2018; Akoyi *et al*, 2020), Tanzania (Tsujimura y Sato, 2017), Etiopía (Takahashi y Todo, 2013; Buechley *et al*, 2015; Mojo 2017; Mitiku *et al*, 2017; Mitiku *et al*, 2018; Akoyi *et al*, 2020), Kenia (Becchetti y Constantino, 2008; van Rijsbergen, 2016), Papua Nueva Guinea (Zapata y Nauges, 2016) y Colombia (Lentijo y Hostetler, 2013; Hughell y Newsom, 2013; Rueda *et al*, 2015; Vellema *et al*, 2015; Grabs *et al*, 2016; Ibañez y Blackman, 2016; Dietz *et al*, 2020; Suarez *et al*, 2021).

Para el caso de Colombia, se estudiaron artículos y tesis de grado que sobre esta temática se han desarrollado en los departamentos de mayor producción cafetera, como son: Antioquia (Palacios y Presiga, 2014; Manrique y García, 2014), Tolima (Cardona y Wilches, 2016; Aguirre *et al*, 2022), Cauca (Oberthür *et al*, 2011; González, 2015), Caldas (Peñuela *et al*, 2007; Andrade *et al*, 2021), Valle del Cauca (Del Rio, 2016), Cundinamarca (Calderón *et al*, 2011; Cruz *et al*, 2011, Trejos *et al*, 2011; González *et al*, 2021), Santander (Guhl, 2009; Cruz *et al*, 2011; Trimarchi, 2015; Gómez *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2020), Magdalena (Roach *et al*, 2021; Valente *et al*, 2022), Nariño (Vellema *et al*, 2015) y Huila (Duarte, 2013; Suarez *et al*, 2021). Resultado del avance en esta labor de revisión se tienen dos productos publicados: (Caviedes y Olaya, 2020) que incluye los impactos ambientales que con más frecuencia se publican en el mundo y otro con los impactos ambientales atribuidos a los programas de certificación en la caficultura colombiana (Caviedes *et al*, 2023), los cuales sirvieron como base para la elaboración de la lista maestra, la cual se complementó con los impactos identificados en campo.

Dado que la Tesis Doctoral se elaborará para la principal zona productora de café del departamento del Huila, se hará una revisión de literatura sobre trabajos realizados en algunos municipios entre los que se destacan los siguientes: Timaná (Bosselmann *et al*, 2009), Acevedo (Ortiz, 2009), Tarqui (Guarnizo, 2018), La Argentina (Jiménez, 2018), Pitalito (Polo, 2013), Gigante (Garzón y Méndez, 2016), La Plata (Jiménez, 2018).

4.4.1.2 Registros de las entidades cafeteras

Se realizó una revisión de la documentación disponible por parte de las entidades oficiales o particulares (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la Cooperativa Departamental de Caficultores del Huila), quienes cuentan con información sistematizada que permitirán medir ciertos indicadores que difícilmente se pueden obtener en campo.

4.4.1.3 Entrevista a expertos

Se realizaron entrevistas a expertos en el ámbito de la caficultura regional (principalmente del municipio de Pitalito) a fin de complementar e identificar impactos que ellos consideren en la región. Este grupo de expertos lo integraron representantes de la Federación Nacional de Cafeteros, Cooperativas, grupos asociativos de caficultores y académicos del sector surcolombiano con conocimientos en caficultura y gestión ambiental. Luego se integraron las listas de impactos ambientales obtenida de la revisión documental con los impactos obtenidos de la entrevista a expertos, lo que generó una versión integrada de la lista maestra.

4.4.1.4 Validación de la lista maestra

La lista obtenida en el punto anterior se sometió a consideración y validada mediante la aplicación del método *Delphi* en el cual participaron representantes de la Federación Nacional de Cafeteros, cooperativas de caficultores del departamento del Huila y académicos expertos en evaluación de impacto ambiental. La encuesta Delphi se desarrolló en 2 rondas.

La primera ronda Delphi expuso una lista de impactos encontrados en la revisión bibliográfica para la selección y calificación de los expertos mediante una escala *Likert* de 6 puntos (1= totalmente en desacuerdo, 2 = mayormente en desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = parcialmente de

acuerdo, 5 = mayormente de acuerdo y 6 = completamente de acuerdo. Cada impacto calificado tenía la opción de realizar comentarios y observaciones para identificar posibles modificaciones de redacción e incluir nuevos impactos ambientales no tenidos en cuenta inicialmente.

Los resultados de esta primera ronda se analizaron a partir de un umbral de acuerdo del 80% entre el panel de expertos. Este umbral requirió que los participantes estuvieran de acuerdo (valores 5 o 6 de la escala *Likert*) con la selección del impacto. Si el acuerdo era menor al 80% se consideró como una divergencia. Aquellos con un 60% de respuestas coincidentes en los valores 1 y 2 de la escala *Liker* se excluyeron de la lista.

La segunda ronda se desarrolló para tratar de llegar a un consenso en cuanto a los impactos considerados en el análisis de la calificación como divergentes o discrepantes y someter nuevamente aquellos impactos en que se registraron comentarios y observaciones que llevaron a una modificación. Los impactos incluidos finalmente corresponden a los definidos en la primera y segunda ronda bajo el umbral de acuerdo del 80% entre el panel de expertos.

4.4.2 Encuesta a caficultores

Se estructuró una encuesta, la cual se aplicó a la muestra de caficultores seleccionada para identificar los impactos y la determinar los factores que restringen y estimulan la adopción de programas de certificación.

4.4.2.1 Diseño y validación del formulario de encuesta

La encuesta que se realizó a los caficultores comprende aspectos básicos de los hogares en las fincas y aspectos específicos sobre diferentes indicadores relativos a las condiciones ambientales, sociales y económicas, así como las prácticas agrícolas que realizan en el proceso productivo con el objetivo de medir las condiciones reales de los agricultores en las tres áreas de sostenibilidad (ecológica, económica y social). La encuesta presentó la misma estructura para los agricultores certificados y no certificados. Contó con 134 preguntas para

un tiempo aproximado de 1 hora y 30 minutos. La encuesta tiene 16 preguntas de caracterización sociodemográfica y caracterización de la finca, algunas de ellas incluidas para las variables socioeconómicas; 46 para las variables ecológicas, 27 para las económicas, 41 para las sociales. Se realizaron 9 preguntas dirigidas exclusivamente a los caficultores certificados y 2 exclusivas para los no certificados. De igual manera, el instrumento incluyó 4 preguntas abiertas dirigidas a indagar la motivación por certificarse y los impactos ambientales de la certificación desde la percepción de los caficultores.

La encuesta contiene un componente para capturar detalles etnográficos profundos que se consideran esenciales para entender las decisiones de manejo de los agricultores. Las preguntas del instrumento dirigidas a determinar los factores conducentes o influenciadores sobre la decisión de adoptar programas de certificación, incluyen características familiares, la propiedad, las labores manuales, las interacciones con las instituciones (bancos, cooperativas de caficultores, agencias de certificación e instituciones cafeteras) y otros aspectos socioeconómicos de los caficultores, como creencias y actitudes acerca de las fincas y las prácticas de manejo como lo recomienda Bravo *et al*, (2016). En el anexo A se incluye el formulario de la encuesta aplicada.

4.4.2.2 Aplicación de la encuesta a caficultores

La encuesta se aplicó a los caficultores pertenecientes a los diferentes grupos de estudio establecidos en la muestra. La aplicación de la encuesta se realizó en las fincas de los encuestados a fin de verificar aspectos como la estructura de la vivienda y del beneficiadero, las instalaciones destinadas a los trabajadores, condiciones de seguridad y manejo de agroquímicos.

4.4.2.3 Tabulación y homologación de impactos ambientales con la lista maestra

Luego de obtener la información con la encuesta, se procedió a tabular las respuestas recopiladas de acuerdo con los aspectos ambientales estudiados (ecológico, económico y social) en cada uno de los grupos de estudio, de manera general y de acuerdo con la variable correspondiente. Posteriormente, los impactos encontrados con la aplicación de las preguntas abiertas en la encuesta fueron definidos mediante la homologación de estos con los definidos

en la lista maestra de impactos ambientales. De igual manera, se procedió a tabular y homologar la información obtenida para la determinación de los factores que restringen y estimulan la adopción de los programas de certificación en cada grupo de estudio.

4.5 Estimación de Impactos Ambientales

La evaluación de impacto permite evidenciar las variaciones en un contexto que se pueden atribuir directamente a un programa o grupo de programas. La respuesta a la pregunta básica de la evaluación de impacto ¿cuál es el impacto o efecto causado por un programa (P) en un resultado de interés (Y)? se obtiene mediante la fórmula básica de la evaluación de impacto (Ecuación 1) (Gertler, *et al.*, 2017):

$$\Delta = (Y|P=1) - (Y|P=0) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Determinar el efecto causal implica identificar y cuantificar Δ , que corresponde al resultado generado en Y que resulta de la adopción e implementación del programa ($P = 1$) menos el mismo resultado que resulta cuando no se adopta ni implementa el programa ($P = 0$), calculado en las mismas unidades de estudio (personas, hogares, comunidades o UPA en este caso) y en el mismo tiempo. No obstante, obtener los dos resultados ($Y|P=1$) y ($Y|P=0$) para las mismas personas, hogares, comunidades o UPA es imposible y se conoce como “el problema del contrafactual”. El problema se puede solucionar mediante la aplicación de herramientas estadísticas, que permitan determinar dos grupos con características similares estadísticamente (grupos control y tratamiento), pero que la participación o exclusión del programa sea lo que los hace diferentes. La suficiente similitud de estos grupos permite asegurar que cualquier diferencia entre ellos es causada por el programa de intervención. (Del Rio, 2015; Gertler *et al.*; 2017). Luego de indagar y observar las restricciones -que para las condiciones de la evaluación de impacto que en este caso se pretende hacer- presentan otros métodos como las variables instrumentales, diferencias en diferencias, etc. Se escogió el método de emparejamiento o pareamiento por puntajes de propensión (PPP), dado que es una evaluación retrospectiva y de acuerdo con la cantidad y calidad de datos que se esperan obtener. El método PPP se puede emplear cuando la asignación al programa (en este caso el programa de certificación) no es aleatoria, dicho de otra manera, no es experimental.

El PPP es un puntaje de equilibrio y se pueden usar para agrupar comparativamente unidades tratadas y de control, permitiendo que las comparaciones directas sean más significativas (Rosenbaum y Rubín, 1983; Wonde *et al*, 2022). Es así como, en cualquier valor de una puntuación de equilibrio, la diferencia entre los promedios de los tratados y no tratados o grupo control en la variable estudiada, lo que genera una estimación no sesgada del efecto promedio del tratamiento en los tratados (ATET) en ese valor de la puntuación de equilibrio si la asignación de tratamiento es fuertemente ignorable (Rosenbaum y Rubín, 1983; Ruben y Ford, 2012; Gertler *et al*, 2017).

El emparejamiento fue restringido al cumplimiento de los supuestos de independencia condicional y la condición de soporte común. Se hicieron pruebas de comprobación de balance de distribución de variables entre el grupo control y el tratamiento, mediante el método de la división de la muestra en intervalos, evaluando que el promedio de cada una de las variables explicativas no presente discrepancia entre las unidades de los grupos control y tratamiento.

En este estudio, primero se eliminaron las observaciones en el grupo de control con un *p-score* más bajo que el *p-score* mínimo en el grupo de tratamiento y las observaciones en cada grupo de tratamiento con un *p-score* más alto que el *p-score* máximo en el grupo de control (Ruben y Ford, 2011), posteriormente se estimaron los puntajes de propensión del grupo tratamiento para cada observación con valores de 0 a 1, la probabilidad de obtener la certificación es directamente proporcional al puntaje obtenido. Posteriormente, se calculó el ATET a partir del área de apoyo común entre cada unidad de tratamiento y su respectivo control (Dietz *et al*, 2020; Estrella *et al*, 2022).

Los resultados obtenidos con el PPP se evaluaron con el algoritmo de kernel, que estructura el resultado contactico a partir de los promedios ponderados de los individuos en el grupo control y la coincidencia de vecino más cercano, que selecciona a un individuo del grupo control con puntaje de propensión cercano o similar, para este caso se empleó el promedio ponderado de dos vecinos, obteniendo coincidencia con reemplazo, por lo que una finca puede

ser coincidencia en repetidas ocasiones (Baser, 2006; Ruben y Ford, 2011; Estrella *et al*, 2022). La calidad del emparejamiento se estimó por Mínimos Cuadrados Ordinarios que permite encontrar los mejores estimadores lineales insesgados. Se determinó la varianza del estimador reemplazando los métodos de varianza asintótica obtenida de manera analítica al aplicar la técnica del vecino más cercano y la varianza calculada por *bootstrap* para el estimador de kernel. Posteriormente, se realizó un análisis de sensibilidad con *Ronsenbaum bounds* evaluando cómo influyen variables no observadas que podrían generar alteraciones de la inferencia sobre los impactos del programa y finalmente, mediante una prueba de falsificación se evaluó la validez de la estrategia de identificación de los impactos en el método de pareamiento (Del Rio, 2015). Todo esto a fin de analizar la robustez de los estimadores de PPP.

Análisis Estadístico

Las pruebas para determinar el PPP, la calidad de su estimación y evaluar el ATET para determinar los impactos ecológicos, económicos y sociales, se realizaron mediante el tratamiento de los datos en el software libre R versión 4.2.2. (*R Development Core Team*, 2022), empleando la plataforma independiente para análisis estadístico R Studio, utilizando los paquetes Ade4 Ggplot2, Magrittr, Dplyr y FactoMineR.

4.5.1 Información de la encuesta, macroindicadores y variables

Como se indicó anteriormente, se incluyeron preguntas abiertas para buscar información adicional que permitan valorar o cuantificar los impactos ambientales expresados por los caficultores mediante la frecuencia de selección. Luego de estas preguntas, la encuesta se subdividió en 3 componentes: el ecológico, económico y social, cada uno de ellos incluyó una serie de macroindicadores y variables teniendo en cuenta los indicadores y sus respectivas variables planteadas por Trimarchi (2015), Elise (2015), Zapata y Nauges (2015), Bravo *et al*, (2016) y Suárez *et al*, (2021) y registradas en las tablas 9, 10 y 11. Estos indicadores fueron complementados en el proceso de identificación de los impactos ambientales.

Los **Impactos Ambientales o Ecológicos** se midieron bajo 7 macroindicadores, los cuales a

su vez se dividen en 17 variables específicas así (Tabla 9):

Tabla 9. Indicadores y operacionalización de impacto ambiental

Indicador	Operacionalización	Medición (instrumento)
Biodiversidad	Número de especies de árboles en la parcela de café	Entrevista - observación
	Número de especies de aves y mamíferos	Entrevista Entrevista - visita
Protección de la fauna	Prácticas de caza	
	Iniciativas para proteger la vida silvestre	
Conservación del Agua	Medidas para la protección de las masas de agua	Visitas - Observación Documental - Entrevista
	Índices de eficiencia de tratamiento de aguas residuales domésticas, de manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café y de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café	
Conservación del suelo	La erosión del suelo	Visitas - observación
	El uso de fertilizantes	Entrevistas- visita
Manejo Integrado de Plagas	Índice de medidas aplicadas para el manejo integrado de plagas	Visitas – Entrevistas
	Cantidad de plaguicidas aplicados	Entrevistas
	Número de dosis letal 50 DL ₅₀ aplicadas	
Gestión de Residuos	Método de eliminación de residuos sólidos peligrosos	Visitas – Observación- Entrevistas
	Método de eliminación de residuos sólidos domésticos	
Reforestación	Los árboles plantados fuera de la parcela de café	

Indicador	Operacionalización	Medición (instrumento)
	Las áreas de bosque natural	
	Manejo de la sombra del café	

El **Impacto Social** se midieron a partir de 4 macroindicadores, los cuales se dividen en 10 variables específicas así (Tabla 10):

Tabla 10. Indicadores y operacionalización de impacto social.

Indicador	Operacionalización	Medición (instrumento)
El mantenimiento de registros	Amplía registro de las actividades agrícolas y económicas de la granja	Observación - Entrevistas
Red de productores	La participación en una organización de productores o cooperativas	Revisión documental
Empleo Justo	Salarios y horas de trabajo legal respetado	Entrevistas y revisión de registros
	Formación impartida a los trabajadores	Revisión documental - Entrevistas
	Sin el trabajo infantil	Entrevistas y observación.
	Equidad de género	Entrevista
Salud en el Trabajo	Condiciones de habitabilidad de alojamientos para empleados	Observación - Entrevistas
	Presencia de botiquín de primeros auxilios y capacitación	Observación – Entrevistas
	El uso de equipo de protección personal	Entrevistas
	La presencia de señalización de seguridad	Entrevistas

El **Impacto Económico** se evaluó a partir de 7 macroindicadores, los cuales se subdividen en 8 variables específicas, así (Tabla 11):

Tabla 11. Indicadores y operacionalización de impacto

Indicador	Operacionalización	Medición (instrumento)
Productividad	Número de cargas (125 kg) de café pergamino vendió por hectárea	Registro documental - entrevistas
Precio	Precio pagado por carga de café pergamino vendida	Registro documental - entrevistas
Información Precio	Frecuencia de acceso a información sobre precios	
Ingresos	Importancia de la producción de café como parte de la renta de los hogares.	Entrevistas
	% de utilidad	
Acceso al crédito	El acceso al crédito para la renovación de la parcela de café o infraestructuras agrícolas	Entrevistas
Pobreza	Índice de probabilidad de pobreza	Entrevistas y observación.
La expansión de Tierras	La expansión de las plantaciones de café en los últimos 5 años	Registro documental – entrevistas

4.5.2 Métodos para evaluar los impactos ecológicos atribuidos a la adopción de programas de certificación

A continuación, se presentan los métodos empleados para evaluar los impactos ecológicos de los programas de certificación a partir de cada indicador planteado.

4.5.2.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la biodiversidad

Muestra

El impacto sobre la biodiversidad de las fincas cafeteras se evaluó con un grupo de 101 fincas cafeteras en las que se categorizaron nueve grupos de fincas con diferente certificación o combinación de programas de certificaciones y un grupo de fincas sin certificación (Tabla 12). Cada grupo de tratamiento está conformado por 10 fincas y el control por 11 fincas, todas ubicadas en los corregimientos de Bruselas, Criollo, Charguayaco y Regueros del municipio de Pitalito. De igual manera, se desarrollaron muestreos en 5 reservas de bosque que fueron la referencia de comparación.

Tabla 12. Programas o combinaciones de programas de certificación en Estándares Voluntarios de Sostenibilidad evaluados.

Número de certificaciones	Certificación o grupo de certificaciones	Número de fincas evaluadas
1	RA	10
1	Org	10
1	CPr	10
2	RA + CPr	10
2	Utz + CPr	10
2	FT + CPr	10
2	RA + FT	10
3	RA + Utz + CPr	10
4	RA + FT + Utz + CPr	10
0	NC	11

RA: Rainforest Alliance Certified. FT: Fairtrade Labelling Organizations International. Utz: UTZ Certified. Org: Orgánico. CPr: Café Practice. NC; No certificadas.

4.5.2.1.1 Inventarios de Biodiversidad

En cada una de las fincas y los 5 bosques de referencia se realizaron inventarios de especies de aves, árboles y mamíferos. La metodología empleada fue la recomendada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Villarreal *et al*, 2004),

para caracterizaciones e inventarios rápidos, en el caso de las aves y árboles. Para el caso de mamíferos se adaptó la metodología planteada en el componente de ciencia ciudadana en Ruiz *et al* (2020). Los recorridos en los transectos y el tiempo en las estaciones o puntos de observación se realizaron tratando de ser estrictamente homogéneos en cada finca y en cada reserva de bosque de referencia, a fin de mantener esfuerzos de muestreo idénticos entre las fincas y las reservas de bosque.

4.5.2.1.1.1 Inventario de Aves

Las aves poseen una serie de características que las hacen ideales para inventariar gran parte de la comunidad con un buen grado de certeza y así caracterizar los ecosistemas y los hábitats en que residen. Las características más relevantes de este grupo son su comportamiento llamativo, rápida detección, identificación y disponibilidad de información (Stotz *et al*, 1996). Philpott *et al* (2007) sugiere que comparar granjas certificadas y no certificadas con áreas no intervenidas o poco intervenidas en las mismas regiones es una forma más válida de evaluar el impacto ecológico relativo de la certificación en biodiversidad.

La metodología empleada para el inventario de aves en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito se realizó en dos muestreos en cada finca, cada uno durante dos temporadas de muestreo correspondientes al mes de diciembre y a junio. El muestreo incluyó 3 actividades: recopilación de información, detecciones visuales y grabación de vocalizaciones.

La recopilación de información se realizó antes de salir a campo, donde se seleccionó y clasificó información de las características físicas, socioeconómicas y culturales de la zona de estudio, también se revisaron bases de datos para la obtención de estudios ornitológicos, bancos de sonidos y listas de especies registradas a nivel local, regional y nacional, de tal manera que se pudiese contar con buenos referentes. Las detecciones visuales son un método eficiente que permiten obtener listas completas y representativas de especies, este método maximiza la información obtenida por unidad de tiempo y esfuerzo. Además, permite obtener otra información ecológica relevante de este grupo (Bibby *et al*, 2004; Villarreal *et al*, 2004).

Las detecciones visuales se realizaron por simple observación empleando binoculares y mediante el registro en video, durante cada jornada se realizaron recorridos por senderos preestablecidos de aproximadamente 1,5 Km que incluyeron el cultivo y los diferentes tipos de paisaje o hábitat presentes en la finca. Durante el recorrido en cada finca se realizaron siempre cuatro estaciones en las que se registraron las especies observadas en un radio de 50 m durante 10 minutos, excluyendo las especies detectadas en vuelo. Se definió este periodo de tiempo por estación para evitar sobreestimar a un mismo individuo dos veces y a su vez, lograr registrar la mayor cantidad de especies (incluidas las raras) (Ong'ondo *et al*, 2022). La identificación *in situ* se desarrolló mediante la referencia en ilustraciones de guías de campo.

Las detecciones mediante las vocalizaciones de las especies de aves es la herramienta más eficiente mediante la cual puede ser inventariada la avifauna de una región (Villarreal *et al*, 2004), para identificar algunas especies, el canto puede ser casi la única forma de distinguir en la distancia por el difícil acceso a su hábitat (Moreno 2006). La grabación de vocalizaciones se realizó simultáneamente con la detección visual, empleando grabadoras digitales, los registros de vocalización de una especie, las grabaciones obtenidas se seleccionaron bajo el criterio de relación 2:1 entre la intensidad del sonido del canto y el sonido de fondo (Budney y Grotke, 1997), posteriormente, para su identificación, los registros se compararon con algunas producciones de los Bancos de Sonidos Animales (BSA) del Instituto Alexander von Humboldt, como, Cantos de Aves de la cordillera oriental de Colombia (Álvarez 2000) y la Guía Sonora de las Aves de los Andes Colombianos (Álvarez *et al*, 2007).

4.5.2.1.1.2 Inventario de mamíferos terrestres

El inventario de mamíferos terrestres fue realizado mediante dos metodologías que permiten una rápida obtención de datos confiables. Estas metodologías corresponden a los recorridos por transectos y a la ciencia ciudadana. Los recorridos por transectos realizados fueron exclusivamente diurnos a través de senderos con longitudes aproximadas a los 1,5 km, escogidos de acuerdo con las características topográficas y paisajísticas de la finca, de tal manera que incluyeran fragmentos de bosque, borde de bosque y plantación de café. Durante los recorridos se documentaron las observaciones directas de mamíferos y las evidencias

indirectas de presencia, como huellas, heces, madrigueras, cadáveres, marcas en los árboles y señales de forrajeo (Vásquez *et al*, 2019).

Los científicos ciudadanos voluntarios son un recurso invaluable para recopilar y clasificar una gran cantidad de imágenes que se utilizan para el monitoreo ecológico (Mugford *et al*, 2021). No obstante, los datos que los ciudadanos pueden recopilar en iniciativas a gran escala son limitados y se requiere comprender esas limitaciones (Wheeler *et al*, 2019). Sin embargo, para detectar la presencia de una especie es eficiente (Massimino *et al*, 2019). Para el inventario de mamíferos terrestres en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito, se recopilaron los datos videográficos y fotográficos registrados en el área de cada finca en los últimos 3 años por los miembros del hogar y los trabajadores. Estos documentos fueron evaluados para verificar la calidad del material, de tal manera que permitiera la clasificación de la especie por parte de expertos o siguiendo las guías de identificación de este grupo taxonómico.

4.5.2.1.1.3 Inventario de árboles

Los inventarios vegetales de un área determinada no requieren necesariamente un recorrido total, se puede obtener rápidamente información significativa de su riqueza y composición, mediante recorridos sobre transectos estandarizados (Villarreal *et al*, 2004). Los árboles inventariados en cada finca corresponden a las especies con hábito arbóreo, palmas y arbustos grandes, encontradas en una hectárea del cultivo de café incluyendo sus bordes. En las fincas con área de cultivo superior a una hectárea se seleccionó la hectárea más homogénea a la estructura arbórea o sistema de sombrío del área total.

4.5.2.1.2 Identificación de especies

Las listas de especies de mamíferos terrestres se ordenaron de acuerdo con la taxonomía planteada por Burgin *et al*, (2018) y la base de datos *Mammal Diversity Database* (www.mammaldiversity.org). Los listados de aves se clasificaron siguiendo el orden

taxonómico propuesto por el Comité de Clasificación de Aves de Sudamérica (SACC, por sus siglas en inglés) en Ayerbe (2019) y Echeverry et al (2022) y la nomenclatura de los taxones de los árboles se ordenaron siguiendo la propuesta de *The Angiosperm Phylogeny Group*. (APG, 2017) y los nombres científicos se comprobaron de acuerdo con las bases de datos *The Plant List* v1.1 (www.theplantlist.org) y Trópicos v3.4.2 (<https://tropicos.org/home>).

Análisis de datos

La biodiversidad de aves, árboles y mamíferos se determinó evaluando la riqueza de especies de una comunidad (diversidad alfa) durante el periodo de muestreo, este índice es un descriptor a nivel local o de unidad de paisaje (Villarreal *et al*, 2004; Laurila-Pant *et al*, 2015), lo que para este estudio sería una finca (Unidad Productiva Agropecuaria) o una reserva de bosque. También se evaluó la diversidad beta que corresponde a la medida del grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre comunidades o pares de unidades de paisaje (Ong'ondo *et al*, 2022).

La diversidad alfa para este estudio se evaluó mediante la riqueza específica, la cual hace referencia al número de especies encontradas en el sitio de muestreo de cada finca o reserva de bosque. Por su parte, para la diversidad beta se evaluó la similitud/disimilitud entre dos comunidades, unidades de paisaje o muestras (fincas o reservas de bosque) la cual, se determinó empleando el índice de Jaccard, que establece la relación entre el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Jaccard, 1900) (Ecuación 10). El rango de este índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies (Poulsen y Krabbe, 1998).

$$Ij=a+b-c \qquad \qquad \qquad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

a = número de especies encontradas en el sitio A

b = número de especies encontradas en el sitio B

c = número de especies compartidas entre los sitios A y B

También se determinó para la diversidad beta el recambio/reemplazo de especies, empleando el índice de complementariedad que, a partir del número de especies exclusivas entre dos muestras y el total de especies al unir las dos muestras, expresa que tanto se complementan (Villarreal *et al*, 2004). La complementariedad entonces varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos, hasta uno (1), cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas. El cálculo de la complementariedad incluye la valoración de la riqueza total para ambos sitios compartidos S_{AB} (Ecuación 11) y el número de especies únicas en cualquiera de los dos sitios U_{AB} (Ecuación 12), la relación entre estos dos valores determina la complementariedad (Ecuación 13).

$$S_{AB}=a+b-c \quad \text{(Ecuación 11)}$$

$$U_{AB}=a+b-2c \quad \text{(Ecuación 12)}$$

$$C_{AB}= U_{AB}/S_{AB} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Las comparaciones estadísticas de los valores de los índices de biodiversidad calculados para aves, árboles y mamíferos encontrados en las fincas certificadas y las reservas de bosque correspondientes, se realizaron mediante un análisis de varianza a una vía ANOVA y se empleó la prueba post hoc de Tukey para determinar cuáles esquemas de certificación presentan diferencias sobre otros esquemas, de acuerdo con los valores de cada índice de biodiversidad en cada grupo indicador o grupo taxonómico.

4.5.2.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la protección de la fauna

Para evaluar el impacto de los programas y esquemas de certificación sobre la protección de la fauna en fincas cafeteras del municipio de Pitalito, se tuvieron en cuenta las prácticas de cacería y las medidas o iniciativas de los caficultores para la conservación de la vida silvestre.

4.5.2.2.1 Prácticas de cacería

En el cuestionario estructurado se incluyeron preguntas relacionadas con las prácticas cinegéticas en las fincas cafeteras o en sus zonas aledañas. Las preguntas de tipo dicotómicas (Sí/No) indagaron sobre la realización de prácticas de cacería en algún momento del año en la finca o en bosques cercanos a estas.

4.5.2.2.2 Medidas para la conservación de la vida silvestre

Se indagó en el cuestionario sobre ¿cuáles son las iniciativas o medidas de conservación de la vida silvestre realizadas en las fincas cafeteras? Las respuestas se homologaron a fin de no repetir la misma medida. Posteriormente se determinó para cada finca, un índice de medidas para la conservación de la vida silvestre (IMCVS), que se obtiene de la relación entre el número total de medidas indicadas en la muestra y el número total de medidas indicadas en la finca. El índice tiene valores que oscila entre 0 y 1, indicando que los valores más altos o iguales a 1 corresponden a fincas en las que se adopta mayor número de medidas dirigidas a conservar la vida silvestre.

4.5.2.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la conservación del agua

El impacto sobre el recurso hídrico de los programas de certificación con estándares voluntarios de sostenibilidad adoptados por fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila se evaluó bajo los resultados de tres índices de impacto. Sin embargo, también se evaluó la cantidad de medidas aplicadas para los cuerpos de agua en la finca.

4.5.2.3.1 Índice de medidas para la conservación de los cuerpos de agua en fincas cafeteras (IMCA)

La encuesta realizada en cada unidad productiva agropecuaria contenía una pregunta de selección múltiple que incluyó una serie de medidas para la conservación de los nacaderos,

humedales, arroyos o quebradas dentro del área de la finca. Se seleccionaron las medidas con mayor número de repeticiones, en total 8 medidas. Luego se enumeraron el total de medidas seleccionadas como respuesta por el propietario de la finca. Este valor se dividió por (8) correspondiente al total de medidas, para obtener un valor que oscila entre cero (0), que indica que en la finca no se toman medidas para la conservación de los cuerpos de agua y uno (1), que indica que en la finca se toman medidas suficientes para la conservación de los cuerpos de agua.

4.5.2.3.2 Evaluación del Impacto sobre el Recurso hídrico

La evaluación del impacto de los programas de certificación adoptados por las fincas cafeteras se realizó mediante la valoración de tres índices: Índice de Eficiencia de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (IETARD), Índice de Manejo del Agua en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café (IMAPBHC) y el Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café (ICAPBHC). Finalmente, se determina el Índice integral de Manejo de Aguas Residuales de la Finca Cafetera (IIMARFC) mediante la sumatoria de los índices IETARD, IMAPBHC e ICAPBHC.

4.5.2.3.2.1 Índice de Eficiencia de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (IETARD)

El índice se determinó identificando cada una de las unidades del sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas que tiene cada finca cafetera evaluada en este estudio. En campo se corroboró su existencia y su estado, es decir, si era funcional o no. Cada una de las unidades se evaluó usando como referente el porcentaje de remoción de materia orgánica mediante el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) como se expone en la Tabla 13, donde también se presentan todas las unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas observadas. Los referentes fueron principalmente los publicados por investigadores del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ).

Tabla 13. Porcentajes de remoción de DQO para las diferentes unidades de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en las fincas cafeteras.

UNIDAD DE TRATAMIENTO	% REMOCIÓN DQO	REFERENCIA
Trampa de Grasas	10-20	Matsumoto y Sánchez, 2016
Tanque Séptico	30-40	Rodríguez <i>et al</i> , 2018
Filtro de Piedra	60-80	RAS 2000. Literal E
Filtro Anaerobio	60-80	Rodríguez <i>et al</i> , 2018
Humedal Artificial	70-80	Rodríguez <i>et al</i> , 2019
Filtro verde	65-75	Rodríguez <i>et al</i> , 2022
Biodigestor	70 -90	Pin, 2020; Lansing <i>et al</i> , 2008

Los valores del índice están en el rango de 0 a 1 y corresponden a la fracción de materia orgánica como DQO que puede remover el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con que cuenta la finca. De tal manera, que entre más cercano a 1 sea el valor del índice, mayor será su eficiencia.

4.5.2.3.2.2 Índice de Manejo del Agua en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café (IMAPBHC)

Corresponde a uno de los indicadores ambientales en el proceso de beneficio del café empleado por CENICAFÉ, para cuantificar la cantidad, el ahorro y eficiencia en el consumo de agua durante el proceso de beneficio húmedo del café (Rodríguez *et al*, 2015). Consiste en la asignación de un valor ponderado en cada etapa del proceso de beneficio realizado en una finca. De tal manera que se compara el consumo de agua del dispositivo con que cuenta en cada etapa el beneficiadero de la finca, tomando como referencia el consumo que en la misma etapa del proceso realiza el beneficio convencional y así determinar el ahorro de agua. El valor ponderado de cada etapa (VP_e) se obtiene de la relación entre el ahorro de agua en la etapa de beneficio específica (a) (en l/Kg de café pergamino seco (cps)) y el valor total de consumo de agua en el proceso de beneficio convencional que corresponde a 40 l/Kg de cps (Ecuación 14) (Rodríguez *et al*, 2021).

$$VP_e = a/40 \text{ l/kg} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Luego se suman todos los (VPe) y se obtiene el IMAPBHC (Ecuación 15), que oscila en el rango de 0 a 1, siendo el valor de 0 el indicador de mayor consumo de agua, sin ningún tipo de ahorro y los valores de cercanos a 1 corresponden a procesos de beneficio con mayor ahorro y uso eficiente de agua y por tanto bajo consumo.

$$IMAPBHC = \sum_{i=1}^n VPe \quad \text{Ecuación 15.}$$

4.5.2.3.2.3 Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café (ICAPBHC)

Este índice se diseñó teniendo en cuenta las etapas del proceso de beneficio del café en las que se obtienen subproductos contaminantes a partir de materia orgánica cuantificada como DQO, con el objetivo de valorar el impacto ambiental ocasionado por el manejo, disposición y tratamiento de estos subproductos (Rodríguez *et al*, 2015). El indicador asigna un valor ponderado a cada etapa del proceso de beneficio correspondiente al impacto que allí se genera por parte del subproducto (Pulpa o Mucílago) y relacionadas con la disminución en su potencial contaminante, de acuerdo con los dispositivos y/o estructuras con que cuenta el beneficiadero en sus diferentes etapas y al consumo de agua y otras prácticas propias del proceso como se expone en la tabla 14.

Tabla 14. Valores ponderados para el ICAPBHC en las diferentes etapas del proceso de beneficio del café (Rodríguez *et al*, 2021).

Parte del fruto responsable de la contaminación	Etapas de beneficio	Dispositivo/práctica	Ponderación	Valor máximo Etapa
Pulpa Ponderación 0,74	Recibo	Tolva seca	0,020	0,020
		Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín	0,020	
		Tanque sifón sin recirculación	0,001	
		Tanque sifón con recirculación	0,012	
		Bomba sumergible	0,012	

Parte del fruto responsable de la contaminación	Etapas de beneficio	Dispositivo/práctica	Ponderación	Valor máximo Etapa
	Despulpado	Con agua	0,000	0,150
		Sin agua	0,150	
	Transporte pulpa	Con agua	0,000	0,150
		Sin agua	0,150	
	Almacenamiento pulpa	Sin techo	0,000	0,150
		Con techo	0,150	
	Descomposición de la pulpa	Sin techo	0,000	0,150
		Con techo	0,150	
	Recolección y tratamiento drenados pulpa	No	0,000	0,120
		Sí	0,120	
Mucílago Ponderación 0,26	Lavado	Sistemas de tratamiento físico.	0,05	0,260
		Adición de mucílago a la pulpa, sin recirculación de lixiviados o adición de los dos primeros enjuagues del lavado a la pulpa, sin recirculación de lixiviados.	0,130	
		Recirculación de lixiviados provenientes de la mezcla de la pulpa con los dos primeros enjuagues de lavado, hasta agotamiento de estos, y manejo del tercer y cuarto enjuague en sistema de tratamiento.	0,200	
		Sistemas de tratamiento biológico o fisicoquímico, o adición de mieles del lavador a la pulpa sin recirculación de lixiviados.	0,200	
		Utilización de todos los subproductos, y recirculación de las aguas residuales en diferentes tratamientos hasta agotamiento o reúso en los términos de la Resolución 1207 del 2014 o de las normas que la sustituyan.	0,260	

Parte del fruto responsable de la contaminación	Etapas de beneficio	Dispositivo/práctica	Ponderación	Valor máximo Etapa
Total del Indicador				1,00

Los valores del índice oscilan entre 0 y 1. Valores iguales o cercanos a 0 indican un impacto ambiental negativo. Por el contrario, valores cercanos o iguales a 1 indican que en la finca se realiza un adecuado manejo y tratamiento de los subproductos generados durante el proceso de beneficio, lo cual reduce o minimiza el impacto ecológico (Rodríguez *et al*, 2021).

4.5.2.4 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la conservación del suelo

Se evaluó el impacto generado por la aplicación de los estándares voluntarios de sostenibilidad en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito dirigidos al recurso suelo, las cantidades de fertilizantes químicos aplicadas en un año de producción y la erosión del suelo.

4.5.2.4.1 Cantidades de fertilizantes inorgánicos aplicados en las fincas cafeteras

La encuesta indagó sobre marcas comerciales, fórmulas y cantidades de fertilizantes inorgánicos empleados en las fincas cafeteras evaluadas en este estudio. Se estableció una relación entre las cantidades aplicadas por hectárea de la plantación durante un año, discriminando cada uno de los componentes principales del producto. El análisis se realizó sobre los elementos y compuestos N, P₂O₅, K₂O, MgO, S y CaO, determinando las cantidades aplicadas a partir de las concentraciones expuestas en las fichas técnicas de los diferentes productos comerciales informados por los caficultores participantes.

En este caso los grupos de tratamiento y cantidades de fincas evaluadas corresponden a los mismos grupos expuestos en la Tabla 8. Las fincas que emplean menor cantidad de fertilizantes inorgánicos se consideran como fincas más amigables con el medio ambiente,

debido a que han alcanzado un mejoramiento del suelo mediante la implementación de buenas y eficientes prácticas agrícolas.

4.5.2.4.2 Intensidad de la erosión del suelo

Se examinó en una parcela de café en cada finca el estado de erosión del suelo, observando los procesos superficiales que afectan al suelo, incluyendo todo tipo de erosión: salpicadura, lámina, surcos y cárcavas. Se siguió la metodología de verificación aplicada por Mutekanga *et al* (2010), basada en el uso de indicadores visuales para evaluar la intensidad de la erosión mediante una clasificación cualitativa que se fundamenta en la presencia/ausencia de señales visuales y el tamaño de estas (Tabla 15). Las categorías de intensidad de erosión de esta metodología corresponden a 0, 1, 2 y 3, en las que 0 y 1 indican un control efectivo de la erosión en la plantación; mientras, las categorías 2 y 3 indican un control ineficaz (Blanco y Aguilar, 2015).

Al igual que en el caso del impacto por el uso de los fertilizantes, los grupos de tratamiento y cantidades de fincas evaluadas corresponden a las registradas en la tabla 8.

Tabla 15. Categorías de intensidad de erosión hídrica mediante evaluación cualitativa.

Categoría	Intensidad de la erosión	Explicación
0	Ninguna a muy leve	El suelo no se ve afectado o sólo se ve ligeramente afectado por la erosión. En este último caso, no resulta inmediatamente evidente. La evidencia de erosión es ocasional y solo está presente en ciertos lugares específicos, como en la base de árboles, arbustos o rocas.
1	Leve	El suelo está algo afectado por la erosión, y esto es claramente visible en toda la parcela. Los indicios de erosión son más generalizados y también más evidentes que en el caso anterior, pero sólo se concentran de forma muy clara en lugares muy concretos.

2	Moderado	El suelo está claramente afectado por un grado moderado de erosión. La evidencia de erosión está generalizada y puede concentrarse en cualquier punto de la parcela, pero la mayor parte de la superficie no se ve afectada por la erosión.
3	Fuerte a Severo	El suelo se ve fuertemente afectado por la erosión. La mayor parte de la superficie se encuentra afectada por erosión (en caso de duda, la parcela se clasifica como Clase 2).

4.5.2.5 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la reforestación en fincas cafeteras

Este impacto se evaluó sobre los indicadores de área de bosque en la finca, el porcentaje de sombrío en la plantación de café y el número de árboles silvestres o frutales sembrados fuera de la plantación.

4.5.2.5.1 Área de bosque natural en la finca

Mediante la encuesta aplicada se preguntó al propietario por la cantidad de área de bosque que conserva en la finca cafetera. Este valor se constató empleando la misma metodología para medición de cobertura boscosa, utilizada en el indicador de biodiversidad empleando geodetección, a fin de corregir estimaciones erróneas del caficultor. Finalmente, se tomó el valor del área de bosque en relación con el área total de la finca cafetera para la realizar el análisis estadístico.

4.5.2.5.2 Manejo de sombrío en la plantación de café

Mediante observación en la plantación cafetera se clasificó el manejo agroforestal con que cuenta la finca en tres categorías de sistema o manejo de sombra: rústica, tradicional y tecnificada. La sombra rústica corresponde a la plantación bajo el bosque natural, lo que lo hace menos alterado, más diverso y su manejo es menos intensificado con porcentajes de

sombra que oscilan entre 60% y 90%. La sombra tradicional o policultivo tradicional incluye una combinación de árboles nativos, frutales y hortalizas; los árboles son periódicamente podados para permitir mayor ingreso de radiación solar, por lo que su sombra oscila entre 60% y 30%. Finalmente está la sombra tecnificada que corresponde a un monocultivo denso de café bajo sombra que incluye máximo dos especies de árboles que generan un rango de sombra entre el 10% y <30% (Arcila *et al*, 2007; Farfán, 2014; Farfán, 2016). Se estimó el valor del sombrío en las plantaciones de cada finca, de acuerdo con los valores promedio de cada categoría de clasificación del sistema o manejo de sombra.

4.5.2.5.3 Número de árboles sembrados

En la encuesta aplicada a los caficultores se consultó sobre la cantidad de árboles sembrados dentro de la finca, pero fuera de la plantación de café. Esta cantidad de árboles en relación con el área total de la finca se empleó para medir el impacto de los programas de certificación desde el indicador de reforestación o forestación, entendiéndose estos términos como la plantación de árboles en áreas deforestadas o en superficies en las que antes no existían respectivamente.

4.5.2.6 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre el manejo integrado de plagas en fincas cafeteras

En la encuesta se indagó sobre las medidas que los caficultores adoptan para el manejo integrado de las plagas como la broca, roya y los arvenses y sobre las cantidades de productos o plaguicidas sintéticos aplicados durante un año en las plantaciones de café.

4.5.2.6.1 Índice de medidas para el manejo integrado de las plagas (IMMIP)

Se hizo un listado de medidas con las respuestas obtenidas y se definió un índice de medidas para el manejo integrado de las plagas (IMMIP) de acuerdo con la relación entre el número de medidas adoptadas en la finca y el número total de medidas nombradas por los caficultores encuestados. De la misma manera, se determinó un indicador de medidas adoptadas para cada una de estas plagas (Broca, Roya y Arvenses). El indicador presenta valores que oscilan entre 0 y 1, siendo los valores iguales o cercanos a 0 indicadores de ninguna o pocas medidas para

el manejo integrado de plagas. Por el contrario, valores cercanos a 1, indican la adopción de diversas medidas para la prevención y el control de las plagas.

4.5.2.6.2 Cantidad de plaguicidas y Número de DL₅₀ aplicadas

Los plaguicidas empleados en las fincas fueron contrastados con las listas de pesticidas prohibidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y los programas de certificación, con el objetivo de identificar la incidencia que tienen los programas en el uso de estos agroquímicos. La categoría de toxicidad de los pesticidas empleados por los caficultores se adjudicó de acuerdo con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS, 2019) (Tabla 16).

Tabla 16. Categorías de toxicidad y DL₅₀ de los ingredientes activos aplicados en las fincas estudiadas.

Ingrediente Activo	Uso principal	DL₅₀ mg/kg	Categoría	Prohibido en listas
Glifosato	H	4230	III. Poco peligroso	FT
Ácido 2,4 - Diclorofenoxiacético	H	639	II. Moderadamente peligroso	Org
Glufosinato de Amonio	H	1620	II. Moderadamente peligroso	Org
Atrazina	H	2000	III. Poco peligroso	RA+Org+Utz
Paraquat	H	150	II. Moderadamente peligroso	RA+FT+Org+4C
Metsulfuron methyl	H	>5000	U. No peligro agudo	Org
Clorpirifos	I	135	II. Moderadamente peligroso	RA+FT+Org+4C
Isocycloseram	I	>5000	U. No peligro agudo	Org
Tiamethoxam	I-F	871	II. Moderadamente peligroso	RA+FT+Org
Fentoato	I	400	II. Moderadamente peligroso	Org
Clorantniliprol	I	>5000	U. No peligro agudo	Org
Ciproconazole	F	1020	II. Moderadamente peligroso	Org
propiconazol	F	1520	II. Moderadamente peligroso	Org
Azoxystrobin	F	>5000	U. No peligro agudo	Org
Tebuconazol	F	1700	II. Moderadamente peligroso	Org
Flutriafol	F	1140	II. Moderadamente peligroso	Org

Se calculó la cantidad de pesticidas aplicados por hectárea durante un año de producción en cada finca cafetera (Ecuación 16) discriminando el tipo de pesticida como: herbicida, insecticida y funguicida. Dado que no todos los pesticidas tienen un ingrediente activo con la misma categoría de toxicidad, se calculó la cantidad o número de dosis letal media (DL₅₀) empleadas por hectárea de la plantación durante un año de producción, de acuerdo con el ingrediente activo de cada pesticida (Ecuación 17).

$$\text{Cantidad de pesticida } \left(\frac{g}{ha}\right) = \frac{\text{Cantidad de pesticida (L o kg)} * \left(\frac{g}{L} \text{ o } \frac{g}{kg} \text{ ingrediente activo}\right)}{\text{Área de café (ha)}} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

$$\text{Número de DL}_{50}/ha = \frac{\text{Cantidad de pesticida } \left(\frac{g}{ha}\right) * 1000}{DL_{50}} \quad \text{(Ecuación 17)}$$

4.5.2.7 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la gestión de residuos sólidos en fincas cafeteras.

Se evaluó el manejo de los residuos sólidos a partir de dos índices de manejo: el manejo de los residuos peligrosos originados por el uso de pesticidas (IMRPP) y el manejo de los residuos sólidos domésticos (IMRSD) entre los que se incluyen los residuos recolectados en las plantaciones de café, ya que el 100% de los caficultores afirmaron realizar recolección de residuos sólidos de manera continua durante las diferentes actividades laborales en las plantaciones y finalmente, manejar estos residuos junto con los domésticos o con los peligrosos según sea el caso.

4.5.2.7.1 Índice de manejo de los residuos peligrosos originados por el uso de pesticidas (IMRPP)

Este índice evalúa la gestión de los residuos que se generan por el uso de pesticidas como son: envases o recipientes, instrumentos para la preparación de mezclas y elementos de protección personal utilizados en la preparación y aplicación de pesticidas. Las medidas de

gestión realizadas por los caficultores consultados se homologaron hasta obtener un grupo de 10 medidas, las cuales se valoraron acorde a su idoneidad y efecto adverso para el ambiente según las recomendaciones de la OIT (2022), en una escala de 0 a 1, siendo 0 o valores cercanos a cero, indicadores de manejos inadecuados para este tipo de residuos y 1 o valores cercanos a 1 indicadores de manejos adecuados (Tabla 17). Cuando las medidas que los caficultores afirman aplicar incluyen valoraciones menores, pero el destino final del residuo es el adecuado, se omite la valoración menor y sólo se tiene en cuenta la valoración más alta o el promedio de estas valoraciones altas.

Tabla 17. Valoración de medidas de gestión de residuos peligrosos

MEDIDAS DE GESTIÓN	VALOR
Se lanzan a los cuerpos de agua cercanos	0
Se conservan para ser reutilizados como recipientes para el hogar	0
Se queman	0,1
Se depositan en la basura junto con los residuos de la finca	0,2
Se entierran	0,1
Se devuelven al vendedor del producto	1
Se almacenan para luego ser vendidos	0,5
Se almacenan hasta ser recogidos en campañas de recolección de estos recipientes	1
Perforan el envase para evitar la reutilización	0,5
Se entregan a gestores de residuos peligrosos	1

4.5.2.7.2 Índice de manejo de los residuos sólidos domésticos (IMRSD)

El índice evalúa la gestión aplicada a los residuos domésticos (plásticos, metales, vidrio, residuos de cocina) que se generan en la finca, incluidos los recolectados en las plantaciones durante las jornadas de limpieza. La pregunta de múltiple respuesta interrogada a los caficultores ofreció las opciones de: quemar los residuos, enterrar los residuos, separar, reutilizar y reciclar los residuos, en este último caso, se consideró reciclaje sólo cuando el caficultor utilizó los residuos orgánicos para compostaje. Cada opción fue explicada al caficultor para evitar errores de selección por desconocimiento de términos. También se ofreció la opción de indicar sí aplica otra medida con los residuos domésticos.

La valoración del IMRSD se definió valorando cada medida (Tabla 18) de acuerdo con su idoneidad y efecto adverso para el ambiente. La suma de los valores de las medidas aplicadas en la finca se dividieron mínimo por tres (tres opciones más idóneas y valoradas con 1) o por 3 más el número de opciones seleccionadas con valoraciones menores a 1. De esta manera se obtiene un índice que oscila en una escala de 0 a 1, siendo 0 o valores cercanos a cero, indicadores de manejos inadecuados para este tipo de residuos y 1 o valores cercanos a 1 indicadores de manejos adecuados.

Tabla 18. Valoración de medidas de gestión de residuos sólidos en la finca

MEDIDA	VALOR
Quema el residuo	0
Entierra el residuo	0,5
Separa los residuos para aprovechamiento	1
Reutiliza el residuo	1
Recicla el residuo	1

4.5.3 Metodología para evaluar los impactos económicos atribuidos a la adopción de programas de certificación

En la encuesta aplicada a los caficultores participantes en este estudio, se indagaron aspectos dirigidos a conocer la productividad del cultivo de café en la finca, el precio al cual se pagó la carga de café en el año 2022 - 2023, los ingresos obtenidos por el caficultor durante el ciclo de producción de la plantación, el acceso al crédito, el grado de expansión de las plantaciones de café en la finca y las condiciones de habitabilidad de la vivienda entre otros datos que permiten estimar la probabilidad de que un hogar se encuentre en situación de pobreza. A continuación, se presentarán los métodos para evaluar los impactos económicos de los programas de certificación a partir de cada indicador planteado.

4.5.3.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la productividad de fincas cafeteras.

Se calculó el promedio del número de cargas de café (125 kg) producidas por hectárea durante el año 2022 - 2023, de acuerdo con los registros de venta de café de este periodo y el área en producción de la finca. Los grupos de comparación se definieron por emparejamiento por puntajes de propensión siguiendo el mismo procedimiento para la determinación de los impactos ecológicos y posteriormente se calculó el efecto promedio del tratamiento en los tratados.

4.5.3.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre el precio al que se vende el café.

Se indagó en la encuesta sobre el valor promedio al cual fue comprada la carga de café durante el año 2022 - 2023. De igual manera, se consultó por la frecuencia con la que los caficultores tienen acceso a la información de los precios a que es pagada la carga de café. Luego de definir los grupos, incluidos el control, se calculó el efecto promedio del tratamiento en los tratados para las dos variables de interés: precio de compra del café y frecuencia de acceso a información de precios.

4.5.3.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre los ingresos económicos de fincas cafeteras.

El impacto se evaluó determinando la representación del café en los ingresos totales de la finca, mediante el cálculo de la Tasa de Dependencia del Café en el Hogar (TDCH) y el porcentaje de utilidad que dejó la producción durante el periodo 2022-2023.

El TDCH se calculó a partir de la relación entre el ingreso por ventas de café (IVC) y los ingresos totales del hogar (ITH) (Ecuación 18). El IVC se determinó con el producto del total de café producido durante este periodo por el precio al que fue vendido. Por su parte, el ITH se calculó al sumar el IVC con cualquier otro ingreso económico adicional informado por el

productor, como pueden ser ingresos generados por otras actividades agrícolas y/o ganaderas, salarios, subsidios del gobierno, remesas, arrendamientos, etc.

$$TDCH = IVC/ITH \quad (\text{Ecuación 18})$$

El porcentaje de utilidad fue calculado determinando las ganancias que cada hogar obtuvo por la producción de café durante el periodo evaluado (Ecuación 19)

$$\text{Ganancia producción de café} = IVC - GTP \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde GTP corresponde a los gastos totales de producción, los cuales se calculan al sumar el costo de los insumos (fertilizantes y pesticidas), mano de obra (jornales, empleados permanentes y durante los periodos de cosecha), los costos del procesamiento, otros costos (transporte, árboles plantados y mantenimiento de equipos). No se incluye, el costo de adquisición de maquinaria, debido a que corresponden a costos que se concentran en varios periodos de producción (Estrella *et al*, 2022). Finalmente, el porcentaje de utilidad de cada hogar fue calculado aplicando la ecuación 20.

$$\% \text{ Utilidad} = (\text{Ganancia producción de café} / IVC) * 100 \quad (\text{Ecuación 20})$$

4.5.3.4 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el acceso al crédito de sus propietarios.

En la encuesta se indagó sobre el acceso al crédito para la compra de insumos, la renovación de la parcela de café o infraestructuras agrícolas. De igual manera, se preguntó sobre el tipo entidades u organizaciones con quienes pueden obtener créditos los agricultores, con el fin de determinar la diversidad de opciones de fuentes crediticias a las que tienen acceso los caficultores encuestados. Las opciones nombradas por los caficultores se homologarán con el objetivo de clasificar en categorías de entidades o agremiaciones. El valor de esta diversidad corresponderá al número de categorías en que se clasifiquen las opciones que nombre el caficultor.

4.5.3.5 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación sobre la pobreza de los hogares caficultores.

Se calculó el Índice de Probabilidad de Pobreza (IPP) de cada uno de los hogares encuestados. El IPP es una herramienta de medición de pobreza específica de cada país, a partir de un puntaje que se obtiene de la valoración de las respuestas a diez preguntas con el objetivo de estimar la probabilidad de que el hogar se encuentre en situación de pobreza. Las diez preguntas fueron seleccionadas tomando en consideración la Gran Encuesta Integrada de Hogares del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (*Innovation for Poverty Action*, 2018). Estas preguntas evalúan la composición de los miembros de la familia, el nivel de educación, el material de construcción de la vivienda y la propiedad de ciertos bienes y enseres (Dietz *et al*, 2020).

Los puntajes obtenidos para cada hogar fueron convertidos a probabilidad de pobreza de acuerdo con la línea de pobreza nacional. Estar en condición de pobreza se define como tener un gasto de consumo o ingreso (como en el caso de Colombia) por debajo de una línea de pobreza específica) y mide las necesidades básicas de supervivencia al agregar una cuota no alimentaria al costo de consumir una canasta de alimentos (*Innovation for Poverty Action*, 2018).

El análisis estadístico se realizó estimando el puntaje de propensión con el cual se definieron los grupos de comparación con el control empleando el modelo de coincidencia de vecino más cercano. Posteriormente se calculó el efecto promedio del tratamiento en los tratados para la probabilidad de pobreza calculada a cada uno de los hogares y su respectiva comparación.

4.5.3.7 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la expansión de tierras destinadas a la caficultura.

En consulta a los caficultores participantes en este estudio, se indagó sobre el cambio del uso

del suelo de la finca (en hectáreas) que fue destinado a la caficultura (valores positivos) o que cambió de cultivo de café a otro uso (valores negativos). Este cambio fue tenido en cuenta para un periodo comprendido entre 2018 y 2023 a fin de incluir por lo menos los últimos cuatro años de certificación.

El análisis de esta variable se realizó mediante el mismo procedimiento que los anteriores, puntajes de propensión y coincidencia de vecino más cercano, para ser comparados a partir del valor del efecto de tratamiento en los tratados.

4.5.4 Metodología para evaluar los impactos sociales atribuidos a la adopción de programas de certificación

En la encuesta aplicada a los caficultores participantes en este estudio, se indagaron aspectos dirigidos a conocer el manejo administrativo y registro de las actividades agrícolas y económicas de las fincas, la participación en organizaciones de productores, el empleo justo y aspectos básicos de seguridad y salud en el trabajo. A continuación, se presentarán los métodos para evaluar los impactos sociales de los programas de certificación:

4.5.4.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el mantenimiento de registros de la gestión de la finca.

La encuesta aplicada a los productores participantes preguntó sobre el mantenimiento de registros por parte del propietario. La indagación exploró la diversidad de registros de acuerdo con los criterios exigidos por los diferentes programas de certificación, de tal manera que permitió evaluar los registros mediante un Índice de Manejo de Registros (IMR), Ecuación 21.

$$IMR = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{10} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde R_i corresponde al valor binomial que se asigna en cada categoría de registro. Este valor es “0” cuando no se realizan registros de esta categoría o “1” cuando se realizan registros relacionados con la categoría. El denominador “10” representa las 10 categorías de registro seleccionadas e indagadas. De esta manera, los valores del índice oscilan entre 0 y 1, por lo que valores cercanos a 1 indican una mayor diversidad de registros y, por el contrario, valores tendientes a 0 representan fincas que solo registran información de algunos temas (categorías) en específico.

Las categorías de registro seleccionadas fueron: aplicación de fertilizantes, aplicación de pesticidas, mantenimiento de equipos y herramientas, ventas de café, ventas de otros productos, accidentalidad de trabajadores, monitoreo de plagas, capacitaciones impartidas o a las que se ha asistido, contratación de trabajadores y riesgos ambientales.

El impacto de los programas de certificación se evaluó de la misma manera que en el componente ecológico y social, mediante el pareamiento de las fincas de los diferentes grupos de tratamiento (certificadas) con las fincas del control (sin certificación) a partir del “puntaje de propensión”, estimando la cuantificación del impacto a partir del efecto del tratamiento en los tratados (ATET) que corresponde a la diferencia promedio en los resultados obtenidos por los certificados y los no certificados, que en este caso corresponde al IMR.

4.5.4.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la participación de los caficultores en grupos asociativos.

A la muestra de fincas cafeteras participantes de este estudio, se les consultó por su vinculación en organizaciones de productores como grupos asociativos o cooperativas de caficultores. Esta variable dicotómica se evaluó siguiendo el mismo procedimiento estadístico de puntajes de propensión y determinación del impacto a partir del ATET empleado anteriormente. Se considera en este caso que la vinculación a una organización de productores es un aspecto positivo para el caficultor, de ahí, que sea un aspecto promovido por los diferentes programas de certificación.

4.5.4.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el empleo justo.

El impacto sobre el empleo justo se evaluó mediante cinco variables que sirvieron como indicadores para determinar las diferencias entre las fincas certificadas y su contrafactual no certificado. Estas variables corresponden a: Empleados permanentes, Salario legal, jornada laboral legal, acceso a la educación, trabajo infantil y equidad de género.

La variable discreta “Empleados permanentes” indica el número de empleados con contrato permanente para laborar en la finca. Por su parte, el impacto sobre la jornada laboral legal para los empleados de las fincas cafeteras se evaluó indagando en la encuesta el número de horas que laboran los empleados durante una jornada en la finca. Así mismo, se consultó por la contratación de menores de edad y la frecuencia con que se hacía en cada finca, con el objetivo de evaluar el impacto sobre el trabajo infantil.

En el caso de la variable “salario legal” solo se evaluó en los empleados denominados “jornaleros” quienes trabajan solo por días, debido a que no todas las fincas evaluadas en este estudio presentan empleados permanentes, lo que generaría un sesgo al comparar fincas certificadas con cero empleados permanentes y fincas sin certificación que tampoco tienen empleados permanentes o casos en que solo uno de los dos (certificado / No certificado) tiene empleados permanentes. Sin embargo, se evaluó en quienes contratan empleados permanentes, el cumplimiento del pago de Salario Mínimo Legal Vigente. El impacto sobre el pago del jornal se evaluó para jornales durante periodos de cosecha y periodos de no cosecha, debido a la variabilidad de pagos durante estos periodos.

El acceso a la educación de los miembros del hogar y trabajadores se evaluó mediante un Índice de Acceso a Programas Educativos (IAPE) que se construyó a partir de la información suministrada por los caficultores respecto a los diferentes programas de educación formal y no formal que se ofrecen en la región (Ecuación 22).

$$IAPE = \frac{X_i}{7} \quad \text{(Ecuación 22)}$$

Donde X_i corresponde al número de programas informado por cada caficultor y el valor de 7 resulta de la identificación de los programas educativos que se ofrecen con mayor frecuencia en la región (7 programas): Primaria, secundaria, SENA, programas universitarios, programas ofrecidos por la FNCC, programas técnicos ofrecidos por otras entidades y programas de capacitación de las asociaciones de caficultores. De igual manera, se calculó un Índice de Capacitación en Temas para el Cultivo del Café (ICTCC), el cual se calcula de manera similar al IAPE (Ecuación 23), solo que el denominador en este caso es 17 debido a que este fue el número de temas que con mayor frecuencia nombraron los caficultores evaluados.

$$ICTCC = \frac{X_i}{17} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Es así que los valores de estos índices oscilan entre 0 y 1, por lo que valores cercanos a 1 indican un mayor acceso a programas educativos o capacitaciones en temas específicos de caficultura y, por el contrario, valores tendientes a 0 representan fincas que presentan baja o accesibilidad a estos programas o capacitaciones.

El impacto de los programas de certificación sobre la equidad de género en las fincas cafeteras fue evaluado empleando como indicadores el género del propietario de la finca, el % de empleados mujeres durante periodos de cosecha y no cosecha y el salario recibido. De manera descriptiva se analizaron las funciones para las que emplean a las mujeres y las funciones para las que prefieren no contratar mujeres en la finca cafetera.

El análisis estadístico para la determinación del impacto se realizó de la misma manera que en las evaluaciones anteriores, empleando el método de pareamiento por puntaje de propensión y la estimación del efecto del tratamiento en los tratados (ATET) a partir de los valores de los distintos indicadores medidos en los grupos de tratamiento y el control.

4.5.4.4 Métodos para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la seguridad y salud en el trabajo.

El macroindicador de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) se operacionalizó con los siguientes indicadores: condiciones de habitabilidad y descanso en el lugar de trabajo para los empleados, presencia de botiquín y atención de primeros auxilios por personal capacitado, uso de Equipos de Protección Personal (EPP) y la presencia de señalización de seguridad en los lugares de trabajo.

4.5.4.4.1 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre las condiciones de habitabilidad para empleados.

La habitabilidad de los alojamientos que ofrecen las fincas cafeteras a sus empleados se evaluó de acuerdo con el número de instalaciones y servicios con que cuenta la finca, estas instalaciones y servicios corresponden a: dormitorios con cama, comedores, lavaderos, baterías sanitarias, cocina con agua potable, energía eléctrica e internet. Cada una de estas instalaciones y servicios se le otorgó una valoración de 1 a excepción del servicio de agua potable y a la instalación de baterías sanitarias, que por ser criterios de exigencias o reglas definidas como “fuertes” debido a que no hay diferencias entre los diferentes emisores de las normas (Dietz *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2018b) se les asignó una valoración de 2.

Las respuestas de cada caficultor participante se valoraron de acuerdo con los criterios anteriormente descritos y se sumaron dando origen al indicador con que se compararon las fincas cafeteras certificadas, de cada uno de los grupos de tratamiento, con las no certificadas que fueron seleccionadas mediante la técnica de puntajes de propensión para determinar el efecto del tratamiento en los tratados (ATET).

4.5.4.4.2 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la presencia de elementos para la prestación de primeros auxilios.

De acuerdo con Dietz *et al* (2018), los programas con estándares voluntarios de sostenibilidad dentro de sus elementos regulatorios relacionados con la sostenibilidad social establecen de manera general la obligación de prestar primeros auxilios por parte de personas capacitadas

y de suministrar botiquines de primeros auxilios.

La encuesta aplicada a los caficultores participantes en este estudio indagó sobre dos variables dicotómicas (Si/No) que corresponden a la presencia de botiquines equipados con los elementos necesarios para la prestación de primeros auxilios en la finca cafetera y la formación de empleados como brigadistas capaces de asistir y brindar los primeros auxilios en caso de accidentes laborales en la finca. La inclusión positiva de estas dos variables se considera un indicador de impacto fuerte y medio si solo se proporcionan botiquines (Dietz *et al*, 2018b).

Los valores obtenidos de las respuestas de los caficultores se analizaron igualmente por la técnica de puntajes de propensión para comparar tratados con no tratados y determinar el efecto del tratamiento, como se ha realizado en los análisis de variables o indicadores anteriores en este estudio.

4.5.4.4.3 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el uso de EPP de los trabajadores.

Dentro de sus elementos regulatorios relacionados con la sostenibilidad social se establece de manera general la obligatoriedad del uso de EPP para la aplicación de agroquímicos, considerando como un criterio “fuerte” debido a la solides de la definición establecida por los estándares voluntarios de sostenibilidad (Zapata y Nauges, 2015; Dietz *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2018b).

El uso de los equipos de protección personal se evaluó para el manejo de agroquímicos en la finca cafetera. La evaluación se realizó indagando por cada uno de los elementos que el trabajador emplea al preparar y aplicar plaguicidas y durante la aplicación de fertilizantes. Cada caficultor seleccionó de un listado de EPP, los elementos que proporciona a cada trabajador para cada una de estas actividades. Esta información fue corroborada voluntariamente por los agricultores al presentar las instalaciones en que guardan esta indumentaria.

Los indicadores se definieron de acuerdo con la cantidad o número de equipos de protección personal que proporciona el caficultor a un trabajador que realiza estas actividades en su finca y los valores se compararon entre fincas certificadas y no certificadas, luego de ser seleccionadas mediante la técnica de puntajes de propensión.

4.5.4.4 Método para evaluar el impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la presencia de señalización de seguridad en los lugares de trabajo.

La presencia de signos de peligro se evaluó mediante observación en campo e indagando en la encuesta aplicada sobre la presencia de señales de advertencia y orientación en lugares de almacenamiento y preparación de agroquímicos, depósitos de herramienta o instalaciones de maquinaria propia de la actividad cafetera o instalaciones domiciliarias, de tal manera que brinden lugares de trabajo seguro.

El indicador de señalización se determinó mediante la sumatoria de instalaciones y lugares de trabajo en que se encontró o indicó presencia de señales de prohibición, advertencia, obligación o información. Los valores obtenidos se contrastaron entre fincas certificadas y no certificadas seleccionadas mediante el método de puntajes de propensión y de cuyas diferencias se determinó el efecto del tratamiento en los tratados.

4.6 Metodología para la determinación de factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación

De igual manera como se procedió a tabular y homologar la información obtenida para la identificación de los impactos ambientales se realizó la determinación de los factores que restringen y estimulan la adopción de los programas de certificación en cada grupo de estudio. Como se expresó en la sección de diseño de la encuesta, este instrumento incluyó, además, un grupo de preguntas destinadas a indagar en los caficultores ¿Cuáles son los motivos por los cuales no certifica su finca? y ¿Cuáles son los motivos por los cuales certificó su finca?

Este análisis se realizó con una muestra de 208 fincas cafeteras no certificadas y 360 fincas certificadas con cualquier programa o esquema de certificación, todas estas hacen parte de la muestra de fincas a las que se les evaluó el impacto ecológico, económico y social. En las fincas adicionales que completan las fincas sin certificación (107), se aplicó una encuesta que sustrajo preguntas de la encuesta principal, entre las que se incluyeron además de los datos sociodemográficos, las preguntas que indagan en temas de productividad, datos para calcular indicador de pobreza, participación en grupos asociativos, propiedad y TDCH.

4.6.1 Análisis de datos

El análisis se realizó mediante técnicas utilizadas en procesamiento de lenguaje natural (PLN) y regresión binomial. De igual manera, las respuestas proporcionadas por los caficultores se homologaron y se clasificaron de acuerdo con las razones expresadas en 6 categorías de temas comunes en el caso de los factores que restringen la adopción de la certificación y en 7 categorías en el caso de los factores que estimulan su adopción con el fin de contrastar los resultados expuestos por los modelos.

4.6.1.1. Procesamiento de lenguaje natural

Se emplearon las técnicas de análisis de sentimientos y nube de palabras. La primera hace referencia a una técnica que permite determinar la actitud, emoción o el tono expresado en un texto, por ello las respuestas de cada caficultor encuestado fueron digitalizadas. El objetivo de la técnica es identificar si el contenido del texto es positivo, negativo o neutro, en relación con el tema consultado.

Se realizó una depuración y corrección gramatical de los textos con el objetivo de identificar y eliminar palabras que no contribuyen a la idea o significado del texto. Esta depuración se realizó empleando el modelo “*pySentimiento/robertuito-sentiment-analysis*” del algoritmo “*Bidirectional Encoder Representations for Transformers (BERT)*”, empleando la Librería *Natural Language Toolkit (NLTK)*, estos modelos son entrenados con conjuntos de datos etiquetados para aprender a clasificar el texto según su polaridad (positivo, negativo o neutral

mediante una interfaz de programación de aplicaciones (Ortiz *et al*, 2023).

La nube de palabras se obtuvo luego de tokenizar (segmentar) los textos empleando NLTK, de tal manera que se identificó el grupo de palabras que con mayor frecuencia son nombradas por los encuestados. Finalmente, se realizó una depuración de aquellas palabras homologables dentro del contexto de las preguntas y de aquellas palabras que no representaban un significado específico. Estos modelos se aplicaron en el lenguaje de programación multiparadigma Python.

4.6.1.2. Regresión binomial

La regresión logística binomial corresponde a un modelo de predicción de aprendizaje supervisado que se emplea para predecir el resultado de una variable categórica en función de varias predictoras. En este caso, el ser binomial hace referencia a predicciones sobre variables binarias o dicotómicas que indican si algo es 1 o 0, Si o No (Hosmer *et al*, 2013). Esta técnica es parte de los modelos de respuesta cualitativa, que tienen en común el uso de una variable dependiente como indicador de respuesta discreta (Greene, 2003).

En este estudio se definió la variable binaria como la adopción o no de un programa de certificación para la finca cafetera. Si la finca o el productor ha adoptado uno o varios programas de certificación se le asigna el valor 1, en caso contrario se le asigna el valor 0. Esta variable dicotómica permite así identificar los factores que inciden en la adopción o no de programas de certificación en la caficultura del municipio de Pitalito.

De acuerdo con los resultados obtenidos con las técnicas de procesamiento de lenguaje natural, se definieron 11 covariables explicativas para evaluar con los modelos de regresión logística binomial o binaria. Estas variables corresponden a:

Edad del propietario: Politómica (5 niveles), corresponde a la edad en años del propietario de la finca, categorizada en una serie de estratos previamente definidos, con el objetivo de atenuar la posible influencia de valores extremos para datos numéricos.

Nivel educativo: Politómica (6 niveles), evalúa el grado de educación del productor clasificándolo en las categorías de primaria 1 a 3, primaria 4 a 5, básica 6 a 9, media 11, tecnólogo, universitario. Se espera que, a mayor nivel educativo del productor, el conocimiento y la conciencia de conservación del ambiente presenten una relación positiva con la adopción de programas de certificación.

Género: variable dicotómica que indica el género (hombre / mujer) del propietario de la finca cafetera. 1 hombre, 2 mujer.

Tasa de Dependencia del Café en el Hogar (TDCH): se refiere a la representación del café en los ingresos totales de la finca. Se espera que las familias que presentan mayor dependencia económica de la producción cafetera presenten mayor interés por buscar posibilidades que le representen mayores ingresos (Silva *et al*, 2014).

Índice de probabilidad de pobreza (IPP): variable continua, estima la probabilidad de que el hogar se encuentre en situación de pobreza de acuerdo con datos específicos de cada país. Debido a los gastos o inversión que requiere la certificación se espera una relación negativa entre la alta probabilidad de pobreza del caficultor y la adopción de programas de certificación (Dietz *et al*, 2020).

Productividad: corresponde al promedio del número de cargas de café (125 kg) producidas por hectárea durante un ciclo productivo (1 año). Debido a la eficiencia en los procesos agrícolas o agroindustriales realizados por los caficultores, se espera una relación positiva entre la alta productividad y la capacidad de dar cumplimiento a los criterios exigidos por los programas de certificación (Silva *et al*, 2014., Mishra *et al*, 2019).

Área de la finca: variable continua de escala que indica el tamaño de la finca en hectáreas. Se espera que, a mayor extensión de la finca, mayor sea la proporción de está destinada al cultivo de café y mayores ingresos económicos, lo que favorecería la accesibilidad a la adopción de estándares voluntarios de sostenibilidad.

Área de cultivo de café: variable continua de escala que indica el tamaño de la plantación de café en hectáreas. Se espera una relación directa entre una mayor área del cultivo y la adopción de programas de certificación como se señaló en la variable anterior.

Porcentaje de la finca cultivado con café: variable continua de escala que indica el porcentaje del área de la finca destinada a cultivar café. Se espera que, ante una mayor área de la finca destinada al cultivo de café, el caficultor realice una mayor gestión de prácticas agrícolas que favorezcan la adopción de estándares exigidos por diferentes programas de certificación (Silva *et al*, 2014).

Capacitación en caficultura: se midió determinando el Índice de Capacitación en Temas para el Cultivo del Café (ICTCC), siguiendo el procedimiento explicado en la metodología de impactos sociales. Se espera que al estar el caficultor más expuesto a los conocimientos propios del cultivo exista una relación directa con la certificación (Liu *et al*, 2018).

Propiedad de la finca: variable dicotómica que indica la propiedad o no del caficultor sobre la finca (0-no es propietario y 1-es propietario). Se espera que los caficultores propietarios sean quienes adopten los estándares voluntarios de sostenibilidad con el objetivo de mejorar sus ingresos y la valoración de la finca.

Participación en grupos asociativos: corresponde a una variable dicotómica que indica si el propietario hace parte o no de un grupo o asociación de productores del grano (0-no está afiliado y 1-está afiliado). Se espera una relación positiva con la certificación debido a que los grupos asociativos y cooperativas de caficultores normalmente facilitan el acceso a la certificación (Liu *et al*, 2018., Thompson *et al*, 2015).

La data de 568 registros se divide en dos grupos “entrenamiento” y “prueba” de acuerdo con una proporción de 80% - 20% contando con un grupo de entrenamiento compuesto por 455 registros y 113 registros para la data de prueba. Sobre este grupo de entrenamiento se realizó el ajuste del modelo saturado (que tiene todas las covariables explicativas) y mediante el uso

de la metodología *Stepwise* con el criterio de búsqueda por AIC (criterio de información de Akaike) se genera el modelo con el número de variables óptimo.

4.7 Metodología para la comparación del impacto ambiental de esquemas que incluyen múltiples programas de certificación, definiendo su eficiencia ecológica y socioeconómica que argumenten la viabilidad de dicha práctica.

La comparación del impacto ambiental de los programas y esquemas de certificación evaluados en este estudio se realizó inicialmente para cada componente evaluado (ecológico, económico y social) y posteriormente se realizó una comparación integral. A cada componente se le determinó un Índice de Impacto Ambiental (IIA_c) que luego permitió dar origen a un Índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI).

4.7.1 Caracterización del Índice de Impacto Ambiental (IIA_c)

El IIA_c se calculó mediante el proceso expuesto en la (Figura 3), el cual inicialmente realiza una selección de indicadores como un conjunto mínimo de datos (CMD) mediante un análisis de componentes principales ACP, esta selección se realizó de manera individual para cada componente con los correspondientes indicadores de impacto evaluados en el capítulo anterior como un subconjunto total de datos CTD_c. Posteriormente se realiza una normalización o puntuación de los indicadores, para luego proceder a asignar pesos a los indicadores seleccionados en el CMD y finalmente caracterizar el IIA_c con estos valores. Luego se determina el IIAI mediante la sumatoria de los IIA de cada componente.

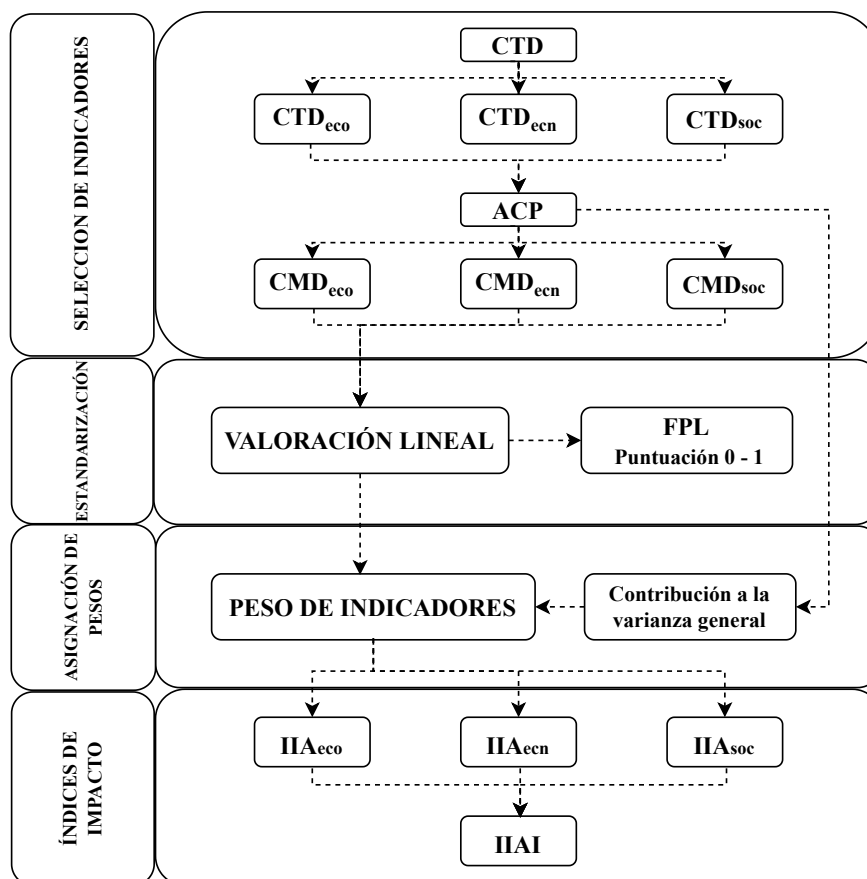


Figura 3. Procesos para estimación del índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI) empleado en este estudio.

Procesos para estimación del índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI) empleado en este estudio. **CTD_c**: Conjunto Total de Datos del Componente. **CMD_c**: Conjunto Mínimo de Datos del Componente. **ACP**: Análisis de Componentes Principales. **FPL**: Función de Puntuación Lineal. **IIA_c**: Índice de Impacto Ambiental por Componente.

4.7.2 Determinación del CMD_c

Debido a que muchos de los indicadores en cada componente presentan una significativa correlación, se puede obtener una valoración adecuada y representativa del impacto de la certificación o esquema de certificación mediante un CMD, reduciendo así, a un número de

indicadores clave de impacto ambiental que permiten una completa caracterización del IIA para cada componente y del IIAI.

El conjunto total de datos (CTD) de este estudio incluyó 43 indicadores evaluados para determinar el efecto de tratamiento en los tratados (ATET), que corresponde al impacto ambiental de la certificación o grupo de certificaciones en las 461 fincas cafeteras. Este CTD se dividió para cada componente, así: conjunto total de datos del componente ecológico (CTD_{eco}) con 17 indicadores, conjunto total de datos del componente económico (CTD_{ecn}) con 7 indicadores y conjunto total de datos del componente social (CTD_{soc}) con 11 indicadores. Es de aclarar, que cuando un indicador no arrojó diferencias estadísticamente significativas en más del 70% de los grupos de tratamiento, se excluyó del análisis de componentes principales.

El CMD se determinó mediante un análisis de componentes principales (PCA), técnica de análisis multivariado que es comúnmente empleada y aprobada para reducir la dimensionalidad y simplificar varios indicadores en unos pocos indicadores (Bilodeau y Duchesne, 2002; Sun *et al* 2022;). Los componentes principales con *eigenvalues* ≥ 1 fueron seleccionados y empleando el análisis de correlación de Pearson se valoró la retención de los indicadores buscando determinar redundancias, siempre que estos tuviesen correlaciones ($r > 0,6$), seleccionando el indicador de mayor valor de carga factorial. En caso de presentarse una correlación entre dos o más indicadores ($r < 0,6$), se seleccionarían todos los indicadores (Raiesi, 2017; Zhang *et al*, 2022). El cálculo del valor normal del índice se realizó empleando la ecuación 24 (Huang *et al*, 2022):

$$N_{ik} = \sqrt{\sum_i^k (\mu_{ik}^2 \beta_k)} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde N_{ik} es la carga combinada del primer componente principal k de la variable i en el *eigenvalues* ≥ 1 seleccionado; i_{ik} es la carga de la variable i en el componente principal k ; β_k es el valor característico del componente principal k -ésimo.

4.7.3 Estandarización de Indicadores en el CMD_c

Se convirtió el rango de valores de cada indicador en el CMD_c en valores adimensionales que oscilan entre 0 y 1 para así estandarizar los indicadores empleando una función de puntuación lineal (Zhang *et al*, 2022). Los indicadores se distribuyeron en dos categorías, una denominada “mayor es mejor” que indica un impacto positivo cuando los valores del ATET son positivos y otra denominada “menor es mejor” que indica un impacto positivo cuando los valores del ATET son negativos (Mazzon *et al*, 2021; Kusumawati *et al*, 2023).

Los valores de los ATET de los indicadores obtenidos en cada CMD_c se convirtieron a puntajes utilizando las ecuaciones 25 y 26 como la función de puntuación lineal (*LSF*) tomadas de Zhang *et al* (2022), que emplean como referencia las observaciones más altas X_{max} y más baja X_{min} respectivamente, para asegurar su mayor puntuación normalizada (1) respecto a las demás observaciones X .

$$LSF_a = X/X_{max} \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$LSF_b = X_{min}/X \quad (\text{Ecuación 26})$$

4.7.4 Determinación de los pesos de cada indicador

La asignación de los pesos de cada indicador se definió empleando el porcentaje de varianza que acumula cada uno de los factores del ACP (Raiesi, 2017). Estos valores se definieron en un rango de 0 a 1 aplicando la ecuación 27.

$$W_i = C_i/C_T \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde W_i corresponde al peso del indicador, C_i indica el porcentaje de varianza que representa el componente principal del cual se seleccionó el indicador en el conjunto total de datos y C_T representa el porcentaje total de varianza acumulada por todos los factores que se definieron para los componentes principales, es decir aquellos con eigenvalores ≥ 1 .

4.7.5 Caracterización IIA

Los valores IIA representan estimaciones de un grupo clave de indicadores de impacto ambiental, sus valores más altos expresan una magnitud mayor del impacto positivo. Se utilizó la ecuación 28 para calcular el IIA_c como un puntaje integral de cada componente (Reza *et al*, 2022, Zhang *et al*, 2022, Ye *et al*, 2022).

$$IIA_c = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (\text{Ecuación 28})$$

Donde W_i es el valor ponderado o peso del indicador; S_i corresponde a la puntuación del valor normalizado, aquí representado como LSF y n es el número de variables en el CMD_c . Se realizaron pruebas de validez de PCA empleando la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y aplicando la prueba de esfericidad de Bartlett (Huang *et al*, 2021). Los valores obtenidos $KMO = 0,598$ y Bartlett ($p = 0,000$) corroboran la validez de la herramienta ACP en este estudio. Finalmente, el $IIAI$ se calculó al aplicar la ecuación 29.

$$IIAI = W (IIA_{eco} + IIA_{ecn} + IIA_{soc}) \quad (\text{Ecuación 29})$$

Donde W es el valor ponderado o peso del IIA_c que en este caso fue 0,33 para valorar de manera equitativa cada uno de los componentes. Finalmente, se estableció una clasificación del índice en las siguientes categorías de magnitud de impacto que se pueden aplicar también para el IIA_c . Las categorías son: alto (categoría I, $IIAI \geq 0,65$), moderado (categoría II, $0,65 > IIAI \geq 0,35$) y bajo (categoría III, $0,35 > IIAI \geq 0,1$). La categoría I representa un efecto considerable de la certificación por componente o de manera integral, la categoría II presenta un valor moderado con limitaciones del efecto de la certificación en algunos indicadores y la categoría III presenta un valor que expresa limitaciones en el efecto de la certificación en algunos o todos los indicadores más representativos que las de la categoría II.

4.8 Metodología para la definición de directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.

Posterior a la identificación, valoración y comprobación en campo de impactos ambientales generados por los programas de certificación en la caficultura del municipio de Pitalito, se definieron una serie de directrices para el establecimiento de programas de manejo de los impactos.

4.8.1 Impactos ambientales de la caficultura del municipio de Pitalito Huila.

Se realizó un listado de los impactos ambientales positivos y negativos identificados en la caficultura certificada del municipio de Pitalito a partir de los indicadores evaluados. Estos impactos se disgregaron de acuerdo con los componentes: ecológico, económico y social, de manera general y se complementaron con los informados por los caficultores en campo.

4.8.2 Impactos ambientales de cada programa y esquema de certificación evaluado.

Se analizaron los impactos ambientales de cada programa y esquema de certificación según los criterios evaluados en este estudio. De igual manera, se registraron estos impactos como impactos positivos e impactos negativos y se aclaró en cuales indicadores de impacto no presentó efecto el programa o esquema.

4.8.3 Directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.

Identificados los impactos ambientales generados por los programas y esquemas de certificación en el departamento del Huila, se procedió a definir los criterios y directrices que originarán los planes de manejo ambiental de las fincas cafeteras de acuerdo con los impactos negativos y positivos generados por cada programa o esquema de certificación.

Para aquellos impactos de mayor frecuencia en los diferentes programas y esquemas evaluados en este estudio, se plantearon de manera general programas de manejo que describen los proyectos que deberían contener los planes de manejo, sin incurrir específicamente en las medidas de manejo del impacto, para su prevención, mitigación, corrección o compensación en el caso de los impactos negativos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados obtenidos y discusión

5.1.1 Identificación, valoración y comparación de los impactos ecológicos, económicos y sociales de las fincas cafeteras no certificadas y certificadas con los programas RA, Org, Utz, FT, CPr y 4C.

A continuación, se exponen los impactos ecológicos, económicos y sociales identificados en la lista maestra y la valoración de los impactos de acuerdo con los diversos indicadores evaluados

5.1.1.1 Lista maestra de impactos ambientales

Luego de realizar la revisión documental desde el contexto global (Caviedes y Olaya, 2020) y nacional (Caviedes *et al*, 2023), se identificaron un total de 91 impactos ambientales atribuidos a la caficultura certificada. De estos impactos, 37 se consideran ecológicos, 30 económicos y 24 sociales, así mismo, 68 impactos son positivos y 23 negativos. Estos impactos conformaron la lista que se sometió a valoración del panel de expertos en la encuesta Delphi.

El panel de expertos se constituyó con un total de 12 personas de 5 nacionalidades diferentes (Japón, Estados Unidos, Países Bajos, Vietnam y Colombia). Entre ellos, 5 investigadores cuya experiencia ha incluido temas de impacto ambiental y café certificado; 4 extensionistas del comité de cafeteros de Pitalito; 1 comerciante exportador de café y 2 representantes de

importantes cooperativas de caficultores del departamento del Huila expertos en temas de certificación.

Durante la ronda 1 se llegó a un acuerdo en 71 impactos, y se presentó discrepancias en 13. Se ajustó la redacción de 6 impactos y se incluyeron 6 impactos comentados por los expertos. Los impactos discrepantes de la ronda 1 y los 6 impactos ajustados se sometieron a valoración durante la ronda 2 del Delphi. Los participantes que completaron la segunda encuesta llegaron a un acuerdo sobre 11 de los impactos inicialmente divergentes y los 6 impactos ajustados y aportados por los expertos. Finalmente, la lista maestra de impactos ambientales generados por los programas de certificación en la caficultura, que se obtuvo como producto del método Delphi se exponen en las Tablas 19, 20 y 21 con un total de 88 impactos distribuidos como listas de impactos ecológicos (35 impactos), económicos (30 impactos) y sociales (23 impactos) respectivamente.

Tabla 19. Impactos ecológicos de los programas de certificación en la caficultura.

IMPACTOS ECOLÓGICOS	IP	IN
Aumento de la biodiversidad	X	
Disminución de las aplicaciones de agroquímicos (pesticidas)	X	
Aumento en la conservación de suelos	X	
Disminución de la contaminación de fuentes hídricas	X	
Aumento en medidas de conservación de fuentes hídricas	X	
Aumento de los nutrientes del suelo	X	
Preservación de los relictos de bosques existentes en las fincas e inmediaciones	X	
Aumento de procesos de reducción de la generación y aprovechamiento de los residuos	X	
Disminución de la demanda del agua	X	
Aumento de los cultivos bajo sombra	X	
Reducción de GEI	X	
Disminución del uso de fertilizantes sintéticos	X	
Aumento de la retención del agua en el suelo	X	
Aumento de hábitats para especies animales nativas y migratorias	X	
Disminución de la deforestación	X	

IMPACTOS ECOLÓGICOS	IP	IN
Aumento de adaptabilidad al cambio climático	X	
Aumento de emisiones de GEI		X
Aumento de la conciencia ambiental y responsabilidad social de los productores y consumidores	X	
Disminución de la actividad fotosintética en las plantas		X
Aumento del monocultivo		X
Disminución de la cacería	X	
Aumento de conocimiento sobre la biodiversidad y su conservación	X	
Disminución en la biodiversidad original		X
Aumento de la calidad del café	X	
Aumento de la diversificación del paisaje	X	
Disminución de quemas	X	
Contaminación del suelo		X
Contaminación de aguas subterráneas		X
Contaminación del aire con malos olores por producción de abonos orgánicos		X
Aumento de la protección del suelo contra la radiación solar directa	X	
Aumento de oportunidades especiales para la investigación y la conservación	X	
Desequilibrio de los nutrientes en el suelo con sombrío		X
Aumento de patógenos en café con sombra		X
Disminución de plagas y enfermedades	X	
Obtención insostenible de material vegetal como insumo para producir abono orgánico		X
IP: Impacto positivo. IN: Impacto negativo.		

Tabla 20. Impactos económicos de los programas de certificación en la caficultura.

IMPACTOS ECONÓMICOS	IP	IN
Aumento de los ingresos	X	
Aumento de la productividad del café	X	
Aumento del precio del café	X	
Aumento de la demanda de café certificado	X	
Aumento de la calidad del producto	X	

IMPACTOS ECONÓMICOS	IP	IN
Aumento del esfuerzo en inversión y dedicación de los caficultores		X
Aumento del desarrollo tecnológico en la finca	X	
Aumento de la diversidad de productos agrícolas comerciables	X	
Aumento de la marginación de productores que no pueden pagar la certificación		X
Disminución de la productividad del café		X
Aumento del acceso al crédito	X	
Disminución de la diversidad de productos generados en la finca	X	
Aumento en la fluctuación de precios		X
Aumento de proyectos productivos	X	
Disminución de la rentabilidad por superproducción del café certificado		X
Incremento en el avalúo de la finca	X	
Aumento de la competitividad entre programas de certificación	X	
Aumento de la vida útil de la plantación del cafetal	X	
Mejoramiento en la calidad de los salarios	X	
Incremento de la inversión en investigación y desarrollo	X	
Aumento en el mantenimiento de registros documentados	X	
Aumento del desarrollo económico de la región	X	
Aumento de asociaciones de productores o Cooperativas de Caficultores	X	
Disminución del precio para el café convencional		X
Disminución del área potencialmente productiva de la finca		X
Aumento de la dependencia del campesino hacia el cultivo de café		X
Aumento de proyectos de ecoturismo en zonas cafeteras	X	
Aumento de PIB Nacional	X	
Disminución de la inversión económica para la multicertificación		X
Aumento de costos de productividad		X
IP: Impacto positivo. IN: Impacto negativo.		

Tabla 21. Impactos sociales de los programas de certificación en la caficultura.

IMPACTOS SOCIALES	IP	IN
Aumento de los procesos educativos (capacitación) en actividades cafeteras	X	
Aumento en la generación de empleos	X	

IMPACTOS SOCIALES	IP	IN
Aumento en las medidas de seguridad y prevención en los caficultores	X	
Mejoran las condiciones laborales de los trabajadores	X	
Aumento de la accesibilidad a escuelas	X	
Disminución del trabajo infantil	X	
Aumento la participación de la mujer en el desarrollo de la finca	X	
Aumento del nivel de organización de los caficultores	X	
Aumento de la accesibilidad a sistemas de transporte	X	
Aumento de las mejoras estructurales de las viviendas de los caficultores	X	
Retención de jóvenes campesino que no migran a las ciudades	X	
Disminución de la pobreza rural	X	
Disminución en el acceso a certificación por incremento de exigencias		X
Aumento del reconocimiento del caficultor ante la comunidad	X	
Aumento de la adquisición de tierras	X	
Aumento de legislación extensa, estricta y confusa para los pequeños productores		X
Aumento de desigualdad de género entre productores en asociaciones		X
Aumento de la inclusión de las minorías empleadas en la caficultura	X	
Aumento de experiencia de los caficultores	X	
Aumento de capacidad de resiliencia	X	
Aumento del mantenimiento de las vías terciarias	X	
Aumento de la educación formal	X	
Disminución a la exposición a agentes químicos (trabajadores)	X	

IP: Impacto positivo. IN: Impacto negativo.

5.1.1.2 Estadísticas descriptivas

En la tabla 22 se exponen las estadísticas descriptivas de las características de los hogares participantes. Así mismo, en la tabla 23 se resume las estadísticas descriptivas de las fincas y cultivos de los 12 grupos de tratamiento (fincas certificadas) y del grupo de control (fincas sin certificación).

Tabla 22. Estadísticas descriptivas de las características de los grupos de hogares participantes de acuerdo con la certificación adoptada para la finca.

Certificación	Edad del jefe hogar (años)	Propietario	mujer cabeza familia	Distancia centro poblado (Km)	Nivel académico jefe hogar (años)	Tamaño del hogar (N° Personas)	TDCH
RA	51,43±8,58	0,00±0,00	0,37±0,49	11,20±9,11	6,87±3,81	4,07±1,17	0,93±0,10
FT	51,27±9,30	0,10±0,31	0,20±0,41	15,80±9,11	6,37±2,85	4,30±1,18	0,91±0,12
Org	52,80±8,16	0,00±0,00	0,17±0,38	6,73±5,33	9,63±4,25	4,60±2,39	0,80±0,25
CPr	53,77±7,00	0,03±0,18	0,17±0,38	12,63±9,13	6,53±2,78	3,90±1,27	0,96±0,07
4C	53,07±9,71	0,10±0,31	0,33±0,48	13,70±6,88	6,43±3,34	3,80±1,06	0,93±0,09
FT + CPr	47,87±11,38	0,00±0,00	0,20±0,41	13,99±10,54	6,13±2,97	4,43±1,30	0,93±0,15
CPr + Utz	48,80±11,94	0,03±0,18	0,17±0,38	11,27±9,27	7,20±3,80	4,50±1,87	0,95±0,09
RA + CPr	46,93±9,89	0,00±0,00	0,10±0,31	14,07±8,67	6,63±3,23	4,27±0,94	0,96±0,05
RA + FT	50,40±10,31	0,03±0,18	0,30±0,47	11,50±7,83	6,97±3,67	3,43±1,30	0,87±0,13
RA + FT + CPr	51,57±10,62	0,00±0,00	0,13±0,35	10,53±7,98	6,77±3,26	3,83±1,09	0,90±0,12
RA + Utz + CPr	51,10±9,89	0,00±0,00	0,17±0,38	6,73±4,23	7,33±4,10	4,50±1,80	0,92±0,12
RA + FT + Utz + CPr	50,40±11,80	0,00±0,00	0,43±0,50	7,67±5,57	8,43±3,78	4,00±1,26	0,84±0,12
NC	51,25±9,21	0,18±0,38	0,31±0,46	10,36±7,53	6,27±2,79	3,74±1,28	0,92±0,16

TDHC: Tasa de dependencia del café en el hogar

Tabla 23. Estadísticas descriptivas de las fincas y cultivos de los 12 grupos de tratamiento y del grupo de control.

Certificación	Área finca (ha)	Área café (ha)	Densidad de árboles de café en plantación (árboles/ha)	Producción (cargas café/ha/año)	Altitud (msnm)	Diversidad de productos (N° de productos)
RA	3,39±1,76	2,92±1,41	5339,50±605,32	19,90±2,71	1588,11±137,71	4,73±1,39
FT	3,89±3,09	3,08±2,22	5363,37±768,47	19,80±2,12	1522,53±195,31	4,13±1,41
Org	4,21±3,30	2,81±1,71	4687,60±582,46	19,53±6,05	1674,62±165,22	4,60±2,40
CPr	3,34±2,07	2,76±1,79	5208,30±709,17	18,17±2,05	1581,15±198,01	4,57±1,57
4C	3,98±2,99	3,39±2,69	5706,23±583,98	20,00±3,11	1482,72±171,59	4,17±1,37
FT + CPr	3,38±1,89	2,63±1,39	5180,07±682,70	18,60±1,90	1581,50±155,33	4,10±1,42
CPr + Utz	3,87±2,41	2,93±1,59	5229,10±687,91	19,40±2,33	1565,50±161,93	4,03±1,35
RA + CPr	3,91±2,00	13,61±57,32	5406,13±787,69	20,07±2,69	1581,68±153,32	4,50±1,94
RA + FT	3,97±3,65	3,08±2,48	5179,67±777,51	23,60±4,41	1505,44±154,78	4,57±1,50
RA + FT + CPr	4,25±3,68	3,31±2,38	5558,63±595,20	23,07±4,01	1560,81±646,66	4,90±1,54
RA + Utz + CPr	4,71±4,82	3,32±3,15	5004,07±494,37	21,17±5,46	1691,68±629,52	3,93±1,39
RA + FT + Utz + CPr	5,24±4,20	3,90±2,20	4992,73±369,01	24,33±3,88	1918,90±1208,37	5,73±1,60
NC	2,96±2,47	2,22±1,50	5309,53±739,92	19,89±3,26	1519,64±204,45	4,85±1,05

msnm: metros sobre el nivel del mar

ha: hectárea

5.1.1.3 Impactos ecológicos de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Los resultados obtenidos de la evaluación de impacto mediante los indicadores ecológicos se presentan a continuación:

5.1.1.3.1 Impacto de las fincas cafeteras con programas de certificación sobre la biodiversidad

Todos los programas de certificación presentan exigencias en sus criterios de certificación relacionadas con la conservación y protección de la biodiversidad. Algunos como RA, FT, Utz y CPr promueven directamente la protección de las especies nativas y las amenazadas, mientras es común en todos los programas la conservación de los bosques primarios y la restauración de los bosques intervenidos.

Se registraron un total de 172 especies de aves en las fincas cafeteras muestreadas, lo que corresponde al 36,4% de las aves reportadas para el municipio de Pitalito (Sánchez y Acosta, 2015). Se encontraron 9 especies que de acuerdo con Chaparro *et al*, (2013) se definen como especies endémicas y 3 están clasificadas en alguna categoría de amenaza según Rengifo *et al* (2016) y IUCN (2022). El total de mamíferos identificados en las fincas fue de 28, lo que representa el 85% de los reportados para el municipio. De igual manera, el número de especies de árboles y arbustos identificados fue 56 correspondiente al 59% de las especies registradas para el municipio.

En todos los casos se encontraron más especies en las reservas de bosque que se seleccionaron como referencia para comparación, que en las fincas cafeteras. Un referente de la región es el estudio ornitológico realizado por Botero *et al* (2010) en la zona cafetera del departamento del Huila, donde se encontró valores de riqueza similares entre una reserva de bosque en el municipio de Pitalito (129 especies) y el total de un grupo de fincas cafeteras del corregimiento de Bruselas en el mismo municipio (112 especies). Sin embargo, el estudio no discriminaba las fincas cafeteras certificadas de las no certificadas. Así mismo, las zonas de

muestreo difieren en los rangos altitudinales, 1300 a 1500 msnm en la Reserva de bosque y 1500 a 1800 msnm en las fincas del corregimiento de Bruselas, lo que adicionado al esfuerzo de muestreo podría incidir en los resultados comparativos.

Luego de la determinación de los diferentes índices de biodiversidad para cada uno de los grupos de estudio se aplicó el tratamiento estadístico para cada esquema de certificación (Tabla 24), evaluando la normalidad y homocedasticidad de los índices calculados (Tabla 25).

Tabla 24. Valores descriptivos por índices de diversidad evaluados en cada grupo taxonómico.

Programa	Valores descriptivos por índice de diversidad								
	Ij Aves	Ij Arboles	Ij Mamíferos	Ic Aves	Ic Arboles	Ic Mamíferos	Ri Aves	Ri Arboles	Ri Mamíferos
CPr	0.25±0.06	0.48±0.06	0.52±0.11	0.75±0.06	0.52±0.06	0.48±0.11	37.20±6.73	18.60±4.50	10.70±2.00
CPr+Utz	0.22±0.07	0.36±0.13	0.55±0.09	0.78±0.07	0.64±0.13	0.45±0.09	31.50±6.29	17.40±5.82	10.90±3.98
FT+CPr	0.26±0.08	0.39±0.14	0.46±0.18	0.74±0.08	0.61±0.14	0.54±0.18	35.20±7.70	15.90±4.25	8.90±1.45
NC	0.24±0.09	0.37±0.23	0.49±0.18	0.76±0.09	0.63±0.23	0.51±0.18	31.18±9.54	15.91±7.27	9.82±5.00
Org	0.45±0.07	0.46±0.11	0.55±0.13	0.55±0.07	0.54±0.11	0.45±0.13	54.10±8.16	21.00±4.00	10.20±2.39
RA	0.29±0.11	0.33±0.14	0.53±0.12	0.71±0.11	0.67±0.14	0.47±0.12	37.00±15.09	14.30±4.45	9.20±2.44
RA+CPr	0.22±0.06	0.43±0.14	0.56±0.11	0.78±0.06	0.57±0.14	0.44±0.11	35.20±8.02	18.10±5.00	12.00±3.02
RA+FT+Utz+CPr	0.34±0.10	0.36±0.16	0.40±0.14	0.66±0.10	0.64±0.16	0.60±0.14	39.20±3.36	19.50±2.17	9.40±1.07
RA+Utz	0.24±0.10	0.29±0.09	0.42±0.14	0.76±0.10	0.71±0.09	0.58±0.14	32.20±11.55	15.60±7.12	8.60±2.80
RA+Utz+CPr	0.32±0.11	0.33±0.12	0.42±0.11	0.68±0.11	0.67±0.12	0.58±0.11	33.30±7.41	14.80±4.16	8.60±2.67

Tabla 25. Supuestos de normalidad y homocedasticidad por índices de diversidad evaluados en cada grupo taxonómico.

Programa	p-valores test de normalidad de Shapiro-Wilk								
	Ij Aves	Ij Arboles	Ij Mamíferos	Ic Aves	Ic Arboles	Ic Mamíferos	Ri Aves	Ri Arboles	Ri Mamíferos
CPr	0,22	0,38	0,83	0,22	0,38	0,83	0,51	0,29	0,50
CPr+Utz	0,11	0,73	0,41	0,11	0,73	0,41	0,53	0,89	0,01
FT+CPr	0,20	0,41	0,96	0,20	0,41	0,96	0,84	0,56	0,20
NC	0,18	0,73	0,27	0,18	0,73	0,27	0,29	0,69	0,01
Org	0,45	0,47	0,98	0,45	0,47	0,98	0,00	0,72	0,02
RA	0,52	0,77	0,80	0,52	0,77	0,80	0,03	0,11	0,26
RA+CPr	0,41	0,94	0,03	0,41	0,94	0,03	0,02	0,85	0,58
RA+FT+Utz+CPr	0,13	0,30	0,55	0,13	0,30	0,55	0,11	0,23	0,09
RA+Utz	0,26	0,10	0,53	0,26	0,10	0,53	0,39	0,17	0,12
RA+Utz+CPr	0,42	0,71	0,33	0,42	0,71	0,33	0,10	0,53	0,07
P-valor test de homocedasticidad	0,59	0,04	0,58	0,59	0,04	0,58	0,01	0,06	0,00

Los resultados obtenidos con el ANOVA para cada índice de diversidad se presentan en la tabla 26. Se encuentran diferencias significativas en la diversidad de aves en los tres índices evaluados y sólo en los índices de similitud y complementariedad en el caso de los mamíferos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la diversidad de árboles bajo ninguno de los índices evaluados.

Tabla 26. p-valores para cada índice en cada grupo taxonómico obtenidos con el ANOVA

Índice		Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr(>F)	
Ri Aves	Programa	9	4060,0	451,1	5,675	0,000	***
	Residuals	91	7233,0	79,5			
Ri Árboles	Programa	9	426,9	47,430	1,814	0,076	
	Residuals	91	2380,1	26,160			
Ri Mamíferos	Programa	9	112,2	12,467	1,455	0,177	
	Residuals	91	779,9	8,571			
Ij Aves	Programas	9	0,452	0,050	6,553	0,000	***
	Residuals	91	0,698	0,008			
Ij Árboles	Programas	9	0,330	0,037	1,918	0,059	
	Residuals	91	17,414	0,019			
Ij Mamíferos	Programas	9	0,324	0,036	2,032	0,044	*
	Residuals	91	1,612	0,018			
Ic Aves	Programas	9	0,452	0,050	6,553	0,000	***
	Residuals	91	0,698	0,008			
Ic Árboles	Programas	9	0,330	0,037	1,918	0,059	
	Residuals	91	1,741	0,019			
Ic Mamíferos	Programas	9	0,324	0,036	2,032	0,044	*
	Residuals	91	1,612	0,018			

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

La prueba post-hoc de Tukey aplicada a los datos de los índices de diversidad de los tres grupos taxonómicos, permite evidenciar la formación de grupos de diferencias en los tres índices de diversidad evaluados para las aves (Tabla 27). En el caso de los valores de los índices para mamíferos y árboles, el análisis no arroja grupos diferentes.

Tabla 27. Prueba post-hoc de Tukey para crear grupos de diferencias

Programa	Grupos de Programas diferentes por tipo de índice de diversidad								
	Ij_Aves	Ij_Arboles	Ij_Mamiferos	Ic_Aves	Ic_Arboles	Ic_Mamiferos	Ri_Aves	Ri_Arboles	Ri_Mamiferos
Org	a	a	a	b	a	a	a	a	a
RA+FT+Utz+CPr	ab	a	a	ab	a	a	b	a	a
RA+Utz+CPr	b	a	a	a	a	a	b	a	a
RA	b	a	a	a	a	a	b	a	a
FT+CPr	b	a	a	a	a	a	b	a	a
CPr	b	a	a	a	a	a	b	a	a
NC	b	a	a	a	a	a	b	a	a
RA+FT	b	a	a	a	a	a	b	a	a
RA+CPr	b	a	a	a	a	a	b	a	a
CPr+Utz	b	a	a	a	a	a	b	a	a

a, b o **ab** representan los grupos con diferencias estadísticas significativas en la prueba de post-hoc de Tukey.

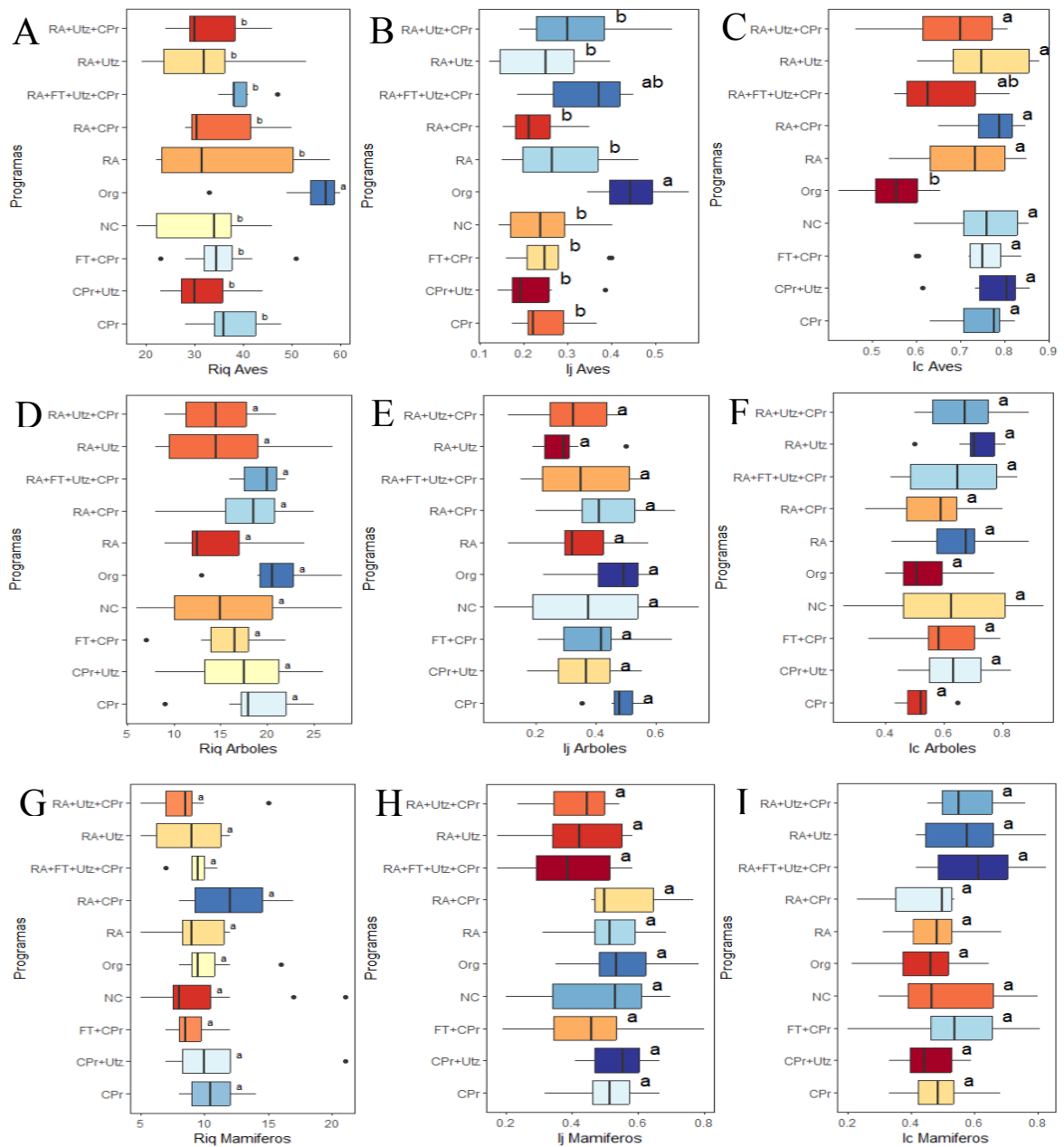


Figura 4. Sección de diagramas de cajas según índices de biodiversidad en fincas cafeteras certificadas.

A. Diagrama de cajas y bigotes para riqueza (Riq) de aves. B. Diagrama de cajas y bigotes para el índice de Jaccard (Ij) de aves. C. Diagrama de cajas y bigotes para índice de complementariedad (Ic) de aves. D. Diagrama de cajas y bigotes para riqueza de árboles. E. Diagrama de cajas y bigotes para el índice de Jaccard de árboles. F. Diagrama de cajas y bigotes para índice de complementariedad de árboles. G. Diagrama de cajas y bigotes para riqueza de mamíferos. H. Diagrama de cajas y bigotes para el índice de Jaccard de mamíferos. F. Diagrama de cajas y bigotes para índice de complementariedad de mamíferos. A, b o ab representan los grupos con diferencias estadísticamente significativas en la prueba de post-hoc de Tukey.

Las fincas con certificación Org presentan mayor riqueza de especies de aves respecto a las fincas con otros programas de certificación y mayor similitud en la composición de especies de aves al ser comparadas con las reservas de bosque. Las fincas bajo el esquema de certificaciones RA+FT+Utz+CP presentan mayor similitud y complementariedad a las reservas de bosque con que fueron referenciadas, que las fincas con otros esquemas a excepción de las fincas orgánicas, en términos de diversidad de avifauna. En contraste, las fincas cafeteras bajo los esquemas de certificación RA+Utz+CPr, RA, FT+CPr, CPr, RA+FT, RA+CPr y Utz+CPr no presentan diferencias significativas con respecto a las fincas no certificadas. Philpott *et al* (2007) en México, no hallaron diferencias entre la biodiversidad de fincas cafeteras con los programas de certificación Org, Org + FT y fincas NC, al evaluarlas mediante aves, hormigas y árboles como grupos indicadores y compáralas con bosques aledaños. Las fincas con certificaciones de café de sombra presentan mayor presencia de aves al ofrecer mayor disponibilidad de recurso a diferentes gremios alimentarios de aves (Ong'ondo *et al*, 2022). No obstante, las fincas que combinan café sin sombra o café de sol con extensiones similares de bosque nativo pueden albergar mayor número de especies que fincas con café de sombra (Valente *et al*, 2022).

Los resultados que evidencian una mayor diversidad de aves en las fincas cafeteras con certificación Org podría sustentarse en el uso reducido o sustitución de agroquímicos, lo cual permite mayor diversidad de invertebrados en las plantaciones (Gómez *et al*, 2018; Manson *et al*, 2022) y por tanto un recurso alimenticio mayor para el gremio de aves insectívoras que contribuyen así al control de plagas (Chain *et al*, 2019; Hernández *et al*, 2019; Venzon, 2021), esto sumado a una cobertura de sombra o cercanía a bosque poco intervenido puede atraer a especies de este gremio consideradas especialista de bosque y a otros gremios más resilientes a la transformación de sus hábitats (Powell *et al*, 2015; Álvarez *et al*, 2022; Kammerichs-Berke *et al*, 2022). Philpott y Bichier (2012) encontraron en la certificación RA una alta diversidad y abundancia de aves insectívoras tanto en el dosel, como en sotobosque respectivamente. Sin embargo, en estudios realizados por Komar (2012) en fincas cafeteras con certificación RA, fincas no certificadas y bosques aledaños en El Salvador, no se encontró diferencias en la diversidad de aves. De igual manera, Gómez *et al*. (2018) no hallaron diferencias significativas en fincas con certificaciones RA, Org + RA y fincas no certificadas,

a pesar de si encontrar diferencias en la diversidad de mariposas de las mismas fincas y hábitats.

Las riquezas de especies de mamíferos, árboles en cualquiera de los esquemas de certificación estudiados siempre fueron menores que las encontradas en los bosques de referencia. Por su parte, las diferencias entre los valores de los índices de diversidad de estos grupos taxonómicos en las fincas con diferentes esquemas de certificación y las fincas sin certificación no fueron significativas. Hagggar *et al* (2015) hallaron mayor diversidad de árboles en fincas RA que en fincas cafeteras convencionales en estudios realizados en Guatemala y Nicaragua, mientras Pico *et al*, (2020) observaron mayor diversidad en fincas Org, que en fincas certificadas bajo el esquema Utz+RA y fincas no certificadas. No obstante, las diferencias entre árboles y arbustos fueron mínimas al comparar fincas con certificaciones RA, Org + RA y fincas no certificadas en Colombia (Gómez *et al*, 2018). En cuanto a los resultados de los mamíferos, son coincidentes a los encontrados por Caudil *et al* (2014) en India, donde evaluó la diversidad de especies en diferentes sistemas agroforestales sin encontrar diferencias significativas de diversidad y abundancia de mamíferos en diferentes categorías de árboles de sombra (nativa, mixtos y exóticos) y con los encontrados por (Caudill y Rice, 2016) en México, donde las abundancias de mamíferos en diferentes hábitat y/o sistemas de producción no presentó diferencias considerables.

La diversidad de especies de aves, mamíferos y árboles se debe principalmente a la estructura del paisaje y a la composición y conectividad de los sistemas agroforestales en la región y las fincas cafeteras. En una revisión de evidencia para Latinoamérica, Philpott *et al*, (2008), encontraron que la riqueza de especies de aves, hormigas y árboles fue siempre menor en los agroecosistemas con plantaciones de café, que en los bosques con que fueron comparados, por lo que la pérdida de especies depende de la especialización del hábitat y de sus atributos funcionales, ya que la riqueza no es función de un mayor número de individuos (López *et al*, 2008; Clément *et al*, 2023). Los policultivos complejos que integran árboles nativos y amplia cobertura de dosel son alternativas para la caficultura sostenible en la región, dado que conservan sus rendimientos y reducen la perturbación a las especies nativas (Imron *et al*,

2022). Otra alternativa, es el modelo de conservación de tierras, que dirige a la intensificación del cultivo, preservando en un área igual de bosque natural (Valente *et al*, 2022).

5.1.1.3.2 Impacto de los programas de certificación en fincas cafeteras sobre la protección de la fauna

En general los programas de certificación incluyen en sus exigencias la adopción de medidas para la conservación de las especies dentro de las fincas. En este estudio, todos los programas evaluados incluyen criterios específicos en los que se prohíbe la cacería de especies de fauna nativa, a excepción del programa Org en el que no se especifica la prohibición de la cacería de manera directa.

Los datos obtenidos indican que todos los caficultores encuestados en este estudio afirmaron no realizar ninguna práctica de cacería en sus fincas cafeteras o en bosques cercanos, independientemente de tener o no certificación. Los principales motivos que conducen a los caficultores a abstenerse de realizar este tipo de prácticas son: la convicción de proteger y conservar la diversidad natural, la normatividad colombiana (Decreto 2633 de 2022) que restringe el porte de armas de fuego y la situación de orden público que se presenta en las zonas rurales del país, en las que grupos armados irregulares generan normas propias que vigilan en ciertos territorios, entre las que se incluye la protección de fuentes hídricas, bosques y sus componentes ambientales.

Estudios realizados en municipios productores del departamento de Caldas (Colombia), asocian la prevención de la cacería en fincas cafeteras a la reglamentación vigente, indistintamente de estar o no certificados (Andrade *et al*, 2021). En regiones productoras de café en Guatemala y México indican que la cacería es una práctica no habitual, pero que se desarrolla en ciertas regiones. Sin embargo, hay influencia en los programas de certificación en la prohibición y promoción de la erradicación de la cacería (Tlapaya y Gallina, 2010; Jiménez, 2021).

En Etiopía, se reportan las prácticas de caza en productores de comunidades indígenas que son afectados por la reducción del hábitat natural que conlleva a la reducción de la oferta

silvestre como servicio ecosistémico (Tadesse *et al*, 2014), algo similar a lo reportado para algunas regiones en Brasil, donde luego de la cosecha se incrementa la presión cinegética sobre zonas de reserva forestal como opción de subsistencia o de ingresos económicos (dos Santos *et al*, 2018). En Indonesia y Vietnam, se reportan prácticas de cacería en bosques aledaños a plantaciones de café que ponen en peligro a especies de primates no humanos y mamíferos medianos (Neilson *et al*, 2010). Sin embargo, la mayoría de los estudios no definen las plantaciones como certificadas o convencionales; lo que sugiere un imperioso análisis sobre el efecto de una de las medidas más significativas para la protección de la diversidad faunística de las regiones cafetaleras, cuando existen diferencias significativas en la realización de estas prácticas.

Medidas para la conservación de la vida silvestre en fincas cafeteras certificadas

El efecto del tratamiento en los tratados presenta valores negativos (Tabla 28), lo que indica que las fincas cafeteras sin certificación adoptan un mayor número de medidas para la protección de la vida silvestre al compararse con sus similares certificadas. Sin embargo, esto solo es concluyente en el caso de las fincas sin certificación comparadas con las fincas certificadas de los programas y esquemas RA+FT, Org, CPr, RA+FT+Utz+CPr casos en que se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 28. Esquemas de certificación evaluados y comparados a partir de valores del IMCVS

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%
Con certificación	0,34	-0,01	0,01	-1,62	0,105	-0,0293;0,0028
4C	0,39	0,02	0,01	1,84	0,066	-0,0014;0,0426
CPr	0,38	-0,03	0,01	-2,98	0,003	-0,0526;-0,0109 *
CPr+Utz	0,32	0,00	0,01	0,44	0,661	-0,0140;0,0220
FT	0,37	-0,01	0,01	-1,29	0,198	-0,0336;0,0069
FT+CPr	0,33	0,00	0,01	-0,06	0,950	-0,0175;0,0164
Org	0,27	-0,04	0,01	-3,67	<0,001	-0,0561;-0,0170 *
RA	0,37	-0,01	0,01	-0,90	0,367	-0,0254;0,0094
RA+CPr	0,36	0,02	0,01	1,90	0,057	-0,0005;0,0372

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%
RA+FT	0,32	-0,05	0,01	-5,10	<0,001	-0,0742;-0,0330 *
RA+FT+CPr	0,38	-0,01	0,01	-1,40	0,161	-0,0330;0,0055
RA+FT+Utz+CPr	0,36	-0,03	0,01	-3,05	0,002	-0,0574;-0,0125 *
RA+Utz+CPr	0,25	-0,01	0,01	-1,08	0,279	-0,0265;0,0076

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Después de la medida restrictiva de la cacería en la que todos los caficultores afirmaron adoptarla, la siguiente medida dirigida a la conservación de la vida silvestre que en mayor proporción es adoptada por los caficultores es la siembra de árboles en la finca (90%), principalmente, en las márgenes de las cuencas y microcuencas hidrográficas, lo que constituye en un importante aporte para la conformación de corredores biológicos que permiten el desplazamiento de diferentes especies. Posteriormente, la restricción de la tala de árboles (61%), así como prohibir las prácticas de quemas controladas (52%), constituyen la tercera y cuarta medida con mayor frecuencia de adopción en las fincas cafeteras evaluadas, respectivamente.

Es muy probable que los caficultores durante la aplicación del cuestionario hayan olvidado nombrar algunas medidas que aplican en su finca. No obstante, las medidas nombradas con mayor frecuencia son aquellas en que el caficultor trabaja con mayor conciencia de ello. Estas medidas, no son concluyentes respecto a algún impacto ambiental atribuible a las certificaciones, ya que la efectividad de las medidas depende de diversos factores y solo se pueden evidenciar al evaluar los impactos relacionados con la biodiversidad. Es así, que aunque para algunos programas y esquemas (RA+FT, Org, CPr, RA+FT+Utz+CPr) el número de medidas adoptadas para la protección de la vida silvestre sea menor al compararse con sus pares no certificadas, no se encontraron diferencias significativas entre fincas certificadas y sin certificación al evaluar el efecto de estos programas bajo el criterio de biodiversidad de aves, mamíferos no voladores y árboles en la submuestra analizada, a excepción del programa Org en el indicador de riqueza de especies de aves.

En el caso de los indicadores de reforestación o forestación, se presentaron en este estudio diferencias significativas en favor de la certificación, en los casos del sombrío y el número de árboles sembrados fuera de las plantaciones de café. De hecho, el programa Org es el que presenta mayores diferencias significativas en el caso de estos indicadores, seguido de RA+FT y la multicertificación RA+FT+Utz+CPr, a pesar de coincidir como los programas que aplican menos medidas para la protección de la vida silvestre al compararse con sus homólogas no certificadas.

5.1.1.3.3 Impacto de las fincas cafeteras con programas de certificación sobre el recurso hídrico

Todos los programas exigen medidas destinadas a evitar la contaminación del recurso hídrico con agroquímicos, indicando límites mínimos sobre el margen del cuerpo hídrico. Los programas de certificación RA, FT, Utz, CPr presentan mayor interés en el uso eficiente del agua, el manejo de las aguas residuales generadas en el beneficio del café y la conservación de las fuentes hídricas. Pero, ninguno se refiere a criterios de cumplimiento dirigidos al tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Los valores del índice de medidas para la conservación de los cuerpos de agua (IMCA) en fincas cafeteras del municipio de Pitalito presentan todas diferencias significativas con respecto a las fincas no certificadas (Tabla 27). Las fincas Org adoptan la mayor cantidad de medidas para la conservación de los cuerpos de agua en su territorio comparadas con sus similares no certificadas, como lo corrobora el mayor valor de ATET; en segundo lugar, se ubican las fincas cafeteras con esquemas de certificación RA+FT y RA, y en tercer lugar los esquemas RA+FT+Utz+CPr, RA+Utz+CPr, 4C, FT+CPr y RA+FT+CPr.

Los programas RA y FT son los programas con mayor número de criterios dirigidos a la gestión y conservación del agua. El tercer lugar se sustenta en que son principalmente esquemas de multicertificación, todas ellas con los programas RA y FT. La medida más adoptada por los caficultores encuestados en este estudio (98%), fue la de evitar rociar cerca de los cuerpos o almacenamientos de agua durante la aplicación de agroquímicos, seguida de la conservación de franjas protectoras de nacimientos y fuentes de agua (57%).

Tabla 29. Esquemas de certificación evaluados y comparados a partir de valores del IMCA

Certificación	Mean	ATET	Std_Error	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%	
Con certificación	0,34	0,05	0,01	6,68	<0,001	0,0343-0,0627	***
Org	0,55	0,07	0,01	6,62	<0,001	0,0484-0,0892	***
RA+FT	0,33	0,06	0,01	6,82	<0,001	0,0428-0,0773	***
RA	0,33	0,06	0,01	6,86	<0,001	0,0425-0,0765	***
4C	0,25	0,05	0,01	5,69	<0,001	0,0344-0,0705	***
RA+FT+Utz+CPr	0,38	0,05	0,01	5,87	<0,001	0,0339-0,0679	***
RA+Utz+CPr	0,35	0,05	0,01	5,71	<0,001	0,0318-0,0651	***
FT+CPr	0,35	0,05	0,01	5,62	<0,001	0,0314-0,0650	***
RA+FT+CPr	0,28	0,05	0,01	5,41	<0,001	0,0288-0,0616	***
CPr	0,31	0,04	0,01	4,87	<0,001	0,0268-0,0629	***
RA+CPr	0,33	0,04	0,01	4,09	<0,001	0,0212-0,0603	***
FT	0,28	0,03	0,01	3,54	<0,001	0,0143-0,0498	***
CPr+Utz	0,30	0,03	0,01	3,63	<0,001	0,0141-0,0474	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.3.3.1 Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas.

La medición del IETARD de las fincas cafeteras certificadas y la comparación con sus respectivas homólogas no certificadas arrojó un contrafactual con diferencias estadísticamente significativas para todos los esquemas de certificación (Tabla 30). El índice evidencia que los sistemas destinados a tratar las aguas residuales en las fincas cafeteras certificadas presentan una composición de unidades de tratamiento que ofrecen una mayor eficiencia que los sistemas de las fincas no certificadas.

Las fincas cafeteras con certificaciones FT+CPr y CPr evaluadas en este estudio, presentan los sistemas de tratamiento más eficientes, lo que se traduce en mayores remociones y menor vertimiento de carga contaminante. El siguiente esquema de certificación que evidencia mayores eficiencias corresponde al Org, seguido de los esquemas RA+FT y RA. En contraste,

se observa que la multicertificación RA+FT+Utz+CPr y RA+FT+CPr, presentan valores de IETARD incluso por debajo del 50% de los valores mayores correspondientes a FT+CPr y CPr.

Tabla 30. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el IETARD

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%	
Con certificación	0,59	0,13	0,02	7,48	<0,001	0,0959-0,164	***
FT+CPr	0,53	0,18	0,02	10,21	<0,001	0,1463-0,216	***
CPr	0,50	0,18	0,02	8,44	<0,001	0,1344-0,216	***
Org	0,55	0,16	0,02	6,98	<0,001	0,1182-0,211	***
RA+FT	0,76	0,14	0,02	6,33	<0,001	0,0998-0,189	***
RA	0,51	0,14	0,02	6,54	<0,001	0,0957-0,178	***
RA+Utz+CPr	0,65	0,13	0,02	6,51	<0,001	0,0938-0,175	***
CPr+Utz	0,61	0,12	0,02	5,58	<0,001	0,0793-0,165	***
FT	0,57	0,12	0,02	6,09	<0,001	0,081-0,158	***
RA+CPr	0,54	0,11	0,02	4,5	<0,001	0,0602-0,153	***
4C	0,44	0,10	0,03	4,08	<0,001	0,0542-0,154	***
RA+FT+Utz+CPr	0,86	0,09	0,02	4,11	<0,001	0,0486-0,137	***
RA+FT+CPr	0,63	0,08	0,02	3,76	<0,001	0,0374-0,119	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.3.3.2 Consumo de agua en el proceso de beneficio húmedo del café

Este método de beneficio proporciona un café denominado “café lavado”, el cual, consume altas cantidades de agua en sus diferentes etapas, por lo que el objetivo de las nuevas técnicas de beneficio es reducir el uso del recurso hídrico durante el proceso (Beyene *et al*, 2012; Alemayehu *et al*, 2020; Campos *et al*, 2021). El análisis estadístico por PPP y ATET arrojó resultados que demostraron que existen diferencias significativas de los valores del IMAPBHC entre grupos o esquemas de certificación (Tabla 31). Los resultados evidencian que las fincas con certificaciones FT+CPr y CPr utilizan menor cantidad de agua en el proceso de beneficio. Las fincas con certificación Org y las que adoptaron los esquemas de

certificación RA y RA+Utz+CPr presentan el segundo y tercer lugar respectivamente, entre los esquemas que menor consumo de agua realizan durante el beneficio húmedo del café. Por su parte, las fincas cafeteras con multicertificación RA+FT+Utz+CPr y RA+FT+CPr presentan los valores más bajos del IMAPBHC, lo que indica que las fincas con estos programas son las mayores consumidoras del recurso hídrico durante el proceso de beneficio húmedo en este estudio.

Tabla 31. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el IMAPBHC

Certificación	Mean	ATET	Std_Error	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%	
Con certificación	0,83	0,21	0,02	11,7	<0,001	0,176-0,246	***
FT+CPr	0,79	0,27	0,02	12,11	<0,001	0,2238-0,310	***
CPr	0,76	0,27	0,02	10,78	<0,001	0,2168-0,313	***
Org	0,88	0,26	0,02	11,4	<0,001	0,2186-0,309	***
RA	0,78	0,24	0,02	11,02	<0,001	0,1978-0,283	***
RA+Utz+CPr	0,84	0,24	0,02	11,47	<0,001	0,1991-0,281	***
CPr+Utz	0,78	0,22	0,02	10,07	<0,001	0,1804-0,268	***
RA+CPr	0,85	0,22	0,03	8,28	<0,001	0,1663-0,269	***
FT	0,88	0,20	0,03	7,83	<0,001	0,1500-0,250	***
4C	0,71	0,18	0,02	7,46	<0,001	0,1343-0,230	***
RA+FT	0,88	0,17	0,02	7,3	<0,001	0,1248-0,216	***
RA+FT+CPr	0,89	0,15	0,02	7,75	<0,001	0,1139-0,191	***
RA+FT+Utz+CPr	0,87	0,11	0,02	5,55	<0,001	0,0694-0,145	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estos resultados son acordes a las exigencias que dentro de sus criterios establecen los programas, a excepción de Org que no tiene un criterio directo de exigencia sobre el recurso hídrico en el proceso postcosecha. Los resultados sugieren que los programas de mayor influencia positiva sobre este recurso son CPr, RA y Org. El programa CPr, es uno de los más claros en el nivel de exigencia, debido a que establece una proporción límite en una relación 1:1 en volumen de agua utilizada a volumen de café procesado (Harris, 2016); por su parte RA exige uso eficiente del recurso durante el procesamiento y restringe las descargas de las aguas residuales (RA, 2017).

5.1.1.3.3.3 Impacto ambiental de los subproductos generados en el beneficio húmedo del café

Los subproductos del beneficio húmedo del café son los generadores de la mayor carga contaminante en todas las etapas de producción (Camacho y Uribe, 2018; Ijanu *et al*, 2020; Gebreyessus, 2022). Los datos obtenidos como resultado del PPP y ATET indican diferencias significativas del ICAPBHC como contrafactual del manejo y tratamiento de los subproductos resultantes de beneficio húmedo del café en los grupos de tratamiento o certificación (Tabla 32).

El efecto del tratamiento en los tratados (ATET) indica que las fincas cafeteras que generan menor impacto ambiental sobre el recurso hídrico debido al manejo y tratamiento que realizan a los subproductos del beneficio húmedo del café son aquellas certificadas con FT+CPr y solo CPr con ATET 0,21 y 0,20 respectivamente. Las fincas con certificaciones Org, RA+CPr y RA+Utz+CPr presentan también ATET con valores que indican menor impacto negativo a causa de vertimientos de subproductos generados en el proceso de beneficio húmedo. Por otro lado, la multicertificación evidencia un impacto positivo más reducido respecto a los demás esquemas.

Tabla 32. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el ICAPBHC

Certificación	Mean	ATET	Std_Error	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%
Con certificación	0,76	0,16	0,01	10,5	<0,001	0,126-0,184 ***
FT+CPr	0,72	0,21	0,02	11,66	<0,001	0,1721-0,242 ***
CPr	0,72	0,20	0,02	9,58	<0,001	0,1585-0,240 ***
Org	0,81	0,18	0,02	9,14	<0,001	0,1384-0,214 ***
RA+CPr	0,81	0,17	0,02	7,93	<0,001	0,1289-0,214 ***
RA+Utz+CPr	0,76	0,17	0,02	9,86	<0,001	0,1363-0,204 ***
CPr+Utz	0,70	0,16	0,02	9,52	<0,001	0,1303-0,198 ***
RA	0,71	0,16	0,02	8,69	<0,001	0,1243-0,197 ***
4C	0,66	0,16	0,02	7,6	<0,001	0,1155-0,196 ***
FT	0,81	0,15	0,02	6,9	<0,001	0,1091-0,196 ***

Certificación	Mean	ATET	Std_Error	z	Pr(> z)	2.5 - 97.5%
RA+FT	0,82	0,12	0,02	5,85	<0,001	0,0784-0,157 ***
RA+FT+CPr	0,82	0,12	0,02	7,01	<0,001	0,0831-0,148 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,79	0,07	0,02	4,25	<0,001	0,0377-0,102 ***

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Es evidente que el ATET evaluado respecto al impacto de los subproductos generados en el beneficio húmedo del café, tiene relación directa principalmente con el programa CPr, el cual, dentro de sus criterios de cumplimiento exige el registro de los volúmenes y las proporciones de agua utilizada, así como, el manejo del agua residual, orientada a causar impactos negativos al medio ambiente (Harris, 2017).

Los ATET de los índices IETARD, IMAPBHC y ICAPBHC de cada programa o esquema de certificación se adicionaron para cuantificar el impacto sobre el recurso hídrico (Tabla 33). No se incluyó el IMCA debido a que adoptar las medidas de manejo no se consideran como un impacto, pero si se consideran precursoras de impacto dependiendo del rigor de la aplicación de la medida por parte de los caficultores.

Tabla 33. Impacto ambiental de las fincas cafeteras certificadas sobre el recurso hídrico.

Certificación	ATET			IIMARFC
	IETARD	IMAPBHC	ICAPBHC	
Con certificación	0,1300	0,2110	0,1550	0,4960
FT+CPr	0,1811	0,2670	0,2070	0,6551
CPr	0,1750	0,2650	0,1990	0,6390
Org	0,1644	0,2640	0,1760	0,6044
RA	0,1367	0,2410	0,1610	0,5387
RA+Utz+CPr	0,1342	0,2400	0,1700	0,5442
CPr+Utz	0,1222	0,2240	0,1640	0,5102
RA+CPr	0,1067	0,2180	0,1710	0,4957
FT	0,1194	0,2000	0,1520	0,4714
4C	0,1043	0,1820	0,1560	0,4423
RA+FT	0,1445	0,1710	0,1180	0,4335

Certificación	ATET			IIMARFC
	IETARD	IMAPBHC	ICAPBHC	
RA+FT+CPr	0,0783	0,1520	0,1150	0,3453
RA+FT+Utz+CPr	0,0929	0,1070	0,0700	0,2699

Como se puede observar en la figura 5, el efecto sobre el recurso hídrico de la certificación de fincas cafeteras fue siempre positivo en todos los esquemas evaluados. El esquema de certificación CPr+FT presentó un mejor manejo de subproductos, mayor eficiencia y ahorro de agua en el proceso de beneficio y mayor eficiencia en el tratamiento de aguas residuales del beneficio y domésticas obteniendo el IIMARFC mayor, lo que se traduciría en vertimientos de menor carga contaminante al suelo o a fuentes hídricas y por ende, se reduce la amenaza sobre el ecosistema por fenómenos de eutrofización por altas concentraciones de N y P, reducción del oxígeno disuelto por altas descargas de materia orgánica y sólidos suspendidos, que causan toxicidad para la biota acuática y para los humanos (Woldesenbet *et al*, 2014; Dori, 2017; Said *et al*, 2023). El segundo y tercer esquema que generan menor impacto es CPr y Org respectivamente. Sin embargo, la multicertificación RA+FT+Utz+CPr presentó el mayor impacto adverso dentro de todos los esquemas de certificación evaluados en este estudio, luego de compararse con sus homólogas no certificadas, a pesar de ser el quinto esquema en el que se indica tener mayores números de medidas adoptadas respecto a sus similares no certificadas.

En Colombia la norma que regula los valores máximos de vertimiento (Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) presenta valores más amplios que los límites de las regulaciones de países como Malasia, India, Brasil e incluso los establecidos por la Organización mundial de la Salud (OMS) (Said *et al*, 2023). La caficultura del departamento del Huila en el proceso de beneficio vierte en promedio 337g de DQO y consume 17,1 l de agua por cada kg de cps, que corresponden a valores superiores al promedio en Colombia (302g de DQO y 15,26 l por cada Kg de cps) (Rodríguez *et al*, 2022). Sin embargo, se observa en la región de estudio la prevalencia de sistemas de beneficio tipificados como “beneficio ecológico”, por su bajo consumo de agua (< 10 l/kg cps) y que están categorizados desde E1 hasta E8, siendo el E8 el de vertimiento cero (Rodríguez *et al*, 2021).

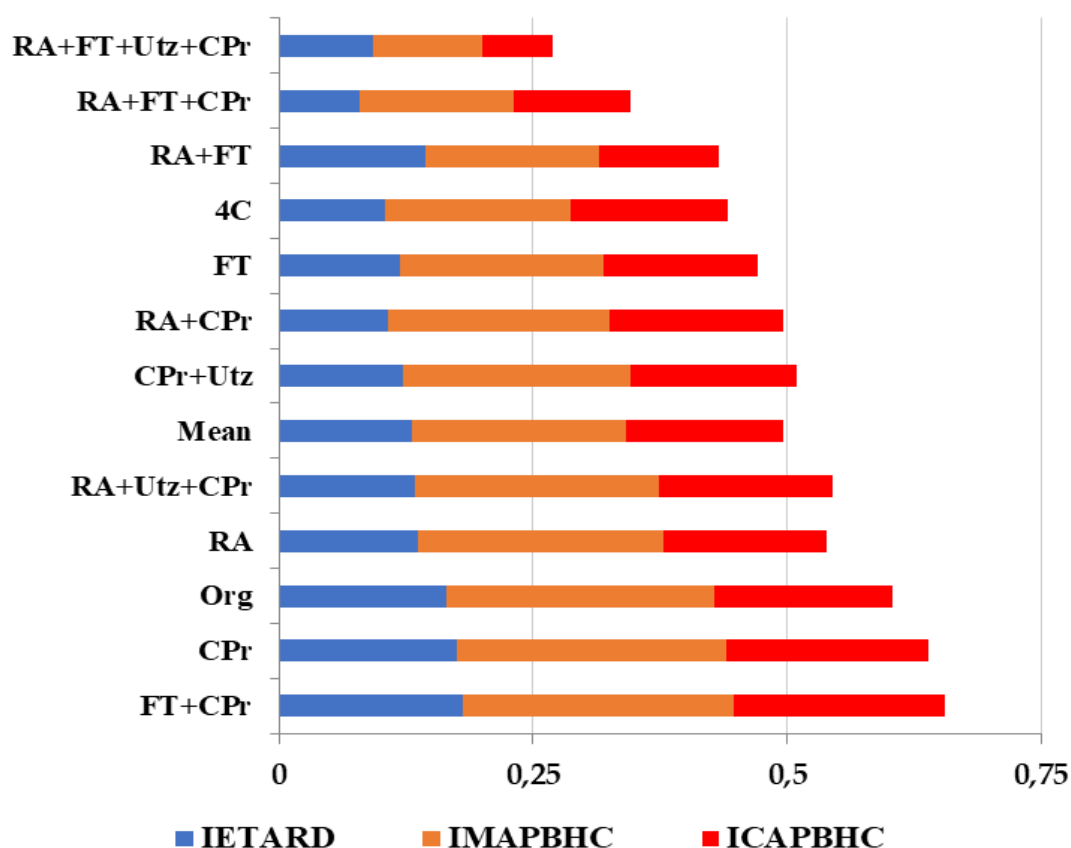


Figura 5. Valores acumulados de índices IETARD, IMAPBHC y ICAPBHC para determinación del impacto sobre el recurso hídrico de fincas cafeteras certificadas.

El 80% de los beneficiaderos se clasifican entre E1 y E4, el 11% se considera como beneficiadero en transición a ecológico y solo el 7,6% de las fincas del estudio presentan estructuras y dispositivos tendientes a cero vertimientos (E8). No obstante, representan una cantidad superior al porcentaje nacional que solo llega al 1,5% (Rodríguez *et al*, 2022). Fernández *et al*, (2020), indica que, en la región occidental del departamento, el proceso de beneficio es desarrollado de manera tradicional por una alta proporción de caficultores. Sin embargo, no expone una segmentación de fincas certificadas y no certificadas. Por otro lado, Gebreeyessus (2022) indica que la huella hídrica por riego del cultivo de café a nivel global oscila entre 0,15 y 0,27 m³ eq/l de café. No obstante, en el sur del departamento del Huila no se realiza riego a las plantaciones de café (Camacho y Uribe, 2018; Leal y Tobón, 2021), por lo que se descartó la medición de su impacto en este estudio.

Es importante considerar por parte de los caficultores y las autoridades ambientales, realizar estudios de caudal de la cuenca en relación con la frecuencia y el volumen a descargar desde la unidad productiva; la adopción de un enfoque de economía circular implementando dispositivos de bajo consumo y alta eficiencia de agua, en el proceso de beneficio que conduzcan a cero vertimientos o a tratamientos eficientes y de bajo costo, asequibles para los pequeños caficultores, a fin de cumplir con la normatividad ambiental y reducir el impacto de la caficultura en la región (Matuk *et al*, 1997; Dadi *et al*, 2018; Alemayehu *et al*, 2020; Said *et al*, 2023).

5.1.1.3.4 Impacto de las fincas cafeteras con programas de certificación sobre el suelo

Criterios de sostenibilidad dirigidos a la conservación y fertilidad del suelo

El programa de certificación RA en su versión 1.2 2017, pretende que los productores alcancen el objetivo dirigido a la conservación y mejoramiento del suelo, cumpliendo los principios de implementación de medidas para este fin, como la producción y aplicación de fertilizantes orgánicos, para así eliminar o reducir el uso de fertilizantes inorgánicos, uso de estiércol animal como fertilizante, solo si previamente se ha convertido a compost caliente, cobertura forestal o sombrero y la renovación adecuada del cultivo arbóreo (RA, 2017). Fairtrade en sus versiones 2011 v1.5 y 2019 v2.3 exige implementar medidas para mejorar la fertilidad del suelo y el caficultor es libre de implementar la medida que desee, como cultivos de cobertura, agroforestería, cultivos intercalados, uso adecuado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y medidas para evitar y detener la erosión (Fairtrade, 2019). El Código de conducta UTZ versión 1.1; 4.1 de 2016 y 4.3 de 2018, en su punto de control “manejo de suelos y fertilidad” exige a los pequeños productores el uso de técnicas de conservación del suelo, recomendando la agroforestería, el compostaje con materiales generados en la finca, siembra de especies fijadoras de nitrógeno, uso eficiente de fertilizantes inorgánico, prohíbe el uso de fuego para eliminar vegetación y monitoreo anual de estructura y componentes del suelo (UTZ, 2017; UTZ, 2018). Por su parte, la normativa ecológica equivalente al Reglamento UE 2018/848 (2018), *The Japanese Agricultural Standard* 1605 (2005) y NOP–USDA (2018), tiene como objetivo relacionado con el suelo, su preservación, mejora de la salud y su uso responsable, mediante el aumento y mantenimiento de la biota del suelo, la

fertilidad natural, la materia orgánica libre de residuos químicos, presencia de nutrientes procedentes principalmente del ecosistema edáfico, cobertura o sombrío, medidas para combatir la erosión y compactación.

5.1.1.3.4.1 Impacto de los programas de certificación sobre el uso de fertilizantes inorgánicos en las fincas cafeteras

La mayoría de los programas evaluados en este estudio promueven reducir las cantidades de fertilizantes inorgánicos aplicados, sustituyéndolos en la medida de lo posible por nutrientes orgánicos. La aplicación excesiva de fertilizantes a base de N disminuye la diversidad de microorganismos del suelo, causa problemas en la calidad del agua y produce alta emisión de N₂O, gas cuyo efecto es 300 veces mayor al del CO₂ sobre el calentamiento global (Rodríguez *et al*, 2011; Hung Anh *et al*, 2019).

En la tabla 34 se puede observar que los valores del ATET de acuerdo con las cantidades de N aplicado en las plantaciones cafeteras de fincas con diferentes programas o esquemas de certificación presentan todas diferencias estadísticamente significativas con valores negativos que indican que las fincas no certificadas aplican mayores cantidades de N que las fincas certificadas. El esquema FT, FT+CPr y RA+CPr, presentan respectivamente los mayores efectos en la reducción del uso de este fertilizante. Así mismo RA y RA+FT presentan un efecto considerable. Sin embargo, la certificación que restringe totalmente el uso de estos elementos inorgánicos es Org.

Tabla 34. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de N aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	277,8	-26,1	7,89	-3,31	<0,001	-41,5; -10,6 ***
4C	284,7	-29,8	17,61	-1,69	0,090	-64,3; 4,7
CPr	298,1	-14,0	12,14	-1,15	0,250	-37,8; 9,8 ***
CPr+Utz	292,5	-22,7	9,75	-2,33	0,020	-41,8; -3,6 *
FT	316,5	-49,2	13,50	-3,65	<0,001	-75,7; -22,8 ***
FT+CPr	269,4	-45,1	14,49	-3,11	0,002	-73,5; -16,7 **

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
RA	252,9	-32,0	10,05	-3,19	0,001	-51,7; -12,3	***
RA+CPr	335,3	-40,0	14,66	-2,73	0,006	-68,8; -11,3	**
RA+FT	336,8	-30,6	11,96	-2,56	0,011	-54; -7,1	*
RA+FT+CPr	339,3	-18,9	11,01	-1,72	0,086	-40,5; 2,7	***
RA+FT+Utz+CPr	304,8	-3,9	11,32	-0,34	0,733	-26; 18,3	**
RA+Utz+CPr	303,0	-0,5	10,25	-0,05	0,958	-20,6; 19,6	

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Con respecto a las cantidades de fósforo como P_2O_5 aplicadas en los fertilizantes al suelo de las fincas evaluadas en este estudio, se puede observar en la Tabla 35 que a excepción de los programas 4C y FT y los esquemas RA+CPr y RA+FT+CPr, existen diferencias estadísticas significativas en los ATET de los programas y esquemas de certificación evaluados en este estudio, indicando que las fincas certificadas aplican mayor cantidad de fósforo que sus homólogas no certificadas. El programa CPr y los esquemas RA+Utz+CPr, CPr+Utz y CPr+FT en su respectivo orden se asocian con la mayor aplicación de P_2O_5 en el suelo destinado a la producción cafetera. Por su parte, los caficultores certificados con Org afirmaron no aplicar P_2O_5

Tabla 35. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de P_2O_5 aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	93,0	16,5	5,52	3,00	0,003	5,7; 27,3	**
4C	82,1	9,6	9,24	1,03	0,301	-8,6; 27,7	
CPr	153,8	35,3	15,54	2,27	0,023	4,8; 65,7	*
CPr+Utz	111,0	23,8	9,12	2,61	0,009	6; 41,7	**
FT	121,5	3,5	4,90	0,72	0,470	-6,1; 13,1	
FT+CPr	82,4	23,5	8,78	2,68	0,007	6,3; 40,7	**
RA	84,9	16,9	6,75	2,51	0,012	3,7; 30,2	*
RA+CPr	81,8	7,8	5,12	1,53	0,126	-2,2; 17,8	
RA+FT	103,8	16,0	5,96	2,68	0,007	4,3; 27,7	**
RA+FT+CPr	101,5	4,0	6,18	0,65	0,516	-8,1; 16,1	
RA+FT+Utz+CPr	109,2	14,1	6,32	2,24	0,025	1,7; 26,5	**

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
RA+Utz+CPr	84,5	27,2	8,93	3,05	0,002	9,7; 44,7	**

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

En la tabla 36 se observa que todos los programas y esquemas presentan valores negativos del ATET, indicando que las fincas certificadas aplican menores cantidades de K₂O al suelo que las fincas sin certificación por unidad de área. Sin embargo, únicamente los programas y esquemas RA+FT+CPr, FT, RA+FT, RA+Utz+CPr, CPr+Utz evidencian diferencias estadísticas significativas de sus ATET con respecto a sus similares no certificadas en cuanto a las cantidades de K₂O aplicadas al suelo de las plantaciones cafeteras durante un año de producción. El programa Org presentaría el mayor efecto por un amplio margen debido a que sus criterios de cumplimiento prohíben el uso de fertilizantes inorgánicos. El efecto del tratamiento en los tratados indica que el impacto de los programas se presenta en el siguiente orden:

$$\text{Org} < \text{RA+FT+CPr} < \text{FT} < \text{RA+FT} < \text{RA+Utz+CPr} < \text{CPr+Utz}$$

Tabla 36. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de K₂O aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	261,8	-15,6	5,51	-2,83	0,005	-26,4; -4,8	**
4C	277,6	-0,5	10,28	-0,05	0,962	-20,6; 19,6	
CPr	258,3	-17,0	8,90	-1,91	0,056	-34,5; 0,4	
CPr+Utz	285,2	-16,2	7,94	-2,04	0,042	-31,7; -0,6	*
FT	304,8	-30,4	8,98	-3,39	<0,001	-48; -12,8	***
FT+CPr	272,9	-8,5	9,48	-0,90	0,370	-27,1; 10,1	
RA	252,1	-1,4	7,72	-0,18	0,857	-16,5; 13,8	
RA+CPr	278,1	-14,4	9,61	-1,50	0,133	-33,3; 4,4	
RA+FT	318,1	-25,8	7,72	-3,34	<0,001	-40,9; -10,7	***
RA+FT+CPr	310,6	-30,8	7,03	-4,38	<0,001	-44,6; -17	***
RA+FT+Utz+CPr	293,8	-9,8	8,53	-1,15	0,248	-26,6; 6,9	
RA+Utz+CPr	290,2	-16,9	7,41	-2,28	0,023	-31,4; -2,3	*

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Las fincas cafeteras certificadas evaluadas en este estudio evidenciaron en general la aplicación de una menor cantidad de MgO como fertilizante para el suelo que las fincas sin certificación. En la tabla 37 se registran valores de ATET que indican RA+FT, RA+FT+Utz+CPr, RA+FT+CPr, RA+Utz+CPr y Org presentan respectivamente, el mayor efecto en la reducción del uso de MgO como fertilizante. No obstante, los programas 4C y FT+CPr presentan ATET positivos, lo que indica que aplican mayores cantidades de MgO que sus homologas no certificadas.

Tabla 37. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de MgO aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	30,3	-4,7	1,47	-3,15	0,002	-7,5; -1,8 **
4C	39,7	9,2	2,45	3,76	<0,001	4,4; 14 ***
CPr	30,4	-0,7	2,02	-0,34	0,737	-4,6; 3,3
CPr+Utz	29,7	-1,5	1,90	-0,80	0,421	-5,2; 2,2
FT	31,1	0,5	2,29	0,23	0,817	-4; 5
FT+CPr	31,3	4,4	1,79	2,46	0,014	0,9; 7,9 *
RA	31,0	-4,9	2,01	-2,42	0,016	-8,8; -0,9 *
RA+CPr	31,1	-3,6	2,29	-1,55	0,121	-8,1; 0,9
RA+FT	26,8	-20,6	2,97	-6,93	<0,001	-26,4; -14,8 ***
RA+FT+CPr	38,1	-10,0	2,34	-4,29	<0,001	-14,6; -5,4 ***
RA+FT+Utz+CPr	23,5	-17,4	2,73	-6,36	<0,001	-22,7; -12 ***
RA+Utz+CPr	20,9	-6,7	1,78	-3,75	<0,001	-10,1; -3,2 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Las fincas con programas de certificación presentan un mayor efecto que sus semejantes no certificadas en la reducción de la aplicación de productos fertilizantes que entre sus componentes incluyen S. En la tabla 38 se registra que el esquema RA+FT presenta el mayor efecto, seguido por RA+FT+Utz+CPr y los esquemas RA+FT+CPr y RA+Utz+CPr respectivamente. Es evidente que la multicertificación de tres y cuatro sellos arrojan ATET altos. Sin embargo, programas como CPr, RA y FT o sus combinaciones CPr+FT, CPr+Utz

y RA+CPr no demuestran diferencias significativas respecto a sus homólogas no certificadas y que el programa 4C evidencia aplicaciones mayores de S como fertilizante con respecto a las fincas certificadas.

Tabla 38. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de S aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	30,1	-4,3	1,57	-2,72	0,007	-7,3; -1,2 **
4C	42,9	10,6	3,73	2,84	0,004	3,3; 17,9 **
CPr	28,9	0,4	1,94	0,19	0,849	-3,4; 4,2
CPr+Utz	28,3	-3,4	1,92	-1,76	0,079	-7,1; 0,4
FT	29,0	0,5	2,22	0,25	0,806	-3,8; 4,9
FT+CPr	30,0	3,7	1,89	1,95	0,051	-0,02; 7,4
RA	29,6	-4,5	2,50	-1,80	0,072	-9,4; 0,4
RA+CPr	27,7	-3,8	2,31	-1,66	0,098	-8,4; 0,7
RA+FT	28,9	-18,4	2,94	-6,26	<0,001	-24,2; -12,6 ***
RA+FT+CPr	39,7	-8,4	2,40	-3,48	<0,001	-13,1; -3,7 ***
RA+FT+Utz+CPr	22,6	-15,3	2,80	-5,44	<0,001	-20,8; -9,8 ***
RA+Utz+CPr	23,0	-8,4	1,69	-5,01	<0,001	-11,7; -5,1 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Los resultados expuestos en la tabla 39 indican que las fincas certificadas utilizan mayores cantidades de CaO que las fincas no certificadas, a excepción de las fincas cafeteras certificadas bajo el programa 4C las cuales no presentan diferencias estadísticas significativas respecto a sus similares certificadas.

Tabla 39. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a las cantidades de CaO aplicadas en los suelos de las fincas cafeteras estudiadas.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	27,0	18,5	3,48	5,30	<0,001	11,6; 25,3 ***
4C	18,4	-2,5	4,12	-0,62	0,537	-10,6; 5,5
CPr	6,1	14,5	4,81	3,00	0,003	5; 23,9 **

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
CPr+Utz	3,7	12,8	5,06	2,54	0,011	2,9; 22,7 *
FT	18,9	13,8	4,05	3,41	<0,001	5,9; 21,7 ***
FT+CPr	12,1	6,9	3,64	1,88	0,060	-0,3; 14
RA	10,6	15,9	4,88	3,26	0,001	6,4; 25,5 ***
RA+CPr	34,6	18,4	4,49	4,09	<0,001	9,6; 27,1 ***
RA+FT	31,1	31,2	6,82	4,58	<0,001	17,9; 44,6 ***
RA+FT+CPr	38,3	33,6	5,92	5,68	<0,001	22; 45,2 ***
RA+FT+Utz+CPr	63,0	25,4	7,17	3,54	<0,001	11,3; 39,5 ***
RA+Utz+CPr	60,6	33,3	5,42	6,14	<0,001	22,7; 43,9 ***
Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1						

5.1.1.3.4.2 Impacto de los programas de certificación sobre la erosión del suelo en fincas cafeteras

Junto al cambio climático, la erosión hídrica ha sido considerada como el principal problema ambiental de la agricultura, dada la reducción de la productividad que provoca (Hincapié y Ramírez, 2011). El uso y la gestión de la tierra generan un considerable impacto en la erosión del suelo (Han *et al*, 2020). Entendiendo esto, todos los programas de certificación a excepción de Utz inducen a la práctica de labranzas que reducen la erosión del suelo, la identificación de áreas erosionadas y la aplicación de medidas de prevención y recuperación. En el departamento del Huila el comité de cafeteros hace énfasis en sensibilizar y capacitar a los caficultores para la aplicación de buenas prácticas agrícolas dirigidas a la conservación del suelo y a la prevención y control de la erosión (CENICAFÉ, 2019).

En la tabla 40 se registra el efecto de los programas de certificación respecto a la intensidad de erosión presente en las plantaciones de café de las fincas certificadas bajo diferentes programas y esquemas, que han sido evaluados en este estudio. El valor negativo del ATET indica que las fincas cafeteras con certificación presentan menos intensidad erosiva de su suelo con plantaciones de café, que las fincas sin certificación. En todos estos casos las diferencias son estadísticamente significativas. Las fincas certificadas que presentan mayor

diferencia con respecto a sus similares no certificadas corresponden a las de los esquemas RA+FT y RA+FT+CPr, y a los programas CPr y RA, respectivamente.

Tabla 40. Efecto del tratamiento en los tratados con respecto a la intensidad de erosión

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,6	-0,31	0,04	-7,77	<0,001	-0,383;-0,229 ***
4C	0,7	-0,16	0,07	-2,39	0,017	-0,285;-0,0284 **
CPr	0,7	-0,40	0,05	-7,42	<0,001	-0,504;-0,2932 ***
CPr+Utz	0,5	-0,19	0,05	-3,61	<0,001	-0,3;-0,0887 ***
FT	0,8	-0,25	0,06	-3,85	<0,001	-0,375;-0,1218 ***
FT+CPr	0,7	-0,23	0,05	-4,53	<0,001	-0,327;-0,1293 ***
Org	0,2	-0,18	0,07	-2,60	0,009	-0,318;-0,0449 **
RA	0,6	-0,35	0,05	-6,46	<0,001	-0,459;-0,2456 ***
RA+CPr	0,5	-0,28	0,07	-4,11	<0,001	-0,415;-0,1469 ***
RA+FT	0,7	-0,73	0,08	-9,67	<0,001	-0,878;-0,5821 ***
RA+FT+CPr	0,7	-0,40	0,06	-6,82	<0,001	-0,509;-0,2816 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,3	-0,28	0,07	-3,78	<0,001	-0,424;-0,1343 ***
RA+Utz+CPr	0,4	-0,22	0,05	-4,76	<0,001	-0,316;-0,1316 ***

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Las diferencias geográficas regionales, condiciones ambientales y las prácticas de manejo aplicadas por los caficultores inciden en el grado de erosión del suelo cafetero. Estudios realizados en Costa Rica y Guatemala sugieren que las prácticas de conservación de suelos reducen en un 25% la erosión y el modelo de las plantaciones entre un 11 y 35% (Cerretelli *et al*, 2023). El café de ladera incrementa hasta cuatro veces el potencial de generación de escorrentía y un rango de 10-100 veces la tasa de erosión anual, dependiendo si el suelo tiene mantillo o no, lo que tiene una seria incidencia en la productividad del cultivo (Ramos, 2023). En este estudio, se evidencia que aquellas fincas con esquemas que presentan mayor impacto de la certificación sobre la erosión presentan mayor productividad que sus similares no certificadas.

5.1.1.3.5 Impacto de los programas de certificación sobre la reforestación en fincas cafeteras.

No deforestar es una exigencia común para los programas de certificación evaluados en este

estudio, como también lo es la protección de las especies amenazadas. La restricción a la invasión de bosques primarios o secundarios son criterios de los programas RAS, FT, Utz y 4C, dirigidos a evitar la expansión agrícola. Finalmente, la cobertura de sombra en las plantaciones es una clara exigencia en programas como RA y CPr, pero opcional para los demás caficultores, por lo que es muy común la implementación de la producción agroforestal con diferentes sistemas de sombrero y la conservación en estos de árboles remanentes de bosque, como lo exigen los programas RA, CPr, Org y 4C (RA, 2020., Fairtrade, 2019., NOP–USDA, 2018., 4C Services, 2020).

5.1.1.3.5.1 Área de bosque natural en la finca

Los resultados obtenidos del efecto de la certificación en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito, para el caso de la conservación de bosques dentro de la finca, indican en su mayoría diferencias negativas (Tabla 41), lo que podría revelar que las fincas cafeteras con certificación, comparadas con sus homólogas no certificadas, no conservan suficientes extensiones de bosques y destinan su área a la productividad. No obstante, esto solo es concluyente para los esquemas de certificación CPr, FT+CPr, Org y RA+CPr, ya que para los otros esquemas las diferencias no son significativas.

Tabla 41. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el área de bosque conservada en las fincas cafeteras estudiadas

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,11	-0,01	0,01	-1,64	0,100	-0,0211;0,0018
4C	0,12	0,01	0,01	1,28	0,202	-0,0051;0,0241
CPr	0,09	-0,03	0,01	-3,98	<0,001	-0,0414;-0,0141 ***
CPr+Utz	0,12	-0,01	0,01	-1,06	0,290	-0,0215;0,0064
FT	0,10	-0,01	0,01	-1,87	0,062	-0,0251;0,0006
FT+CPr	0,10	-0,02	0,01	-3,12	0,002	-0,0331;-0,0076 **
Org	0,15	-0,03	0,01	-3,69	<0,001	-0,0494;-0,0151 ***
RA	0,09	0,00	0,01	0,51	0,607	-0,0104;0,0177
RA+CPr	0,12	-0,02	0,01	-3,19	0,001	-0,0374;-0,0089 ***
RA+FT	0,09	-0,01	0,01	-1,01	0,314	-0,0229;0,0074

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA+FT+CPr	0,09	0,01	0,01	1,41	0,160	-0,0035;0,0212
RA+FT+Utz+CPr	0,12	0,01	0,01	0,93	0,355	-0,0086;0,0238
RA+Utz+CPr	0,16	-0,01	0,01	-1,89	0,058	-0,0289;0,0005

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Estudios realizados en Etiopía por Takahashi y Todo (2014) y (2017) indican que la certificación RA aumenta ligeramente la densidad forestal y que las fincas no certificadas presentan una drástica degradación de los bosques. En Brasil, estudios realizados sobre la certificación RA presentan ciertas discrepancias en sus conclusiones, Hart *et al* (2015) indica que RA fue importante para el control de la deforestación y la conversión del bosque a áreas de producción cafetera u otros productos agrícolas, mientras que dÁlbertas *et al* (2024) indica no encontrar efectos de la certificación sobre la deforestación ni la regeneración vegetal, pero si observó un incremento en las áreas de protección permanente asociado a las fincas certificadas. Igualmente, en Colombia se evaluó el efecto de la certificación RA, encontrándose evidencia del aumento de la conectividad de los bosques en las fincas con este sello (Rueda *et al*, 2015).

A los bosques se les atribuye un impacto positivo en el control de plagas, lo que a su vez contribuye con el rendimiento de la producción cafetera (Karp *et al*, 2013). Sin embargo, en el municipio de Pitalito, se observa una productividad intensiva en la que la fracción de bosque conservado dentro de las fincas se remite principalmente a zonas de nacimientos de agua y márgenes de fuentes hídricas. No obstante, también es muy reducida la conversión del uso del suelo de bosque natural a cultivos agrícolas, indistintamente de estar certificado o no.

5.1.1.3.5.2 Manejo de Sombrío en la Plantación de Café

El manejo de sombra se ha correlacionado positivamente con la conservación de la biodiversidad (López *et al*, 2008; Gunawan *et al*, 2023). Sin embargo, el manejo agroforestal siempre está sujeto a la amenaza de la conversión a plantaciones sin sombra, debido a sus atributos en términos de mayores rendimientos, que en consecuencia afectan la sostenibilidad del ecosistema por el aumento de la deforestación, erosión, escorrentía química y reducción de la variabilidad genética (Takahashi y Todo, 2014; Geeraert *et al*, 2019).

Los resultados obtenidos sobre el manejo y cantidad de sombra en las plantaciones cafetaleras de las fincas estudiadas indican que los programas y esquemas de certificación presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a las fincas sin certificación, siendo los esquemas RA+FT+Utz+CPr y RA+FT los que presentan mayor efecto debido a la implementación de sistemas agroforestales que manejan mayores proporciones de sombra. El programa RA presenta el segundo efecto más significativo; seguidos por el esquema RA+Utz+CPr y el programa de certificación Org. Por su parte, el programa 4C, aunque presenta diferencias significativas, su efecto es más de tres veces menor que el presentado por los esquemas con mayor impacto (Tabla 42).

Tabla 42. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el manejo de sombra en la plantación de café

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,30	0,19	0,02	10,50	<0,001	0,15; 0,22 ***
4C	0,04	0,07	0,02	2,91	0,004	0,02; 0,11 **
CPr	0,21	0,17	0,02	8,99	<0,001	0,14; 0,21 ***
CPr+Utz	0,31	0,16	0,02	7,58	<0,001	0,12; 0,20 ***
FT	0,11	0,16	0,02	8,44	<0,001	0,13; 0,20 ***
FT+CPr	0,29	0,15	0,02	8,33	<0,001	0,12; 0,19 ***
Org	0,61	0,21	0,02	8,73	<0,001	0,17; 0,26 ***
RA	0,28	0,22	0,02	10,75	<0,001	0,18; 0,26 ***
RA+CPr	0,21	0,16	0,02	7,47	<0,001	0,12; 0,20 ***
RA+FT	0,32	0,26	0,02	11,92	<0,001	0,21; 0,30 ***
RA+FT+CPr	0,23	0,20	0,02	9,32	<0,001	0,16; 0,24 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,53	0,26	0,02	12,38	<0,001	0,22; 0,31 ***
RA+Utz+CPr	0,47	0,21	0,02	9,46	<0,001	0,17; 0,26 ***

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Los resultados sugieren una relación directa del manejo agroforestal en las fincas cafeteras certificadas con el programa RA, cuyos criterios de certificación son exigentes en

establecimiento de plantaciones con sombrío, lo que coincide con lo encontrado por Rueda *et al* (2015) y Gómez *et al* (2018) en estudios realizados en el departamento de Santander, por Aguirre *et al* (2022) en el departamento del Tolima, donde se evidencia que la certificación RA genera un aumento de la cantidad de cobertura arbórea y un consecuente aumento en la biodiversidad. No obstante, en estudios realizados en el municipio de Timaná, al norte del municipio de Pitalito, se encontró que los árboles de sombras pueden tener efectos adversos en la calidad sensorial de algunas variedades de café y en la proliferación de brotes de la broca (Bosselmann *et al*, 2009).

5.1.1.2.5.3 Número de árboles sembrados

El indicador de reforestación o forestación definido como el número de árboles frutales o silvestres sembrados fuera de la plantación de café, evidencia diferencias estadísticamente significativas entre las fincas certificadas y las que no han adoptado la certificación. El programa Org y RA+FT presentan los mayores valores de este indicador al compararse con sus equivalentes no certificadas. Se observa que los esquemas de multicertificación RA+FT+CPr, RA+FT+Utz+CPr y RA+Utz+CPr presentan respectivamente los más altos valores de este indicador, sólo precedidos por Org y RA+FT (Tabla 43).

Tabla 43. Efecto del tratamiento en los tratados de acuerdo con el número de árboles sembrados fuera de la plantación de café.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	10,04	2,89	0,49	5,92	<0,001	1,93; 3,85	***
4C	3,98	1,49	0,63	2,38	0,017	0,26; 2,72	**
CPr	5,78	2,91	0,57	5,12	<0,001	1,80; 4,03	***
CPr+Utz	7,61	2,40	0,55	4,35	<0,001	1,32; 3,48	***
FT	7,91	1,99	0,53	3,72	<0,001	0,94; 3,03	***
FT+CPr	7,27	2,50	0,53	4,70	<0,001	1,46; 3,54	***
Org	16,11	4,09	0,80	5,11	<0,001	2,52; 5,66	***
RA	8,43	2,13	0,64	3,33	<0,001	0,88; 3,39	***
RA+CPr	9,08	2,03	0,59	3,46	<0,001	0,88; 3,17	***
RA+FT	13,49	4,05	0,69	5,86	<0,001	2,69; 5,40	***

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
RA+FT+CPr	11,47	3,75	0,57	6,57	<0,001	2,63; 4,87	***
RA+FT+Utz+CPr	16,62	3,72	0,71	5,24	<0,001	2,33; 5,12	***
RA+Utz+CPr	12,78	3,65	0,60	6,13	<0,001	2,48; 4,81	***

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

El programa 4C presenta el menor valor en el indicador de reforestación como efecto de su adopción al ser comparado con sus semejantes no certificadas. El efecto positivo de la certificación en este caso no es atribuible directamente a ningún programa, ya que a excepción del Org, los demás programas no presentan valores altos. Sin embargo, tener esquemas de tres y cuatro programas de certificación evidencian un aumento en el ATET en este indicador.

Los resultados son coincidentes con las medidas exigidas por los programas de certificación en cuanto a la protección de las fuentes hídricas en la finca y con otros estudios realizados en Colombia y Brasil (Hardt *et al*, 2015; Bravo *et al*, 2016), dado que los lugares en que los caficultores manifiestan sembrar los árboles corresponde a áreas de nacederos y márgenes de las microcuencas que hacen parte de su propiedad, reduciendo la conversión de áreas naturales a tierras de cultivo.

5.1.1.3.6 Impacto de los programas de certificación sobre el manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas se evaluó sobre los indicadores de consumo de plaguicidas y el índice de manejo integrado de plagas dirigido a la broca, roya y arvenses.

5.1.1.3.6.1 Impacto de los programas de certificación sobre el manejo integrado de las plagas

De acuerdo con los datos obtenidos en campo con los caficultores encuestados se obtuvo el índice de medidas para el manejo integrado de las plagas (IMMIP), los valores de este índice demuestran que existen diferencias significativas entre las fincas cafeteras certificadas y las no certificadas (Tabla 44). Al ser este un índice “mayor es mejor” se obtienen valores de ATET negativos que indican que las fincas cafeteras no certificadas aplican más medidas para el manejo integrado de plagas en el cultivo de café que las fincas certificadas.

Tabla 44. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con el IMMIP

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación		-0,051	0,01	-5,75	<0,0011	-0,068; -0,034	***
4C	0,297	-0,037	0,01	-2,54	0,011	-0,065; -0,008	**
CPr	0,272	-0,012	0,01	-0,86	0,389	-0,04; 0,01	***
CPr+Utz	0,283	-0,041	0,01	-3,64	<0,001	-0,064; -0,019	***
FT	0,322	-0,049	0,01	-3,65	<0,001	-0,075; -0,023	***
FT+CPr	0,239	-0,045	0,01	-4,02	<0,001	-0,067; -0,023	***
Org	0,358	-0,049	0,01	-4,06	<0,001	-0,072; -0,025	***
RA	0,283	-0,061	0,01	-4,33	<0,001	-0,088; -0,033	***
RA+CPr	0,278	-0,051	0,01	-3,63	<0,001	-0,079; -0,023	***
RA+FT	0,419	-0,068	0,02	-4,07	<0,001	-0,101; -0,035	***
RA+FT+CPr	0,431	-0,063	0,01	-5,10	<0,001	-0,087; -0,039	***
RA+FT+Utz+CPr	0,406	-0,085	0,01	-6,24	<0,001	-0,112; -0,058	***
RA+Utz+CPr	0,283	-0,048	0,01	-3,88	<0,001	-0,072; -0,024	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Este índice se calculó discriminando las medidas aplicadas respectivamente para la broca, roya y las arvenses en las plantaciones de café (Tabla 45). Se evidencia el mismo comportamiento que en el IMMIP, dado que las diferencias son estadísticamente significativas, en términos de mayor aplicación de medidas de manejo integral de plagas por parte de las fincas no certificadas sobre las fincas certificadas; a excepción de las medidas aplicadas para el manejo de la broca, en la que se observa para los programas CPr, CPr+Utz, Org, RA+FT+Utz+CPr y RA+Utz+CPr la inexistencia de diferencias significativas con sus homólogas no certificadas. Sin embargo, la aplicación de medidas para el manejo de estas plagas no es concluyente para la generación de impactos ambientales, debido a que el éxito de estas medidas depende del compromiso y disciplina con que el caficultor las adopte y aplique en su finca.

Tabla 45. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con los índices de manejo para la broca, roya y arvenses.

Certificación	Medidas		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
	contra								
Certificadas	Broca		1,9	-0,07	0,04	-2,10	0,036	-0,145; -0,005	*
	Roya		1,2	-0,17	0,05	-3,64	<0,001	-0,256; -0,077	***
	Arvenses		1,8	-0,33	0,04	-8,72	<0,001	-0,408; -0,258	***
4C	Broca		1,8	-0,13	0,05	-2,68	0,007	-0,223; -0,035	**
	Roya		1,2	-0,21	0,06	-3,29	0,001	-0,339; -0,086	***
	Arvenses		1,6	-0,18	0,05	-3,54	<0,001	-0,276; -0,079	***
CPr	Broca		1,6	-0,03	0,05	-0,56	0,577	-0,119; 0,066	
	Roya		0,8	-0,12	0,06	-2,16	0,031	-0,231; -0,011	*
	Arvenses		1,7	-0,24	0,05	-5,13	<0,001	-0,329; -0,147	***
CPr+Utz	Broca		1,8	-0,07	0,04	-1,63	0,102	-0,15; 0,014	
	Roya		0,9	-0,17	0,05	-3,36	<0,001	-0,272; -0,072	***
	Arvenses		1,7	-0,28	0,04	-6,38	<0,001	-0,359; -0,19	***
FT	Broca		1,9	-0,10	0,05	-2,09	0,036	-0,185; -0,006	*
	Roya		1,2	-0,16	0,05	-2,92	0,003	-0,262; -0,052	**
	Arvenses		1,8	-0,30	0,05	-6,51	<0,001	-0,391; -0,21	***
FT+CPr	Broca		1,9	-0,10	0,04	-2,22	0,026	-0,187; -0,012	*
	Roya		0,6	-0,15	0,05	-3,07	0,002	-0,252; -0,056	**
	Arvenses		1,4	-0,22	0,04	-5,52	<0,001	-0,298; -0,142	***
Org	Broca		2,0	0,02	0,05	0,41	0,682	-0,076; 0,117	
	Roya		1,4	-0,18	0,06	-2,79	0,005	-0,299; -0,052	**
	Arvenses		1,5	-0,40	0,06	-7,23	<0,001	-0,51; -0,292	***
RA	Broca		1,6	-0,10	0,05	-2,15	0,032	-0,187; -0,008	*
	Roya		0,8	-0,25	0,06	-4,29	<0,001	-0,36; -0,134	***
	Arvenses		1,8	-0,37	0,05	-8,18	<0,001	-0,458; -0,281	***
RA+CPr	Broca		1,7	-0,12	0,04	-2,77	0,006	-0,208; -0,035	**
	Roya		0,9	-0,14	0,06	-2,43	0,015	-0,257; -0,027	*
	Arvenses		1,5	-0,27	0,05	-5,47	<0,001	-0,361; -0,171	***
RA+FT	Broca		2,1	-0,14	0,04	-3,22	0,001	-0,225; -0,055	***
	Roya		1,7	-0,14	0,06	-2,22	0,027	-0,253; -0,016	*
	Arvenses		2,2	-0,46	0,05	-8,83	<0,001	-0,561; -0,357	***

Certificación	Medidas						
	contra	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA+FT+CPr	Broca	2,1	-0,11	0,04	-2,80	0,005	-0,182; -0,032 **
	Roya	1,7	-0,21	0,05	-4,05	<0,001	-0,304; -0,106 ***
	Arvenses	2,3	-0,36	0,04	-8,13	<0,001	-0,452; -0,277 ***
RA+FT+Utz+CPr	Broca	2,0	-0,05	0,04	-1,13	0,259	-0,132; 0,035
	Roya	1,8	-0,17	0,06	-2,97	0,003	-0,28; -0,057 **
	Arvenses	2,1	-0,54	0,05	-11,36	<0,001	-0,635; -0,448 ***
RA+Utz+CPr	Broca	1,8	0,01	0,04	0,39	0,698	-0,059; 0,088
	Roya	0,9	-0,11	0,05	-2,16	0,031	-0,204; -0,01 *
	Arvenses	1,7	-0,39	0,05	-8,32	<0,001	-0,481; -0,297 ***

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.2.6.2 Cantidad de plaguicidas y Número de DL₅₀ aplicadas

Los resultados se presentan a continuación por tipo de plaguicidas: herbicida, insecticida y fungicida respectivamente.

5.1.1.3.6.2.1 Cantidad de herbicidas y Número de DL₅₀ aplicadas

Los valores negativos del ATET para las cantidades de herbicidas aplicados por hectárea de plantación de café en un año, indican que las fincas cafeteras no certificadas aplican mayores cantidades de herbicidas que las fincas certificadas a excepción de los esquemas 4C, CPr+Utz y FT+CPr que no presentan diferencias estadísticamente significativas con las fincas sin certificación. Sin embargo, no existen diferencias significativas entre fincas certificadas y no certificadas al compararlas por la cantidad de DL₅₀ aplicadas en las plantaciones durante un año (Tabla 46), a excepción del programa Org que exige la sustitución y erradicación del uso de plaguicidas en sus plantaciones certificadas y de los esquemas RA+FT y RA+FT+Utz+CPr que aplican menores cantidades de DL₅₀ que sus similares no certificadas. Los esquemas RA+Utz+CPr presentan los promedios más bajos de aplicación de DL₅₀ en un año y 4C fue por mucho el de mayor promedio de aplicación de DL₅₀ en el mismo periodo de tiempo.

Tabla 46. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de herbicidas y el número de DL₅₀ que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.

Certificación		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Certificación	Cantidad	271,2	-104	26,6	-3,9	<0,001	-156; -51,7 ***
	Nº DL ₅₀	166,4	10,3	27,2	0,38	0,704	-42,9; 63,6
4C	Cantidad	471,6	7,05	51,8	0,136	0,892	-94,5; 108,6
	Nº DL ₅₀	412,8	63,4	54,5	1,163	0,2446	-43,4; 170,2
CPr	Cantidad	286,5	-15,4	36,6	-0,421	0,674	-87,2; 56,4
	Nº DL ₅₀	247,8	28,2	38,1	0,739	0,4598	-46,5; 102,8
CPr+Utz	Cantidad	382,5	44,0	38,6	1,139	0,2547	-31,7; 119,8
	Nº DL ₅₀	296	40,6	28,3	1,43	0,152	-14,9; 96,1
FT	Cantidad	396,0	-45,7	50,8	-0,9	0,368	-145,3; 53,8
	Nº DL ₅₀	213,7	10,3	47,5	0,217	0,8282	-82,8; 103,4
FT+CPr	Cantidad	248,3	48,0	46,1	1,042	0,2976	-42,4; 138,4
	Nº DL ₅₀	153,9	39,4	36	1,09	0,274	-31,2; 110
RA	Cantidad	260,5	-157,8	35,2	-4,483	<0,001	-226,8; -88,8 ***
	Nº DL ₅₀	168,7	51,7	37,1	1,395	0,1629	-20,9; 124,3
RA+CPr	Cantidad	263,3	-69,2	44,1	-1,571	0,116	-155,7; 17,1
	Nº DL ₅₀	227,6	44,2	46,7	0,948	0,3433	-47,3; 135,7
RA+FT	Cantidad	331,5	-346,4	45,3	-7,647	<0,001	-435,2; -257,7 ***
	Nº DL ₅₀	91,9	-98,6	32,9	-2,996	0,002	-163,1; -34,1 **
RA+FT+CPr	Cantidad	436	-178,6	36,6	-4,885	<0,001	-250,2; -106,9 ***
	Nº DL ₅₀	110,7	-26,7	34,5	-0,774	0,438	-94,4; 40,9
RA+FT+Utz+CPr	Cantidad	88	-297,1	37,4	-7,94	<0,001	-370,4; -223,7 ***
	Nº DL ₅₀	52,7	-85,2	33,3	-2,558	0,010	-150,5; -19,9 **
RA+Utz+CPr	Cantidad	89,68	-111,7	24,2	-4,61	<0,001	-159,2; -64,2 ***
	Nº DL ₅₀	21,2	34,3	22,3	1,537	0,1243	-9,4; 78,1

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

En Colombia los costos de producción generados por el control de arvenses en el cultivo de café representan entre el 12 y el 22% mediante manejo integrado o convencional, respectivamente (Salazar e Hincapié, 2005; Salazar, 2021; Maldonado *et al*, 2023). Los herbicidas son el tipo de plaguicidas más comercializados y aplicados en la caficultura del municipio de Pitalito; los ingredientes activos reportados por los caficultores en este estudio

corresponden a Glifosato, Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético, Glufosinato de Amonio, Atrazina, Paraquat y Metsulfuron methyl, siendo los mayores contribuyentes a la toxicidad en los ecosistemas cafeteros y de ellos, el glifosato es el agrotóxico de mayor consumo en Colombia (Meneses, 2022).

5.1.1.2.6.2.2 Cantidad de insecticidas y número de DL₅₀ aplicadas

En general hay diferencias significativas entre fincas certificadas y no certificadas al comparar la cantidad de insecticidas aplicados y cantidad de DL₅₀. Estas diferencias indican que las fincas certificadas aplican mayores cantidades de insecticidas que las no certificadas. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la cantidad aplicada sólo en los programas y esquemas FT>RA+CPr>4C>FT+CPr>RA+FT+CPr quienes en su respectivo orden presentaron mayor cantidad de insecticidas aplicados en una hectárea de plantación de café en comparación con las fincas no certificadas (Tabla 47).

En cuanto a las cantidades de DL₅₀ aplicadas, se observan diferencias significativas entre fincas certificadas y no certificadas en general, siendo las fincas no certificadas las que aplica mayor cantidad de DL₅₀. Sin embargo, al evaluar el ATET de los diferentes programas y esquemas, se observa que las fincas certificadas que aplican mayores cantidades de DL₅₀ y que presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a sus equivalentes no certificadas corresponden en el siguiente orden a FT>RA+CPr>RA+FT+CPr, lo que las revela como las más ecotóxicas. Los demás programas y esquemas no presentan diferencias significativas.

Tabla 47. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de insecticidas y el número de DL₅₀ que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.

Certificación		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Certificación	Cantidad	11,9	9,9	4,12	2,390	0,017	1,8; 17,9 **
	Nº DL ₅₀	98,2	86,5	30,8	2,810	0,005	26,1; 147 **
	Cantidad	5,0	19,3	6,51	2,968	0,003	6,6; 32,1 **
	Nº DL ₅₀	1,0	94,4	38,4	2,459	0,014	19,1; 169,6 *

Certificación		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
CPr	Cantidad	16,0	0,2	7,17	0,024	0,981	-13,9; 14,2
	Nº DL ₅₀	207,4	71,3	61,3	1,164	0,244	-48,8; 191,4
CPr+Utz	Cantidad	6,5	2,9	5,5	0,525	0,600	-7,9; 13,7
	Nº DL ₅₀	120,7	22,8	40,5	0,562	0,574	-56,7; 102,2
FT	Cantidad	33,2	25,3	7,93	3,187	0,001	9,7; 40,8 ***
	Nº DL ₅₀	133,1	188,5	53,3	3,537	<0,001	84; 292,9 ***
FT+CPr	Cantidad	4,0	15,6	7,56	2,059	0,039	0,8; 30,4 *
	Nº DL ₅₀	29,6	88,2	50,4	1,748	0,080	-10,7; 187,1
RA	Cantidad	4,0	2,6	7,46	0,351	0,726	-12; 17,2
	Nº DL ₅₀	111,9	6,6	47,5	0,140	0,889	-86,5; 99,8
RA+CPr	Cantidad	20,5	22,8	7,13	3,205	0,001	8,9; 36,8 ***
	Nº DL ₅₀	61,8	138,2	43,9	3,149	0,002	52,2; 224,2 **
RA+FT	Cantidad	33,3	7,1	6,88	1,037	0,300	-6,3; 20,6
	Nº DL ₅₀	125,0	92,1	48,7	1,891	0,059	-3,4; 187,7
RA+FT+CPr	Cantidad	16,5	11,8	4,76	2,467	0,014	2,4; 21,1 **
	Nº DL ₅₀	358,1	127,3	48,3	2,635	0,008	32,6; 222 **
RA+FT+Utz+CPr	Cantidad	4,0	9,8	6,75	1,457	0,145	-3,4; 23,1
	Nº DL ₅₀	29,6	127,2	56,6	2,245	0,025	16,2; 238,2 *
RA+Utz+CPr	Cantidad	0,0	-9,0	5,53	-1,620	0,105	-19,8; 1,9
	Nº DL ₅₀	0,0	-5,5	47,3	-0,117	0,907	-98,2; 87,1

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Los insecticidas reportados por los caficultores en este estudio fueron: Clorpirifos, Isocycloseram, Tiamethoxam, Fentoato y Clorantraniliprol, los cuales son empleados para el control de las principales plagas de artrópodos como La Broca (*Hypothenemus hampei*), Cochinillas de las raíces (*Puto barberi*) y (*Pseudococcus jackbeardsleyi*), Minador de las hojas (*Leucoptera coffeellum*), La arañita roja (*Oligonychus yothersi*) y Chinche de la chamusquina (*Monalonion velezangeli*), especies que limitan la producción cafetera en el Huila (Benavidez *et al*, 2013; CENICAFÉ, 2019). En este estudio se reportan solo tres casos de control biológico para la broca con *Beauveria bassiana* y ninguno para otro artrópodo.

5.1.1.3.6.2.3 Cantidad de fungicidas y Número de DL₅₀ aplicadas

El 40,7% de las plantaciones de café del municipio de Pitalito presentan variedades vulnerables a la roya del cafeto, considerada la principal enfermedad de importancia económica para este cultivo (CENICAFÉ, 2019). En el municipio de Pitalito se emplean los fungicidas para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) y otros hongos como el mal rosado (*Erythricium salmonicolor*) y la muerte descendente (*Phoma ssp*), entre ellos los más aplicados son: Ciproconazol, Propiconazol, Azoxystrobin, Tebuconazol y Flutriafol.

Al comparar las fincas certificadas con sus semejantes no certificadas respecto a las cantidades de fungicidas y número de DL₅₀ aplicadas, se observan diferencias estadísticamente significativas (Tabla 48), que indican que el esquema RA+FT, RA+Utz+CPr y RA+FT+Utz+CPr aplican menor cantidad de fungicidas que sus homologas no certificadas y los esquemas RA+Utz+CPr y RA+FT+Utz+CPr aplican menos DL₅₀ que sus equivalentes sin certificación. Es importante aclarar que el programa Org prohíbe el uso de agroquímicos por lo que el orden de los programas respecto a las cantidades aplicadas es el siguiente:

Cantidad de fungicidas Org<RA+FT+Utz+CPr<RA+Utz+CPr<RA+FT

Nº de DL₅₀ Org<RA+Utz+CPr<RA+FT+Utz+CPr

Tabla 48. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con las cantidades de fungicidas y el número de DL₅₀ que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción.

Certificación		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Certificación	Cantidad	7,90	-3,35	2,27	-1,480	0,140	-7,8; 1,1
	Nº DL ₅₀	6,30	-0,94	1,97	-0,478	0,633	-4,8; 2,9
4C	Cantidad	9,30	3,06	3,49	0,878	0,380	-3,8; 9,9
	Nº DL ₅₀	5,72	1,88	2,7	0,698	0,485	-3,4; 7,2
CPr	Cantidad	7,33	2,77	3,16	0,878	0,380	-3,4; 9
	Nº DL ₅₀	5,58	2,41	2,7	0,895	0,371	-2,9; 7,7
CPr+Utz	Cantidad	5,67	-1,60	2,31	-0,694	0,488	-6,1; 2,9
	Nº DL ₅₀	5,02	-0,34	2,01	-0,168	0,867	-4,3; 3,6

Certificación		Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
FT	Cantidad	14,17	4,01	4,89	0,821	0,412	-5,6; 13,6
	Nº DL ₅₀	9,43	5,20	4,76	1,093	0,275	-4,1; 14,5
FT+CPr	Cantidad	18,17	-1,09	3,06	-0,355	0,723	-7,1; 4,9
	Nº DL ₅₀	20,33	-0,22	2,73	-0,081	0,935	-5,6; 5,1
RA	Cantidad	5,67	-6,69	3,29	-2,033	0,042	-13,2; -0,2
	Nº DL ₅₀	5,13	-3,83	2,94	-1,303	0,192	-9,6; 1,9
RA+CPr	Cantidad	2,33	-2,01	3,81	-0,529	0,597	-9,5; 5,4
	Nº DL ₅₀	1,75	0,25	3,56	0,069	0,945	-6,7; 7,2
RA+FT	Cantidad	8,83	-7,56	3,96	-1,910	0,051	-15,3; 0,2 *
	Nº DL ₅₀	5,72	-2,80	2,59	-1,081	0,280	-7,9; 2,3
RA+FT+CPr	Cantidad	14,67	-2,40	2,42	-0,990	0,322	-7,2; 2,3
	Nº DL ₅₀	11,69	-0,08	1,77	-0,047	0,962	-3,6; 3,4
RA+FT+Utz+CPr	Cantidad	4,08	-12,09	2,67	-4,534	<0,001	-17,3; -6,9 ***
	Nº DL ₅₀	3,00	-5,38	2,07	-2,596	0,009	-9,4; -1,3 **
RA+Utz+CPr	Cantidad	4,17	-13,20	2,18	-6,052	<0,001	-17,5; -8,9 ***
	Nº DL ₅₀	2,74	-7,47	1,6	-4,678	<0,001	-10,6; -4,3 **

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.3.7 Impacto de la certificación sobre el uso de plaguicidas para el control de plagas en la caficultura

Todos los programas evaluados presentan exigencia en prácticas de Manejo integrado de Plagas y restricciones específicas de uso de plaguicidas sintéticos, a excepción del programa Org que los prohíbe totalmente. Los programas RA, FT y 4C exigen la adopción de mecanismos dirigidos al uso eficiente de plaguicidas sintéticos y así mitigar o minimizar su uso. FT exige directamente reducir el uso de herbicidas y CPr el uso de insecticidas fungicidas y emplearlos como último recurso mediante aspersión localizada, a excepción del uso de herbicidas (RA, 2020., Fairtrade, 2019., NOP–USDA, 2018., Harris, 2016., 4CServices, 2020).

El uso de plaguicidas químicos puede eliminar hasta el 70% de las especies de insectos de un ecosistema, en especial de los polinizadores, contribuyen a la degradación del suelo, contaminación del agua y afecta la salud humana (Bellamy, 2011; Manson *et al*, 2022). En Colombia, el 63% de los pesticidas comercializados en el año 2016 corresponden a sustancias o ingredientes activos con toxicidades consideradas altamente peligrosas (Valbuena *et al*, 2021). En el municipio de Pitalito, el 56,2% de los caficultores emplean plaguicidas químicos, cifra muy similar a la reportada por Meneses (2022), que indica el uso de plaguicidas químicos por el 57,8% de los agricultores de Colombia. Sin embargo, es una proporción baja si se compara con la caficultura de regiones altamente productivas de Vietnam, donde el 96% de los caficultores lo aplican (Hung Anh *et al*, 2019) o Brasil, en donde más del 90% de los agricultores dependen de plaguicidas químicos (Brovini *et al*, 2021).

Desde el indicador “número de DL₅₀ aplicadas en una hectárea de café durante un año” se evaluó el ATET de manera integral para los tres tipos de pesticidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) (Tabla 49), observando que en general, los programas de certificación no presentan un efecto positivo en la reducción de la toxicidad por aplicación de pesticidas y por el contrario aplican mayor cantidad de DL₅₀ que sus similares sin certificación. Los programas y esquemas que presentan diferencias significativas respecto a sus homologas no certificadas, corresponden a:

$$FT > RA+CPr > 4C > FT+CPr$$

Tabla 49. Efecto de tratamiento en los tratados de acuerdo con el número de DL₅₀ total que aplican en una hectárea de plantación de café en un año de producción, por concepto de herbicidas, insecticidas y fungicidas.

Certificación	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	95,8	40,50	2,36	0,018	16,4; 175 **
4C	159,7	67,00	2,38	0,017	28,3; 291 **
CPr	101,9	73,80	1,38	0,167	-42,7; 246
CPr+Utz	66,4	54,90	1,21	0,226	-41,2; 174
FT	204,0	70,50	2,89	0,004	65,8; 342 **

Certificación	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
FT+CPr	136,0	69,50	1,96	0,050	-0,1; 272 *
RA	54,5	61,20	0,89	0,374	-65,5; 175
RA+CPr	182,6	65,30	2,80	0,005	54,7; 311 **
RA+FT	-9,3	57,00	-0,16	0,871	-121; 102
RA+FT+CPr	100,5	56,90	1,77	0,078	-11,1; 212
RA+FT+Utz+CPr	36,6	65,10	0,56	0,574	-91; 164
RA+Utz+CPr	21,4	53,70	0,40	0,691	-83,9; 127

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Los herbicidas son el pesticida aplicado en mayor proporción en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito, el 53,8% de los caficultores lo emplean. El herbicida más utilizado corresponde al glifosato, el 72,5% de los caficultores que emplean pesticidas químicos, lo utilizan. Sólo el 8,5% de los caficultores aplican insecticidas, de ellos el 48,7% aplican Clorpirifos. Esto es coincidente con lo reportado por Valbuena *et al* (2021) y Meneses (2022), que indica que en Colombia el glifosato y los clorpirifos son los pesticidas más comercializados. Por su parte, el fungicida más utilizado en las fincas estudiadas (12,8%) corresponde al ciproconazol 44%.

El territorio del departamento del Huila hace parte de la cuenca alta del río Magdalena, en esta cuenca hidrográfica convergen todos los pesticidas empleados en las actividades agrícolas del departamento. Estudios realizados por Tejeda y Olivero (2016) y Tejeda *et al* (2023) en muestras de sedimentos tomadas del cauce del río, indican que los pesticidas que en mayor concentración se encuentran corresponden a la atrazina y los clorpirifos, dos de los pesticidas más utilizados en la caficultura de la región y que generan efectos adversos sobre la biota del río y la población aledaña. Esto es una prueba de la necesidad de realizar la conversión de productos químicos sintéticos a productos orgánicos para el manejo integral de plagas en los procesos productivos de la caficultura (Manson *et al*, 2022; Jacquet *et al*, 2022).

5.1.1.3.8 Impacto de los programas de certificación sobre el manejo de los residuos sólidos en fincas cafeteras

El uso de plaguicidas en las fincas cafeteras genera un problema de difícil manejo debido a los residuos que estas prácticas producen. Los recipientes en que se distribuyen y los instrumentos que se contaminan durante el mezclado y aplicación que son desechados generan un alto riesgo para las personas y el ecosistema en general, por lo que se consideran residuos peligrosos (Meneses, 2022).

Todos los programas evaluados en este estudio exigen dentro de sus criterios de sostenibilidad el manejo seguro y ecológico de los residuos, instalaciones adecuadas para su disposición y almacenamiento y el aprovechamiento de los residuos orgánicos, con excepción del programa 4C. Solo los programas RA y Org prohíben claramente la quema de residuos y FT la restringe, permitiendo la quema de residuos peligrosos en pequeñas cantidades y ninguno hace una referencia directa al enterramiento de residuos (RA, 2020., Fairtrade, 2019., NOP–USDA, 2018., C.A.F.E Practices, 2016., 4CServices, 2020).

Los valores del ATET obtenidos a partir del IMRPP sólo evidencian diferencias estadísticamente significativas en el programa CPr y en el esquema RA+FT+Utz+CPr indicando que estos programas aplican medidas adecuadas para el manejo de los residuos peligrosos generados por el uso de pesticidas en referencia con sus equivalentes no certificadas (Tabla 50).

Tabla 50. Efecto del tratamiento en los tratados sobre el manejo de los residuos peligrosos originados por el uso de plaguicidas

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,96	0,008	0,010	0,79	0,432	-0,011; 0,027
4C	1,00	0,011	0,012	0,97	0,333	-0,012; 0,035
CPr	0,98	0,025	0,010	2,41	0,016	0,005; 0,045 *
CPr+Utz	0,92	0,000	0,014	-0,03	0,978	-0,027; 0,026
FT	0,97	-0,007	0,008	-0,83	0,405	-0,023; 0,009
FT+CPr	0,92	0,009	0,011	0,83	0,408	-0,013; 0,031

RA	0,93	-0,008	0,014	-0,56	0,578	-0,034; 0,019	
RA+CPr	0,96	0,002	0,013	0,18	0,858	-0,023; 0,028	
RA+FT	1,00	0,010	0,011	0,85	0,398	-0,013; 0,032	
RA+FT+CPr	1,00	0,008	0,010	0,79	0,432	-0,012; 0,027	
RA+FT+Utz+CPr	1,00	0,028	0,011	2,55	0,011	0,007; 0,05	*
RA+Utz+CPr	0,95	0,005	0,014	0,34	0,737	-0,023; 0,032	

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

De acuerdo con los resultados obtenidos del ATET presentados en la Tabla 51 se observa que el manejo de los residuos sólidos domésticos evaluados mediante IMRSD, muestra que sólo el programa FT y los esquemas RA+FT+Utz+CPr, RA+FT+CPr y RA+FT presentan diferencias significativas, indicando un mejor manejo de los residuos domésticos con respecto a sus similares sin certificación en el siguiente orden:

$$RA+FT+Utz+CPr > RA+FT > FT > RA+FT+CPr$$

Tabla 51. Efecto de tratamiento en los tratados sobre el manejo de los residuos sólidos domésticos

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	0,69	0,029	0,01	2,09	0,037	0,002; 0,055	*
4C	0,60	-0,019	0,01	-1,24	0,216	-0,048; 0,011	
CPr	0,66	0,029	0,02	1,67	0,095	-0,005; 0,063	
CPr+Utz	0,61	-0,010	0,02	-0,60	0,550	-0,041; 0,022	
FT	0,67	0,060	0,02	3,96	<0,001	0,03; 0,09	*
FT+CPr	0,65	0,015	0,01	1,00	0,318	-0,014; 0,043	
Org	0,70	0,012	0,02	0,56	0,573	-0,029; 0,053	
RA	0,60	0,021	0,02	1,29	0,197	-0,011; 0,054	
RA+CPr	0,65	0,022	0,02	1,39	0,164	-0,009; 0,054	
RA+FT	0,80	0,061	0,02	3,90	<0,001	0,03; 0,092	*
RA+FT+CPr	0,74	0,054	0,02	3,53	<0,001	0,024; 0,084	*
RA+FT+Utz+CPr	0,91	0,087	0,02	5,25	<0,001	0,054; 0,119	*

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA+Utz+CPr	0,77	0,009	0,02	0,49	0,621	-0,025; 0,042

Códigos de significancia: ‘***’ 0.001 , ‘**’ 0.01 , ‘*’ 0.05 , ‘.’ 0.1

En general, es evidente que de las fincas evaluadas en este estudio, aquellas con el esquema de multicertificación RA+FT+Utz+CPr, presentan la mejor gestión de los residuos sólidos peligrosos y domésticos. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la dicotomía de ser certificado y no tener la certificación respecto al IMRPP, sí se presentaron para el caso del IMRSD. El 96% de los caficultores indican que los envases e instrumentos contaminados con pesticidas se almacenan hasta ser recogidos en campañas de recolección de estos residuos peligrosos y el 5% de los caficultores aún conservan la práctica de quemar algunos de estos residuos y solo el 3,5% conocen y práctica la devolución directa de estos residuos al vendedor de los productos bajo el criterio de responsabilidad posconsumo.

En cuanto a los residuos sólidos domésticos, el 93% de los caficultores encuestados afirma realizar separación en la fuente y destinar los materiales de vidrio, plástico y metales a campañas de recolección de estos materiales, siguiendo la política de circularidad. El 84% de los hogares indican que reciclan los residuos orgánicos domésticos en procesos de compostaje, como una opción de sostenibilidad, sin necesidad de tecnologías avanzadas (Gajalakshmi y Abbasi, 2008; Nguyen *et al*, 2022) y el 14% todavía realizan prácticas de quema y el 12,5 % entierran algunos residuos, encontrándose en todos los programas y esquemas fincas en que se realiza la práctica, lo que conlleva a riesgos sobre la salud humana por los subproductos que se emiten y fugas de lixiviados que contaminan las aguas subterráneas (Vinti *et al*, 2023). Estas prácticas son mucho más comunes en la agricultura de países productores de café como Etiopía (Atinkut *et al*, 2020) y Brasil, donde a estas prácticas se les reconoce el 98% de las emisiones que producto de estos residuos contribuyen al cambio climático (Lima *et al*, 2021), por lo que sería muy importante evaluar los factores que influyen en las características de los residuos (Han *et al*, 2018), a fin de gestionarlos e implementar estrategias de reducción y reciclaje en estas zonas rurales.

5.1.1.4 Impactos económicos de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Los resultados obtenidos de la evaluación de impacto mediante los indicadores ecológicos se presentan a continuación:

5.1.1.4.1 Impacto de los programas de certificación sobre la productividad de fincas cafeteras

De acuerdo con los registros del periodo 2022 – 2023 reportados por los caficultores participantes en este estudio, se observa en la tabla 52 que el impacto de los programas de certificación sobre la productividad de las fincas, medido a partir del promedio de cargas de café producidos por hectárea, es positivo para las fincas con certificación. No obstante, solo los esquemas RA+FT+CPr y RA+FT, al igual que los programas RA y 4C presentan diferencias significativas respecto a sus similares no certificadas. El efecto del tratamiento en los tratados demuestra que la certificación tiene relación con una mayor productividad, especialmente en fincas con los programas RA y FT. Los resultados indican una mayor productividad atribuible a los esquemas de certificación en el siguiente orden:

$$RA+FT > RA+FT+CPr > RA > 4C$$

Tabla 52. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la productividad de las fincas cafeteras

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	20,6	0,5	0,19	2,46	0,014	0,1; 0,9 *
4C	20,0	0,7	0,25	3,03	0,002	0,3; 1,2 **
CPr	18,2	0,3	0,30	1,07	0,284	-0,27; 0,92
CPr+Utz	19,4	0,1	0,21	0,52	0,604	-0,3; 0,52
FT	19,8	-0,4	0,34	-1,15	0,249	-1,05; 0,27
FT+CPr	18,6	0,4	0,21	1,81	0,071	-0,03; 0,8
Org	19,5	-0,1	0,54	-0,10	0,923	-1,11; 1,01
RA	19,9	0,9	0,22	4,26	<0,001	0,5; 1,4 ***
RA+CPr	20,1	0,5	0,29	1,65	0,099	-0,09; 1,05
RA+FT	23,6	1,6	0,38	4,30	<0,001	0,9; 2,4 ***
RA+FT+CPr	23,1	1,2	0,30	4,09	<0,001	0,6; 1,8 ***

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA+FT+Utz+CPr	24,3	0,7	0,37	1,79	0,073	-0,06; 1,38
RA+Utz+CPr	21,2	-0,3	0,32	-1,02	0,307	-0,95; 0,3

Códigos de significancia: ‘****’ 0.001 , ‘***’ 0.01 , ‘**’ 0.05 , ‘.’ 0.1

Es evidente la relación positiva de los programas de certificación RA y FT con la productividad de las fincas en esta región. Sin embargo, los caficultores sin certificación logran niveles similares de producción al de otros esquemas, extinguiendo la ventaja de la certificación (van Rijsbergen *et al*, 2016), lo que sugiere que las prácticas de manejo entre certificadas y no certificadas también son similares. La anterior afirmación se puede sustentar con el uso de plaguicidas y algunos fertilizantes en los que se encontró que los programas FT, CPr y RA aplican mayores cantidades de DL₅₀ en sus volúmenes de pesticidas y mayores cantidades de P₂O₅ que sus equivalentes no certificados, mientras los otros programas o esquemas no presentaron diferencias estadísticamente significativas en estos indicadores.

5.1.1.4.2 Impacto de los programas de certificación sobre el precio de venta del café

El precio de venta del café certificado en el municipio de Pitalito muestra ser superior que el no certificado. Solo el esquema RA+FT+Utz+CPr presenta valores inferiores. Sin embargo, no presenta diferencias significativas con sus similares sin certificación. El programa RA y los esquemas RA+FT, RA+FT+CPr a pesar de arrojar ATET positivos, no presentan diferencias significativas con sus homologas no certificadas (Tabla 53).

Las fincas con los programas 4C, CPr, Org y FT al igual que los esquemas CPr+Utz, FT+CPr, RA+CPr y RA+Utz+CPr evidencian diferencias estadísticamente significativas respecto al precio de compra del café, durante el periodo 2022-2023, con valore superior al de sus semejantes no certificadas. El orden del efecto de la certificación respecto a los valores en que vendió el café de acuerdo con los programas y esquemas de certificación es:

$$\text{Org} > \text{FT} > \text{RA+Utz+CPr} > \text{FT+CPr} > \text{CPr} > \text{RA+CPr} > \text{4C} > \text{CPr+Utz}$$

Las fincas con el programa orgánico pueden ser menos productivas, pero el valor del café es

superior que el de otras certificaciones. Los criterios de cumplimiento de este programa se centran en mejorar la calidad del café, aprovechar los recursos de la finca, mejorar la calidad del suelo y la prohibición de insumos sintéticos, características por las cuales son apreciados en el mercado (Dietz *et al*, 2020; Lee y Bateman, 2021; Gatti *et al*, 2022).

Tabla 53. Efecto de tratamiento en los tratados sobre el precio de venta del café

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	2239778	47989,0	10183,00	4,71	<0,001	28030; 67948	***
4C	2238333	52568,0	15457,00	3,40	<0,001	22273; 82863	***
CPr	2242000	61832,0	14644,00	4,22	<0,001	33131; 90534	***
CPr+Utz	2182500	50436,0	12189,00	4,14	<0,001	26546; 74326	***
FT	2268667	77775,0	14098,00	5,52	<0,001	50143; 105407	***
FT+CPr	2283333	62121,0	11670,00	5,32	<0,001	39247; 84994	***
Org	2291000	119437,0	34872,00	3,43	<0,001	51089; 187786	***
RA	2237667	27973,0	14998,00	1,87	0,062	-1422; 57368	
RA+CPr	2362500	59380,0	14308,00	4,15	<0,001	31336; 87424	***
RA+FT	2204333	2039,0	18094,00	0,11	0,910	-33425; 37503	
RA+FT+CPr	2241000	20610,0	15096,00	1,37	0,172	-8977; 50197	
RA+FT+Utz+CPr	2175000	-26089,0	15774,00	1,65	0,098	-57007; 4828	
RA+Utz+CPr	2151000	67788,0	15337,00	4,42	<0,001	37727; 97848	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estudios realizados sobre el beneficio económico de los programas CPr, FT, FT+Org, RA y Utz en Nicaragua, al igual que los realizados sobre las certificaciones Utz, FT y 4C en Honduras, indican que en todos los casos los caficultores certificados recibieron precios superiores que los no certificados (Haggar *et al*, 2017., Estrella *et al*, 2022). FT establece un precio mínimo para la libra de café y una prima social que se paga a la cooperativa o grupo asociativo que normalmente se invierten de manera colectiva (Benoit y Isabelle, 2011). Así mismo, CPr basa la prima del precio en la calidad de la taza. En Colombia, estas primas se negocian entre comprador y productor, lo que conduce a que los ingresos estén sujetos a los volúmenes que se puedan vender de acuerdo con la demanda por certificación, lo que favorece a los caficultores con múltiples certificaciones, debido a que tienen mayores opciones de

vender a mejor precio y a probablemente obtener ganancias superiores (Dietz *et al*, 2020).

5.1.1.4.3 Impacto de los programas de certificación sobre los ingresos económicos de fincas cafeteras

La Tasa de Dependencia del Café en el Hogar (TDCH) de las fincas cafeteras comparadas con las fincas sin certificación, evidencian en los resultados expuestos en la tabla 54 que las fincas con los programas y esquemas de certificación 4C, FT+CPr y CPr+Utz exponen respectivamente dependencias superiores a las de sus similares no certificadas. Por otro lado, las fincas con los programas y esquemas RA+FT, Org, RA+FT+Utz+CPr, RA+FT+CPr y RA+Utz+CPr presentan en su respectivo orden, tasas de dependencia menores que sus similares no certificadas.

En los casos de las fincas cafeteras con los programas CPr, FT o el esquema RA+CPr arrojan ATET positivos que indican mayor dependencia, caso contrario al del programa RA cuyo ATET es negativo. No obstante, estos programas y esquemas no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a sus homologas sin certificación.

No se observa una marcada dependencia de los agricultores al cultivo de café en Colombia, Estudios realizados en los departamentos de Nariño, Caldas y Quindío evidenciaron que los programas de certificación incrementan los ingresos procedentes del café, pero no generan un aumento representativo en el ingreso total del hogar, por lo que los hogares productores dependen de diversas fuentes y es un riesgo depender económicamente de este cultivo (Vellema *et al*, 2015; Dietz *et al*, 2020). Por su parte, estudios de capital comunitario realizados por Suarez *et al* (2021) en el municipio de Pitalito, indican que las familias de esta región han descubierto que el bienestar y la sostenibilidad de los hogares se relacionan con la diversidad de medios de vida para obtener fuentes adicionales de ingreso. Sin embargo, en este estudio se evidenció que la diversidad de fuentes de ingresos agrícolas, no presentan correlación con la certificación, ya que las fincas cafeteras certificadas presentaron en todos los casos menor diversidad de cultivos o producciones pecuarias que sus homologas sin certificación.

Tabla 54. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la dependencia económica del hogar a los ingresos generados por la caficultura

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,91	-0,01	0,01	-0,63	0,531	-0,02; 0,01
4C	0,93	0,07	0,01	5,05	<0,001	0,04; 0,1 ***
CPr	0,96	0,01	0,01	0,73	0,464	-0,02; 0,04
CPr+Utz	0,95	0,06	0,02	3,61	<0,001	0,03; 0,1 ***
FT	0,91	0,02	0,01	1,60	0,110	-0,004; 0,04
FT+CPr	0,93	0,07	0,01	6,71	<0,001	0,1; 0,1 ***
Org	0,80	-0,07	0,02	-2,88	0,004	-0,12; -0,02 **
RA	0,93	-0,01	0,01	-0,46	0,647	-0,03; 0,02
RA+CPr	0,96	0,02	0,01	1,61	0,108	-0,01; 0,05
RA+FT	0,87	-0,11	0,02	-7,43	<0,001	-0,14; -0,08 ***
RA+FT+CPr	0,90	-0,05	0,02	-3,02	0,003	-0,08; -0,02 **
RA+FT+Utz+CPr	0,84	-0,05	0,02	-2,35	0,019	-0,08; -0,01 *
RA+Utz+CPr	0,92	-0,05	0,01	-3,82	<0,001	-0,07; -0,02 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

El porcentaje de utilidad arrojado por las fincas evaluadas en este estudio indica que las fincas certificadas de manera general presentan utilidades superiores a las no certificadas, como se registra en la tabla 55. Sin embargo, solo las fincas con el programa 4C y las fincas con los esquemas RA+CPr o RA+FT+CPr exhiben efectos del tratamiento en los tratados con diferencias estadísticamente significativas respecto a las fincas sin certificación con que fueron comparadas. Siendo las fincas con el esquema RA+FT+CPr las que presentan mayor utilidad, seguidas por las certificadas con el esquema RA+CPr y el programa 4C respectivamente.

Tabla 55. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la utilidad económica generada por la caficultura certificada

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	49,6	1,0	0,40	2,60	0,009	0,3; 1,8 **
4C	51,5	1,9	0,63	2,99	0,003	0,6; 3,1 **

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
CPr	47,5	0,2	0,64	0,31	0,761	-1,06; 1,45
CPr+Utz	47,1	0,4	0,55	0,78	0,436	-0,65; 1,51
FT	51,2	0,3	0,67	0,51	0,613	-0,98; 1,65
FT+CPr	46,8	0,3	0,54	0,51	0,611	-0,78; 1,33
Org	53,9	0,9	0,84	1,10	0,272	-0,72; 2,57
RA	49,0	0,5	0,54	0,96	0,338	-0,54; 1,59
RA+CPr	49,9	2,0	0,67	3,07	0,002	0,7; 3,4 **
RA+FT	50,0	0,9	0,80	1,08	0,282	-0,7; 2,41
RA+FT+CPr	50,1	3,6	0,60	6,00	<0,001	2,4; 4,8 ***
RA+FT+Utz+CPr	50,7	0,9	0,73	1,18	0,240	-0,57; 2,29
RA+Utz+CPr	48,1	0,6	0,53	1,13	0,259	-0,44; 1,65

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estudios realizados en el cinturón cafetero de Colombia evidenciaron que los caficultores de esta región no alcanzan un punto de equilibrio entre precios promedio más altos y menores costos de producción, independientemente de su condición de certificación, encontrando ganancias muy limitadas en esquemas que combinan FT con otros programas liderados por las propias cadenas de suministro como AAA y CPr (Dietz *et al*, 2020). En el departamento de Nariño, se concluyó que la certificación aumentó los ingresos del café a costa de otros ingresos generados por otros productos, debido a que sustituye la mano de obra de otras actividades productivas en la finca y la aplica a otras actividades que generan mayores rendimientos en la caficultura, por lo que finalmente, no ofrece un aumento en el ingreso total del hogar (Vellema *et al*, 2015).

Dado que cumplir con estándares voluntarios de sostenibilidad y tener certificación no garantizan vender toda la producción de la finca en el mercado de una certificación, existe un favorecimiento para aquellas fincas con esquemas de multicertificación que por esta razón encuentran más opciones para comercializar su producción. En este tema también influye la gestión de la cooperativa o grupo asociativo de caficultores para encontrar ofertas de comercialización del café desde alguno de los sellos con los que cuentan (Giuliani *et al*, 2017).

Las buenas prácticas agrícolas pueden mejorar la productividad o rendimientos. No obstante, el incremento de los rendimientos aumenta la demanda de insumos y mano de obra, afectando los ingresos del caficultor (Barham y Weber, 2012; Estrella *et al*, 2022), elevando los costos de producción y limitando las utilidades. Sin embargo, los hogares de las fincas certificadas participantes en este estudio no parecen presentar, en su mayoría, una fuerte dependencia a los ingresos económicos generados por la caficultura, pero tampoco presentan diversidad de productos agrícolas y pecuarios. Aun así, sus utilidades son positivas respecto a sus similares certificadas, lo que se puede relacionar a los buenos precios a que les fue comprado su café por calidad de tasa o sellos de certificación durante el periodo analizado.

5.1.1.4.4 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el acceso al crédito de sus propietarios

Los programas de certificación mejoran el acceso al crédito gracias a que los productores normalmente están agremiados en organizaciones de productores consolidadas, al apoyo de diferentes actores dentro de la cadena de valor y las facilidades de crédito que ofrecen entidades financieras de terceros o del gobierno (Bray y Neilson, 2017). La participación en Sistemas Participativos de Garantía también contribuye a facilitar el acceso al crédito de los agricultores a través de entidades acreditadas con reducidas tasas de interés (Home *et al*, 2017).

La accesibilidad al crédito de las fincas cafeteras evaluadas en este estudio en el municipio de Pitalito es alta; solo 7 caficultores del total de la muestra (461) manifestaron no tener acceso a ningún tipo de financiación. Por otro lado, los resultados expuestos en la tabla 56 evidencian que no hay una relación positiva entre la certificación y la diversidad de opciones de acceso al crédito, pues los propietarios de fincas sin certificación indicaron un mayor número de opciones que sus similares certificados. No obstante, solo presentan diferencias significativas los programas Org, RA y los esquemas RA+FT+Utz+CPr, RA+FT, RA+FT+CPr y RA+Utz+CPr, valores que atribuyen a los esquemas de multicertificación una menor diversidad de opciones para acceder al crédito con respecto a sus homologas sin certificación.

Las asociaciones y cooperativas que proporcionan la certificación ofrecen créditos a los caficultores asociados, siendo muchas veces la única opción del caficultor por el compromiso del contrato que establecen con estas entidades. Dentro de los criterios exigidos por los programas de certificación, solo FT exige que los compradores de café con este sello ofrezcan crédito a los productores y 4C indica que los socios comerciales deben tener acceso al crédito (Fairtrade, 2019; 4CServices, 2020). Sin embargo, estudios realizados en Honduras encontraron resultados no significativos frente a la inexistencia de un efecto o impacto de las certificaciones FT, 4C y Utz sobre el acceso al crédito (Estrella *et al*, 2022). Por otra parte, en el municipio de Pitalito se evidencia una sinergia entre el capital social y financiero a partir de la participación de asociaciones de caficultores y el acceso al crédito, el cual permite acceder a la certificación del cafetal, incrementar la mano de obra dirigida a la aplicación de insumos, manejo integrado de plagas y cosecha, lo que finalmente se traduce en mayor producción e ingresos (Suárez *et al*, 2021).

Tabla 56. Efecto de tratamiento en los tratados sobre la diversidad de opciones de acceso al crédito por parte de los caficultores certificados

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	1,4	-0,20	0,03	-6,54	<0,001	-0,26; -0,14	***
4C	1,5	0,03	0,06	0,53	0,598	-0,08; 0,14	
CPr	1,5	0,01	0,05	0,15	0,878	-0,09; 0,1	
CPr+Utz	1,5	-0,03	0,05	-0,59	0,556	-0,13; 0,07	
FT	1,4	-0,08	0,05	-1,58	0,114	-0,18; 0,02	
FT+CPr	1,3	0,08	0,04	1,77	0,077	-0,01; 0,17	
Org	1,3	-0,45	0,07	-6,05	<0,001	-0,59; -0,3	***
RA	1,6	-0,13	0,05	-2,80	0,005	-0,22; -0,04	**
RA+CPr	1,5	0,00	0,05	-0,06	0,953	-0,1; 0,1	
RA+FT	1,4	-0,56	0,06	-9,97	<0,001	-0,67; -0,45	***
RA+FT+CPr	1,5	-0,34	0,05	-7,21	<0,001	-0,43; -0,24	***
RA+FT+Utz+CPr	1,2	-0,73	0,06	-13,30	<0,001	-0,84; -0,63	***
RA+Utz+CPr	1,4	-0,22	0,05	-4,16	<0,001	-0,32; -0,11	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.4.5 Impacto de los programas de certificación sobre la pobreza de los hogares caficultores

En el año 2022, el 36,6% de los colombianos estaban en condición de pobreza monetaria, este tipo de pobreza en el mismo año en los centros poblados y zonas rurales fue del 45,9% y la pobreza multidimensional era 27,3%. En el departamento del Huila la incidencia de la pobreza monetaria fue del 40,9%, 6,2 puntos porcentuales menos que el año anterior y en el municipio de Pitalito la pobreza multidimensional fue de 33,7% (DANE, 2023).

La probabilidad de pobreza se define como un valor porcentual. Valores altos indican que es muy probable que el hogar esté en condición de pobreza y valores bajos indican que la probabilidad de estar en esa condición es menor. Por esta razón, los valores negativos del ATET indican que la certificación tiene una relación positiva con la reducción de la probabilidad de encontrar el hogar de la finca cafetera por debajo de la línea nacional de pobreza nacional, debido a que, al comparar fincas certificadas con fincas sin certificación, estas últimas presentan probabilidades más altas de estar en condición de pobreza.

En la tabla 57 se evidencia que todas las fincas con programas y esquemas de certificación evaluados en este estudio presentan diferencias estadísticamente significativas con sus homologas sin certificación, a excepción de las fincas con programas 4C y Org. Estas diferencias indican que las fincas cafeteras certificadas presentan menos probabilidades de encontrarse en probabilidad de pobreza que las fincas no certificadas. Los esquemas RA+CPr y RA+Utz+CPr y el programa FT presentan las diferencias más considerables. El orden de probabilidad ascendente del efecto del tratamiento en los tratados respecto a la probabilidad de pobreza del hogar es el siguiente:

$$\text{RA+CPr} < \text{RA+Utz+CPr} < \text{FT} < \text{RA+FT} < \text{RA+FT+Utz+CPr} < \text{RA+FT+CPr} < \text{CPr+Utz} \\ < \text{FT+CPr} < \text{CPr}$$

Tabla 57. Efecto del tratamiento en los tratados sobre la probabilidad de que el hogar se encuentre en condición de pobreza.

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	16,9	-6,7	0,96	-7,02	<0,001	-8,6; -4,8 ***
4C	19,0	0,9	1,50	0,62	0,535	-2; 3,9
CPr	18,8	-5,5	1,38	-3,99	<0,001	-8,2; -2,8 ***
CPr+Utz	17,1	-7,0	1,17	-6,04	<0,001	-9,3; -4,8 ***
FT	21,4	-10,2	1,60	-6,35	<0,001	-13,3; -7 ***
FT+CPr	22,4	-5,6	1,28	-4,36	<0,001	-8,1; -3,1 ***
Org	16,3	-3,0	1,96	-1,56	0,120	-6,9; 0,8
RA	18,7	-3,7	1,32	-2,78	0,006	-6,3; -1,1 **
RA+CPr	20,1	-11,2	1,64	-6,81	<0,001	-14,4; -8 ***
RA+FT	10,7	-10,1	1,77	-5,69	<0,001	-13,5; -6,6 ***
RA+FT+CPr	12,7	-7,3	1,24	-5,87	<0,001	-9,7; -4,9 ***
RA+FT+Utz+CPr	9,5	-7,7	1,57	-4,89	<0,001	-10,8; -4,6 ***
RA+Utz+CPr	15,6	-10,4	1,32	-7,88	<0,001	-13; -7,8 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estudios realizados en Nicaragua concluyen que la reducción de la pobreza de los hogares productores de café está estrechamente ligados al acceso al crédito, lo que con lleva a obtener activos tecnológicos que modernizan el sistema de producción y los conocimientos del caficultor, mejorando así los ingresos (Donovan y Poole, 2014). De igual manera se ha evidenciado en estudios realizados en Uganda, donde se atribuye una reducción de la pobreza del 30% a las certificaciones (Chiputwa *et al*, 2015). Sin embargo, estudios realizados en México y Nicaragua evidencian que programas como FT y Org no representan una potencial solución a la pobreza, debido a que las primas de precios no compensan la baja productividad y los costos de personal trabajador (Barhan *et al*, 2011; Beuchell y Zeller, 2011).

En Colombia la reducción de la pobreza de los hogares caficultores ligada a la adopción de programas de certificación ha presentado incertidumbre, debido a que el aumento del precio no se revela en las utilidades (Andrade *et al.*, 2021; Dietz *et al.*, 2020; Ramírez *et al.*, 2022), de igual manera, a pesar de que el empleo presenta una estrecha relación con la reducción de

pobreza (Giuliani *et al*, 2017), los salarios de los trabajadores no aumentan en función de la adopción de certificaciones (Vellema *et al*, 2015, Caviedes *et al*, 2023).

5.1.1.4.6 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la expansión de tierras destinadas a la caficultura

En la tabla 58 se exponen los efectos promedio del tratamiento en los tratados de cada programa y esquema de certificación analizados en este estudio. Solo se encontraron evidencias significativas a favor de las fincas no certificadas cuando se compararon con fincas certificadas con el programa CPr, mientras que las diferencias significativas a favor de las fincas certificadas solo se presentaron para el programa RA y los esquemas RA+FT, RA+FT+CPr y RA+FT+Utz+CPr.

Las fincas certificadas con CPr presentan cambios de áreas reducidas de otro cultivo al cultivo de café. Por otro lado, un tercio de las fincas incluidas en esta muestra con el esquema RA+FT presentan conversiones de áreas de la finca con otros cultivos al cultivo de café. Las fincas certificadas con RA presentan un quinto de las fincas de la muestra correspondiente con conversiones de bosque al cultivo de café y solo una finca que sustituyó otro cultivo por café. Por su parte, las fincas bajo el esquema RA+FT+CPr presentan solo un quinto de fincas cuya conversión fue de otro cultivo al cultivo de café. Finalmente, el 50% de las fincas con el esquema RA+FT+Utz+CPr presentan conversiones de pequeñas áreas de otro cultivo al cultivo de café. Lo que representa un impacto positivo adicional para los programas y esquemas que solo realizan conversiones de otro cultivo al cultivo del café y no destruyen bosque para cultivar café.

Tabla 58. Efecto del tratamiento en los tratados sobre la expansión de tierras destinadas a la caficultura

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,2	0,09	0,06	1,61	0,108	-0,02; 0,21
4C	0,1	0,11	0,07	1,61	0,107	-0,02; 0,25
CPr	0,1	-0,26	0,09	-2,94	0,003	-0,43; -0,09 **
CPr+Utz	0,1	-0,04	0,09	-0,44	0,660	-0,22; 0,14
FT	-0,3	-0,15	0,09	-1,66	0,097	-0,32; 0,03

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
FT+CPr	0,3	-0,05	0,08	-0,57	0,570	-0,21; 0,12
Org	-0,1	-0,08	0,11	-0,75	0,453	-0,3; 0,13
RA	0,9	0,35	0,11	3,28	0,001	0,1; 0,6 **
RA+CPr	0,5	0,25	0,10	2,45	0,014	0,1; 0,5
RA+FT	0,2	0,39	0,12	3,33	<0,001	0,2; 0,6 ***
RA+FT+CPr	0,3	0,28	0,10	2,71	0,007	0,1; 0,5 **
RA+FT+Utz+CPr	0,2	0,18	0,09	1,95	0,050	-0,0008; 0,37 *
RA+Utz+CPr	0,0	0,12	0,10	1,15	0,251	-,08; 0,31

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Los programas de certificación Utz, FT, Org y RA, prohíben la deforestación y degradación del bosque primario, así como restringen la del secundario a ciertas condiciones (RA, 2020., UTZ, 2017., Fairtrade, 2019., NOP–USDA, 2018). El proceso de intensificación de la caficultura no ha sido homogéneo en Colombia, esta ha venido de la mano con la expansión de áreas de pastoreo y áreas para otros cultivos, lo que sugiere un cambio del 48% del paisaje de los municipios cafeteros entre 1970 y 1997 (Guhl, 2004). En los últimos años, la creciente demanda de cafés sostenibles y de alta calidad ha influenciado el uso de la tierra en Colombia, por lo que se ha observado un incremento en el área cultivada de aquellas regiones con condiciones óptimas para su producción (Rueda y Lambin, 2013b).

Los mejores precios que prometen los programas de certificación pueden generar un potencial vínculo entre estos esquemas y la conversión de otros cultivos o deforestación dirigida a incrementar las plantaciones y de esta manera los ingresos del productor. En Colombia algunos programas de certificación de iniciativas industriales mostraron que sus caficultores adquirieron hectáreas adicionales o hicieron la conversión de más territorio a plantaciones de café (Navia *et al*, 2016; Vargas *et al*, 2015). Resultados similares se exponen en México con la certificación Org, donde además se sugiere un potencial riesgo de deforestación (Jurjonas *et al*, 2016).

5.1.1.5 Impactos sociales de los programas de certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Los impactos sociales se evaluaron sobre 4 macroindicadores: el mantenimiento o manejo de registros, red de productores o participación en grupos asociativos, empleo justo y salud en el trabajo.

5.1.1.5.1 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el manejo de registros

El 54% de los caficultores evaluados en este estudio informaron no mantener registros de las actividades agrícolas y/o económicas de la finca. De este grupo hace parte el 90% de los caficultores sin certificación. Lo que evidencia una relación positiva entre la certificación y el mantenimiento de registros. No obstante, el cumplimiento a los criterios exigidos de mantenimiento de registros por todos los programas de certificación es de solo el 58% de los caficultores certificados.

Debido a que los programas de certificación presentan diversas exigencias con respecto a la información de la cual deben llevar registros los caficultores, se realizó el análisis con el IMR que evalúa la diversidad de registros que presentaron los caficultores participantes. Como se muestra en la tabla 59 existen diferencias estadísticamente significativas respecto a la diversidad de registros que se llevan en las fincas. Tales diferencias indican que las fincas certificadas presentan mayor diversidad de registros que sus similares no certificadas, lo que representa un orden administrativo superior que se puede traducir en una mayor utilidad, si el uso de esta información es adecuado. El orden del efecto de la certificación en cuanto a la diversidad de registros que se maneja en las fincas certificadas es el siguiente:

$$4C, FT, RA, RA+FT+Utz+CPr, RA+FT, RA+CPr, RA+FT+CPr > RA+Utz+CPr, FT+CPr, \\ CPr+Utz, CPr > Org$$

Es evidente la relación de la mayor diversidad de registros con la certificación RA, este programa es el que enfoca más requisitos referentes al mantenimiento de registros de producción, utilidad, prácticas agrícolas y socioeconómicas, en comparación con los otros

programas. Estudios realizados en el departamento de Santander reportan que caficultores con el programa RA, además de los registros anteriormente nombrados, incluyen registros de la biodiversidad presente en la finca (Trimarchi, 2015).

Tabla 59. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la diversidad de registros que mantienen los caficultores en la finca.

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,3	0,2	0,02	15,40	<0,001	0,22; 0,28 ***
4C	0,1	0,3	0,03	11,75	<0,001	0,26; 0,37 ***
CPr	0,2	0,2	0,03	8,66	<0,001	0,17; 0,27 ***
CPr+Utz	0,2	0,2	0,02	9,42	<0,001	0,16; 0,24 ***
FT	0,4	0,3	0,02	12,81	<0,001	0,26; 0,36 ***
FT+CPr	0,2	0,2	0,02	12,51	<0,001	0,2; 0,28 ***
Org	0,5	0,1	0,03	3,01	0,003	0,04; 0,17 **
RA	0,4	0,3	0,02	14,05	<0,001	0,24; 0,32 ***
RA+CPr	0,4	0,3	0,02	14,56	<0,001	0,26; 0,34 ***
RA+FT	0,3	0,3	0,03	11,09	<0,001	0,25; 0,36 ***
RA+FT+CPr	0,5	0,3	0,02	11,79	<0,001	0,23; 0,32 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,6	0,3	0,03	8,62	<0,001	0,22; 0,35 ***
RA+Utz+CPr	0,2	0,2	0,02	7,01	<0,001	0,11; 0,2 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Los programas Org y FT presentan un efecto positivo significativo en las prácticas de mantenimiento de registros, siendo FT aún superior a Org con información contable detallada de las actividades agrícolas y otros aspectos inherentes a la producción (Trimarchi, 2015; Vellema et al, 2015; Dietz *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2018b). Los resultados obtenidos en este estudio exponen la correlación de la multicertificación con este indicador, lo que se puede explicar dada la variedad de exigencias de los diferentes programas en materia de registro documental.

5.1.1.5.2 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la participación en grupos asociativos

La participación en una organización o asociación de productores o cooperativas en la muestra de caficultores participantes es de aproximadamente el 57%, de este porcentaje, además de caficultores certificados, hacen parte el 86% de los caficultores sin certificación.

En la tabla 60 se expone la existencia de diferencias estadísticamente significativas que indican la relación positiva entre la participación de los caficultores en asociaciones de productores y/o cooperativas con la adopción de cualquier programa de certificación evaluado en este estudio.

El esquema RA+FT presenta la mayor participación, seguido de RA+FT+Utz+CPr y RA, lo que demuestra una relación directa con el programa RA principalmente. Sin embargo, los programas FT, CPr y 4C también presentan relación positiva con la asociatividad de los caficultores. No obstante, el porcentaje de caficultores evaluados en este estudio que no tienen certificación es del 31%, lo que podría ser un valor alto debido a que en su mayoría obtienen las certificaciones por medio de los grupos asociativos de productores, razón por la cual, la propiedad de la certificación es del grupo asociativo y el caficultor de manera individual no puede emplear las etiquetas en el café que produce y comercializa directamente con los consumidores.

Tabla 60. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la participación de los caficultores en grupos asociativos o cooperativas.

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	0,7	0,4	0,03	12,00	<0,001	0,32; 0,45	***
4C	0,3	0,4	0,05	6,91	<0,001	0,27; 0,48	***
CPr	0,5	0,4	0,05	9,89	<0,001	0,36; 0,54	***
CPr+Utz	0,6	0,2	0,04	3,67	<0,001	0,07; 0,24	***
FT	0,6	0,4	0,05	7,87	<0,001	0,32; 0,53	***
FT+CPr	0,7	0,3	0,04	8,24	<0,001	0,25; 0,4	***
Org	0,9	0,2	0,05	4,43	<0,001	0,13; 0,33	***
RA	0,8	0,5	0,04	11,78	<0,001	0,39; 0,54	***
RA+CPr	0,7	0,3	0,05	7,16	<0,001	0,25; 0,44	***
RA+FT	0,6	0,7	0,06	10,42	<0,001	0,53; 0,77	***
RA+FT+CPr	0,8	0,4	0,05	9,43	<0,001	0,35; 0,54	***

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
RA+FT+Utz+CPr	0,9	0,5	0,06	9,03	<0,001	0,4; 0,62	***
RA+Utz+CPr	0,9	0,3	0,04	6,96	<0,001	0,2; 0,36	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.5.3 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el empleo justo

El impacto sobre el empleo justo se evaluó sobre los siguientes aspectos: empleo permanente, jornada laboral legal, trabajo infantil, salario legal, acceso a programas educativos y equidad de género.

5.1.1.5.3.1 Empleados permanentes

Las exigencias de los programas de certificación en cuanto a la contratación de empleados permanentes son diversas, RA y Utz exigen tener contrato para aquellos trabajadores que laboran durante más de 3 meses consecutivos. Sin embargo, RA indica que dicho contrato debe ser por lo menos verbal, mientras Utz lo exige por escrito (RA, 2020., UTZ, 2018). Por su parte, 4C exige contratos de trabajo justos en vigor y respetados (4CServices, 2020), mientras CPr solo hace referencia a los salarios de los empleados permanentes (Harris, 2016). El programa que hace mayor énfasis en las condiciones contractuales de los empleados permanentes es FT, exigiendo registros explícitos en el contrato de horario laboral, salario, derechos, deberes y responsabilidades, además de exigir que el empleado tenga copia del documento del contrato (Fairtrade, 2019).

La tabla 61 muestra que la certificación presenta un efecto significativo en la contratación de empleados permanentes, a excepción de los esquemas FT+CPr, RA+CPr y CPr+Utz. Los esquemas RA+FT+Utz+CPr y RA+FT reflejaron el mayor efecto y 4C el menor efecto. Es evidente que la multicertificación presenta mayores efectos sobre la contratación legal de empleados permanentes, lo que es atribuible a los diversos criterios exigidos por cada programa adoptado.

Tabla 61. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la contratación de empleados permanentes

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	0,5	0,1	0,03	4,57	<0,001	0,09; 0,21	***
4C	0,5	0,1	0,06	2,42	0,015	0,03; 0,26	*
CPr	0,7	0,2	0,05	3,67	<0,001	0,09; 0,29	***
CPr+Utz	0,5	0,0	0,05	-0,58	0,561	-0,13; 0,07	
FT	0,3	0,2	0,05	3,24	0,001	0,06; 0,26	***
FT+CPr	0,3	0,1	0,04	1,73	0,084	-0,01; 0,16	
Org	0,4	0,2	0,08	2,54	0,011	0,04; 0,34	*
RA	0,6	0,2	0,05	3,58	<0,001	0,07; 0,25	***
RA+CPr	0,7	0,0	0,05	-0,71	0,477	-0,13; 0,06	
RA+FT	0,4	0,3	0,05	5,39	<0,001	0,19; 0,4	***
RA+FT+CPr	0,3	0,2	0,05	3,78	<0,001	0,09; 0,27	***
RA+FT+Utz+CPr	0,7	0,3	0,06	4,77	<0,001	0,17; 0,4	***
RA+Utz+CPr	0,6	0,2	0,05	3,58	<0,001	0,08; 0,26	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.5.3.2 Jornada Laboral Legal

Los programas RA y Utz en sus criterios exige el respeto de los derechos del trabajador en relación con las horas de trabajo (48 horas ordinarias por semana) y un día de descanso garantizado luego de 6 días laborados (RA, 2020., UTZ, 2018). 4C y CPr se remite al cumplimiento de las leyes locales respecto a las horas regulares y extras que un empleado puede trabajar, incluidas las que se dedican a trabajar en actividades peligrosas (exposición a pesticidas, cargas muy pesadas, etc.) (4CServices, 2020., Harris, 2016). Por su parte, el programa FT exige en sus criterios las condiciones laborales establecidas en los convenios de la OIT respecto a la jornada laboral de los trabajadores (Fairtrade, 2019).

Los caficultores participantes en este estudio afirmaron cumplir con las exigencias de los criterios de los programas de certificación y establecen una jornada laboral de 8 horas. Solo 5 caficultores del programa 4C y 3 del programa Org indicaron que su jornada laboral era de 9 horas. No obstante, ninguno excede el máximo legal de 48 horas semanales, poniendo a esta

región cafetera dentro del rango nacional (OIT, 2020). De igual manera, todos los caficultores encuestados afirmaron destinar una jornada completa para el descanso de los empleados durante la semana, sin importar si el empleado es permanente o no, esta jornada es acordada previamente con los empleados.

La mayoría de los criterios establecen que luego de cierto número de horas laboradas de manera consecutiva se debe destinar un periodo de descanso. Sin embargo, cuando el trabajo se realiza al destajo como ocurre normalmente con los recolectores, los periodos de descanso suelen ser ignorados por iniciativa del mismo recolector, debido a que su salario dependerá de la cantidad de café recolectado durante la jornada.

5.1.1.5.3.3 Trabajo Infantil

Los programas RA y 4C indican la no tolerancia y erradicación del trabajo infantil y la permanente adopción de medidas que permitan evaluar el riesgo de incurrir en contratación infantil (RA, 2020; 4CServices, 2020). Los programas FT y Utz prohíben el empleo de menores de edad según la legislación local. No obstante, permite que los hijos de los miembros de la organización, menores de 15 años en el caso de FT y 13 y 14 años para Utz, ayuden en las labores de la finca bajo estrictas condiciones de seguridad y asegurando que estas labores no interrumpan las actividades escolares de los menores. Así mismo, los menores de 18 años no pueden ser empleados para actividades peligrosas (Fairtrade, 2019). Para el programa CPr la edad mínima de contratación es de 14 años o lo que ordene la ley local de acuerdo con los convenios 10 y 138 de la OIT, siempre asegurando el acceso a la educación del menor (Harris, 2016).

Colombia ha ratificado la Convención sobre los derechos del niño en la Ley 12 de 1991 y el Convenio 138 de la OIT, estableciendo como edad mínima para acceder al empleo la edad de 15 años. En el Código de Infancia y Adolescencia se indican las condiciones para que un menor pueda trabajar, enfatizando en su vinculación al servicio educativo y establece que los adolescentes entre 15 y 16 años solo pueden laborar 30 horas a la semana, 6 horas diarias y máximo hasta las 6 pm. Mientras los mayores de 17 años pueden laborar máximo 8 horas al día, 40 horas semanales y hasta las 8 pm.

Un estudio realizado en diferentes tipos de producción agrícola, incluida la caficultura, indica la inexistencia de trabajadores adolescentes en la industria cafetera. Sin embargo, la mayor parte de la producción cafetera se desarrolla bajo un modelo de economía familiar, en la que los menores ayudan en actividades de la producción y de tipo administrativo. También es común la contratación de adolescentes de manera informal durante las épocas de cosecha (Torres *et al*, 2019). Estudios realizados por el Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales (CRECE) indican que los menores están más propensos a participar en actividades de la finca cuando pertenecen a hogares en condición de pobreza, baja escolaridad del jefe del hogar, hogares con uno solo de los padres, cuando el menor es del género masculino o cuando el menor está desescolarizado (CRECE, 2021., Buriticá, 2022).

En este estudio, todos los caficultores certificados y sin certificación afirmaron no contratar menores de edad, lo que evidencia que no existe relación positiva entre la certificación y el trabajo infantil. No obstante, los agricultores indican que los menores del hogar participan de actividades que consideran seguras, como actividades domesticas bajo la supervisión de adultos que generalmente son los propios padres o abuelos y fomentan el empalme generacional. Por otro lado, evitan que los menores participen en actividades como cargar grandes masas, manipular y aplicar agroquímicos, deshierbar, despulpar, entre otras.

La vinculación al servicio educativo presenta alta cobertura en los menores de los hogares participantes en el municipio de Pitalito. Solo 15 hogares tienen al menos un niño entre los 6 y 12 años que no asiste a la escuela, de este grupo hacen parte fincas de 8 de los 12 grupos evaluados que cuentan con certificación, así como fincas sin certificación, por lo que no tendría relación la certificación con el ausentismo escolar. Estos resultados coinciden con estudios que sugieren que la escolarización depende del capital social y la importancia que el núcleo familiar le otorga, y no exclusivamente de la prohibición del trabajo infantil por parte de la certificación (Akoyi *et al*, 2020; Ango *et al*, 2022).

5.1.1.5.3.4 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el salario legal

El salario se evaluó en los empleados jornaleros y aquellos que trabajan a destajo, de estos últimos estableciendo un promedio de salario. No se incluyeron los salarios permanentes debido a que se presentaría sesgo con el contrafactual que no tenga empleados contratados. La evaluación se realizó para el salario en periodo de cosecha y en periodo de no cosecha.

Los salarios recibidos por los agricultores certificados y no certificados en todos los casos fueron superiores al valor de la Jornada Laboral Diaria (JLD) y al Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV) para el año 2023 en Colombia. Es así que, para el periodo en que no hay cosecha el menor valor pagado a un trabajador, de acuerdo con lo reportado en este estudio fue de \$50000, lo que corresponde a un valor, que durante solo en 6 jornadas de 4 semanas supera en 3,4% el SMMLV y para el mismo periodo con respecto al valor máximo reportado supera en 39,6% el SMMLV.

De acuerdo con lo informado por los caficultores, durante el periodo de cosecha el pago de la jornada incrementa entre el 13,4% y el 53,4%, por lo cual, en periodos de 6 días durante 4 semanas, un recolector obtiene un salario que supera entre el 19,5% y el 60% del SMMLV. El 49% de los recolectores trabajan a destajo y el 51% lo hacen por jornal. Sin embargo, los cálculos se realizaron por la ganancia promedio durante la jornada laboral en el caso de los recolectores que trabajan a destajo. Estos valores encontrados coinciden con los reportados en 2016 por la FNCC en cuanto a los incrementos y en que la contratación informal al destajo genera mayores ingresos para el recolector (FNCC, 2017a), solo que en un margen más estrecho. Esto se puede explicar debido a que bajo la modalidad al destajo el recolector tiene una meta diaria, lo que influye positivamente en su rendimiento al recolectar. También es importante indicar la influencia de la productividad de las plantaciones, debido a la mayor concentración y disponibilidad de frutos para recoger.

5.1.1.5.3.4.1 Salario de empleados no permanentes en periodo de no cosecha

La tabla 62 muestra que hay diferencias estadísticamente significativas a favor de las fincas certificadas con los programas 4C, CPr+Utz y FT+CPr al compararse con sus similares sin

certificación, mientras que los esquemas RA+FT+Utz+CPr, RA+FT y Org indican diferencias significativas a favor de sus homologas no certificadas. El programa 4C presenta el pago de un salario que en promedio es \$2819 superior que el pagado por las fincas sin certificación con que fue comparado, siendo este el programa con el mayor efecto sobre el pago de salarios para jornaleros en época de no cosecha, seguido por los esquemas FT+CPr y CPr+Utz que presentan respectivamente pagos de \$1531 y \$1392 superiores a los de las fincas sin certificación.

El programa Org presentan el mayor efecto adverso en el pago de salarios a los jornaleros en periodos de no cosecha, los trabajadores de este programa recibieron en promedio \$5306 menos que sus similares no certificados. De igual manera, los trabajadores de fincas con esquemas RA+FT y RA+FT+Utz+CPr presentan respectivamente un salario de \$3842 y \$1839 menos que sus homologas no certificadas.

Tabla 62. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el pago de salarios a los empleados no permanentes en periodos de no cosecha

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	59192	-402,0	444,00	-0,91	0,366	-1272; 468
4C	62467	2819,0	794,00	3,55	<0,001	1262; 4376 ***
CPr	59767	-596,0	730,00	-0,82	0,414	-2026; 834
CPr+Utz	59967	1392,0	625,00	2,23	0,026	168; 2616 *
FT	58433	-187,0	759,00	-0,25	0,805	-1675; 1301
FT+CPr	58800	1531,0	593,00	2,58	0,010	368; 2694 **
Org	58167	-5306,0	945,00	-5,61	<0,001	-7159; -3454 ***
RA	63333	1138,0	661,00	1,72	0,085	-158; 2434
RA+CPr	59500	1050,0	698,00	1,50	0,133	-319; 2419
RA+FT	56767	-3842,0	948,00	-4,05	<0,001	-5700; -1983 ***
RA+FT+CPr	60767	-268,0	699,00	-0,38	0,701	-1639; 1102
RA+FT+Utz+CPr	55333	-1839,0	880,00	-2,09	0,037	-3563; -114 ***
RA+Utz+CPr	57000	-712,0	624,00	-1,14	0,254	-1935; 511

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

5.1.1.5.3.4.2 Salario de empleados no permanentes en periodos de cosecha

Durante los periodos de cosecha los ingresos de los trabajadores pueden llegar a ser 86% mayores en actividades de recolección que en otro tipo de actividades que se requieran en las fincas, siendo la contratación informal al destajo la modalidad que brinda mejores ingresos al recolector de acuerdo con su rendimiento (FNC, 2017b).

La tabla 63 expone que existen diferencias estadísticamente significativas que indican que la certificación no tiene un efecto positivo en cuanto al salario de los empleados no permanentes durante los periodos cosecha a excepción de los esquemas RA+CPr, FT+CPr, CPr+Utz, CPr y 4C que, a pesar de presentar efectos negativos, no expone diferencias significativas respecto a las fincas sin certificación con que fueron comparadas. El efecto de la adopción de programas o esquemas de certificación respecto al pago de salarios a empleados no permanentes durante periodos de cosecha presenta el siguiente orden:

$$RA+FT+Utz+CPr < RA+FT < RA+FT+CPr < Org < RA+Utz+CPr < RA < FT$$

Tabla 63. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el pago de salarios a los empleados no permanentes en periodos de cosecha

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	131141	-8475,0	1191,00	-7,11	<0,001	-10811; -6140	***
4C	140167	-923,0	1797,00	-0,51	0,608	-4444; 2599	
CPr	138900	-3413,0	1868,00	-1,83	0,068	-7073; 248	
CPr+Utz	135900	-524,0	1670,00	-0,31	0,753	-3797; 2748	
FT	134167	-5295,0	1667,00	-3,18	0,001	-8561; -2028	***
FT+CPr	135927	1888,0	1549,00	1,22	0,223	-1149; 4924	
Org	101233	-13411,0	2529,00	-5,30	<0,001	-18369; -8454	***
RA	134967	-9124,0	1901,00	-4,80	<0,001	-12850; -5397	***
RA+CPr	142200	-1942,0	1895,00	-1,03	0,305	-5655; 1771	
RA+FT	129667	-20562,0	1960,00	-10,49	<0,001	-24403; -16720	***
RA+FT+CPr	133667	-15522,0	1675,00	-9,27	<0,001	-18805; -12239	***
RA+FT+Utz+CPr	117000	-23010,0	1856,00	-12,39	<0,001	-26648; -19371	***
RA+Utz+CPr	129900	-9866,0	1683,00	-5,86	<0,001	-13165; -6568	***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estos resultados revelan que la multicertificación en general presenta salarios menores a los pagados por sus similares sin certificación. Los empleados no permanentes de las fincas con el esquema RA+FT+Utz+CPr presenta una diferencia salarial de más de \$23000 a favor de las fincas no certificadas referentes para su comparación. De igual manera ocurre con los empleados no permanentes de fincas con los esquemas RA+FT y RA+FT+CPr quienes presentan diferencias salariales de \$20562 y \$15522 menos que los empleados de fincas sin certificación. Por su parte, los programas que de manera individual se asocian a salarios inferiores a los pagados en fincas sin certificación corresponden a Org, RA y FT; Org presenta salarios inferiores en \$13411 respecto a los salarios de sus homologas no certificadas. En el caso de RA y FT, se presentan diferencias salariales negativas por el orden de \$9124 y \$5295 respectivamente. Es evidente que RA y FT son los programas que presentan una marcada relación con el efecto negativo en los salarios pagados a empleados no permanentes, debido a que estos programas también hacen parte de los esquemas de multicertificación que revelan menores salarios al compararse con las fincas similares carentes de certificación.

Es importante destacar que incluso en periodos de no cosecha los empleados recibieron por lo menos salarios correspondientes a Salario Mínimo Mensual Legal vigente (SMMLV) a pesar de que durante los periodos de recolección la mayor parte de la remuneración estuvo ligada al rendimiento del empleado. Estos resultados son coincidentes con los encontrados a nivel nacional, incluyendo pagos por especie y bonificaciones (OIT, 2020).

La relación entre la probabilidad de pobreza de las fincas certificadas y los salarios que estas pagan a sus empleados es relativa, el programa FT y el esquema RA+Utz+CPr que corresponden a fincas con menores probabilidades de pobreza pagan salarios superiores a los otros programas y esquemas en épocas de cosecha, mientras esquemas como RA+FT, RA+FT+Utz+CPr y RA+FT+CPr que también presentan bajas probabilidades de pobreza, pagan a sus empleados salarios menores, aunque siempre cumplen por lo menos con el SMMLV.

5.1.1.5.3.4.3 Salario de empleados permanentes

Se encontraron en la muestra de 461 fincas encuestadas, un total de 36 fincas que presentan pagos de salarios inferiores al SMMLV para el año 2023, lo que corresponde solo al 7,8% de las unidades productivas participantes. Estas fincas tienen representación en 10 de los 12 grupos de programas o esquemas de certificación evaluados en este estudio y en fincas sin certificación. Es así, que el 20% de los grupos de fincas participantes con programas RA, 4C o CPr hacen parte de este grupo de fincas que pagan salarios inferiores al SMMLV a sus empleados permanentes. El 6,5% de las fincas participantes pagan salarios entre el 12% y 72% superiores al SMMLV, en este grupo se destacan las fincas con los esquemas RA+Utz+CPr y CPr+Utz. Algunos caficultores manifestaron que realizaban descuentos a sus empleados por concepto de servicios de vivienda y/o alimentación. Sin embargo, estos descuentos hicieron parte del salario global. Cabe indicar que en ningún caso manifestaron realizar descuentos por dotaciones o daño en herramientas y/o maquinaria.

5.1.1.5.3.5 Acceso a programas educativos

En respuesta a la pregunta de la encuesta ¿A qué tipos de programas educativos tienen acceso las personas de su hogar, trabajadores y familiares de trabajadores? El 94,5% de los participantes, indistintamente de tener o no certificación afirmaron tener acceso a educación primaria y el 80% a educación básica y secundaria. El 51% de los participantes indicaron tener acceso a técnicas o tecnologías ofrecidas por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y el 25% a programas universitarios. Sin embargo, la mayor cobertura educativa (97%) se registró por parte de la FNC mediante distintos programas de interés para los caficultores. Otras fuentes de acceso a programas educativos corresponden a los grupos asociativos y a otras entidades con una frecuencia del 19% y 13% de los participantes respectivamente.

Como muestra la tabla 64, en general existen diferencias estadísticamente significativas que indican que las fincas que no cuentan con certificaciones en buenas prácticas agrícolas y comercio justo presentan mayor acceso a programas educativos que sus similares certificadas. No obstante, de manera individual solo los programas 4C, CPr, FT, Org y RA arrojaron

diferencias significativas, al igual que el esquema RA+FT+CPr. El mayor efecto adverso lo presentan los programas 4C y Org, seguidos de FT.

Los programas RA y Utz en sus criterios exigen la promoción activa de la asistencia de los niños del hogar y de los empleados a las instituciones educativas de la región y el mejoramiento de la alfabetización y habilidad numérica de los trabajadores y sus familias (RA, 2020; UTZ, 2018). Por su parte, FT hace énfasis en la asistencia a escuelas para niños en edad escolar bajo riesgo de trabajo infantil y promoción de medidas para el aseguramiento de acceso a la educación básica para niños y adolescentes en escuelas temporales cuando la región no las ofrece (Fairtrade, 2019).

Tabla 64. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el acceso a programas educativos

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	0,54	-0,03	0,01	-2,63	0,009	-0,06; -0,01	**
4C	0,46	-0,07	0,02	-3,02	0,003	-0,12; -0,03	**
CPr	0,40	-0,05	0,02	-2,48	0,013	-0,08; -0,01	**
CPr+Utz	0,57	0,02	0,02	1,21	0,226	-0,01; 0,06	
FT	0,39	-0,06	0,02	-2,64	0,008	-0,1; -0,01	**
FT+CPr	0,55	-0,03	0,02	-1,41	0,159	-0,06; 0,01	
Org	0,30	-0,07	0,03	-2,39	0,017	-0,12; -0,01	*
RA	0,45	-0,04	0,02	-2,01	0,044	-0,08; 0	*
RA+CPr	0,65	-0,02	0,02	-0,99	0,320	-0,07; 0,02	
RA+FT	0,62	-0,05	0,02	-1,88	0,061	-0,09; 0	
RA+FT+CPr	0,70	-0,05	0,02	-2,74	0,006	-0,09; -0,02	**
RA+FT+Utz+CPr	0,82	-0,01	0,03	-0,25	0,804	-0,06; 0,04	
RA+Utz+CPr	0,51	0,00	0,02	0,09	0,925	-0,03; 0,03	

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Estudios realizados evaluando el programa FT difieren de los resultados obtenidos en este estudio, pues concluyen que esta certificación invierte parte de su prima de precio de café en infraestructura de instituciones educativas y apoyo para esfuerzos educativos en los hogares

productores (Bacon *et al*, 2008) y otras correlacionan la certificación con mejores logros educativos en la región productiva que los adopta (Valkila y Nygren, 2010; Bray y Neilson, 2017).

5.1.1.5.3.6 Diversidad de capacitaciones en temas para el cultivo del café

En respuesta a la pregunta ¿A qué programas o temas de formación o capacitación tiene acceso?, los caficultores participantes reportaron con mayor frecuencia y en su respectivo orden los temas de: manejo de agroquímicos (77,4%), control de plagas (74,6%), uso de elementos de protección personal (72,4%), manejo de residuos (58%), gestión de la finca cafetera (50%) y primeros auxilios (40%). De igual manera, el 100% de los participantes indicó que estas capacitaciones son replicadas a los trabajadores en la finca.

La diversidad en temas de capacitación se valoró mediante el Índice de Capacitación en temas para el Cultivo del Café (ICTCC) y como se expone en la tabla 65 el efecto de la certificación sobre el acceso a capacitaciones en temas relacionados con la caficultura muestra valores negativos que demostrarían que la diversidad de temas de capacitación a los que asisten los agricultores de las fincas certificadas es menor que la de sus homologas sin certificación. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas que sustenten este resultado a excepción del esquema RA+CPr.

Tabla 65. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la diversidad en temas de capacitación a que han tenido acceso

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,268	-0,004	0,006	-0,71	0,479	-0,016; 0,008
4C	0,273	-0,005	0,009	-0,54	0,593	-0,022; 0,013
CPr	0,233	0,007	0,009	0,77	0,440	-0,011; 0,025
CPr+Utz	0,210	-0,007	0,009	-0,85	0,396	-0,025; 0,01
FT	0,255	-0,013	0,009	-1,44	0,151	-0,032; 0,005
FT+CPr	0,229	-0,010	0,007	-1,37	0,172	-0,024; 0,004
Org	0,204	0,011	0,015	0,77	0,440	-0,02; 0,04
RA	0,214	-0,009	0,008	-1,08	0,280	-0,024; 0,007

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA+CPr	0,237	-0,033	0,009	-3,44	<0,001	-0,051; -0,014 ***
RA+FT	0,329	0,015	0,011	1,33	0,183	-0,01; 0,04
RA+FT+CPr	0,380	-0,007	0,009	-0,73	0,464	-0,025; 0,012
RA+FT+Utz+CPr	0,435	0,015	0,011	1,41	0,160	-0,006; 0,036
RA+Utz+CPr	0,212	-0,017	0,009	-1,85	0,064	-0,034; 0,001

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

A FT se le atribuye el mejoramiento del conocimiento de los pequeños caficultores en temas de productividad cafetera, dadas las inversiones de la prima de precio (Estrella *et al*, 2022). De igual manera ocurre con los programas RA y Org, debido a la variedad de criterios en que exigen la formación de los trabajadores, se genera otro efecto positivo, que incentiva a contratar a los mismos trabajadores en los periodos de cosecha debido a la inversión formativa que se les ha impartido (Trimarchi, 2015).

5.1.1.5.3.7 Equidad de género.

Las exigencias establecidas en los criterios de los programas de certificación son muy similares, aunque con diferente rigor y especificidad. El programa RA exige la adopción de medidas dirigidas a evaluar el riesgo y eliminar cualquier tipo de discriminación y crea conciencia sobre la igualdad de género y el empoderamiento femenino entre el personal de la finca y en la participación del gerenciamiento del grupo de caficultores (RA, 2020); a esto Utz añade exigencias referentes al periodo de gestación, maternidad y lactancia (UTZ, 2018). FT exige la abolición de toda forma de discriminación y abuso, incluido el género y la orientación sexual, haciendo énfasis en los procesos de contratación, estableciendo políticas, procedimientos pertinentes, sistemas de monitoreo y remediación (Fairtrade, 2019). Finalmente, 4C solo hace referencia a la equidad de género al establecer en sus exigencias la inexistencia de la discriminación en las unidades productivas, sin establecer medidas o aspectos específicos a implementar (4CServices, 2020).

La operacionalización de este macroindicador se realizó sobre los siguientes cuatro indicadores: la propiedad, % de empleados mujeres, salario y las funciones para las que son contratadas las mujeres.

5.1.1.5.3.7.1 Propiedad

Las mujeres suelen disponer o ser propietarias de fincas con menor área destinada para el cultivo que los hombres (Mogrovejo *et al*, 2022; Julien *et al*, 2023). Los hombres continúan presentando mayores privilegios para acceder a las fincas como propietarios y a los ingresos que estas generan (Lyon *et al*, 2010; Quisumbing y Doss, 2021). El 24,5% de los propietarios de las fincas participantes en este estudio son mujeres, indistintamente de si tienen o no certificación, lo que corresponde a un valor muy cercano al porcentaje nacional que es del 24,9% (Mogrovejo *et al*, 2022). Como se presenta en la tabla 66, no hay diferencias significativas que evidencien una relación entre el género del propietario de la finca cafetera y la certificación, a excepción del esquema de multicertificación RA+FT+Utz+CPr en cuyo caso se determina una menor cantidad de propietarias de fincas con esta certificación en comparación con sus semejantes no certificadas.

En la mayoría de los hogares rurales colombianos que cuentan con jefatura femenina (67,6%), la mujer no tiene cónyuge. En 2022, estos hogares con jefatura femenina presentaron la mayor incidencia de pobreza monetaria (48,6%), en comparación con quienes habitaban en hogares con jefatura masculina (43,1%), mientras en el departamento del Huila la incidencia de pobreza monetaria según sexo de la persona jefa de hogar solo tiene una brecha del 0,1% (DANE, 2022).

Tabla 66. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la propiedad de la finca

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,23	0,00	0,01	0,00	0,999	-0,017; 0,017
4C	0,33	-0,02	0,02	-0,97	0,334	-0,06; 0,02
CPr	0,17	0,01	0,01	1,37	0,170	-0,006; 0,034
CPr+Utz	0,17	0,01	0,01	0,67	0,501	-0,02; 0,04
FT	0,20	0,02	0,01	1,77	0,076	0; 0,05

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
FT+CPr	0,20	0,01	0,01	0,55	0,581	-0,02; 0,03
Org	0,17	-0,01	0,02	-0,32	0,748	-0,05; 0,04
RA	0,37	-0,01	0,01	-0,93	0,355	-0,04; 0,01
RA+CPr	0,10	0,01	0,01	0,87	0,384	-0,01; 0,04
RA+FT	0,30	0,00	0,02	-0,02	0,984	-0,04; 0,03
RA+FT+CPr	0,13	0,00	0,01	-0,07	0,944	-0,021; 0,02
RA+FT+Utz+CPr	0,43	-0,03	0,01	-2,12	0,034	-0,05; 0 *
RA+Utz+CPr	0,17	0,00	0,01	0,16	0,876	-0,02; 0,02

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

También se les preguntó si las propietarias participan actualmente o habían participado en algún momento en cargos de administración, directiva o gerencia de grupos asociativos o de productores. Se encontró que, si hay participación, pero en un número menor que el de los hombres, esto probablemente se debe a que la proporción de mujeres que son propietarias y participan de estos grupos es solo del 8%. Conviene sin embargo advertir, que existen en los últimos años una marcada tendencia a establecer agremiaciones o grupos asociativos de mujeres campesinas o caficultoras en los que por obvias razones tienen predominancia en esos cargos.

Las agremiaciones femeninas han proliferado a raíz de exigencias establecida por políticas gubernamentales dirigidas a apoyar mediante financiación de proyectos productivos a madres cabeza de familia, jóvenes rurales o mujeres víctimas del conflicto armado. Un ejemplo son las Líneas Especiales de Crédito (LEC), en el que se han financiado a mujeres y jóvenes rurales proyectos productivos que solo en producción de café corresponden al 21% de las líneas de crédito otorgadas (DANE, 2022).

5.1.1.5.3.7.2 Porcentaje de mujeres contratadas

La producción de café se percibe como una actividad masculina, a pesar de que en el mundo cafetero el porcentaje de mujeres caficultoras supera al de hombres, lo que en la cadena de valor del grano se ha evidenciado tradicionalmente como una inequidad de género (Mogrovejo *et al*, 2022). En Colombia, la participación femenina en la producción cafetera implica en

muchos casos una sobre carga laboral, debido a que el desarrollo de actividades asociadas con la caficultura se adiciona comúnmente con las actividades domésticas y en muchas ocasiones tales actividades no son remuneradas directamente y lo que es aún peor, tampoco se les hacen partícipes de los ingresos por la producción de la finca.

El indicador de porcentaje de empleados mujeres que trabajan en las fincas no reveló de manera general un efecto de la certificación en la equidad de género. La tabla 67 expone que solo existen diferencias estadísticamente significativas para los esquemas de multicertificación RA+FT+Utz+CPr, CPr+Utz y RA+FT+CPr que evidencian que estos esquemas no presentan relación positiva con la cantidad equitativa de mujeres contratadas para las labores en la finca cafetera en comparación con sus equivalentes sin certificación. Conviene sin embargo advertir que aproximadamente el 5% de los caficultores encuestados, manifestaron que prefieren contratar hombres durante el periodo de cosecha, esta fracción está integrada por caficultores de fincas de 9 de los 12 grupos de tratamiento y por fincas del control.

Tabla 67. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la equidad de género al contratar empleados

Certificación	Promedio	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	31,4	-3,8	2,56	-1,46	0,144	-9; 1	
4C	38,2	-0,6	5,71	-0,10	0,917	-12; 11	
CPr	44,0	3,3	4,13	0,79	0,428	-5; 11	
CPr+Utz	26,1	-11,0	3,71	-2,95	0,003	-18; -4	**
FT	25,5	-2,4	4,10	-0,58	0,562	-10; 6	
FT+CPr	19,7	-3,3	2,85	-1,16	0,245	-9; 2	
Org	61,9	5,5	6,80	0,81	0,418	-8; 19	
RA	24,2	0,2	3,54	0,05	0,963	-7; 7	
RA+CPr	19,0	-1,3	4,16	-0,31	0,758	-9; 7	
RA+FT	33,3	-2,8	4,15	-0,67	0,501	-11; 5	
RA+FT+CPr	22,5	-9,9	3,67	-2,70	0,007	-17; -3	**
RA+FT+Utz+CPr	36,0	-15,3	5,29	-2,89	0,004	-26; -5	**
RA+Utz+CPr	26,0	-7,4	4,07	-1,81	0,070	-15; 1	

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Las exigencias establecidas en los criterios de los programas de certificación son muy similares, aunque con diferente rigor y especificidad. El programa RA exige la adopción de medidas dirigidas a evaluar el riesgo y eliminar cualquier tipo de discriminación y crea conciencia sobre la igualdad de género y el empoderamiento femenino entre el personal de la finca y en la participación activa del gerenciamiento del grupo de caficultores (RA, 2020); a esto Utz añade exigencias referentes al periodo de gestación, maternidad y lactancia (UTZ, 2018). FT exige la abolición de toda forma de discriminación y abuso, incluido el género y la orientación sexual, haciendo énfasis en los procesos de contratación, estableciendo políticas, procedimientos pertinentes, sistemas de monitoreo y remediación (Fairtrade, 2019). Finalmente, 4C solo hace referencia a la equidad de género al establecer en sus exigencias la inexistencia de la discriminación en las unidades productivas, sin establecer medidas o aspectos específicos a implementar (4CServices, 2020).

5.1.1.5.3.7.3 Salario de las mujeres

De acuerdo con cifras presentadas por el DANE en 2022, en Colombia las mujeres que se identificaron subjetivamente como campesinas laboraron una media de 14 h y 23 min al día. No obstante, casi el 60% de este tiempo lo invierten en actividades no remuneradas, mientras que para los hombres que se identifican subjetivamente como campesinos presentaron en promedio 12h laboradas y solo el 25% de ese tiempo fue dedicado a actividades sin remuneración (Mogrovejo *et al*, 2022).

Debido a que no todas las fincas cafeteras contratan empleados permanentes, se realizó la evaluación sobre los salarios de las mujeres durante los periodos de cosecha y no cosecha. Los resultados encontrados de acuerdo con la información suministrada por los caficultores participantes indican que el pago para un empleado durante cualquiera de los dos periodos fue el mismo, indistintamente del género del empleado, mientras la actividad que realizara fuera la misma y con el mismo rendimiento en el caso de los trabajos a destajo. Por esta razón, en la región no se presentó desigualdad en los salarios entre hombres y mujeres que realizan la misma actividad en la misma unidad productiva agrícola, por lo que no es atribuible un efecto de la certificación a este fenómeno. Estos resultados discrepan a los reportados por

Lyon *et al* (2010) en Mesoamérica en los que el retorno salarial femenino se ha beneficiado con la producción en fincas con certificaciones Org y FT. Sin embargo, coinciden con los encontrados por Ruben y Zuñiga (2011) quienes en Nicaragua compararon los programas CPr, RA y FT sin encontrar efectos tangibles en los salarios y relaciones de género.

5.1.1.5.3.7.4 Funciones para las que son contratadas las mujeres

Los roles desempeñados habitualmente por las mujeres caficultoras en el hogar exponen la brecha sexual de las labores en la finca. Las mujeres normalmente se hacen partícipes en labores administrativas de la finca, en la manipulación y preparación de alimentos y en las actividades relacionadas con el cultivo en las que se exponen a riesgos menores, como la manipulación y aplicación de agroquímicos, el manejo de cargas o manejo de maquinarias (Mogrovejo *et al*, 2022).

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada a los participantes de este estudio en el municipio de Pitalito, el 50% afirma que las mujeres contratadas en sus fincas desempeñan principalmente actividades de recolección de café (89%), aunque de esta fracción el 48% afirmó que contratan mujeres exclusivamente para este rol, mientras el restante 52% contrata mujeres para recolectar, cocinar, realizar actividades del hogar y otras actividades agrícolas como cría de especies menores o cultivos alternativos. El otro 11% de los caficultores afirma que prefieren contratar a las mujeres para oficios relacionados con la manipulación de alimentos en la cocina y para los oficios propios del mantenimiento del hogar.

Las mujeres tienen iguales condiciones y capacidades intelectuales que los hombres en todos los aspectos, incluida la gestión agrícola. No obstante, han sido inhibidas y puestas en desventaja por las condiciones locales en que se desarrollan (Julien *et al*, 2023). De acuerdo con Lyon *et al* (2010) en Latinoamérica el patriarcado establece culturalmente que las mujeres ejercen actividades laborales tanto agrícolas como domésticas, lo que se manifiesta abiertamente como una discriminación de género. Estudios realizados en Nicaragua sobre el efecto de los programas FT, CPr y RA indican que, a pesar de la reducción del abuso doméstico y la mayor colaboración del hombre en las tareas del hogar, el aumento de la

capacidad de gestión de la mujer y la confianza, no se establece un consenso respecto al efecto de la certificación sobre la equidad de género (Rubén y Zúñiga, 2011; Bray y Neilson, 2017).

La mujer cafetera en Colombia contribuye con el arraigo y aseguramiento del relevo generacional, apoya en el mejoramiento de las condiciones laborales de los empleados, el núcleo familiar y en los procesos de certificación dirigidos a mejorar los ingresos del hogar (Trejos *et al*, 2011). Sin embargo, es difícil identificar impactos claros de la certificación sobre la equidad de género en cuanto a las actividades para las que son contratadas las mujeres, dado que pareciera que las exigencias de los estándares voluntarios de sostenibilidad no tienen aplicación a la hora de suplir las necesidades laborales tanto de los contratantes como de los contratados en entornos agrícolas de países en vía de desarrollo y la necesidad de contribuir de alguna manera con la economía familiar podría permitir que la equidad de género, en términos de oficios, se vea relegada solo a una oferta laboral estigmatizada que hace aún más difícil para la mujer trabajadora ganar un lugar en actividades generacionalmente otorgadas a los hombres.

5.1.1.5.4 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la seguridad y salud en el trabajo.

La evaluación de este macroindicador se realizó analizando los siguientes indicadores: condiciones de habitabilidad y descanso en el lugar de trabajo para los empleados, presencia de botiquín y atención de primeros auxilios por personal capacitado, uso de Equipos de Protección Personal (EPP) y la presencia de señalización de seguridad en los lugares de trabajo. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

5.1.1.5.4.1 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre las condiciones de habitabilidad para empleados.

Las instalaciones y servicios proporcionados para el alojamiento de los trabajadores se valoraron mediante el indicador de habitabilidad. Se identificó que el servicio de agua potable y baterías sanitarias, dos exigencias generalizadas y definidas como “fuertes” debido a la claridad en que se presenta en las normas de cada programa (Dietz *et al*, 2018; Dietz *et al*,

2018b), fueron después del servicio de electricidad (100%), el servicio y la instalación que con mayor frecuencia indicaron los caficultores encuestados, 96,7% y 94% respectivamente, lo que sugiere que las diferencias entre los tratados y no tratados están representadas en otras instalaciones y servicios menos especificadas por los programas.

Los valores del índice de habitabilidad demostraron una relación positiva entre la certificación y las condiciones de habitabilidad en términos de instalaciones y servicios ofrecidos por los caficultores (Tabla 68). Solo los esquemas Org, RA+FT+Utz+CPr, RA+FT y RA+Utz+CPr presentan un efecto del tratamiento en los tratados negativo. No obstante, los dos últimos no presentan diferencias estadísticamente significativas con sus similares no certificadas. El orden del efecto generado por la certificación sobre las condiciones de habitabilidad ofrecidas a los trabajadores de acuerdo con los programas y esquemas evaluados en este estudio es el siguiente:

$$4C > CPr > FT > FT+CPr > RA > RA+CPr > RA+FT+CPr$$

Tabla 68. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre las condiciones habitabilidad ofrecidas a los trabajadores

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	4,98	0,232	0,105	2,210	0,027	0,03; 0,44	*
4C	5,50	1,027	0,189	5,445	<0,001	0,7; 1,4	***
CPr	5,07	0,600	0,175	3,428	<0,001	0,3; 0,9	***
CPr+Utz	4,57	0,388	0,152	2,549	0,011	0,1; 0,7	**
FT	4,70	0,524	0,174	3,019	0,003	0,2; 0,9	**
FT+CPr	3,90	0,509	0,152	3,361	<0,001	0,2; 0,8	***
Org	4,03	-0,463	0,209	-2,217	0,027	-0,9; -0,1	*
RA	5,07	0,455	0,168	2,712	0,007	0,1; 0,8	**
RA+CPr	5,67	0,453	0,188	2,406	0,016	0,1; 0,8	*
RA+FT	5,27	-0,213	0,172	-1,243	0,214	-0,5; 0,1	
RA+FT+CPr	5,47	0,352	0,129	2,736	0,006	0,1; 0,6	**
RA+FT+Utz+CPr	5,70	-0,741	0,179	-4,141	<0,001	-1,1; -0,4	***
RA+Utz+CPr	4,87	-0,102	0,149	-0,685	0,493	-0,4; 0,2	

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Se observa una fuerte relación de este impacto con las certificaciones FT y CPR. Estos programas presentan las mayores exigencias dentro de su norma respecto a las condiciones laborales ofrecidas a los trabajadores en las fincas cafeteras. Los servicios e instalaciones diferentes a la electricidad, al agua potable y las baterías sanitarias que con mayor frecuencia presentan los caficultores corresponden a comedores y lavaderos para ropa con el 83% y 74% respectivamente y en menor proporción duchas (71%) y dormitorios con camas (67%), lo que se puede deber a que en muchas fincas solo se contratan vecinos cercanos, por lo cual este tipo de instalaciones no son necesarias en pequeños caficultores independientemente de si tienen o no certificación. Finalmente, solo el 13,4% de las fincas (62) ofrecen acceso de internet a sus trabajadores, reflejándose que la menor proporción de estas (11) son fincas sin certificación, aspecto que se relaciona directamente con altos índices de probabilidad de pobreza y baja utilidad generada por el cultivo de café.

5.1.1.5.4.2 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la presencia de elementos para la prestación de primeros auxilios.

La capacitación de trabajadores en temas de atención y prestación de primeros auxilios en la finca cafetera fue uno de los indicadores para evaluar este impacto. Los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas a favor de las fincas cafeteras no certificadas al compararse con todos los programas y esquemas evaluados en este estudio (Tabla 69), lo que indica que la certificación no genera impacto sobre este indicador. El 57,5% de los caficultores participantes no indicaron el tema de primeros auxilios dentro de las temáticas ofrecidas a sus empleados en los planes de capacitación que realizan, de estos 265 caficultores solo 36 corresponden a fincas sin certificación.

Tabla 69. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de elementos para la prestación de primeros auxilios.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,36	-0,325	0,031	-10,600	<0,001	-0,39; -0,27 ***
4C	0,13	-0,450	0,057	-7,850	<0,001	-0,56; -0,34 ***

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
CPr	0,10	-0,356	0,044	-8,130	<0,001	-0,44; -0,27 ***
CPr+Utz	0,20	-0,249	0,043	-5,850	<0,001	-0,33; -0,17 ***
FT	0,13	-0,492	0,050	-9,890	<0,001	-0,59; -0,39 ***
FT+CPr	0,10	-0,284	0,042	-6,830	<0,001	-0,37; -0,2 ***
Org	0,40	-0,238	0,072	-3,310	<0,001	-0,38; -0,1 ***
RA	0,17	-0,295	0,045	-6,520	<0,001	-0,38; -0,21 ***
RA+CPr	0,23	-0,289	0,049	-5,970	<0,001	-0,39; -0,19 ***
RA+FT	0,80	-0,314	0,059	-5,370	<0,001	-0,43; -0,2 ***
RA+FT+CPr	0,77	-0,394	0,051	-7,680	<0,001	-0,5; -0,29 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,63	-0,346	0,061	-5,650	<0,001	-0,47; -0,23 ***
RA+Utz+CPr	0,63	-0,194	0,045	-4,310	<0,001	-0,28; -0,11 ***

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Por su parte, al evaluar el impacto sobre indicador de presencia de botiquines de primeros auxilios en las instalaciones de la finca, se identificó una relación positiva de este indicador con la certificación. Todos los programas o esquemas presentaron diferencias estadísticamente significativas con un efecto positivo en los tratados (Tabla 70). El orden de cada grupo de estudio o tratamiento según la magnitud de impacto se presenta a continuación:

$$RA+FT > RA+FT+CPr > RA+FT+Utz+CPr > FT > RA+CPr > CPr > RA+Utz+CPr > 4C > RA > FT+CPr > CPr+Utz$$

Tabla 70. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de botiquines de primeros auxilios en las instalaciones de la finca.

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	0,60	0,349	0,031	11,400	<0,001	0,29; 0,41 ***
4C	0,67	0,271	0,050	5,400	<0,001	0,17; 0,37 ***
CPr	0,53	0,293	0,045	6,510	<0,001	0,2; 0,38 ***
CPr+Utz	0,53	0,166	0,044	3,810	<0,001	0,08; 0,25 ***
FT	0,73	0,401	0,047	8,510	<0,001	0,31; 0,49 ***
FT+CPr	0,43	0,188	0,041	4,600	<0,001	0,11; 0,27 ***
Org	0,27	0,232	0,059	3,970	<0,001	0,12; 0,35 ***

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
RA	0,60	0,264	0,044	6,000	<0,001	0,18; 0,35 ***
RA+CPr	0,77	0,370	0,050	7,420	<0,001	0,27; 0,47 ***
RA+FT	0,57	0,633	0,050	12,640	<0,001	0,53; 0,73 ***
RA+FT+CPr	0,77	0,588	0,045	13,180	<0,001	0,5; 0,68 ***
RA+FT+Utz+CPr	0,87	0,501	0,058	8,620	<0,001	0,39; 0,62 ***
RA+Utz+CPr	0,43	0,278	0,041	6,840	<0,001	0,2; 0,36 ***

Códigos de significancia: ‘***’ 0.001 , ‘**’ 0.01 , ‘*’ 0.05 , ‘.’ 0.1

De acuerdo con Dietz *et al* (2018; 2018b), estos indicadores presentan un grado de exigencia “medio” de estos elementos regulatorios relacionados con la sostenibilidad social en la producción de café, al proporcionar botiquines de primeros auxilios, pero no capacitar a los empleados en prestación de primeros auxilios en la finca.

5.1.1.5.4.3 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre el uso de EPP de los trabajadores.

El indicador definido como uso de equipos de protección personal se evaluó para el manejo agroquímicos, en este caso los fertilizantes y los plaguicidas.

5.1.1.5.4.3.1 Uso de EPP para el manejo y la aplicación de fertilizantes

Los resultados de impacto de la certificación sobre el uso de EPP para el manejo y aplicación de fertilizantes evidencian que existe una relación positiva de este indicador con los programas CPr+Utz, RA+FT+CPr y RA+Utz+CPr, mientras los otros programas y esquemas presentan valores negativos en el efecto de la certificación. Sin embargo, estos valores negativos no presentan diferencias estadísticamente significativas en relación con sus similares sin certificación a excepción del programa FT (Tabla 71). El orden de cada programa o esquemas de certificación según la magnitud de impacto se presenta a continuación:

$$RA+FT+CPr > CPr+Utz > RA+Utz+CPr$$

Se puede observar una fuerte relación de los programas CPr y RA con el indicador de uso de EPP para manejo y aplicación de fertilizantes. Estos programas presentan diversas exigencias en su norma dirigidas a la protección de los trabajadores durante actividades riesgosas (Harris, 2016; RA, 2017).

Tabla 71. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el uso de EPP para el manejo y aplicación de fertilizantes

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%	
Con certificación	2,79	0,040	0,059	0,672	0,502	-0,08; 0,16	
4C	2,63	-0,043	0,092	-0,465	0,642	-0,22; 0,14	
CPr	2,70	0,040	0,092	0,433	0,665	-0,14; 0,22	
CPr+Utz	2,77	0,234	0,089	2,625	0,009	0,06; 0,41	**
FT	2,50	-0,178	0,086	-2,069	0,039	-0,35; -0,01	*
FT+CPr	2,60	0,037	0,075	0,498	0,619	-0,11; 0,18	
Org	2,57	-0,147	0,125	-1,172	0,241	-0,4; 0,1	
RA	2,90	-0,002	0,083	-0,020	0,984	-0,16; 0,16	
RA+CPr	2,93	-0,042	0,091	-0,458	0,647	-0,22; 0,14	
RA+FT	2,77	0,100	0,098	1,017	0,309	-0,09; 0,29	
RA+FT+CPr	3,03	0,256	0,084	3,058	0,002	0,09; 0,42	**
RA+FT+Utz+CPr	3,17	-0,003	0,101	-0,031	0,975	-0,2; 0,19	
RA+Utz+CPr	2,87	0,223	0,090	2,476	0,013	0,05; 0,4	*

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

Respecto al impacto sobre el uso de EPP para la manipulación, preparación y aplicación de plaguicidas en fincas cafeteras certificadas, se observa una relación negativa de este impacto con la certificación, en todos los casos a excepción del esquema FT+CPr se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 70), lo que indica que las fincas sin certificación proporcionan a sus empleados un mayor número de EPP en comparación a sus homólogas certificadas, lo que sugiere la inexistencia de un efecto generado por la certificación sobre estas fincas respecto a este indicador.

Tabla 72. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre el uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	3,00	-1,680	0,166	-10,100	<0,001	-2; -1,4 ***
4C	4,90	0,814	0,281	2,897	0,004	0,3; 1,4 **
CPr	3,40	-0,658	0,229	-2,872	0,004	-1,1; -0,2 **
CPr+Utz	2,93	-0,597	0,222	-2,690	0,007	-1; -0,2 **
FT	3,60	-0,826	0,245	-3,376	<0,001	-1,3; -0,3 ***
FT+CPr	2,67	0,139	0,199	0,695	0,487	-0,3; 0,5
Org	0,23	-3,096	0,338	-9,160	<0,001	-3,8; -2,4 ***
RA	4,40	-1,216	0,223	-5,459	<0,001	-1,7; -0,8 ***
RA+CPr	3,90	-1,300	0,256	-5,082	<0,001	-1,8; -0,8 ***
RA+FT	2,57	-3,880	0,329	-11,783	<0,001	-4,5; -3,2 ***
RA+FT+CPr	3,90	-2,776	0,249	-11,157	<0,001	-3,3; -2,3 ***
RA+FT+Utz+CPr	1,40	-4,188	0,323	-12,973	<0,001	-4,8; -3,6 ***
RA+Utz+CPr	2,13	-2,549	0,227	-11,209	<0,001	-3; -2,1 ***

Códigos de significancia: ‘***’ 0.001 , ‘**’ 0.01 , ‘*’ 0.05 , ‘.’ 0.1

La exigencia del uso obligatorio de EPP para todas las personas que aplican agroquímicos en la caficultura certificada corresponde a un criterio o elemento regulatorio definido con una exigencia “Fuerte” en general para las diversas normas o estándares voluntarios de sostenibilidad (Dietz *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2018b). Los factores que pueden incidir en la no utilización de los EPP corresponden a un bajo nivel educativo del propietario y los empleados, falta de recursos económicos para comprar los EPP necesarios, falta de capacitación e información referida al manejo de pesticidas (Zapata y Nauges, 2015). Sin embargo, en este estudio se ha evidenciado que las utilidades, el nivel educativo y la capacitación en manejo de agroquímicos de los caficultores certificados es superior al de los caficultores sin certificación.

5.1.1.5.4.3.2 Impacto de los programas de certificación adoptados por fincas cafeteras sobre la presencia la señalización de seguridad en los lugares de trabajo.

El indicador de señalización evaluado evidencia que la certificación presenta una relación estrecha con la seguridad en los lugares de trabajo en las fincas cafeteras. Los programas 4C,

CPr, CPr+Utz, FT, FT+CPr, Org, RA+CPr y RA+FT+CPr presentan diferencias estadísticamente significativas con sus equivalentes sin certificación en favor de las fincas certificadas a excepción del programa Org que presenta un valor negativo en efecto del tratamiento (Tabla 73). El orden de cada programa o esquemas de certificación según la magnitud de impacto se presenta a continuación:

$$\text{CPr} > 4\text{C} > \text{FT} > \text{RA+FT+CPr} > \text{FT+CPr} > \text{RA+CPr}$$

Tabla 73. Efecto promedio del tratamiento en los tratados sobre la presencia de señalización de seguridad en los lugares de trabajo

Certificación	Mean	ATET	StdError	z	Pr(> z)	2.5; 97.5%
Con certificación	1,42	0,197	0,073	2,720	0,007	0,06; 0,34 **
4C	0,70	0,503	0,118	4,280	<0,001	0,3; 0,7 ***
CPr	1,07	0,579	0,102	5,665	<0,001	0,38; 0,78 ***
CPr+Utz	1,10	0,215	0,096	2,240	0,025	0,03; 0,4 *
FT	1,37	0,433	0,103	4,201	<0,001	0,23; 0,64 ***
FT+CPr	0,53	0,408	0,081	5,056	<0,001	0,25; 0,57 ***
Org	1,03	-0,410	0,134	-3,050	0,002	-0,7; -0,1 **
RA	1,17	-0,005	0,090	-0,050	0,960	-0,18; 0,17
RA+CPr	1,10	0,236	0,104	2,271	0,023	0,03; 0,44 *
RA+FT	2,53	0,019	0,142	0,136	0,892	-0,3; 0,3
RA+FT+CPr	2,37	0,419	0,116	3,623	<0,001	0,2; 0,6 ***
RA+FT+Utz+CPr	2,57	-0,160	0,130	-1,237	0,216	-0,4; 0,1
RA+Utz+CPr	1,47	0,132	0,097	1,363	0,173	-0,06; 0,32

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

Es evidente la tendencia del impacto positivo en este indicador con los programas de certificación CPr y FT, estos programas coinciden con el objetivo de mejorar las condiciones de salud y seguridad laboral en los procesos, instalaciones y lugares de trabajo (*Fairtrade*, 2019; Harris, 2016). La señalización de las instalaciones y los lugares de trabajo a campo abierto ofrecen a los empleados espacios seguros para el desarrollo de sus actividades, siempre que estos sigan las indicaciones y reciban capacitaciones relacionadas con la

seguridad y salud en el trabajo, para las diferentes actividades y manejo de herramientas o maquinarias inherentes con la producción cafetera.

5.1.2 Reconocimiento de factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación en fincas cafeteras

Los resultados obtenidos mediante las técnicas de procesamiento de lenguaje natural y regresión binomial se presentan a continuación.

5.1.2.1 Procesamiento de lenguaje natural (PLN)

Para el desarrollo del PLN se aplicaron a los datos obtenidos en la encuesta las técnicas de análisis de sentimientos y nube de palabras. La primera, solo fue aplicada a la pregunta ¿Qué percepción tiene de las certificaciones que lo desmotivan a certificar su finca?, mientras que la nube de palabras fue aplicada a esta pregunta y a la pregunta ¿Cuál fue la razón por la que certificó su finca?

5.1.2.2 Análisis de sentimiento para identificar los factores que restringen la adopción de programas de certificación

La técnica arrojó un 81,5% de respuestas cuya actitud o emoción expresan un sentimiento negativo hacia la adopción de programas de certificación, el 12,5% de los caficultores encuestados no manifestaron un sentimiento direccionado a lo negativo o positivo, por lo que el algoritmo lo consideró neutro y solo el 6% de los caficultores participantes presentan en su respuesta una actitud o emoción positiva frente a la certificación.

En promedio hay un 86% de probabilidades de que estos sentimientos o actitudes sean negativas, 78% en el caso de las positivas y 80% en el caso de las neutras. Las respuestas de los caficultores se categorizaron en 6 motivos o razones por las cuales los caficultores no adoptan programas de certificación. En la tabla 74 se exponen estos motivos, el sentimiento y la frecuencia en que fueron nombrados por los caficultores encuestados.

Tabla 74. Motivos o razones por las que los caficultores no se certifican en el municipio de Pitalito.

Motivo o Razón	Frecuencia	Promedio	
		Score	Sentimiento
Descontento de los caficultores certificados con la compensación económica	81	0,8005	NEG
Inequidad. Beneficios para compradores y exportadores no para el productor	17	0,8004	NEG
Falta de recursos para invertir en adecuaciones y normas	42	0,8012	NEG
Dificultades con las cooperativas o grupos propietarios de la certificación	15	0,8023	NEG
Desconocimiento, falta de interés u otro objetivo con la caficultura	24	0,8016	NEU
Mejor oferta a la calidad de la taza que a la certificación	28	0,7757	POS

En la bolsa de palabras que dio origen a la nube de palabras (figura 6) se registraron 477 palabras entre las que con mayor frecuencia se nombraron “inversión”, “trabajo”, “pagan”, “precio”, “taza”, “calidad”, “tiempo”, “compensar”, “dinero”, “infraestructura”, “económico”, “rentable”, “invertir”, “ingresos”, “esfuerzo”, “beneficios”, “compradores”; que son palabras coincidentes en los principales motivos o razones arrojadas por el análisis de sentimiento.

Las respuestas proporcionadas por los caficultores abordaron una variedad de razones que luego de homologarse, se redujeron a los motivos o razones anteriormente expuestos. El motivo que presento mayor frecuencia de respuesta por parte de los caficultores fue el descontento de los caficultores certificados con la compensación económica (39%), pues argumentan dedicar más horas de trabajo en el cultivo y hacer una inversión significativa con el objetivo de dar cumplimiento a las exigencias de los estándares, que no es compensado con

se determinó en la evaluación del impacto de la certificación sobre la probabilidad de pobreza de los caficultores.

La mejor oferta de compra del café producido bajo el criterio de la calidad de la taza en comparación con la oferta sobre la certificación es un fenómeno que se ha presentado en los últimos años y que afecta el interés por la adopción de estándares voluntarios de sostenibilidad, de tal manera que fue el motivo con la tercer mayor frecuencia de nombramiento en la encuesta aplicada a los productores no certificados (13,5%). A este motivo obedecen respuestas como: “Me preocupo más por mejorar la puntuación de la calidad de taza, porque así gano más” o “me enfoco en obtener una buena puntuación en la calidad de taza para que me paguen a mejor precio mi café, en la certificación no se fijan”.

El desconocimiento, la falta de interés o el tener otro objetivo con la caficultura por parte del propietario fue la cuarta razón que con mayor frecuencia nombraron los caficultores (11,6%). “No tengo claro qué significa estar certificado, ni de qué me sirve estarlo” o “No me ha interesado porque hago esto de la caficultura porque la finca produzca algo, pero no para vivir de ella” son ejemplos de respuestas clasificadas en esta categoría.

La inequidad en el beneficio económico fue la quinta razón con mayor frecuencia expresada por los caficultores (8,2%). Los caficultores manifiestan que los beneficios económicos son significativos en una proporción desigual para los productores con respecto a los compradores y/o exportadores. Respuestas como “Solo se benefician los compradores y exportadores, porque el café lo compran por calidad de taza y no por certificación, pero ellos si lo venden certificado” o “La certificación solo beneficia bien a los vendedores de café, mientras los cafeteros somos quienes hacemos el mayor esfuerzo”, evidencia relación de este motivo con otros motivos que restringen la adopción de programas de certificación.

Finalmente, el sexto motivo que con mayor frecuencia informaron los caficultores fue la dificultad con las cooperativas o grupos propietarios de la certificación (7,2%), debido a que en la región han proliferado los emprendimientos de los caficultores que sacan al mercado su café tostado para comercializarlo directamente con el consumidor. Sin embargo, a pesar de

estar certificados por medio del grupo asociativo o la cooperativa de caficultores, los derechos de propiedad de la certificación les impiden imprimir los sellos de certificación en los empaques de sus productos, lo que teóricamente le proporcionaría un valor agregado a su producto. Respuestas que representan esta categoría son: “los sellos no me los dejan usar en el café de la finca. Solo son de la cooperativa que lo certifica” o “Sale muy caro y si me certifico por cooperativa solo ellos pueden usar los sellos”.

5.1.2.3 Factores que estimulan la adopción de programas de certificación

La nube de palabras que obedece a la bolsa de palabras de las respuestas a la pregunta ¿Cuál fue la razón por la que certificó su finca? expuesta en la figura 7, indica que las palabras nombradas con mayor frecuencia son: “mejorar”, “calidad”, “ingresos”, “conciencia”, “organizar”, “precio”, “económico”, “sobrepeso”, “incentivo”, “ambiente”, “hogar”, “pago”, “procesos”, “vender” entre otras, todas ellas con una fuerte relación al beneficio económico que les puede generar la adopción de estándares voluntarios de sostenibilidad.

Figura 7. Nube de palabras: motivos o razones por las cuales adoptan programas de certificación.

Motivo o Razón	Frecuencia	%
Aumento en los ingresos a causa del sobre precio otorgado a la certificación	306	85
Organizar la finca y mejorar las instalaciones	107	30
Interés de mejorar la calidad del café producido	41	11,3
La conciencia ambiental y sostenible del caficultor	127	35
Poder acceder a los programas de capacitación que ofrecen	16	12
		214

Admiración por fincas certificadas que son ejemplo en la región	14	3,8
Aumentar la valorización de la finca	14	3,8

El motivo que presento mayor frecuencia de respuesta por parte de los caficultores correspondió a el aumento de los ingresos a causa del sobre precio otorgado a la certificación, motivo nombrado por el 85% de los caficultores certificados que participaron en esta encuesta. El aumento de los ingresos es el factor que principalmente estimula a los caficultores a adoptar los estándares voluntarios de sostenibilidad y adicionalmente les permita un acceso a nuevos mercados (Caviedes y Amaya, 2020), doblando en proporción de frecuencia al factor “conciencia ambiental del caficultor” que lo relaciona positivamente con una buena conducta ambiental en la gestión de la finca (Giuliani *et al*, 2017) y casi triplicando el “interés de organizar la finca y mejorar las instalaciones”. El interés por mejorar la calidad del café y acceder a programas de capacitación se evidencian como un motivo propio de agricultores que exclusivamente dedican sus esfuerzos a la producción de café y conocen que la calidad de la taza puede influenciar de manera superior a la certificación el precio pagado por su café u orientarse a canales de venta de iniciativas industriales (Suárez *et al*, 2021). Finalmente, es claro que los caficultores encuestados no ven la adopción de programas de certificación como un componente que puede generar mayor valorización a su propiedad, sin embargo, en la misma proporción afirman admirar aquellas fincas que adoptan esquemas de certificación y son reconocidas en la región por su gestión dirigida a la sostenibilidad.

5.1.2.4 Otros factores que estimulan o restringen la adopción de programas de certificación.

La prueba de regresión logística binomial realizada sobre el grupo de entrenamiento arrojó el modelo con el número de variables optimo, mediante el criterio de búsqueda AIC. El resultado de esta salida se presenta a continuación en la tabla 76.

Tabla 76. Iteraciones sobre los datos del grupo de entrenamiento por el método *Stepwise* con criterio de búsqueda por AIC.

ITERACIÓN

Campo	1	2	3	4	5	6	7
Área café	+	+	+	+	+	+	+
Área finca	+	+	-	-	-	-	-
Asociación	+	+	+	+	+	+	+
Edad	+	-	-	-	-	-	-
Nivel educativo	+	+	+	+	+	+	+
Índice Capacitación	+	+	+	+	-	-	-
IPP	+	+	+	+	+	+	+
% área de café	+	+	+	+	+	+	-
Producción	+	+	+	+	+	+	+
Propietario	+	+	+	+	+	+	+
Sexo	+	+	+	-	-	-	-
TDCH	+	+	+	+	+	-	-
AIC	475,08	468,95	467,01	465,31	463,83	462,68	462,25

De acuerdo con este resultado se determina que las principales variables explicativas son: Área de cultivo de café, participación en grupos asociativos, Nivel educativo, Índice de probabilidad de pobreza (IPP), Propiedad de la finca y Productividad (Tabla 77). De acuerdo con esto se realiza el ajuste del modelo reducido.

Call:

```
glm(formula = Certificacion ~ Asociacion + Propietario + Educ_sup + Ipp + Area_cafe +
Produccion, family = binomial, data = train.data)
```

Tabla 77. Efecto del tratamiento en los tratados en variables explicativas

Coefficients:					
	ATET	Std_Error	z_value	Pr(> z)	
(Intercept)	-2.857098	0.951235	-3.004	0.002668	**
Asociacion1	1.940779	0.246904	7.860	0.000000000000000383	***
Propietario1	1.144621	0.534014	2.143	0.032079	*
Educ_sup1	0.678371	0.298414	2.273	0.023011	*

IPP	-0.023882	0.007218	-3.309	0.000938	***
Área_café	0.215314	0.082256	2.618	0.008855	**
Producción	0.062826	0.033934	1.851	0.064108	.

Códigos de significancia: '***' 0.001 , '**' 0.01 , '*' 0.05 , '.' 0.1

El parámetro de dispersión para la familia binomial se considera 1.

Desviación nula: 595,44 en 451 grados de libertad

Desviación residual: 448,25 en 445 grados de libertad

AIC: 462,25

Número de iteraciones de puntuación de Fisher: 5

Con el uso del modelo reducido para la data de entrenamiento se procede a realizar las validaciones de calidad de este (Tabla 78), así:

- Bondad de ajuste (Test de McFadden), superior a 2, Buen valor de ajuste.
Ajuste del modelo nulo para pseudo-r²
McFadden 0.2471906
- Test de multicolinealidad, Multicolinealidad en valores superiores a 5

Tabla 78. Validaciones de calidad

Asociación	Propietario	Educ_sup	IPP	Área café
1.028278	1.043086	1.017894	1.038095	1.033035

- Cálculo de sensibilidad, especificidad, prevalencia, prevalencia de detección, precisión equilibrada y tasa de miss-especificación (Tabla 77).

Tabla 79. Parámetros de validación del modelo reducido

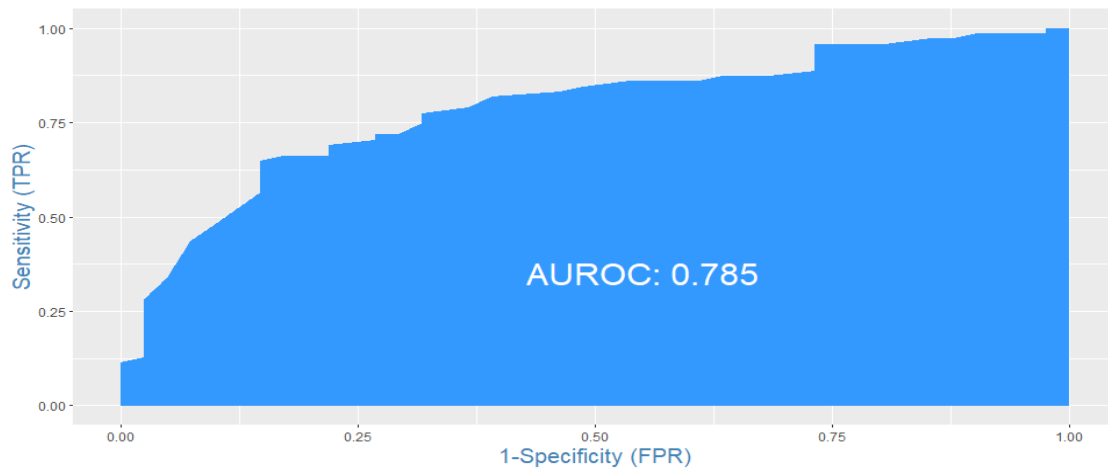
Parámetro	valor
Sensibilidad	0,6512
Especificidad	0,8116
Prevalencia	0,3839
Prevalencia de detección	0,3661

Tasa de miss-especificación	0,2500
Precisión equilibrada	0,7314

- Curva ROC

En la figura 8 se observa la curva ROC que expresa la validación de los elementos de calidad del modelo, a partir de la sensibilidad y especificidad.

Figura 8. Curva ROC para validación de los elementos de calidad del modelo



Dado que se validan los elementos de calidad del modelo se hace el ajuste del modelo de variables reducidas para la data completa (incluyendo los de entrenamiento y de control) (Tabla 80).

Call: glm (formula = Certificación ~ Asociación + Propietario + Educ_sup + Ipp + Area_café + Produccion, family = binomial, data = fact_cert1)

Tabla 80. ATET de variables reducidas para data completa

Coefficients:					
	ATET	Std_Error	z_value	Pr(> z)	
(Intercept)	-2642253	0.826973	-3.195	0.001398	**
Asociacion1	1.965642	0.217653	9.031	<0.0000000000000002	***
Propietario1	0.997887	0.446297	2.236	0.025357	*
Educ_sup1	0.503928	0.260464	1.935	0.053023	.

Coefficients:				
	ATET	Std_Error	z_value	Pr(> z)
IPP	-0.021564	0.006238	-3.457	0.000547 ***
Área_café	0.197346	0.070940	2.782	0.005405 **
Producción	0.061140	0.030645	1.995	0.046029 *

Códigos de significancia: '****' 0.001 , '***' 0.01 , '**' 0.05 , '.' 0.1

El parámetro de dispersión para la familia binomial se considera 1.

Desviación nula: 595,44 en 451 grados de libertad

Desviación residual: 448,25 en 445 grados de libertad

AIC: 462,25

Número de iteraciones de puntuación de Fisher: 5

A continuación, en la tabla 81 se presenta el cálculo de los OR (Odds Ratios) para este modelo de variables reducidas, resultando todos significativos al 95% de confianza.

Tabla 81. Valores de los Odds Ratios (OR)

	OR	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	0.07120065	0.01341636	0.3468856
Asociacion1	7.13949180	4.69619688	11.0387346
Propietario1	2.71254410	1.17118458	6.8616869
Educ_sup1	1.6521093	0.99967595	2.7822466
IPP	0.97866730	0.96661442	0.9905969
Área café	1.21816570	1.06544504	1.4071793
Producción	1.06304791	1.00204211	1.1304796

De acuerdo con esto se puede afirmar que la probabilidad de adoptar una certificación es 7,1 veces mayor para las fincas que están inscritas a una asociación frente a aquellas que no lo están. Así mismo, esta probabilidad es 2,7 veces mayor si el caficultor es el propietario de la finca, de igual manera se puede establecer que la probabilidad de tener una certificación se incrementa en un 21.8% por cada hectárea de café cultivado y finalmente se puede estimar que la probabilidad se incrementa en un 65,5% para aquellas fincas que tienen educación en

secundaria, técnica y superior, frente a registros que tienen niveles educativos de primaria y educación básica. Finalmente, la productividad de la finca representa otro factor que incrementa la probabilidad de adoptar un programa de certificación, estimándose que, por cada carga de café adicional por encima del promedio, se incrementa la probabilidad en un 6%. En cuanto a factores atenuantes se establece que la probabilidad de tener una certificación se disminuye en un 3% por cada punto porcentual que se aumente el índice de pobreza IPP.

5.1.3 Comparación del impacto ambiental de esquemas que incluyen múltiples programas de certificación, definiendo su eficiencia ecológica y socioeconómica que argumenten la viabilidad de dicha práctica.

Los resultados con los CMD_c obtenidos a partir del ACP para cada componente y los IIA_c e $IIAI$ generados, se presentan a continuación:

5.1.3.1 Conjuntos Mínimos de Datos

Luego de aplicar de manera individual el ACP a CMD_{eco} (17 indicadores), CDM_{ecn} (7 indicadores) y CMD_{soc} (11 indicadores) se determinaron tres componentes principales (CP) con eigenvalores >1 en cada CMD.

Para el CMD_{eco} del que obtiene una varianza acumulada de 85,79 (Tabla 82), los ATET de fertilizantes aplicados (N, P_2O_5 , K_2O) y de Cantidad de DL_{50} de plaguicidas aplicados, conforman el primer grupo que presenta una varianza acumulada de 42,54 y en el que la cantidad de P_2O_5 presenta el mayor valor normal (2,37) y se encuentra correlacionado con los otros indicadores (Tabla 83), por lo cual se seleccionó P_2O_5 para representar el primer componente principal. Sin embargo, dada la exigencia de los programas de certificación en reducir el uso de plaguicidas y prohibir el uso de agroquímicos peligrosos considerada como un tema regulatorio “Fuerte” (Dietz *et al*, 2018) y a que el impacto definido como “Disminución del uso de agroquímicos (pesticidas)” fue el segundo impacto nombrado con mayor frecuencia en la lista maestra de impactos, se seleccionó también el indicador de impacto Cantidad de DL_{50} en

plaguicidas aplicados por hectárea en un año como representante del primer componente principal.

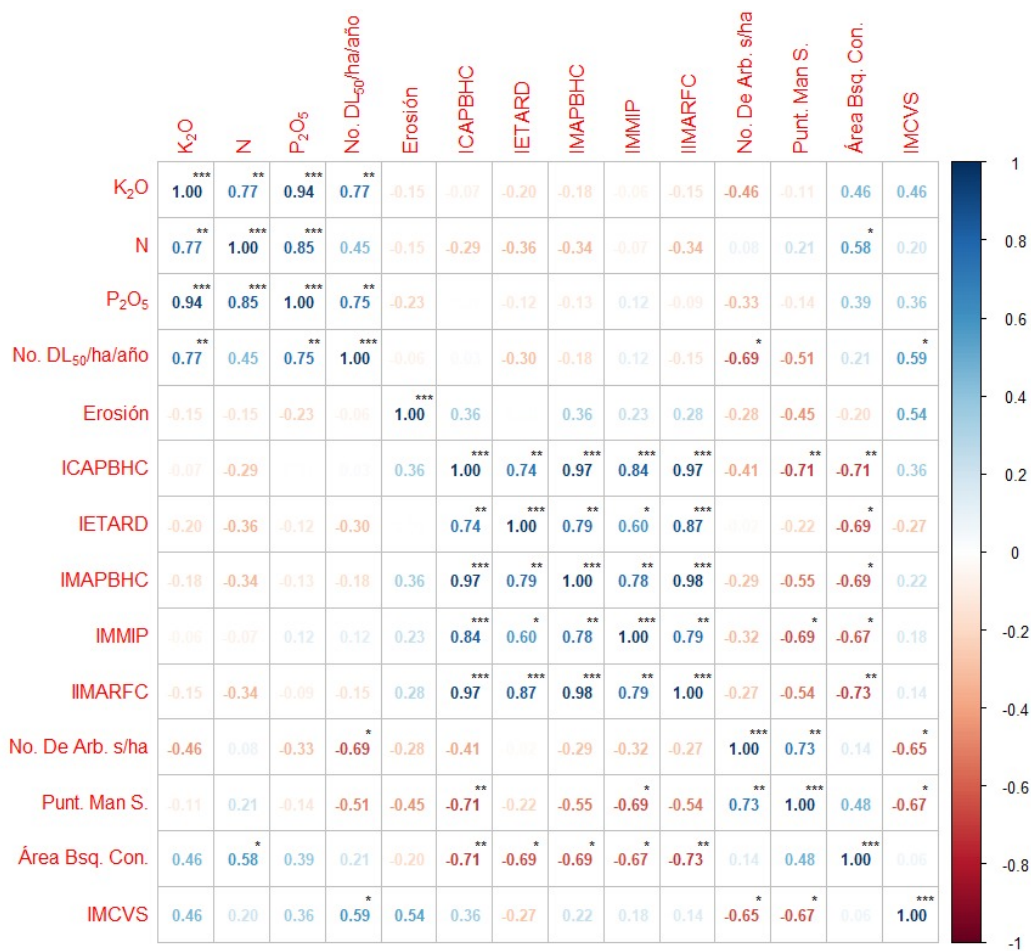
Tabla 82. CP de los indicadores de impacto ecológico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Parámetro	Agrupamiento	Componente Principal			Valor Normal
		1	2	3	
K ₂ O	1	0,861	-0,247	0,249	2,41
N	1	0,833	0,099	0,180	2,27
P ₂ O ₅	1	0,829	-0,166	0,494	2,37
No. DL ₅₀ /ha/año	1	0,796	-0,347	-0,121	2,29
Erosión	2	-0,091	-0,453	-0,718	1,49
ICAPBHC	2	-0,302	-0,930	0,141	2,28
IETARD	2	-0,550	-0,525	0,570	2,08
IMAPBHC	2	-0,480	-0,798	0,231	2,26
IMMIP	2	-0,116	-0,845	0,133	1,96
IIMARFC	2	-0,468	-0,810	0,310	2,28
No. De Arboles					
sembrados/ha	3	-0,479	0,672	0,375	2,08
Punt. manejo de sombra	3	-0,256	0,732	0,465	1,93
Área de bosque conservado	3	0,678	0,444	-0,141	2,10
IMCVS	3	0,544	-0,485	-0,481	1,96
Eigenvalores		7,232	5,218	2,135	
Varianza (%)		42,543	30,692	12,559	
Varianza acumulada		42,543	73,235	85,794	

En la segunda agrupación estuvieron retenidos los indicadores de Erosión, ICAPBHC, IETARD, IMAPBHC, IMMIP y IIMARF. Los indicadores IIMARFC e ICAPBHC presentan el mismo valor normal (2,28) que corresponde al valor más alto de este grupo y presentan correlación con los otros indicadores. Sin embargo, se seleccionó IIMARFC debido a la fuerte relación de ICAPBHC para la estimación de IIMARFC. Los indicadores de árboles sembrados por hectárea, manejo de sombra, área de bosque conservado y el IMCVS conforman el tercer CP, que representó el 12,55% de la varianza. Se seleccionó el indicador

de número de árboles silvestres o frutales sembrados por hectárea de la finca debido a que presenta el valor normal más alto (2,08) y a que todos los ATET de este indicador presentaron diferencias estadísticamente significativas. Finalmente, el CMD_{eco} incluyó como indicadores a la cantidad de P₂O₅ aplicado por hectárea en un año, la cantidad de DL₅₀ en plaguicidas aplicados por hectárea en un año, el IIMARFC y el número de árboles silvestres o frutales sembrados por hectárea de la finca, lo que expone la integralidad y representatividad de los impactos ecológicos generados por la certificación en fincas cafeteras de la zona de estudio. El análisis de componentes principales realizado al conjunto mínimo de datos de los indicadores de impacto del componente ecológico CMD_{eco} expone una fuerte correlación entre los indicadores de cada agrupamiento.

Tabla 83. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto ecológico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.



DL₅₀: Dosis letal 50, **ICAPBH**: Índice de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café, **IETARD**: Índice de eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas, **IMAPBHC**: Índice de manejo de aguas en el proceso de beneficio húmedo del café, **IMMIP**: Índice de medidas para el manejo integrado de las plagas, **IIMARFC**: Índice integral de Manejo de Aguas Residuales de la Finca Cafetera, **No. Arb. s/ha**: Número de árboles sembrados por hectárea, **Punt. Man S**: Puntaje manejo de sombra, **Área Bsq. Con**: Área de bosque conservado (ha), **IMCVS**: Índice de medidas para la conservación de la vida silvestre.

El CMD_{ecn} presenta una varianza acumulada de 81,57 (Tabla 84), de este, la primera agrupación está constituida por el indicador de producción y expansión de tierras con un porcentaje de varianza de 46,31%. Estos indicadores presentan correlación y el mayor valor normal (1,65) pertenece a expansión de tierras destinadas a la caficultura. En un segundo grupo solo se acomoda el indicador de utilidad con un valor normal de 0,98. La tercera agrupación está conformada por los indicadores de TDCH, el acceso al crédito y el IPP que representan el 20,6% de la varianza total. En este grupo se seleccionó el IPP por presentar correlación con los otros indicadores (Tabla 85) y un alto valor normal, además de haber presentado diferencias estadísticamente significativas en los ATETs en más del 80% de los grupos de tratamiento. El ACP arrojó una cuarta agrupación en el que el indicador de precio de carga pagado fue el único indicador constituyente con un valor normal de 1,50. El CMD_{ecn} obtenido en este ACP se conformó con los siguientes indicadores: expansión de tierras destinadas a la caficultura, utilidad, TDCH y IPP.

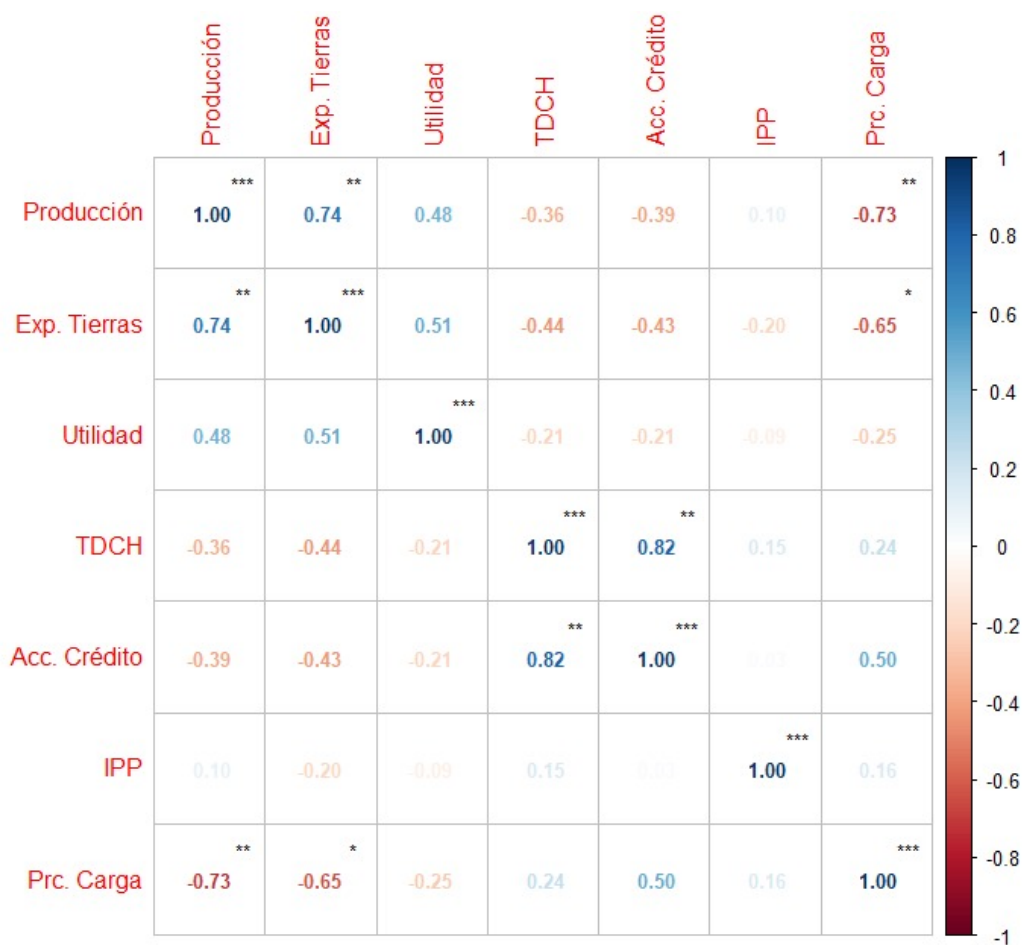
Tabla 84. CP de los indicadores de impacto económico de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Parámetro	Agrupamiento	Componente Principal			Valor Normal
		1	2	3	
Producción	1	0,81195	-0,40402	0,148079	1,55
Expansión de tierras	1	0,913344	-0,11072	0,06892	1,65
Utilidad	2	0,246993	-0,70891	-0,16657	0,98
TDCH	3	-0,68445	-0,57924	-0,03487	1,22
Acceso al crédito	3	-0,72051	-0,51499	-0,28169	1,35
IPP	3	-0,23884	-0,29266	0,9219	1,33
Precio de carga	4	-0,80188	0,290754	0,185418	1,50
Eigenvalores		3,242	1,449	1,019	

Varianza (%)	46,316	20,699	14,561
Varianza acumulada	46,316	67,015	81,576

Los indicadores seleccionados mediante este análisis de componentes principales presentan una fuerte correlación con los otros indicadores del CMD_{eco} y de manera integral representan los efectos económicos de la certificación en fincas cafeteras en el municipio de Pitalito.

Tabla 85. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto económico de la certificación de fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.



Exp. Tierras: Expansión de tierras destinadas a caficultura, **TDCH:** Tasa de dependencia al café del hogar, **Acc. Crédito:** Diversidad de opciones para acceder al crédito, **IPP:** Índice de probabilidad de pobreza, **Prc Carga:** Precio por carga.

El ACP para el CMD_{soc} arrojó una varianza acumulada de 89,17 (Tabla 86), en el que se establecieron cuatro agrupaciones. La primera agrupación está constituida por los indicadores de valor del jornal en periodos de no cosecha y el valor del jornal en periodos de cosecha, siendo este último el indicador con un mayor valor normal (2,18), por lo cual, fue seleccionado el de habitabilidad de las instalaciones ofrecidas a los empleados, equipos de protección personal para manejo y aplicación de plaguicidas y señalización de instalaciones y áreas de trabajo; siendo el indicador de equipos de protección personal para manejo y aplicación de plaguicidas el seleccionado por presentar el mayor valor normal (2,21) y alta correlación con los otros indicadores (Tabla 87).

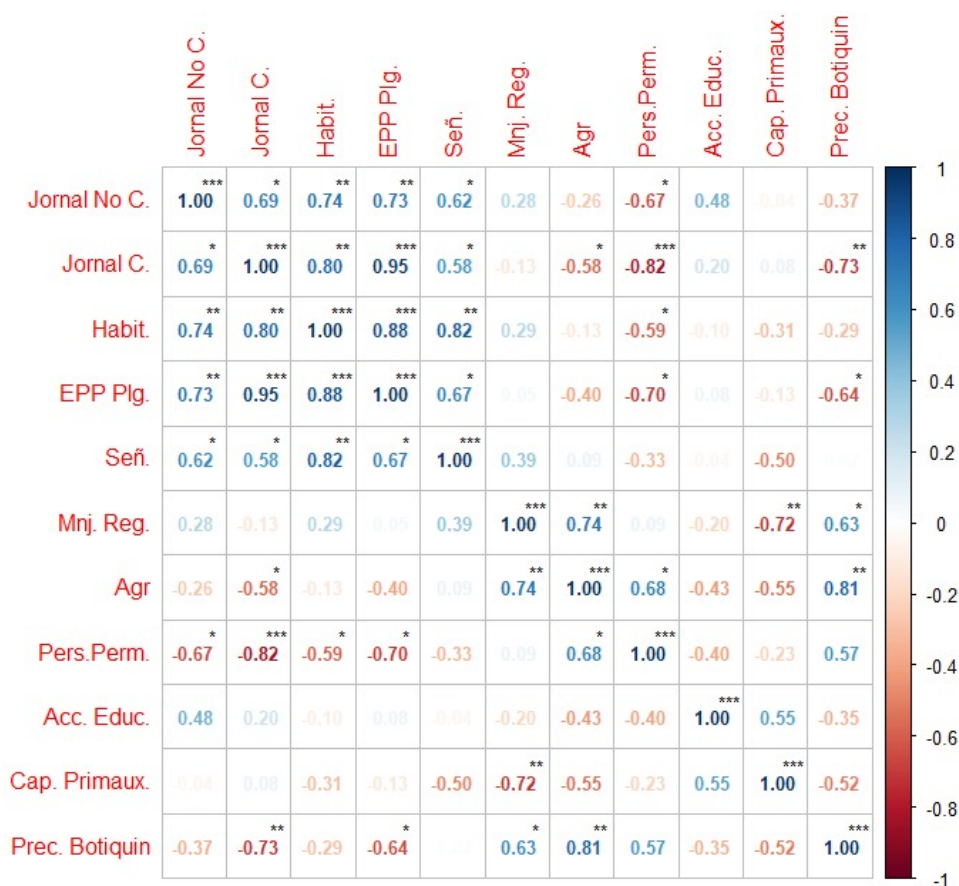
Tabla 86. CP de los indicadores de impacto social de la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.

Parámetro	Agrupamiento	Componente Principal			Valor Normal
		1	2	3	
Jornal no cosecha	1	0,864	-0,187	-0,249	2,01
Jornal cosecha	1	0,950	0,189	-0,004	2,18
Habitabilidad	2	0,880	-0,335	0,027	2,09
EPP plaguicidas	2	0,973	-0,034	0,102	2,21
Señalización	2	0,720	-0,563	-0,115	1,94
Manejo de registros	3	0,139	-0,869	-0,343	1,67
Agremiación	3	-0,476	-0,792	-0,165	1,82
Personal permanente	3	-0,732	-0,427	0,311	1,87
Acceso educación	4	-0,192	0,291	-0,918	1,25
Capacitación primaux	4	-0,250	0,863	-0,305	1,72
presencia botiquín	4	-0,617	-0,677	-0,200	1,89
Eigenvalores		5,152	3,355	1,303	
Varianza (%)		46,832	30,499	11,846	
Varianza acumulada		46,832	77,331	89,177	

El tercer grupo se conformó con los indicadores de manejo de registros, personal permanente y participación en organizaciones de productores o cooperativas, donde este último presento además de correlación con los indicadores de su grupo, un alto valor normal y diferencias

significativas en todos los grupos de tratamiento, razón por la cual fue seleccionado en esta agrupación. Por su parte, el cuarto grupo se integró por los indicadores de acceso a programas de educación, capacitación en primeros auxilios y presencia de botiquín de primeros auxilios en las instalaciones de la finca; arrojando este último el valor normal superior en la agrupación (1,89). Finalmente, el CMD_{soc} se conformó con los siguientes indicadores: valor del jornal en periodos de cosecha, condiciones de habitabilidad de las instalaciones ofrecidas a los empleados, manejo de registros y presencia de botiquín de primeros auxilios en las instalaciones de la finca. El grupo de indicadores seleccionados para este CMD_{soc} presentan una fuerte correlación con los otros indicadores y representan los impactos económicos de los programas y esquemas de certificación en fincas cafeteras en el municipio de Pitalito.

Tabla 87. Matriz de correlación de Pearson de indicadores de impacto social de la certificación de fincas cafeteras del municipio de Pitalito – Huila.



Jornal No C: salario de jornal en periodo de no cosecha, **Jornal C:** salarios de jornal en periodos de cosecha, **Habit:** habitabilidad de las instalaciones destinadas a alojar a los recolectores, **EPP Plg:** cantidad de equipos de

protección personal para el manejo y aplicación de plaguicidas, **Señ**: Señales de peligro en instalaciones y lugares de trabajo, **Mnj Reg**: manejo de registros, **Agr**: participación en agremiaciones de caficultores y/o cooperativas, **Pers. Perm**: Personal permanente contratado, **Acc. Educ**: Acceso a la educación formal, **Cap. Primaux**: capacitación sobre primeros auxilios, **Pre. Botiquín**: presencia de botiquín en áreas de trabajo.

5.1.3.2 Índices de Impacto Ambiental por componente (IIA_c)

Luego de estandarizar los datos de los indicadores de cada CMD_c y determinar los pesos se calculó el IIA de cada componente.

Índices de Impacto Ambiental Ecológico (IIA_{eco})

Los IIA_{eco} evidencian un impacto superior categorizado como “Alto” del programa Org (Tabla 88), basado en la prohibición del uso de agroquímicos de este programa y de la recuperación forestal de áreas de la finca, sin dejar atrás un excelente manejo de las aguas residuales domésticas y aguas del proceso beneficio del café. En la misma categoría está los esquemas RA+FT y RA+Utz+CPr, pero con un índice más cercano al moderado, que basan su categoría en la poca aplicación de plaguicidas y la plantación de especies forestales en la finca. No obstante, presentan un alto uso de fertilizantes.

Tabla 88. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente ecológico y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.

Componente Ecológico						
Certificación	P ₂ O ₅	No. DL ₅₀ /ha/año	IIMARFC	No. De Arb. s/ha	IIA _{eco}	Categoría
Org	1,000	1,000	0,923	1,000	0,984	Alto
RA+FT	0,221	0,900	0,662	0,990	0,672	Alto
RA+Utz+CPr	0,130	0,900	0,831	0,892	0,663	Alto
RA+FT+CPr	0,883	0,213	0,527	0,917	0,621	Moderado
FT	1,000	0,105	0,720	0,487	0,574	Moderado
RA+FT+Utz+CPr	0,251	0,583	0,412	0,910	0,519	Moderado
RA	0,209	0,392	0,822	0,521	0,456	Moderado
CPr	0,100	0,210	0,975	0,711	0,444	Moderado
RA+CPr	0,453	0,117	0,757	0,496	0,428	Moderado

Componente Ecológico						
Certificación	P₂O₅	No. DL₅₀/ha/año	IIMARFC	No. De Arb. s/ha	IIA_{eco}	Categoría
FT+CPr	0,150	0,157	1,000	0,611	0,427	Moderado
CPr+Utz	0,149	0,321	0,779	0,587	0,423	Moderado
4C	0,371	0,134	0,675	0,364	0,364	Moderado
Peso (W)	0,290	0,290	0,210	0,210		
Eigenvalor	7,232	7,232	5,218	5,218		

Los otros 9 programas y esquemas de certificación se clasifican de acuerdo con su IIA_{eco} en la categoría “Moderado” donde es evidente la gestión de recuperación forestales dentro de la finca y el manejo adecuado de las aguas residuales generadas en el benéfico húmedo del café y en el hogar. Sin embargo, estos programas muestran aplicar cantidades considerables de agroquímicos en comparación con el programa y los esquemas categorizados como “Alto” a excepción del programa FT y el esquema RA+FT+CPr que aplican bajas proporciones de fertilizante, pero alta toxicidad con plaguicidas en comparación con sus homólogas sin certificación.

Índices de Impacto Ambiental Económico (IIA_{ecn})

En el componente económico se observa nuevamente una relación positiva entre la certificación Org y los indicadores de este componente que se fundamentan principalmente en el precio al que pagan al caficultor la carga de café y en que su gestión agrícola es intensificada en un área específica sin expandir áreas de cultivo (Tabla 89). Sin embargo, presentan un impacto más reducido en la utilidad al compararse con los impactos de los otros esquemas y su IPP no muestra diferencias significativas con respecto a sus similares no certificadas. Por su parte, el programa FT y el esquema RA+Utz+CPr también presentan una categoría de impacto económico “Alto” sustentada en una intensificación del cultivo sin aumentar el área de producción, en bajos IPP comparados con sus equivalentes sin certificación y en un impacto alto en el precio al que vende el café, aunque solo represente 60% del impacto de Org, pero con un impacto reducido en la utilidad que les deja la producción de café.

Tabla 89. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente económico y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.

Componente Económico						
Certificación	Exp. tierras	Utilidad	IPP	Precio carga	IIA_{ecn}	Categoría
Org	1,000	0,257	0,273	1,000	0,797	Alto
FT	1,000	0,094	0,911	0,651	0,717	Alto
RA+Utz+CPr	0,987	0,168	0,934	0,568	0,696	Alto
FT+CPr	1,000	0,076	0,499	0,520	0,620	Moderado
CPr	1,000	0,055	0,493	0,518	0,615	Moderado
CPr+Utz	1,000	0,120	0,631	0,422	0,606	Moderado
4C	1,000	0,522	0,000	0,440	0,606	Moderado
RA+CPr	0,448	0,570	1,000	0,497	0,548	Moderado
RA+FT+CPr	0,409	1,000	0,653	0,173	0,447	Moderado
RA+FT+Utz+CPr	0,616	0,239	0,688	0,000	0,340	Bajo
RA	0,324	0,145	0,328	0,234	0,263	Bajo
RA+FT	0,294	0,238	0,900	0,017	0,254	Bajo
Peso (W)	0,362	0,162	0,114	0,362		
Eigenvalor	3,242	1,449	1,019	3,242		

Seis programas y esquemas se ubicaron en la categoría de impacto “Moderado” aunque con valores del IIA cercanos a la categoría “Alto” con excepción del esquema RA+FT+CPr que, por el contrario, se acerca más a la categoría de impacto “Bajo”. Estos programas tienen una notable relación con la certificación CPr y fundamentan la categoría en efectos considerables de la certificación o las certificaciones en el precio al que venden su café, el cual puede relacionarse con la calidad de la taza. En los programas y esquemas de esta categoría se observa una relación contradictoria entre el precio al que venden el café y la utilidad generada, dado que los esquemas RA+FT+CPr y RA+CPr presentan impactos bajos en el precio del café, pero impactos altos y moderados respectivamente en las utilidades.

El programa RA+FT a pesar de presentar los mejores impactos ecológicos, presenta los impactos económicos más bajos, solo fortalecido positivamente en el impacto sobre IPP que indica que tienen menos probabilidades de estar por debajo de la línea de pobreza nacional

que sus homólogas no certificadas. Sin embargo, el impacto sobre el precio al que fue pagado el café no presenta diferencias estadísticamente significativas respecto a sus similares sin certificación. Por otra parte, el esquema de multicertificación presentó un valor negativo en su efecto bajo el indicador de precio del café, pero no presentó diferencias significativas con sus equivalentes no certificadas en este indicador y en el de utilidad. Este esquema demuestra tener menores probabilidades de estar por debajo de la línea de pobreza que las fincas con que se comparó.

Índices de Impacto Ambiental Social (IIA_{soc})

El índice de impacto social de la certificación en las fincas cafeteras del municipio de Pitalito expone al esquema FT+CPr con el efecto social mayor, en la categoría “Alto” respecto a sus equivalentes no certificadas (Tabla 90). Este efecto se sustenta en el empleo justo, desde el indicador de salarios, con un pago superior a los empleados durante los periodos de cosecha y en la seguridad y salud laboral, bajo el indicador de uso de equipos de protección personal (EPP) para el manejo y aplicación de plaguicidas. No obstante, en este último macroindicador también presenta un impacto de baja intensidad, respecto al ofrecimiento de botiquín de primeros auxilios en las instalaciones y otros lugares de trabajo en la finca. En la misma categoría y fundamentado de manera similar, se presenta el impacto social para el esquema CPR+Utz. De igual manera, el programa 4C presenta un IIA_{soc} que lo ubica en la categoría de impacto Alto, basado en el efecto sobre los macroindicadores de seguridad y salud en el trabajo y la participación en redes y cooperativas de caficultores.

Tabla 90. Valores estandarizados de indicadores, IIA del componente social y categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación.

Componente Social						
Certificación	Jornal cosecha	EPP plag	Agremiación	Botiquín	IIA _{soc}	Categoría
FT+CPr	1,000	1,000	0,497	0,297	0,762	Alto
CPr+Utz	1,000	1,000	0,242	0,262	0,705	Alto
4C	0,568	1,000	0,569	0,428	0,671	Alto
CPr	0,154	0,907	0,688	0,463	0,548	Moderado
FT	0,099	0,723	0,648	0,633	0,501	Moderado
RA+FT	0,025	0,154	1,000	1,000	0,449	Moderado

RA+CPr	0,270	0,459	0,532	0,585	0,441	Moderado
RA+FT+CPr	0,034	0,215	0,685	0,929	0,394	Moderado
RA	0,057	0,491	0,712	0,417	0,389	Moderado
RA+FT+Utz+CPr	0,023	0,143	0,788	0,791	0,361	Moderado
RA+Utz+CPr	0,053	0,234	0,434	0,439	0,259	Bajo
Org	0,039	0,193	0,355	0,367	0,213	Bajo
Peso (W)	0,303	0,303	0,197	0,197		
Eigenvalor	5,152	5,152	3,355	3,355		

Los programas CPr y FT presentan un efecto de la certificación categorizado como “Moderado”, pero notablemente superior a los otros programas y esquemas con efectos sociales que los clasifican en la misma categoría de impacto. Estos dos esquemas basan su categoría principalmente en el efecto de sus certificaciones sobre los indicadores de participación en redes y cooperativas de caficultores y en la seguridad y salud laboral, pero presentan poco efecto en el salario pagado a empleados en periodos de cosecha.

El esquema RA+FT evidencia un efecto alto en indicadores de participación en redes y cooperativas de caficultores y en el ofrecimiento de botiquín de primeros auxilios en las instalaciones y otros lugares de trabajo en la finca, pero un efecto muy bajo en los indicadores de salario en cosecha y uso de EPP. Similar efecto presenta el programa RA y los esquemas de multicertificación RA+CPr, RA+FT+CPr y RA+FT+Utz+CPr, lo que muestra una relación de estos efectos con los programas RA y CPr que están presentes en estos esquemas.

En este componente el programa Org presenta un menor efecto social, aunque presenta diferencias estadísticamente significativas en los cuatro indicadores sobre sus homólogas no certificadas y a favor de la certificación. Sin embargo, el impacto social positivo generado por este programa es de menor magnitud con respecto a los otros programas y esquemas evaluados en este estudio, lo que se puede originar debido a que este programa no presenta un riguroso componente social y los no tiene criterios sobre seguridad ocupacional dirigidos al manejo de agroquímicos, ya que prohíbe su uso. De igual manera, es muy marcada la diferencia mostrada en el efecto de la multicertificación sobre el salario de

los empleados en periodos de cosecha y la participación en redes de productores con respecto a esquemas de dos certificaciones o de un solo programa.

5.1.3.3 Índice de Impacto Ambiental Integral (IIAI)

El IIAI obtenido para cada programa y esquema de certificación evaluados en este estudio permitió evidenciar que el programa de certificación Org presentó una clasificación en la categoría de impacto alto, siendo el único de los programas evaluados en este estudio con esta categoría (Tabla 91). El programa Org presentó los índices de impacto ambiental ecológico y económico suficientemente altos como para obtener el IIAI superior entre los esquemas evaluados, a pesar de presentar en este estudio el índice de impacto social más bajo.

Las fincas con el programa Org presentan efectos positivos altos en la gestión de las aguas residuales, manejo forestal, biodiversidad y protección de la vida silvestre, además de no utilizar agroquímicos de origen sintético. Así mismo, el efecto de esta certificación es notable en el precio pagado por este café, la diversidad de opciones para acceder al crédito y la reducida extensión de territorio para incrementar la producción de café. Sin embargo, no presenta efectos en aspectos de empleo justo como educación, salarios, condiciones de habitabilidad ofrecidas a los empleados y seguridad ocupacional.

Tabla 91. Categoría de los diferentes programas y esquemas de certificación a partir del IIAI

Certificación	IIA_{eco}	IIA_{ecn}	IIA_{soc}	IIAI	Categoría
Org	0,9838	0,7970	0,2126	0,6644	Alto
FT+CPr	0,4269	0,6196	0,7622	0,6029	Moderado
FT	0,5736	0,7170	0,5015	0,5974	Moderado
CPr+Utz	0,4227	0,6063	0,7050	0,5780	Moderado
RA+Utz+CPr	0,6602	0,6965	0,2592	0,5483	Moderado
4C	0,3643	0,6061	0,6714	0,5473	Moderado
CPr	0,4435	0,6146	0,5481	0,5354	Moderado
RA+FT+CPr	0,6207	0,4468	0,3935	0,4870	Moderado
RA+CPr	0,4280	0,5485	0,4410	0,4725	Moderado
RA+FT	0,6719	0,2537	0,4487	0,4678	Moderado

Certificación	IIA_{eco}	IIA_{ecn}	IIA_{soc}	IIAI	Categoría
RA+FT+Utz+CPr	0,5191	0,3401	0,3615	0,4069	Moderado
RA	0,4560	0,2630	0,3888	0,3692	Moderado
Peso (W)	0,333	0,333	0,333		

Los otros programas o esquemas de certificación se encuentran en la categoría de impacto “Moderado” en esta categoría se logra distinguir dos grupos con IIAI muy similares. Uno de estos grupos está constituido por los programas y esquemas FT+CPr, FT, CPr+Utz, RA+Utz+CPr, 4C y CPr, cuya relación cercana en el efecto de la certificación se fundamenta en el impacto económico, debido a reciben un mejor precio por carga de café que sus homólogas no certificadas y a que los hogares de las fincas con estas certificaciones presentan menor probabilidad de estar por debajo de la línea de pobreza nacional. Estos esquemas también evidencian que las fincas que los adoptan presentan una alta dependencia económica de los ingresos generados por la producción cafetera cuando tienen solo una o dos certificaciones. Así mismo, este grupo de esquemas presentan mejores efectos en las condiciones de habitabilidad de las instalaciones ofrecidas a los empleados y seguridad de los lugares de trabajo. Ecológicamente, este grupo de esquemas presenta los mejores efectos sobre la conservación del agua, pero presentan mayor toxicidad en los agroquímicos que aplican en comparación con sus equivalentes sin certificación.

El otro grupo está conformado por los programas y esquemas RA+FT+CPr, RA+CPr, RA+FT+Utz+CPr, RA+FT y RA, que muestran relativamente mejores efectos ecológicos, pero efectos económicos y sociales más bajos. Este grupo concentra fincas con esquemas de multicertificación, las cuales presenta una menor dependencia económica de la caficultura y bajos índices de probabilidad de pobreza. No obstante, corresponden a esquemas en los que se observa mayor expansión de tierras dedicadas a la caficultura, menor inversión en seguridad y salud ocupacional y reportan salarios para sus empleados menores que los pagados por sus equivalentes sin certificación. En relación con el efecto ambiental de estas certificaciones, este grupo se caracteriza por presentar menos procesos erosivos en sus suelos, menor aplicación de fertilizantes y mayores efectos en procesos de reforestación, pero menores efectos en términos de manejo del recurso hídrico.

5.1.3.4 Eficiencia de la multicertificación

Algunos autores consideran que los programas de certificación no siempre son compatibles o propensos a combinarse con otros programas (Ponte *et al*, 2004; De Fries *et al*, 2017). No obstante, entre el 26 y 45% del área de producción cafetera global fue certificada con uno o más programas (Dietz *et al*, 2018). Esta estrategia de adoptar varios programas en una misma finca permite a los caficultores disponer de múltiples canales comerciales para vender su café a un mejor precio cuando los precios son inferiores a los costos de producción (Van Rijsbergen *et al*, 2016; Rubio, 2024), reduciendo el riesgo de depender de una sola etiqueta (Donovan *et al*, 2020), pero siempre recibirá la prima de precio de solo una de ellas (Bitzer *et al*, 2013; Snider *et al*, 2017).

Cuando la demanda comercial sobre un grupo de etiquetas aumenta, los actores comercializadores del café identifican a productores con cumplimientos preexistentes de requisitos, ya sea por sus buenas prácticas agrícolas o porque ya han adoptado algún programa de certificación, para rápidamente llevarlos a adoptar otra certificación con auge comercial y genera un producto diferenciado (Pierrot *et al*, 2010; Vanderhaegen *et al*, 2018; Dietz *et al*, 2020). La baja eficiencia que pueden presentar las certificaciones múltiples se puede sustentar con el agotamiento de los caficultores debido al incremento de las exigencias que deben cumplir, las auditorias, el tiempo invertido en programas de capacitación y los costos que acarrea como aumento de mano de obra y equipos para mejorar la sostenibilidad de ciertos recursos, sin absolutas garantías de recuperar la inversión por la volatilidad de precios o baja demanda (Ponte *et al*, 2004; Turcotte *et al*, 2014; Rubio, 2024). Así mismo, las asociaciones de caficultores y cooperativas se ven obligados a incluir personal para supervisar la implementación y el cumplimiento de cada programa e incluso incurrir en gastos de auditorías de certificaciones (Grabs, 2018); motivos por los cuales, algunas cooperativas adoptan la estrategia de certificar solo a aquellos miembros, como recompensa a las buenas prácticas de los caficultores que les permite cumplir con las exigencias del programa a cambio de inducir a todos los miembros a cambiar sus prácticas agrícolas (Snider *et al*, 2017; Donovan *et al*, 2020).

En este estudio se ha considerado como multicertificación a un esquema que esté constituido por dos o más programas de certificación. Los esquemas de multicertificación evaluados fueron: RA+CPr, RA+FT, FT+CPr, CPr+Utz, RA+FT+CPr, RA+Utz+CPr y RA+FT+Utz+CPr, los cuales presentaron un valor del IIAI que los clasificó en la categoría de impacto “Moderado”. A continuación, se expondrán los efectos generados por cada programa de certificación en el orden en que se clasificaron según el IIAI:

FT+CPr

Esta combinación presenta un fuerte impacto en la reducción de fertilizantes aplicados, aunque menor efecto en la reducción del proceso de erosión, recuperación forestal y el mayor efecto positivo en el manejo de las aguas residuales y los subproductos generados en el beneficio húmedo. Las fincas de este esquema presentan como efectos adversos la conservación de menos áreas de bosque que las fincas no certificadas y aplican en sus plaguicidas mayor toxicidad, debido a la baja cantidad de medidas implementadas para el manejo de la broca, la roya y las arvenses.

En el componente económico, el esquema muestra un efecto leve en la reducción de la pobreza, estas fincas registran mayor dependencia económica a la producción de café y dentro de los grupos estudiados presenta el cuarto mejor efecto sobre el precio al que vende la carga de café. Sin embargo, no presenta efectos significativos en productividad ni utilidad. En los criterios evaluados sobre el empleo justo, solo muestra diferencias significativas en salarios a empleados ocasionales durante periodos de “no cosecha”. También expone como todos los demás un efecto positivo en el manejo de registros y la participación de agremiaciones y/o cooperativas de caficultores. Es el cuarto esquema con mejor efecto sobre las condiciones de habitabilidad y seguridad en las instalaciones destinadas a alojar a sus empleados.

CPr+Utz

El esquema presenta efectos positivos en la gestión del recurso hídrico y del suelo, presenta baja aplicación de fertilizantes, reduce sus procesos erosivos y muestra efectos leves en la

recuperación forestal y la implementación de agroecosistemas. De igual manera, presenta un leve impacto negativo en el número de medidas aplicadas para el manejo integrado de plagas al compararse con sus homólogas no certificadas, lo que suple utilizando plaguicidas ya que no evidencia reducción en su uso.

Esta combinación presenta efectos positivos en el aumento del precio de la carga de café y la reducción de la probabilidad de pobreza del hogar, mostrando además una alta dependencia económica del hogar hacia la caficultura. Los pagos de salarios en periodos de no cosecha, presentan un impacto positivo, pero contratan menos mujeres que sus equivalentes no certificados. En los demás indicadores de empleo justo no presenta diferencias significativas, mientras en seguridad y salud ocupacional presenta efectos positivos a excepción del uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas y la capacitación en primeros auxilios.

RA+Utz+CPr

Esta combinación de certificaciones presenta efectos positivos en la reducción del uso de fertilizantes sintéticos, la adopción de sistemas agroforestales, el manejo de las aguas residuales y subproductos del beneficio húmedo del café y un efecto negativo leve en el manejo integrado de plagas.

El esquema evidenció tener el mejor efecto en el precio de la carga de café, baja dependencia económica a la producción cafetera y redujo en los hogares la probabilidad de estar por debajo de la línea de pobreza nacional con respecto a sus equivalentes no certificadas. No obstante, este esquema no muestra efectos significativos en producción ni utilidad. Pero si presenta efectos adversos en el pago de salarios durante la cosecha y seguridad ocupacional de los empleados en el aspecto relacionado con el manejo de agroquímicos.

RA+FT+CPr

Esta certificación múltiple muestra sus principales efectos positivos en la reducción de fertilizantes sintéticos, la recuperación forestal, la gestión del agua, la calidad ambiental en el beneficio del café y el manejo de residuos sólidos. Presenta efectos en la productividad del

cultivo y el mayor efecto sobre las utilidades, aunque no presenta diferencias significativas en el precio pagado por la carga de café.

Este es el esquema con mayores efectos económicos significativos al compararlos con los demás esquemas evaluados. Por otro lado, esta combinación indica tener efectos adversos en los indicadores de acceso a programas de educación, mujeres contratadas, salarios en periodo de cosecha y personal permanente, capacitación en primeros auxilios y dotación de EPP para aplicación de pesticidas. Pero presenta efectos positivos en aspectos de habitabilidad y seguridad de las instalaciones ofrecidas a los empleados y en contratación de personal permanente.

RA+CPr

Es el esquema con mayor efecto adverso en términos de toxicidad aplicada en los cultivos después de FT, lo que se puede deber a las pocas medidas implementadas para el manejo integrado de plagas. Evidencia poca área de bosque conservado, pero efectos positivos en procesos de restauración forestal, reducción de procesos erosivos, reducción del recurso hídrico y manejo, disposición y tratamiento de subproductos generados durante el proceso de beneficio húmedo del café.

La combinación tiene efecto sobre el precio al que pagan en café, lo que genera una significativa utilidad, alejándolos de estar por debajo de la línea nacional de pobreza. Si embargo, no hay un efecto sobre la diversidad de opciones para acceder al crédito. Revela un efecto negativo en la capacidad de ofrecer primeros auxilios, así como en el uso de EPP durante actividades relacionadas con plaguicidas. No obstante, se identifican efectos benevolentes sobre la calidad, habitabilidad y seguridad de las instalaciones en que los empleados se alojan.

RA+FT

Los efectos positivos de esta combinación se presentan en la reducción de la aplicación de fertilizantes sintéticos, la recuperación forestal y la gestión del agua de la finca en los procesos de beneficio húmedo. También expone efectos adversos como la reducción de medidas de manejo de plagas, aunque no muestra efectos sobre el uso de plaguicidas.

Es el esquema con mayor productividad, pero sus utilidades no presentan un efecto con diferencias significativas respecto a sus similares no certificadas. De igual manera, evidencia una menor diversidad de ofertas de crédito. Así mismo, ostenta una de las menores probabilidades de estar por debajo de la línea de pobreza nacional. Este es el esquema de mayor participación en agremiaciones y cooperativas de caficultores. Solo presenta efectos significativos en empleo permanente y salarios, siendo este último un efecto adverso debido a que sus homólogas sin certificación afirman pagar mejor. También presenta impactos negativos en el incumplimiento de normas dirigidas a brindar seguridad ocupacional.

RA+FT+Utz+CPr

El esquema presenta efectos positivos en el manejo de residuos, reducción de la aplicación de fertilizantes, la calidad ambiental en el beneficio del café y el manejo eficiente del recurso hídrico, reducción de la toxicidad en aplicada de herbicidas y fungicidas, aunque el efecto en las medidas del manejo integrado de plagas sea menor que el de sus homólogas sin certificación.

La combinación no presenta impactos en la productividad, precio ni utilidad. Poca dependencia económica a la producción cafetera, mayor incremento o conversión de tierras para la producción de café, menor probabilidad de pobreza del hogar y diversidad de opciones de acceso al crédito. Es el esquema que paga menor salario en periodos de no cosecha. Sin embargo, cumple con el salario mínimo legal vigente, contrata menor cantidad de mujeres, presenta menos mujeres propietarias de las fincas y también presenta impactos adversos en habitabilidad y seguridad ocupacional. No obstante, es el esquema que contrata mayor número de empleados permanentes en relación con sus similares sin certificación.

Es evidente que la eficiencia de los esquemas con dos o más programas de certificación es relativa y presenta mayor dependencia de la gestión de las cooperativas comercializadoras del grano y de los recursos y disposición de cumplimiento de los estándares de sostenibilidad correspondientes por parte de los agricultores dentro de su propio contexto socioeconómico. Actualmente, el caficultor concentra sus esfuerzos en la alta productividad y el mejoramiento

de la calidad de la tasa, aspectos más importantes que los sellos de certificación al momento de comercializar su producto. Y aunque los programas establezcan medidas dirigidas a fomentar la productividad y mejorar la tasa, estas normalmente, generan un incremento de costos que reducen los ingresos netos del caficultor, que es el motivo principal por el cual este accede a certificar su finca.

Las empresas y comercializadores de café certificado que establecen esquemas de multicertificación lo hacen por la demanda mercantil, más no por la conciencia de los beneficios de sostenibilidad generados por las buenas prácticas agrícolas y el comercio justo. Las cooperativas se involucran con múltiples programas de certificación a fin de construir su reputación frente a los compradores internacionales y lograr resultados a largo plazo. La certificación múltiple se convierte en un impacto conveniente para los exportadores, pero no para el fin que tienen las etiquetas pues no hay adicionalidad o los efectos son tenues y se podrían alcanzar, incluso sin certificarse (Dietz *et al*, 2020; Donovan *et al*, 2020).

La reducción de la huella ambiental a través de inversión en sistemas más eficientes de beneficio húmedo, reducción del uso de pesticidas y conservación del suelo en función de la reducción de los costos de producción y la equidad social, dependen en gran proporción de las medidas institucionales y gubernamentales locales. Los estándares voluntarios de sostenibilidad deberían diseñarse como compensaciones directas a los caficultores que evidencian impactos ecológicos y socioeconómicos en auditorías permanentes que verifiquen la eficiencia del programa o esquemas de certificación adaptadas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas sociales (Vanderhaegen *et al*, 2018) y así evitar el cumplimiento parcial, que da origen a la ineficiencia de los estándares del programa. Sin embargo, es probable que los costos de estos procesos rigurosos limiten el desarrollo de las medidas. Por otro lado, es importante la voluntad política desde la institucionalidad y el gobierno de turno, dirigidas a enfocar sus esfuerzos en abrir nuevos mercados para el café certificado de un país reconocido mundialmente por la calidad de este producto. Finalmente, es importante fomentar la pedagogía en el mercado local y enseñar que el café producido en el departamento del Huila y en Colombia, se cultiva bajo etiquetas que indica las buenas prácticas agrícolas y sociales que despierten el interés de un potencial mercado directo con el

caficultor que beneficie sus ingresos, saltándose así a los intermediarios de la cadena comercial.

5.1.4 Directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas y no certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.

A continuación, se presentarán el listado de impactos generados por la certificación en fincas cafeteras del municipio de Pitalito, los impactos ambientales de cada programa y se definirán de manera general una serie de directrices para el establecimiento de programas de manejo de los impactos.

5.1.4.1 Lista de impactos ambientales de la caficultura del municipio de Pitalito Huila.

A continuación, se presenta los listados de impactos ambientales de cada uno de los componentes evaluados en este estudio:

Lista de impactos ecológicos

Los impactos ambientales ecológicos generados por los programas de certificación sobre las fincas cafeteras del municipio de Pitalito, identificados a partir de los indicadores evaluados en este estudio fueron 20 (Tabla 92). Estos impactos están constituidos por 15 impactos positivos y 5 impactos negativos.

Tabla 92. Impactos ecológicos generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila.

IMPACTOS ECOLÓGICOS	IP	IN	ESQUEMA
Aumento de la diversidad de aves	x		6
Disminución de la aplicación de fertilizantes sintéticos	x		3, 4, 6, 9, 10, 11, 12
Aumento de la aplicación de P		x	2, 3, 5, 7, 9, 11, 12
Disminución de los procesos erosivos	x		Todos
Reducción del área de bosque conservado		x	2, 5, 6, 8
Disminución de las quemas controladas	x		Todos

Eliminación de la cacería	x	Todos
Aumento de la reforestación	x	Todos
Aumento de la proporción de sombra en el cultivo	x	Todos
Disminución del uso de plaguicidas	x	6
Aumento del uso de insecticidas	x	1, 4, 5, 8, 10
Disminución del uso de herbicidas	x	7, 9, 10, 11, 12
Disminución del uso de fungicidas	x	9, 11
Aumento de la toxicidad de los plaguicidas aplicados	x	1, 4, 5, 8
Reducción de medidas para el manejo de plagas	x	Todos
Aumento de la eficiencia del manejo de aguas residuales	x	Todos
Aumento de la eficiencia del uso de agua en el proceso de beneficio	x	Todos
Reducción de la concentración de subproductos en aguas residuales	x	Todos
Mejoramiento de la gestión para el manejo de residuos peligrosos	x	2, 11
Mejoramiento de la gestión para el manejo de residuos sólidos	x	4, 9, 10, 11

1: 4C, **2:** CPr, **3:** CPr+Utz, **4:** FT, **5:** FT+CPr, **6:** Org, **7:** RA, **8:** RA+CPr, **9:** RA+FT, **10:** RA+FT+Utz, **11:** RA+FT+Utz+CPr, **12:** RA+Utz+CPr.

Lista de impactos económicos

Los impactos ambientales económicos generados por los programas de certificación sobre las fincas cafeteras del municipio de Pitalito se presentan a continuación en la tabla 93. Se identificaron 15 impactos, 7 positivos y 8 negativos.

Tabla 93. Impactos económicos generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila.

IMPACTOS ECONÓMICOS	IP	IN	ESQUEMA
Aumento de la productividad del café	x		1, 7, 9, 10
Aumento del precio que recibe por la carga	x		1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12
Aumento de la utilidad	x		1, 8, 10
Disminución de la diversidad de opciones de crédito		x	6, 7, 9, 10, 11, 12
Reducción de la pobreza del hogar	x		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Expansión del área dedicada al cultivo de café		x	7, 9, 10, 11
Disminución de la diversidad de productos agrícolas y pecuarios	x		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Reducción de la seguridad alimentaria	x		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Aumento de la dependencia económica del hogar al café	x	1, 3, 5
Aumento de costos en mano de obra	x	Todos
Disminución de la dependencia económica del hogar al café	x	6, 9, 10, 11, 12
Aumento de costos para sostener la certificación	x	Todos
Aumento de los canales de comercialización por multicertificación	x	3, 5, 8, 9, 10, 11, 12
Perdida de autonomía del caficultor	x	Todos
Aumento de la marginación de productores que no pueden pagar la certificación	x	NC

1: 4C, **2:** CPr, **3:** CPr+Utz, **4:** FT, **5:** FT+CPr, **6:** Org, **7:** RA, **8:** RA+CPr, **9:** RA+FT, **10:** RA+FT+Utz, **11:** RA+FT+Utz+CPr, **12:** RA+Utz+CPr, **NC:** No Certificados

Lista de impactos sociales

Los impactos sociales generados por los programas de certificación sobre las fincas cafeteras del municipio de Pitalito fueron 17 en total (Tabla 94), a ellos corresponden 9 impactos positivos y 8 impactos negativos.

Tabla 94. Impactos sociales generados por la certificación de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito – Huila

IMPACTOS SOCIALES	IP	IN	ESQUEMA
Reducción del acceso a procesos educativos		x	1,2,4,6,7,10
Aumento de empleos permanentes	x		1,2,4,6,7,9,10,11,12
Aumento de salarios en periodo sin cosecha	x		1, 3, 5
Disminución de salarios en periodo sin cosecha		x	6, 9, 11
Disminución de salarios en periodo de cosecha		x	4,6,7,9,10,11,12
Reducción del % de mujeres contratadas		x	3, 10, 11
Mejoramiento de las condiciones de habitabilidad para empleados	x		1,2,3,4,5,7,8,10
Desmejoramiento de las condiciones de habitabilidad para empleados			6, 11
Aumento de la señalización de seguridad en instalaciones y lugares de trabajo	x		1,2,3,4,5,8,10
Disminución de la señalización de seguridad en instalaciones y lugares de trabajo		x	6
Aumento de garantías de proporcionar primeros auxilios	x		8,9,10,11,12
Disminución de garantías de proporcionar primeros auxilios		x	1,2,3,4,5,6,7

IMPACTOS SOCIALES	IP	IN	ESQUEMA
Disminución del uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas		x	2,3,4,6,7,8,9,10,11,12
Aumento del uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas	x		1
Aumento del uso de EPP para el manejo y aplicación de fertilizantes	x		3, 10, 12
Aumento de la participación en organizaciones de productores	x		Todos
Aumento del mantenimiento de registros de actividades agrícolas y económicas		x	Todos

1: 4C, **2:** CPr, **3:** CPr+Utz, **4:** FT, **5:** FT+CPr, **6:** Org, **7:** RA, **8:** RA+CPr, **9:** RA+FT, **10:** RA+FT+Utz, **11:** RA+FT+Utz+CPr, **12:** RA+Utz+CPr. **EPP:** Equipos de protección personal

5.1.4.2 Impactos ambientales de cada programa y esquema de certificación evaluado.

El análisis de los impactos ambientales y la probable relación entre impactos ecológicos, económicos y sociales para un mismo programa o esquema se presentan a continuación en el orden arrojado por el Índice de Impacto Ambiental Integral presentado en el capítulo anterior:

Orgánico (Org)

Este programa presentó un efecto positivo en biodiversidad, específicamente en el indicador de riqueza de especies de aves, guardando relación con los impactos, también positivos, de reforestación y aumento de la proporción de sombra en el cultivo. Sin embargo, presenta menos área boscosa en la finca que sus equivalentes sin certificación. Bajo este programa no se utilizan agroquímicos sintéticos lo que reduce el impacto de la contaminación por estos agentes sobre el suelo, agua y la biota. Su impacto sobre la contaminación hídrica es uno de los más bajos dentro de los esquemas evaluados y se fundamenta en la eficiencia de los tratamientos para el manejo de aguas residuales, la eficiencia en el consumo de agua en el proceso de beneficio y el manejo, disposición y tratamiento de los subproductos del café y en que es el programa que mayor número de medidas adopta para la conservación del agua de la finca. Este programa no presenta efectos sobre el manejo de los residuos en la finca, lo cual debería ser relevante debido a la necesidad de aprovechar todo tipo de recursos para sustituir el uso de fertilizantes.

Los efectos sobre las utilidades no muestran diferencias significativas respecto a sus homólogas sin certificación a pesar de que el precio recibido por el café de estas fincas tuvo el valor más alto dentro de los esquemas evaluados. No aplican agroquímicos. Sin embargo, requieren y contratan mayor mano de obra y evidencia efectos negativos en la diversidad de opciones de acceso al crédito. La certificación orgánica tampoco muestra efectos en productividad y reducción de la pobreza. El manejo de registros y la participación en organizaciones de productores o cooperativas son efectos positivos de este esquema, pero el acceso a programas de educación formal, las condiciones de habitabilidad de las instalaciones para el alojamiento de los empleados, los salarios de empleados no permanentes y aspectos de seguridad ocupacional como la señalización de las instalaciones y el uso de EPP para el manejo, aplicación de plaguicidas y prestación de primeros auxilios, muestran diferencias significativas a favor de las fincas equivalentes sin certificación. Por otro lado, en equidad de género, uso de EPP para el manejo de fertilizantes y capacitación en temas referentes a la producción cafetera y primeros auxilios la certificación orgánica no presenta impacto.

FT+CPr

Este esquema recibe en promedio \$6214 más por carga de café vendida que sus homólogas no certificadas, a pesar de ello y de que en la reducción de la aplicación de agroquímicos no presenta efecto, tampoco genera efecto en la productividad ni utilidad. No obstante, el esquema muestra efecto sobre la reducción de la pobreza, dado que, además, estas fincas muestran una alta dependencia económica hacia el café y su diversidad de productos agrícolas y pecuarios es baja. El uso de agroquímicos tiene una estrecha relación con la baja aplicación de medidas para las plagas, lo que sumado al efecto positivo en el incremento de manejo de sombra puede estar reduciendo la productividad y, por ende, la utilidad aportada por el café. Este esquema presenta el mayor impacto sobre la conservación del recurso hídrico y la reforestación. Sin embargo, no manifiesta efecto en biodiversidad, manejo adecuado de residuos, acceso al crédito ni expansión del área productora para café.

El esquema en el componente social presenta un efecto positivo en el manejo de registros, la participación de agremiaciones y/o cooperativas de caficultores y calidad de instalaciones para empleados. En el macroindicador de empleo justo solo presenta efecto en el pago a

jornaleros. No obstante, este esquema no presenta impacto en aspectos de salud ocupacional relacionados con el manejo de agroquímicos, lo que se puede deber a la alta inversión en la compra de equipos de protección personal y la baja utilidad obtenida. Tampoco presenta efectos en equidad de género, contratación de personal permanente, salarios en periodo de cosecha y en los indicadores relacionados con la educación.

Fairtrade Labelling Organizations International (FT)

Este programa presenta resultados similares al de Org a excepción de que si aplica agroquímicos. Presenta impactos positivos en manejo de residuos, conservación del recurso hídrico, recuperación forestal, reducción de la aplicación de agroquímicos, pero un efecto negativo en el manejo de plagas, lo que explica el uso de plaguicidas y su productividad. Recibe en promedio \$77775 más que sus similares no certificadas por carga de café y tiene una de las menores probabilidades de encontrarse por debajo de la línea de pobreza en comparación a los otros esquemas. No obstante, no expone efectos en productividad, utilidades ni aumento del área productora.

Tiene un alto efecto en la calidad y seguridad de instalaciones para empleados, aumento la contratación de empleados permanentes, pero paga en promedio \$5295 menos a los recolectores y ofrece a sus empleados menos EPP para el manejo de agroquímicos que sus homólogas sin certificación. También ofrece en las instalaciones de la finca botiquines de primeros auxilios, pero no hay efecto en la capacitación de primeros auxilios. Este programa no arrojó impacto en equidad de género, específicamente en el porcentaje de mujeres contratadas, capacitación en temas agrícolas y de seguridad.

CPr+Utz

Los efectos positivos en la gestión y conservación del suelo y el recurso hídrico, la reducción de la erosión no muestra relación con la productividad de las plantaciones de café, lo que podría correlacionarse con el aumento de la producción con sombrero, la reducción del uso de fertilizantes y las medidas aplicadas para el manejo integrado de plagas, ambos efectos generados por este esquema. No expone diferencias significativas en el manejo de residuos

sólidos y peligrosos, biodiversidad ni en la reducción de la toxicidad aplicada en los plaguicidas, indicadores con estrecha relación por su afectación a la biota de los agroecosistemas.

Además de la productividad, tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas, indicadores como la utilidad, el acceso al crédito y expansión de tierras destinadas a la caficultura, a pesar de, presentar efectos positivos en el aumento del precio del café y la reducción de la probabilidad de pobreza, lo que sugiere un incremento en los gastos de insumos, transporte y mano de obra. En los indicadores de empleo justo relacionados con educación, personal permanente, trabajo infantil y equidad de género no presenta diferencias significativas. Tampoco presenta efecto en uso de EPP y capacitación en primeros auxilios, ya que en estos indicadores presentando diferencias negativas con sus homólogos sin certificación. Es decir, las fincas cafeteras sin certificación ofrecían mayor número de equipos de protección personal para la aplicación de plaguicidas y tenían más empleados capacitados en primeros auxilios que las fincas certificadas con esta combinación.

RA+Utz+CPr

Esta multicertificación no presenta efectos, es decir, no hay diferencias estadísticamente significativas entre fincas certificadas con este esquema y fincas sin certificación, en términos de biodiversidad ni protección de la vida silvestre, lo que se puede relacionar con el uso de plaguicidas, dado que tampoco presentó efectos en la reducción de la toxicidad aplicada en estos agroquímicos. Los efectos positivos se evidencian en la gestión eficiente del recurso hídrico, la reducción de la aplicación de fertilizantes sintéticos y la adopción de sistemas agroforestales, lo que podría explicar el que tampoco se presenten efectos en la productividad, debido a la relación entre estos indicadores.

El precio de la carga de café presentó aumento en relación con sus equivalentes no certificadas y redujo en los hogares la probabilidad de estar por debajo de la línea de pobreza nacional. Sin embargo, este esquema no muestra efectos concluyentes en producción y la utilidad generada por el café. Tampoco presenta impactos en el acceso a programas educativos, capacitaciones relacionadas con la caficultura, equidad de género ni en condiciones de

habitabilidad y seguridad de las instalaciones destinadas a los trabajadores. Pero si presenta efectos negativos en la reducción de la diversidad de productos agropecuarios generados en la finca, el pago de salarios durante la cosecha y en aspectos relacionado con el manejo seguro de agroquímicos y en el manejo integrado de plagas, lo que podría explicar la ineficiencia de la medida sobre la reducción del uso de plaguicidas.

Código de conducta 4C

Presenta efecto positivo en la gestión del recurso hídrico para la producción y la postcosecha, el menor efecto, aunque positivo, en la restauración de forestal y manejo de sombra, lo que sugiere incidencia en el efecto positivo de la reducción de la erosión. No presenta efecto en la reducción del uso de fertilizantes, la implementación de medidas para la protección de la vida salvaje ni en el manejo de residuos sólidos y peligrosos.

Presenta alta utilidad entre los esquemas evaluados, debido a un precio que supera a sus similares sin certificación por más de \$47989 sobre el valor de la carga y al efecto en el aumento de la productividad. Este aumento se puede atribuir al uso de fertilizantes, indicador que no evidenció efecto a causa de la certificación. También revela efectos positivos en el manejo de registros y la participación en redes de productores, contratación de personal permanente, pago en periodos sin cosecha, condiciones de habitabilidad y seguridad de las instalaciones para el alojamiento de los trabajadores y el uso de EPP para el manejo de plaguicidas.

Es el programa de fincas con mayor dependencia económica a la producción cafetera, debido en parte a su baja diversidad de productos agrícolas, lo que además reduce la seguridad alimentaria. Otros efectos negativos se reflejan en la aplicación de insecticidas y aumento de la toxicidad en el suelo y el agua, fundamentado en la baja cantidad de medidas implementadas en el manejo integrado de plagas. No presenta efectos en la diversidad de opciones para acceder al crédito, en la reducción de la pobreza ni en el aumento de área destinada a producir café. Tampoco en el acceso a capacitación sobre temas de producción y seguridad, equidad de género, trabajo infantil, salarios en periodos de cosecha y el uso de EPP para el manejo de fertilizantes.

C.A.F.E Practice (CPr)

Los impactos positivos de este programa son la reducción de la erosión, mayor manejo de sombra aumenta la eficiencia en el manejo de aguas residuales domésticas, subproductos generados en el beneficio del café y eficiencia en el consumo del recurso hídrico, realizan un adecuado manejo de residuos peligrosos. Recibió un precio superior en \$61832 sobre el valor de la carga, al recibido por sus homólogas sin certificación; redujo la probabilidad de esta por debajo de la línea de pobreza nacional y redujo la expansión de tierras destinadas a plantaciones de café. Sin embargo, no tuvo efecto sobre la productividad del cultivo ni en la utilidad, lo que sugiere un aumento del gasto de insumos y mayor contratación de personal. Además, presenta efectos positivos en el manejo de registros, asociatividad, condiciones de habitabilidad y seguridad en las instalaciones destinadas al alojamiento de los empleados.

No hay efecto sobre la cantidad de medidas implementadas para la conservación de la vida silvestre ni en el área de bosque conservado, la diversidad de opciones para acceder al crédito, equidad de género, trabajo infantil, salarios a empleados no permanentes y educación. Por otra parte, se observa de manera negativa el aumento la aplicación de P_2O_5 al suelo, no hay un aumento del número de medidas para el manejo integrado de plagas, por lo que tampoco reduce el uso de plaguicidas y además ofrece menos EPP para su manejo y aplicación. Presenta menor diversidad de cultivos productivos, lo que incrementa el monocultivo y reduce la seguridad alimentaria del hogar.

RA+FT+CPr

Como se comentó anteriormente, esta multicertificación reduce la aplicación de fertilizantes, la gestión del recurso hídrico, la restauración forestal, el manejo de sombra y reducción de procesos erosivos y el adecuado manejo de residuos sólidos. Tiene mayores utilidades debido a mayor productividad y a que paga salarios más reducidos, pues en insumos no presenta diferencias significativas. Es uno de los esquemas con menor probabilidad de pobreza y menor dependencia económica al cultivo de café y en condiciones laborales como instalaciones adecuadas y seguras, manejo de registros y participación en agremiaciones de caficultores.

No tiene efectos sobre el precio del café, cantidad de medidas implementadas para la protección de la vida silvestre, área de bosque conservado y toxicidad en plaguicidas aplicados, lo que presenta estrecha relación con el efecto en la biodiversidad. Tampoco muestra impacto en el manejo integrado de plagas y evidencia impactos negativos en indicadores de acceso a programas de educación, mujeres contratadas, salarios en periodo de cosecha y personal permanente, capacitación en primeros auxilios y dotación de EPP para aplicación de pesticidas. De igual manera en el aumento o expansión del área destinada a cultivos en la finca, lo que causa reducción en la diversidad de cultivos u otros productos pecuarios, incrementa el monocultivo y reduce la seguridad alimentaria.

RA+CPr

Presenta efectos en una mayor utilidad debido a un alto precio recibido por carga de café, \$59380 más que sus equivalentes sin certificación; uso de algunos agroquímicos que pueden incrementar su productividad y además no registra diferencias significativas en salarios respecto a sus similares carentes de certificación. Este es el esquema con mayor efecto sobre la reducción de la probabilidad de estar en condición de pobreza. De igual manera presenta efectos positivos en mejoramiento de condiciones laborales, la gestión del recurso hídrico y la conservación del suelo, este último estrechamente relacionado con el incremento en el manejo de sombra, lo cual, a su vez, podría afectar la productividad, dado que esta no presenta efecto.

Como impactos negativos se identifica una alta toxicidad aplicada en los cultivos como consecuencia a las reducidas e ineficientes medidas para el control integrado de plagas, tiene poco bosque conservado, baja diversidad de productos agrícolas y pecuarios, condiciones de seguridad para el manejo de agroquímicos. Por su parte, indicadores como: equidad de género, salarios, diversidad de posibilidades para acceder a programas de educación formal, acceso al crédito, manejo de residuos y aumento de medidas dirigidas a la conservación de la vida silvestre y biodiversidad, no presentaron efecto generado por las certificaciones.

RA+FT

Este esquema muestra una alta productividad, pero esta no se refleja en las utilidades, tal vez

debido a que no hay efecto de las certificaciones sobre el precio que reciben por carga de café. Aun así, tienen menor dependencia económica de la producción cafetera y menor diversidad de productos agropecuarios que sus equivalentes no certificados. Sus impactos positivos en términos ecológicos corresponden a una menor aplicación de fertilizantes, mejor y eficiente gestión del recurso hídrico. En términos sociales se destaca el empleo permanente, el pago de salarios, el manejo de registros y la participación en agremiaciones de caficultores.

No expone efectos de las certificaciones en indicadores como: biodiversidad, área de bosque conservado, toxicidad aplicada en plaguicidas, utilidad, acceso a programas de educación, equidad de género, trabajo infantil y condiciones de habitabilidad y seguridad en las instalaciones de la finca. Los efectos negativos de este esquema se concentran en condiciones de seguridad ocupacional, salarios, diversidad de opciones para acceder al crédito y medidas dirigidas a la conservación de la vida silvestre.

RA+FT+Utz+CPr

Entre los impactos nombrados anteriormente para este esquema en este documento, se destaca la considerable reducción del uso agroquímicos y su toxicidad, lo que presenta efectos benevolentes en la calidad del recurso hídrico, la protección del suelo y la biota de la finca. También es el esquema con mayor personal permanente contratado legalmente. Los impactos negativos atribuidos a este esquema los revelan los indicadores de equidad de género, debido a que contrata menor proporción de mujeres que sus equivalentes sin certificación; presenta mayor expansión de tierras destinadas a plantaciones de café dentro de la finca, lo que reduce su diversidad de productos y su seguridad alimentaria en el hogar. Finalmente, las condiciones de habitabilidad ofrecidas a sus empleados son de menor calidad que las de sus homólogos sin certificación, lo que sugiere que la ineficiencia de los programas en materia económica impide el mejoramiento de las instalaciones destinadas a los recolectores.

Esta certificación múltiple no muestra diferencias significativas en áreas destinadas a la conservación de bosque dentro del área de la finca, tampoco se presenta un incremento de otras medidas para la conservación de la vida silvestre ni en el acceso a la educación de los trabajadores en procesos de educación formal y planes de capacitación. Tampoco evidencia

impacto sobre los ingresos económicos de la finca, debido a que la productividad y el precio no manifiestan efectos, a pesar de la reducción de insumos, específicamente agroquímicos.

Rainforest Alliance (RA)

Los impactos positivos de este programa se identificaron como la reducción del uso de fertilizantes, a excepción del uso de P_2O_5 , aumento en el manejo de sombra del cultivo, gestión eficiente del recurso hídrico. Adicionalmente, presenta un aumento de la productividad, pero el precio de la carga y por tanto la utilidad no se incrementan. Así mismo, el efecto sobre la pobreza es reducido en comparación con el efecto revelado por los otros esquemas. En el componente social, presenta un efecto positivo en el manejo de residuos, asociatividad, personal permanente contratado legalmente y mejores condiciones de habitabilidad para empleados.

Presenta uno de los mayores efectos en cuanto al incremento de áreas dentro de la finca destinadas a nuevas plantaciones de café, lo que reduce su diversidad de productos y la seguridad alimentaria. También fue adverso el impacto sobre el uso de EPP para el manejo de plaguicidas, el pago de salarios durante periodos de cosecha y la diversidad de programas educación formal a que puede acceder el caficultor y los trabajadores.

No genera efectos en la aplicación de medidas para el manejo integrado de plagas, lo que explica que no haya efecto en la reducción de la aplicación de plaguicidas, área destinada a la conservación de bosque en la finca y biodiversidad. Así mismo, en el manejo adecuado de residuos, el precio al que es pagada la carga de café y la utilidad generada por este cultivo. Tampoco presenta efectos en equidad de género ni señalización de seguridad en las instalaciones y lugares de trabajo, aun cuando las exigencias de la norma del programa son bastante solidas al respecto.

5.1.4.3 Directrices para la formulación de planes de manejo ambiental para fincas cafeteras certificadas con énfasis en el municipio de Pitalito – Huila.

Las directrices establecidas de manera genérica para la formulación de planes de manejo

ambiental (PMA) de fincas certificadas se definieron de acuerdo con los impactos positivos y negativos identificados en este estudio, a fin de maximizarlos y minimizarlos respectivamente. Estas directrices plantean los objetivos sobre los impactos positivos que presentaron solo algunos programas y los impactos negativos que se presentaron en la mayoría de los programas y esquemas evaluados. De igual manera, plantea un esquema básico de programas y proyectos dirigidos al cumplimiento de tales objetivos.

Impactos positivos y negativos por intervenir

Se seleccionaron solo 10 impactos positivos debido a que estos impactos no se evidenciaron en todos los programas y/o esquemas (Tabla 95). Por otra parte, se seleccionaron 20 impactos negativos a fin de prevenir, mitigar, corregir o compensar sus efectos.

Tabla 95. Impactos ambientales por componente a intervenir en planes de manejo ambiental

IMPACTOS ECOLÓGICOS	IP	IN
Aumento de la diversidad de aves	IP ₁	
Aumento de la aplicación de P		IN ₁
Reducción del área de bosque conservado		IN ₂
Disminución del uso de plaguicidas	IP ₂	
Aumento del uso de insecticidas		IN ₃
Disminución del uso de fungicidas	IP ₃	
Aumento de la toxicidad de los plaguicidas aplicados		IN ₄
Reducción de medidas para el manejo de plagas		IN ₅
Mejoramiento de la gestión para el manejo de residuos peligrosos	IP ₄	
Mejoramiento de la gestión para el manejo de residuos sólidos	IP ₅	
IMPACTOS ECONÓMICOS	IP	IN
Aumento de la productividad del café	IP ₆	
Aumento de la utilidad	IP ₇	
Disminución de la diversidad de opciones de crédito		IN ₅
Expansión del área dedicada al cultivo de café		IN ₆
Disminución de la diversidad de productos agrícolas y pecuarios		IN ₇
Reducción de la seguridad alimentaria		IN ₈
Aumento de la dependencia económica del hogar al café		IN ₉

Aumento de costos en mano de obra		IN ₁₀
Aumento de costos para sostener la certificación		IN ₁₁
Perdida de autonomía del caficultor		IN ₁₂
IMPACTOS SOCIALES		
	IP	IN
Reducción del acceso a procesos educativos		IN ₁₃
Aumento de salarios en periodo sin cosecha	IP ₈	
Disminución de salarios en periodo sin cosecha		IN ₁₄
Disminución de salarios en periodo de cosecha		IN ₁₅
Reducción del % de mujeres contratadas		IN ₁₆
Desmejoramiento de las condiciones de habitabilidad para empleados		IN ₁₇
Disminución de garantías de proporcionar primeros auxilios		IN ₁₈
Disminución del uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas		IN ₁₉
Disminución de la señalización de seguridad en instalaciones y lugares de trabajo		IN ₂₀
Aumento del uso de EPP para el manejo y aplicación de plaguicidas	IP ₉	
Aumento del uso de EPP para el manejo y aplicación de fertilizantes	IP ₁₀	
IP _n : Impacto positivo número.		
IN _n : Impacto negativo número.		

Objetivos de los posibles planes de manejo ambiental (PMA)

Se definieron 11 objetivos (O_i) para un PMA genérico (Tabla 96), unos dirigidos a maximizar el efecto positivo generado por el programa o esquema o a generar el efecto en los casos en que no es evidente el impacto y otros dirigidos a minimizar el efecto adverso generado por la certificación.

Tabla 96. Objetivos de un PMA genérico para fincas cafeteras certificadas

OBJETIVOS			
		IP _i	IN _i
O _i	ENUNCIADO	Maximizar	Minimizar
	Maximizar la biodiversidad faunística de las áreas		
O ₁	productoras	IP ₁	IN ₂ , IN ₇

OBJETIVOS			
O_i	ENUNCIADO	IP_i Maximizar	IN_i Minimizar
O ₂	Reducir la contaminación asociada al uso de fósforo como fertilizante		IN ₁
O ₃	Minimizar la contaminación hídrica y edáfica por uso de plaguicidas	IP ₂ , IP ₃	IN ₅ , IN ₃ , IN ₄ ,
O ₄	Maximizar la eficiencia de la gestión de residuos sólidos y peligrosos en la finca	IP ₄ , IP ₅	
O ₅	Maximizar la productividad de la plantación	IP ₆	
O ₆	Minimizar los costos de producción cafetera	IP ₇	IN ₁₁ , IN ₅ , IN ₄ , IN ₃ , IN ₆ , IN ₂ , IN ₁₂
O ₇	Incrementar la oferta de productos agropecuarios en la finca		IN ₇ , IN ₈ , IN ₉ , IN ₁₀ , IN ₁₃
O ₈	Maximizar la diversidad de canales comerciales para el caficultor		IN ₁₃
O ₉	Incrementar la accesibilidad a programas educativos y capacitación en temas de producción y SST		IN ₁₄ , IN ₂₀
O ₁₀	Maximizar las condiciones laborales de los empleados de la finca	IP ₈	IN ₁₅ , IN ₁₆ , IN ₁₇ , IN ₁₈
O ₁₁	Maximizar la seguridad y salud ocupacional de los empleados y miembros del hogar en la finca	IP ₉ , IP ₁₀	
SST: Seguridad y salud en el Trabajo			

Esquema básico de programas y proyectos de un PMA de fincas cafeteras certificadas en el municipio de Pitalito

Se plantearon 11 proyectos integrados en 3 programas dirigidos a maximizar aquellos impactos positivos identificados en las fincas cafeteras certificadas en el municipio de Pitalito en el departamento del Huila y así mismo, a minimizar los impactos negativos generados por estas unidades productoras agrícolas. En la tabla 97 se detallan las relaciones entre los

programas, proyectos e impactos.

Los programas de certificación evaluados en este estudio evidenciaron impactos positivos y negativos que no fueron generalizados en todos los esquemas, a pesar de las exigencias en cada una de las normas o regulaciones propias de cada programa. Lo que demuestra una ineficiencia de la aplicación de la norma por parte del caficultor, lo que sugiere un aumento del rigor en la auditoría.

Tabla 97. Esquema de programas y proyectos del PMA

PROGRAMA	PROYECTO	IP	IN
Sostenibilidad ecológica	Proyecto de conservación de especies amenazadas o endémicas	IP ₁	IN ₂ , IN ₇
	Proyecto de recuperación forestal y manejo de sombra con especies frutales	IP ₁	IN ₂ , IN ₇ , IN ₈ , IN ₉ , IN ₁₀
	Proyecto de fertilización sustentable		IN ₁
	Proyecto de promoción del manejo integrado de plagas	IP ₂ , IP ₃	IN ₃ , IN ₄ , IN ₅
	Proyecto de gestión integral de residuos sólidos y peligrosos	IP ₄ , IP ₅	
	Proyecto de adopción de nuevas líneas mejoradas de café	IP ₆	
	Proyecto de optimización de costos en la producción cafetera	IP ₇	IN ₁₁ , IN ₅ , IN ₆ , IN ₄ , IN ₃ , IN ₂ , IN ₁₂ , IN ₇ , IN ₈ , IN ₉ , IN ₁₀ , IN ₁₃
Sostenibilidad económica	Proyecto de diversificación productiva		
	Proyecto de accesibilidad a programas educativos y capacitación		IN ₁₄ , IN ₂₀
	Proyecto sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo	IP ₉ , IP ₁₀	IN ₁₉ , IN ₂₀
	Proyecto de gestión social y mejoramiento de las condiciones laborales	IP ₈	IN ₁₅ , IN ₁₆ , IN ₁₇ , IN ₁₈
Sostenibilidad social			

Programa de sostenibilidad ecológica

Este programa se encamina a la conservación de los recursos naturales intervenidos en la actividad cafetera y que han presentado efectos debido a la adopción de medidas para el cumplimiento de los criterios exigidos por los programas de certificación en su componente ambiental o ecológico. El programa está conformado por 5 proyectos que a continuación describen de manera general las directrices para su desarrollo., estos proyectos son: Proyecto de conservación de especies amenazadas y endémicas, Proyecto de recuperación forestal y manejo de sombra con especies frutales, Proyecto de fertilización sustentable, Proyecto de promoción del manejo integrado de plagas y Proyecto de gestión integral de residuos sólidos y peligrosos.

El proyecto de conservación de especies amenazadas y endémicas debe definir planes de conservación para especies focales como (*Atlapetes fuscoolivaceus*, *Dendroica cerúlea* o *Mazama Rufina*), que integren áreas o regiones con plantaciones de café, mediante estrategias de conservación y gestión del hábitat, educación, comunicación y asociación e investigación y seguimiento. Gracias a estos planes y medidas dirigidas a especies focales o especies “sombrilla” se benefician otras especies sin estatus de conservación. Estos proyectos pueden establecer vínculos con organizaciones gubernamentales e internacionales que apoyan este tipo de iniciativas.

El proyecto de recuperación forestal y manejo de sombra con especies frutales debe combinar la restauración de ecosistemas forestales degradados y producción agrícola de frutas que generan un dosel forestal sobre el cultivo de café. Este tipo de proyecto busca alcanzar objetivos tanto de conservación ambiental (conservación de la biodiversidad, la captura de carbono y la mejora de la calidad del suelo y del agua en la finca), así como la generación de ingresos sostenibles, haciendo una adecuada selección de especies, establecimiento de un diseño agroforestal acorde a las condiciones de la finca y un continuo manejo y monitoreo del bosque y las especies frutales.

El proyecto de fertilización sustentable debe estar enfocado en equilibrar las necesidades de producción agrícola con la conservación del medio ambiente, promoviendo prácticas de fertilización que minimicen la contaminación del agua y la pérdida de nutrientes, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los suelos destinados a producción y el uso de dosis máximas recomendadas de acuerdo con los resultados de los análisis. De igual manera, debe incluir y aprovechar la biomasa generada y disponible en la finca como recurso nutricional del suelo mediante técnicas de procesamiento asequibles para el caficultor.

Por su parte, el proyecto de promoción del manejo integrado de plagas se debe enfocar en utilizar una combinación de diferentes prácticas agrícolas para minimizar la necesidad de plaguicidas químicos. Esto puede incluir el uso de métodos biológicos, culturales y mecánicos para el control de plagas, principalmente, la broca, la roya, chamusquina del café y arvenses. Es recomendable seguir las publicaciones generadas por el Centro Nacional de Investigaciones del Café en este tema.

Finalmente, el proyecto de gestión integral de residuos sólidos y peligrosos se debe concentrar en desarrollar e implementar estrategias y acciones efectivas para manejar de manera adecuada y segura los residuos sólidos, incluyendo aquellos que presentan riesgos para la salud humana y el medio ambiente, mediante la reducción, reutilización y reciclaje de materiales o eliminación segura de los residuos peligrosos. Es importante que se tenga en cuenta la normatividad vigente respecto a la responsabilidad posconsumo que deben tener los productores de agroquímicos, para incluirlos en el plan de gestión.

Programa de sostenibilidad económica

El programa se enfoca en el mejoramiento de la producción cafetera y el incremento de las utilidades generadas por el cultivo de café en la finca, a fin de mejorar las condiciones de vida en el hogar de los caficultores. El programa planteado a partir de 3 proyectos: proyecto de adopción de nuevas líneas mejoradas de café, proyecto de optimización de costos en la producción cafetera y Proyecto de diversificación productiva, los cuales se describen a continuación:

El proyecto de adopción de nuevas líneas mejoradas de café aptas para el municipio de Pitalito y el sur del Huila, buscará abordar diversos desafíos que enfrenta el sector cafetalero, incluyendo la necesidad de aumentar la producción para satisfacer la demanda creciente, mejorar la calidad del café con el perfil de taza característico de la región, para mantener la competitividad en los mercados internacionales y enfrentar las amenazas de plagas, enfermedades y condiciones agroclimáticas adversas. Estas nuevas líneas mejoradas son generadas por el Centro Nacional de Investigaciones del Café.

El proyecto de optimización de costos en la producción cafetera deberá incluir una serie de medidas y estrategias diseñadas para optimizar el uso de recursos y reducir los gastos asociados con la producción de café. Realizando un análisis detallado de los costos actuales de producción, identificando los principales rubros de gasto y las áreas donde se pueden realizar reducciones o mejoras; proceso que se facilita dado el volumen de registros que realizan los caficultores certificados. Posteriormente, se adoptarán de ser necesario, prácticas agronómicas eficientes, tecnologías limpias, asistencia técnica y monitoreo.

El proyecto de diversificación productiva consiste en definir para la finca un plan estratégico diseñado para introducir y desarrollar nuevas actividades agrícolas, ganaderas u otras formas de producción en la finca, con el objetivo de ampliar los ingresos, reducir los riesgos y mejorar la sostenibilidad económica y ambiental. Este tipo de proyecto busca agregar valor a la finca mediante la incorporación de cultivos o actividades complementarias que aprovechen los recursos disponibles y generen ingresos adicionales al hogar, reduciendo la dependencia del agricultor a las plantaciones de café.

Programa de sostenibilidad social

El programa de sostenibilidad social está dirigido a ofrecer a los caficultores y a los empleados de las fincas cafeteras, condiciones laborales justas y seguras de acuerdo con los estándares voluntarios de sostenibilidad que los productores adoptan. El programa está estructurado a partir de 3 proyectos: proyecto de accesibilidad a programas educativos y capacitación, proyecto sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo y el proyecto de gestión social y

mejoramiento de las condiciones de los trabajadores, los cuales se describen a continuación:

El proyecto de accesibilidad a programas educativos y capacitación se debe diseñar para mejorar el acceso de los caficultores a oportunidades educativas formales y programas de capacitación relacionados con la producción de café. Estos proyectos buscan fortalecer las habilidades y conocimientos de los caficultores en áreas clave como prácticas agronómicas, gestión de fincas, manejo postcosecha, comercialización, sostenibilidad ambiental, seguridad y salud ocupacional y adaptación al cambio climático. Es importante que se desarrollen de manera conjunta con grupos asociativos o cooperativas, para reducir costos y para gestionar vínculos con instituciones educativas y grupos de investigación que contribuyan con la oferta.

El proyecto sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la finca cafetera define y aplica herramientas de gestión de seguridad y salud en el trabajo basadas en la identificación de peligros, valoración y calificación de riesgos, cuyo objetivo es prevenir y controlar la presencia de incidentes, accidentes y enfermedades laborales, generadas durante las actividades desarrolladas en la finca (FNCC, 2017a). Deberá aplicarse para cada actividad en la finca e incluso dentro de las instalaciones destinadas al alojamiento de los recolectores.

Finalmente, el proyecto de gestión social y mejoramiento de las condiciones de los trabajadores se debe diseñar de manera direccionada a mejorar las condiciones de trabajo y el bienestar de los trabajadores agrícolas que laboran en fincas dedicadas a la producción de café. Este tipo de proyecto busca garantizar que los trabajadores reciban un trato justo, seguro y digno, así como también promover la equidad de género, el respeto a los derechos humanos y eliminar el trabajo infantil en el ámbito laboral. Es importante que se maximicen los requerimientos establecidos por cada estándar voluntario de sostenibilidad y se busquen herramientas de negociación entre los propietarios y los empleados.

6. CONCLUSIONES

El programa de certificación orgánico a pesar de ser el menos adoptado en el municipio de Pitalito, debido al rigor de sus exigencias e inspecciones, evidenció ser la certificación con mayor efecto. Presenta magnitudes de impactos ecológicos y económicos superiores a los otros programas y esquemas, lo que es atribuido principalmente a la prohibición del uso de agroquímicos sintéticos y sus consecuentes impactos sobre el ambiente y sobre los costos de producción. Así mismo, es el programa con mejor precio entre los evaluados. Sin embargo, no manifiesta efectos estadísticamente significativos en las utilidades ni en la reducción de la pobreza al compararse con sus similares no certificadas.

Los indicadores de biodiversidad no presentaron diferencias significativas, a excepción del indicador de riqueza de aves en fincas certificadas por el programa orgánico, el cual prohíbe el uso de plaguicidas sintéticos, lo que sugiere una estrecha relación entre estos dos impactos, incluso más que el aumento del manejo de sombra en las plantaciones de café o el área de bosque conservado en la finca, ya que a pesar de estos impactos, no se evidenció influencia sobre los indicadores de biodiversidad evaluados. Esto podría en el caso de las aves y algunos mamíferos, relacionarse con la reducción de artrópodos tras la aplicación de insecticidas, que es el plaguicida utilizado en mayor proporción en la caficultura del municipio de Pitalito, estos agentes afectan la disponibilidad de alimentos para las especies insectívoras y el comportamiento de otras especies susceptibles a los efectos tóxicos de estas sustancias emergentes.

El impacto sobre el recurso hídrico es el impacto ecológico positivo de mayor relevancia que se puede atribuir a la adopción de programas de certificación en el municipio de Pitalito. El tratamiento de aguas residuales domésticas, el uso eficiente del agua y la reducción de vertimientos con subproductos del proceso de beneficio húmedo, evidencian el esfuerzo de los caficultores para reducir el impacto adverso que históricamente se le adjudica a la caficultura, mediante inversión propia e institucional que permite al caficultor obtener tecnologías limpias o ecoeficientes, principalmente para el proceso de beneficio húmedo del café.

La adopción de programas de certificación por fincas productoras de café tiene una fuerte influencia de parte de las cooperativas, grupos asociativos o entidades con quienes el caficultor pacta la venta de su producto, estos componentes de la cadena de valor contribuyen con la gestión de requisitos para el cumplimiento de las exigencias establecidas en las normas de los programas, ya que en sus canales de venta, estos programas presentan altas demandas y de esta manera podrán comercializar mayores volúmenes a un mejor precio.

La certificación de fincas cafeteras presenta limitaciones para mejorar las condiciones económicas de los pequeños productores y de acuerdo con los resultados revelados en este estudio, aún es más limitado este aspecto para la múltiple certificación. Sin embargo, los productores certificados presentan menor probabilidad de vivir por debajo de la línea de pobreza nacional que sus similares no certificados, solo el 5,5% de ellos no superan este límite y, de igual manera, solo el 12% de los no certificados presentan condición de pobreza. De hecho, son las fincas con certificación múltiple las que presentan menores IPP, pero también son quienes evidencian mayor dependencia económica a la producción de café.

La diferencia económica entre fincas certificadas y no certificadas no son en todos los casos significativas y tampoco son las mismas en cualquier región productora. No obstante, las fincas certificadas reciben primas de precio por carga de café, presentan mayor productividad, están menos propensas a encontrarse por debajo de la línea de pobreza nacional y presentan una mayor tenencia o propiedad que las fincas no certificadas. Sin embargo, aspectos como tener mayor productividad están estrechamente correlacionadas con un incremento en el uso de insumos y demanda de mano de obra, lo que presenta un fuerte impacto en los ingresos netos de la finca, reduciendo considerablemente la magnitud del impacto en los ingresos netos o utilidades.

Los impactos en el componente social son los más discretos. Mas allá del mejoramiento de las condiciones de las instalaciones ofrecidas a los trabajadores para su alojamiento y el salario de los empleados permanentes, no evidencia efectos generales producidos en

cumplimiento de los estándares voluntarios de sostenibilidad relacionados con las condiciones laborales y la seguridad ocupacional de los trabajadores.

Criterios relacionados con el salario y la prohibición de la contratación de menores de edad, se cumplen en la caficultura del área de estudio, indistintamente de la adopción o no de programas de certificación, mientras el acceso a diversos programas de educación formal y la implementación de medidas relacionadas con la salud y seguridad en el trabajo, son impactos que muestran un panorama más nublado de cumplimiento y, por tanto, de generación de impacto. Así mismo, la equidad de género en la actividad agrícola aún presenta limitaciones en aspectos discutibles, como las funciones para las cuales son comúnmente contratadas las mujeres, las condiciones en que laboran y las horas de trabajo durante la jornada. Sin embargo, en términos salariales el impacto es positivo mientras la actividad desarrollada sea la misma y con la misma eficiencia.

Las múltiples certificaciones adoptadas por finas cafeteras aportan en el aspecto económico como diversas alternativas o canales de comercialización. Sin embargo, su efecto no es acumulativo en temas de precio, ni mucho menos en los componentes sociales y ecológicos, lo que no garantiza una mayor eficiencia ambiental de las fincas con multicertificación como se ha evidenciado en este estudio.

En general la adopción de programas o esquemas de certificación genera impactos positivos en los componentes ecológicos y socioeconómicos. La aplicación de buenas prácticas agrícolas y comercio justo contribuyen a efectos favorables, aunque estos no sean precisamente los más esperados por los caficultores, que normalmente son los de índole económico. La magnitud del impacto ecológico y económico generado por los estándares voluntarios de sostenibilidad dependen del compromiso del caficultor al implementar las medidas correspondientes dirigidas a dar cumplimiento a las regulaciones de los programas y a la variación de precios en el mercado cafetero, mientras el impacto social depende directamente del impacto económico, es decir, de las utilidades generadas por las plantaciones, que están estrechamente ligadas a los costos de los insumos agrícolas para la producción y a la demanda de café especial en el mercado.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4CServices. (2020). Código de Conducta 4C. Versión 3.0. 4C Services GmbH. 38p. https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2020/05/200430_4C-Code-of-Conduct_Draft-ES.pdf

Abella-Díaz, M.F., Jiménez-Sosa, M., Ramírez - Cardona, C.A., Piamba, M.A., López-Monsalve, L., Quiroga-Cardona, J., & Flórez - Ramos, C.P. (2021). Evaluación regional de nuevas líneas mejoradas de café para conformar una variedad regional para la caficultura del Huila. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila: Vol. 2. 2015-2021. (pp. 48–69). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0008_2

Álzate, C.A., (2013). Gestión de la innovación en el sector de cafés especiales. Caso de estudio Asociación de Cultivadores de Apía, Risaralda-Asoapia: Asociación de Cultivadores de Apía, Risaralda-Asoapia. Soc. Econ. 25, 135–156.

Akoyi, K. T., Mitiku, F., y Maertens, M. (2020). Private sustainability standards and child schooling in the African coffee sector. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121713. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121713>

Aguirre, B; Chica, J. y Moreno, F. (2022). Shading in family coffee farms as an environmental incentive promoter for ecosystem services in Tolima, Colombia, *International Journal of Agricultural Sustainability*, DOI: 10.1080/14735903.2022.2041234

Agunbiade, D. A., Folorunso, S. O., Abdullah, K. K. A., y Ogunyinka, P. I. (2017). Two-phase sampling for stratification: Application to software industry. *Ann. Comput. Sci. Ser.*, 15(2), 56-60.

Agronet. (2022). Municipal agricultural evaluations. Areas, production, and national yield per crop. Ministry of Agriculture of the Republic of Colombia. Revised March 01, 2022 at: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=3>

Alemayehu, Y. A., Asfaw, S. L., y Tirfie, T. A. (2020). Management options for coffee processing wastewater. A review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22, 454-469.

Alvarez, M. (2000). Cantos de Aves de la Cordillera Oriental de Colombia. Banco de Sonidos Animales (BSA) Villa de Leyva. Boyacá. Colombia, Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Álvarez, M., V. Caro, et al. (2007). A Guide to the Bird sounds of the Colombian Andes. Banco de Sonidos Animales (BSA) Villa de Leyva. Boyacá. Colombia, Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Amengual, M. y Chirot, L. (2016). Reinforcing the state: transnational and state labor regulation in Indonesia. *ILR review*, 69 (5), 1056–1080. DOI: <https://bbibliograficas.ucc.edu.co:2160/10.1177/0019793916654927>

Andrade, Y.A. (2016). Establecimiento de la influencia de los sistemas agroforestales como alternativa sostenible en la producción de café (*Coffea arábica* L). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.

Andrade, Y; Castro, E. y Ramírez, D. (2021). Certificaciones e iniciativas de sostenibilidad en el sector cafetero un análisis desde la auditoría ambiental en el departamento de Caldas, Colombia. *Contaduría y Administración*, 66 (4), 1-31.

Ango, T. G., Börjeson, L., Wisborg, P., Senbeta, F., y Alem, H. (2022). Coffee, child labour, and education: Examining a triple social–ecological trade-off in an Afromontane forest landscape. *International Journal of Educational Development*, 95, 102681. <https://doi.org/10.1016/J.IJEDUDEV.2022.102681>

APG (The Angiosperm Phylogeny Group). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.

Araque, H., (2015). Variables tecnológicas que determinan la productividad de las fincas

cafeteras del departamento de Caldas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Araújo, G; Magalhães, D; Gomes, E. (2011). Impactos socioambientais da certificação fairtrade nas cooperativas de produtores familiares de café e manga no Brasil. *Confinis*, 2016 no. 29 p.

Arcila P., J.; Farfán V., F.; Moreno B., A.M.; Salazar G., L.F.; y Hincapié G., E. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, *Cenicafé*, 2007. 309 p.

Aristizábal, A. y Duque, O. (2005). Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. *Cenicafé* 56, 299–318.

Armbrecht, I., Rivera, L., y Perfecto, I., (2005). Reduced diversity and complexity in the Leaf-Litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conserv. Biol.* 19, 897–907.

Arnould, E., A. Plastina, y D. Ball. (2009). Does Fair Trade deliver on its core value proposition? Effects on income, educational attainment, and health in three countries. *Journal of Public Policy and Marketing* 28(2): 186–201.

Atallah, S. S., Gómez, M. I., y Jaramillo, J. (2018). A Bioeconomic Model of Ecosystem Services Provision: Coffee Berry Borer and Shade-grown Coffee in Colombia. *Ecological Economics*, 144, 129–138. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.08.002>

Atinkut, H. B., Yan, T., Arega, Y., y Raza, M. H. (2020). Farmers' willingness-to-pay for eco-friendly agricultural waste management in Ethiopia: A contingent valuation. *Journal of cleaner production*, 261, 121211.

Auld, G. (2010). Assessing Certification as Governance: Effects and Broader Consequences for Coffee. *The Journal of Environment & Development*. 19(2) 215-241. <https://doi.org/10.1177/1070496510368506>

Auriol, E., y Schilizzi, S. G. M. (2015). Quality signaling through certification in developing countries. *Journal of Development Economics*, 116, 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2015.03.007>

Ayerbe, F. 2019. Guía ilustrada de la avifauna colombiana, segunda edición. Wildlife Conservation Society, Colombia. 444 pp.

Bacon, C; Méndez, V; Gómez, M; Stuart, D. y Flores, S. (2008). Are sustainable coffee certifications enough to secure Farmer livelihoods? Millenium Development Goals Nicaraguas Fair Trade Cooperatives Globalizations. 5:259–274.

Baland, J. M., y Duprez, C. (2009). Are labels effective against child labor? *Journal of Public Economics*, 93(11-12), 1125-1130. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2009.08.002>

Barham, Bradford L., Callenes, Mercedes, Gitter, Seth, Lewis, Jessa, y Weber, Jeremy. (2011). Fair Trade/Organic Coffee, Rural Livelihoods, and the “Agrarian Question”: Southern Mexican Coffee Families in Transition. *World Development*, 39(1), 134-145. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.08.005>

Barham, B.L. y Weber, J. (2012). The Economic Sustainability of Certified Coffee: Recent Evidence from Mexico and Peru. *World Development*, 40(6), 1269–1279.

Baser, O. (2006). Too Much Ado about Propensity Score Models? Comparing Methods of Propensity Score Matching. *Value in Health*, 9(6), 377–385. <https://doi.org/10.1111/J.1524-4733.2006.00130.X>

Becchetti, L., y Costantino, M. (2008). Fair Trade on marginalised producers: An impact analysis on Kenyan farmers. *World Development*, 36(5), 823–842.

Bellamy, A.S. (2011). Weed control practices on Costa Rican coffee farms: is herbicide use necessary for small-scale producers? *Agric Hum Values* 28, 167–177. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/10.1007/s10460-010-9261-2>

Benavidez, P; Laiton, L. y López, F. (2019). Alertas tempranas para el manejo de plagas. En: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.). *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila: Vol. 1. 2015-2019*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0005>

Benoit, D., y Isabelle, V. (2011). From commoditisation to de-commoditisation ... and back again: Discussing the role of sustainability standards for agricultural products. *Development Policy Review*, 29(1), 91–113.

Beuchelt, T. D., y Zeller, M. (2011). Profits and poverty: Certification's troubled link for Nicaragua's organic and fairtrade coffee producers. *Ecological Economics*, 70(7), 1316-1324. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.01.005

Beyene, A., Kassahun, Y., Addis, T., Assefa, F., Amsalu, A., Legesse, W., ... y Triest, L. (2012). The impact of traditional coffee processing on river water quality in Ethiopia and the urgency of adopting sound environmental practices. *Environmental monitoring and assessment*, 184, 7053-7063.

Bibby, C., M. Jones, y S. Marsden (2004) Expedition Field Techniques BIRD SURVEYS. Volume 2. Cambridge: BirdLife International.

Bilodeau, M., y Duchesne, P. (2002). Principal Component Analysis from the Multivariate Familial Correlation Matrix. *Journal of Multivariate Analysis*, 82(2), 457–470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/jmva.2001.2027>

Bitzer, V., Glasbergen, P., y Arts, B. (2013). Exploring the potential of intersectoral partnerships to improve the position of farmers in global agrifood chains: findings from the coffee sector in Peru. *Agriculture and Human Values*, 30, 5-20.

Blackman, A. y Rivera, J. (2010). The Evidence Base for Environmental and Socioeconomic Impacts of “Sustainable” Certification. Discussion Paper. Washington, DC: Resources For The Future.

Blackman, A. y Naranjo, M. A. (2012). Does eco-certification have environmental benefits? Organic coffee in Costa Rica. *Ecological Economics*, 83, 58-66. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.001>

Blanco, R., y A. Aguilar. (2015). Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga spp* and *Musa spp*) in Northern Nicaragua. *Agr. Ecosyst. Environ.* 210: 25-35.

Bolwig, S., P. Gibson, y S. Jones. (2009). The economics of smallholder organic contract farming in tropical Africa. *World Development* 37(6): 1094–104.

Bosselmann, A.S., Dons, K., Oberthur, T., Olsen, C.S., Ræbild, A., y Usma, H., (2009). The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agric Ecosyst Env.* 129, 253–260.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004>

Botero, J. E., López, A. M., Espinosa, R., y Casas, C. (2010). Aves de zonas cafeteras del sur del Huila. *Av. Tec. Cenicafé.* 78p.

Botero, J.E., Lentijo, G.M., Sánchez, L.M., (2014). Biodiversidad en zonas cafeteras de Colombia. *Av. Tec. Cenicafé* 444, 1–12.

Brand M., Betancourth, J. y D. I. Caviades. (2021). Estado del conocimiento de la avifauna del Huila, Colombia: vacíos de información e investigaciones futuras. *Ornitología Colombiana* 20: 37-54.

Bravo, L. Potts, S. y Tzanopoulos, J. (2016). Drivers influencing farmer decisions for adopting organic or conventional coffee management practices, *Food Policy*, Volume 58 49-61, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.003>.

Bray, J.G., y Neilson, J., (2017). Reviewing the impacts of coffee certification programmes on smallholder livelihoods. *Int. j. biodivers. sci. ecosyst. serv. Manag.* 13, 216–232.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1316520>

Brovini, E. M., de Deus, B. C. T., Vilas-Boas, J. A., Quadra, G. R., Carvalho, L., Mendonça, R. F., Pereira, R. de O., y Cardoso, S. J. (2021). Three-best-seller pesticides in Brazil: Freshwater concentrations and potential environmental risks. *Science of The Total*

Environment, 771, 144754. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.144754>

Brunner, S. (2018). The influence of canopied coffee on outcome and biodiversity aspects - a case study in El Cairo in Colombia. Innsbruck University. 46p.

Bryan F. J. Manly, Jo-Anne M. Akroyd Kim A. y R. Walshe (2002) Encuestas aleatorias estratificadas en dos fases sobre múltiples poblaciones en múltiples ubicaciones, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36:3, 581-591, DOI:10.1080/00288330.2002.9517114

Budney G.F. y Grotke R.W. 1997. Techniques for Audio Recording Vocalizations of Tropical Birds. Biblioteca de Sonidos Naturales, Laboratorio de Ornitología de Cornell Ithaca, New York 14850. <https://macaulaylibrary.org/documents/FieldTechniqueSpanish.pdf>

Buechley, Evan R., Şekercioğlu, Çağan H., Atickem, Anagaw, Gebremichael, Gelaye, Ndungu, James Kuria, Mahamued, Bruktawit Abdu, . . . Lens, Luc. (2015). Importance of Ethiopian shade coffee farms for forest bird conservation. *Biological Conservation*, 188, 50-60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.011>

Burgin, C., Colella, J., Kahn, p., y Upham, N. (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx147>

Burgos, A.J., (2015). Potencial del sector caficultor en Colombia, Nariño y la importancia de la responsabilidad social para su crecimiento económico. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.

Buriticá, M. (2022). Comercio justo frente al trabajo infantil. *Revista Indisciplinas*, 7(14), 69–90. <https://doi.org/10.24142/indis.v7n14a3>

C.A.F.E Practices. (2016). Tarjeta de puntuación genérica. C.A.F.E Practices. Starbucks Coffee Company. https://cdn.scsglobalservices.com/files/program_documents/cafe_scr_genericv3.4_esp_030916_1.pdf

Calderón, C; Serna, G; Trejos, P; y Cruz, C. (2011). Certificación *Rainforest Alliance*, una mirada desde la percepción de los caficultores. *Revista Cenicafé* 62(2): 7-22.

Calo, M., y Wise, T. A. (2005). Revaluing Peasant Coffee Production: Organic and fair trade Markets in Mexico. Global Development and Environment Institute.

Camacho, W. A., y Uribe, D. A. (2018). Estimación de la huella hídrica azul y verde de la producción cafetera en ocho cuencas en el sur del departamento del Huila. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 9(2), 338-354.

Campos, R. C., Pinto, V. R. A., Melo, L. F., Rocha, S. J. S. S. da, y Coimbra, J. S. (2021). New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4, 100058. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100058>

Cano, C.G., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J.S., y Tique, E.Y., (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores Econ.* 7, 1–56. <https://doi.org/10.32468/be.710>

Cao, Y. Haneuse, S. Zheng, Y. y J. Chen. (2023). Muestreo y análisis estratificados en dos fases para predecir resultados binarios, *Bioestadística*, 24 (3) 585–602. <https://doi.org/10.1093/bioestadística/kxab044>

Cárdenas, J. y Pardo, J. D. (2014). Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 70 p.

Cardona, G. y Wilches, J. (2016). Programa de buenas prácticas agrícolas con un enfoque en la producción de café para la finca La Fortuna, Líbano-Tolima. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 93p.

Caudill, SA, Vaast, P. y Husband, TP (2014). Evaluación de la diversidad de pequeños mamíferos en la agrosilvicultura del café en los Ghats occidentales, India. *Sistema Agroforestal* 88, 173–186. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/10.1007/s10457-013-9664-3>

Caudill, S. A., y Rice, R. A. (2016). Do Bird Friendly Coffee Criteria Benefit Mammals? Assessment of Mammal Diversity in Chiapas, Mexico. *PLOS ONE*, 11(11), e0165662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165662>

Caviedes, D. I. (2012). Cuenca del Río Las Ceibas, un área importante para las aves migratorias en los Andes Colombianos. *Revista Ingeniería y Región* 9: 93-100.

Caviedes, D. y Olaya, A. (2020). Impacto ecológico, social y económico de fincas certificadas en buenas prácticas agrícolas y comercio justo. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.iese>

Caviedes, D. I., Delgado, D. R., y Amaya, A. O. (2023). Environmental impacts of certification programmes at Colombian coffee plantations. *Economía agraria y recursos naturales*, 23(2), 29-59. <https://doi.org/10.7201/earn.2023.02.02>

Ceballo, E., y Ocaña, S., (2014.) Estrategias de mitigación frente al cambio climático en fincas cafeteras de la Unión – Nariño. Universidad de Nariño, Nariño.

CENICAFÉ. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.). (2019). Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila: Vol. 1. 2015-2019. Cenicafe. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0005>

Cerretelli, S., Castellanos, E., González-Mollinedo, S., Lopez, E., Ospina, A., y Hagggar, J. (2023). A scenario modelling approach to assess management impacts on soil erosion in coffee systems in Central America. *CATENA*, 228, 107182. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2023.107182>

Chain, A., Martínez, A., Aristizábal, N., y Ricketts, T. H. (2019). Ecosystem services by birds and bees to coffee in a changing climate: A review of coffee berry borer control and pollination. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 280, 53–67. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2019.04.011>

Chalarca, J. (2000). La caficultura en el Huila: historia y desarrollo. Comité Departamental de Cafeteros del Huila, 2000. 169p.

Chaparro, S., M. Á. Echeverry, S. Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 235-272.

Charrier, A. y Berthaud, J. (1985). Botanical Classification of Coffee. Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. *Springer US*. Pp 13-47.

Chi, T. Chien, L. y Chen, S. (2015). Impact of certification system on smallhold coffee farms' income distribution in Vietnam. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*. Vol. 5(6), 137-149.

Chiputwa, Brian, Spielman, David J., y Qaim, Martin. (2015). Food Standards, Certification, and Poverty among Coffee Farmers in Uganda. *World Development*, 66, 400-412. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.09.006>

Clément, R., Tuan, D., Cuong, V., le Van, B., Trung, H. quốc, y Long, C. T. M. (2023). Transitioning from Monoculture to Mixed Cropping Systems: The Case of Coffee, Pepper, and Fruit Trees in Vietnam. *Ecological Economics*, 214, 107980. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2023.107980>

COSA. (2013). Vietnam coffee: A COSA Survey of UTZ Certified Farms. Committee on Sustainability Assessment: Philadelphia, USA, p 52.

CRECE (2015). Impact evaluation of the UTZ Certified coffee program in Colombia. UTZ Certified Response. Revisado el 05 de enero de 2016 de: https://www.utz.org/wp-content/uploads/2015/12/UTZ_response_CRECE_report

CRECE (2021). Trabajo infantil en el sector café en Colombia. Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales (CRECE). Resumen Ejecutivo. Manizales, Colombia. 38pp. <https://www.dol.gov/sites/dolgov/files/Gayar.Arwa.T%40dol.gov/AN39B3~1.PDF>

Cruz, C; Trejos, P; Serna, G; Calderón, C. (2011). Evaluación de ingredientes activos de plaguicidas aplicados en sistemas de producción cafeteros certificados en Cundinamarca y Santander. *Revisita Cenicafé* 62(1): 17-31.

Dadi, D., Mengistie, E., Terefe, G., Getahun, T., Haddis, A., Birke, W., Beyene, A., Luis, P., y van der Bruggen, B. (2018). Assessment of the effluent quality of wet coffee processing wastewater and its influence on downstream water quality. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 18(2), 201–211. <https://doi.org/10.1016/J.ECOHYD.2017.10.007>

d’Albertas, F., Sparovek, G., Pinto, L. F. G., Hohlenwerger, C., y Metzger, J. P. (2024). Yield increases mediated by pollination and carbon payments can offset restoration costs in coffee landscapes. *One Earth*, 7(1), 110-122.

DeFries, R.S., Fanzo, J., Mondal, P., Remans, R., y Wood, S.A., (2017). Is voluntary certification of tropical agricultural commodities achieving sustainability goals for small-scale producers? A review of the evidence. *Environ. Res. Lett.* 12, 33001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa625e>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2015). Censo Nacional Agropecuario. Entrega de Resultados CNA 2014. Cifras Definitivas, DANE, Bogotá

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2022). Situación de las mujeres rurales en Colombia. Resumen Ejecutivo. Ministerio de Agricultura de Colombia. Bogotá D.C, Colombia. 21p.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2023). Comunicado de prensa. Pobreza monetaria 2022. Bogotá D.C, Colombia. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PM/cp-PM-2022.pdf>

Delgado, M. Ulloa, C. y Ramírez, J. (2015). La Economía del Departamento del Huila: Diagnóstico y Perspectivas de Mediano Plazo. Fedesarrollo. 85p.

De Lima, A; Novaes, A; Palmieri, R; Corrêa, M; Maule, R; y Sparovek, G. (2008). Impact of Sustainable Agriculture Network (SAN) certification on coffee farms Case study in the southern region and cerrado areas of the State of Minas Gerais, Brazil /Imaflora - Piracicaba, SP: Imaflora, 53p.

Del Río, M. (2015). El impacto de los estándares y certificaciones agrícolas sobre los ingresos

brutos, el precio y el rendimiento del café en los pequeños productores: un caso aplicado en la caficultura del suroccidente colombiano. Maestría en Económica aplicada. Universidad Del Valle. 86p.

Díaz, M.A., (2014). Estudio de la variabilidad climática y los agroecosistemas cafeteros desde la dinámica de sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Dietz, T. y Grabs, J. (2022). Additionality and Implementation Gaps in Voluntary Sustainability Standards, *New Political Economy*, 27:2, 203-224, DOI: 10.1080/13563467.2021.1881473

Dietz, T; Chong, A; Grabs, J. y Kilian, B. (2020). How Effective is Multiple Certification in Improving the Economic Conditions of Smallholder Farmers? Evidence from an Impact Evaluation in Colombia's Coffee Belt, *The Journal of Development Studies*, 56:6, 1141-1160, DOI: 10.1080/00220388.2019.1632433

Dietz, T., Auffenberg, J., Chong, A. E., Grabs, J., y Kilian, B. (2018). Indicators to compare and assess the institutional strength of voluntary sustainability standards in the global coffee industry. *Data in Brief*, 19, 570–585. <https://doi.org/10.1016/J.DIB.2018.05.048>

Dietz, T., Auffenberg, J., Estrella Chong, A., Grabs, J., y Kilian, B. (2018b). The Voluntary Coffee Standard Index (VOCSI). Developing a Composite Index to Assess and Compare the Strength of Mainstream Voluntary Sustainability Standards in the Global Coffee Industry. *Ecological Economics*, 150, 72–87. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2018.03.026>

Donovan, J., Blare, T., y Peña, M. (2020). Multiple certification uptake by coffee businesses: Evidence of functions and benefits from Central America. *Business Strategy & Development*, 3(3), 264-276. <https://doi.org/10.1002/bsd2.93>

Donovan, J, y Poole, N. (2014). Changing asset endowments and smallholder participation in higher value markets: Evidence from certified coffee producers in Nicaragua. *Food Policy*, 44, 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.09.010>

Dori, T. Economical and environmental impact of selected wet coffee processing industry in Gedeo zone, South Ethiopia. *Journal of Environmental Engineering and Science* **2017**, 8(19), 54-58.

dos Santos, G. P., Perilli, M. L., Cullen Jr, L., Padua, C. V., y Uezu, A. (2018). Influência do entorno de uma unidade de conservação sobre a pressão de caça: RPPN Estação Veracel como estudo de caso. *Biodiversidade Brasileira*, 8(2), 219-231.

Duarte, A. (2013). Desarrollo de un índice general de sostenibilidad para la valoración del aporte de diferentes agrupaciones de productores de cafés especiales del departamento del Huila-Colombia a la sostenibilidad de sus asociados. Universidad Nacional de Colombia. 174p.

Dudal, R. (2002). Forty years of soil fertility in sub-Saharan Africa. En B. Vanlauwe, J. Diels, N. Sanginga, y R. Merckx (eds.), *Integrated Plant Nutrient Management in sub-Saharan Africa: from Concept to Practice* (pp. 7-22). CAB International.

Echeverry, M. Ángela, Acevedo-Charry, O., Avendaño, J. E., Gómez, C., Stiles, F. G., Estela, F. A., y Cuervo, A. M. (2022). Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado. *Ornitología Colombiana*, (22), 25–51. <https://doi.org/10.59517/oc.e548>

Echeverri, E. (2004). Variedades de café sembradas en Colombia. Cartilla cafetera Cap. 01. Federación Nacional de Cafeteros; Centro Nacional de Investigaciones de Café. 22p.

Elise, E. (2015). The Impact of Sustainable Certifications on Coffee Farming Practices. A Case Study from Tarrazú Region, Costa Rica. Máster Thesis in Agricultural Development. Faculty Of Science University Of Copenhagen

Elder, S. D., Zerriffi, H., y Le Billon, P. (2013). Is Fairtrade Certification Greening Agricultural Practices? An Analysis of Fairtrade Environmental Standards in Rwanda. *Journal of Rural Studies*, 32, 264-274. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.07.009>

Escobar, N., Mora, J., y Romero, N.J. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. . Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas 16, 75–88.

Estrada, M. y Santa, C.M. (2007). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de producción de cafés especiales en el departamento de Risaralda. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Estrella, A., Navichoc, D., Kilian, B., y Dietz, T. (2022). Impact pathways of voluntary sustainability standards on smallholder coffee producers in Honduras: Price premiums, farm productivity, production costs, access to credit. *World Development Perspectives*, 27, 100435. <https://doi.org/10.1016/J.WDP.2022.100435>

Fairtrade International (2019). Fairtrade Standard for Small-scale Producer Organizations. Revisado el 02 de junio de 2022 de: https://files.fairtrade.net/standards/SPO_EN.pdf

Fairtrade International. (2016). Scope and Benefits of Fairtrade. Seventh Edition. FairTrade FLO. 173p. http://www.fairtrade.net/fileadmin/user_upload/content/2009/resources/2015-Monitoring_and_Impact_Report_web.pdf

FairTrade International. (2022). Café certificado Fairtrade. Fairtrade FLO Iberica. Mayo 2022. <https://www.fairtrade.es/cafe-certificado-fairtrade/>

Fajar, A., Fariyanti, A., y Priatna, W. B. (2023). Estado Keberlanjutan Perkebunan Kopi Bersertifikasi CAFE Practices. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Revista de agronegocios de Indonesia)* , 11 (1), 1-16. <https://doi.org/10.29244/jai.2023.11.1.1-16>

Farfán, F., y Sánchez, P.M., (2007). Certificación de fincas de producción de Café Orgánico. Av. Técnicos Cenicafe 363, 1–8.

Farfán, F., y Baute, J.E., (2009). Efecto del arreglo espacial del café y del sombrío sobre la producción de café. *Cenicafe* 60, 305–315.

Farfán, F. (2010) Cafés Especiales. Sistemas de Producción de Café en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC), Bogotá, p. 22.

Farfán V., F. (2014). Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Manizales, Caldas (Colombia). 342 p.

Farfán V., F. (2016). Sombríos transitorios para el establecimiento del café. Federación Nacional de Cafeteros. Cenicafé (Colombia). 29p.

Fernández, Y., Sotto, K. D., y Vargas, L. A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción+limpia*, 15(1), 93-110.

Ferraro, Paul J., Uchida, Toshihiro, y Conrad, Jon M. (2005). Price Premiums for Eco-friendly Commodities: Are ‘Green’ Markets the Best Way to Protect Endangered Ecosystems? *Environmental and Resource Economics*, 32(3), 419-438. DOI: 10.1007/s10640-005-7962-6

FNCC (2010). Modulo del Programa de Cafés Especiales. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC) Bogotá, p. 2

FNCC. (2015). Ensayos Sobre Economía Cafetera. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. N° 30 p.101.

FNCC (2014). Informes de Comités Departamentales. LXXX Congreso Nacional de Cafeteros 2014. Por una Caficultura Competitiva. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, p 154.

FNCC (2016). Nuestros Cafés Especiales. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC). Revisado el 03 de enero de 2016 de: http://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/nuestra_propuesta_de_valor/portafolio_de_productos/nuestro_cafe_especial/

FNCC (2017a). “Manual del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la finca cafetera” (Documento interno, FNC).

FNCC (2017b). La recolección de café en Colombia: una caracterización del mercado laboral. Dirección de Investigaciones Económicas. 31p
https://federaciondecafeteros.org/static/files/La_recolecci%C3%B3n_de_cafe_en_Colombia_mercado_laboral.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC). (2021). Informe de Gestión 2021. <https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2022/05/IG-2021-FNC-Web.pdf>. DOI 10.38141/10793.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC) (2021b). Informe de Gestión 2021. Comité de Cafeteros del Huila.
https://huila.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/4/2022/05/FNC-Informe-de-Gestion-2021-Comite-Huila_compressed-2-comprimido.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC). (2022). Café de Huila. Comité de cafeteros del Huila. Revisado el 13 de mayo de 2022. <https://huila.federaciondecafeteros.org/>.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC). (2022b). Estadísticas cafeteras. Revisado el 31 de julio de 2022. <https://federaciondecafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>

Fernández, Y., Sotto, K. D., y Vargas, L. A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción+ limpia*, 15(1), 93-110.

Fort, R. y Ruben, R. (2008). The impact of fair trade on coffee producers in Peru. In R. Ruben (ed.), *The World Development* Vol. xx, No. x, pp. xxx–xxx, 2011

Gajalakshmi, S. y S. Abbasi. (2008) Gestión de residuos sólidos mediante compostaje: estado del arte, revisiones críticas en ciencia y tecnología ambientales, 38:5, 311-400, DOI:10.1080/10643380701413633

Galindo, L.A., Constantino, L.M., Benavides, M.P., Montoya, E.C., y Rodríguez, V.N. (2014). Evaluación de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en quebradas de fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander Colombia. *Cenicafé* 63, 70–92.

Gaona, M. (2013). Como afectan las certificaciones agrícolas la composición y estructura del paisaje estudio de caso para el período 1992-2012 en una región cafetera de El Socorro (Santander-Colombia). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C.

García, J., Ochoa, G., Mora, J.C., y Castellanos, J.F. (2014). Evaluación de impacto del Programa UTZ Certified en Colombia (2008-2012). CRECE. Manizales, Colombia.

Gatti, N., Gomez, M. I., Bennett, R. E., Scott Sillett, T., y Bowe, J. (2022). Eco-labels matter: Coffee consumers value agrochemical-free attributes over biodiversity conservation. *Food Quality and Preference*, 98, 104509. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2021.104509>

Gebreeyessus, G. D. (2022). Towards the sustainable and circular bioeconomy: Insights on spent coffee grounds valorization. *Science of The Total Environment*, 833, 155113. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155113>

Geeraert, L., Hulsmans, E., Helsen, K., Berecha, G., Aerts, R., y Honnay, O. (2019). Rapid diversity and structure degradation over time through continued coffee cultivation in remnant Ethiopian Afromontane forests. *Biological Conservation*, 236, 8-16.

Gertler, P. J; Martínez, S; Premand, P; Rawlings, L. y C. Vermeersch. (2017). *La evaluación de impacto en la práctica*, Segunda edición. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-0888-3

Guhl, A. (2004). Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997. *Cenicafé* 55, 29–44.

Ghul, A. (2009). Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*, 32, Pp.114-125.

Giuliani, E; Ciravegna, L; Vezzulli, A. y Kilian, B. (2017). Decoupling Standards from Practice: The Impact of In-House Certifications on Coffee Farms' Environmental and Social Conduct. *World Development*, 96, 294-314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.013>

Gómez, S. (2012). Las tensiones de los mercados orgánicos para los caficultores colombianos. El caso del Valle del Cauca. *Cuad. Desarro. Rural* 9, 65–85.

Gómez, J. P; Ortiz, E. y Botero, J. (2018). Effects of shade-coffee certification programs on bird, trees and butterfly diversity in Colombia. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/251231>

González, A. (2015). Valoración de la sustentabilidad de los policultivos cafeteros del centro occidente y sur occidente Colombiano. Tesis Doctoral (Doctorado en Ciencias Ambientales). Universidad Tecnológica de Pereira. 196p.

González, A., Bayly, N., Wilson, S., y Hobson, K. A. 2021. Shade coffee or native forest? Indicators of winter habitat quality for a long-distance migratory bird in the Colombian Andes. *Ecological Indicators*, 131, 108115. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.108115>

Grabs, J. (2018). The effectiveness of market-driven regulatory sustainability governance. The design of private sustainability standards and their impacts on Latin American coffee farmers' production practices. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Grabs, J., Kilian, B., Hernández, D. C., y Dietz, T. (2016). Understanding Coffee Certification Dynamics: A Spatial Analysis of Voluntary Sustainability Standard Proliferation. *International Food and Agribusiness Management Review*, 19(3). 1-18

Graz, J.C. 2022. Grounding the Politics of Transnational Private Governance: Introduction a la Sección Especial, Nueva Economía Política, 27:2, 177-187, DOI: 10.1080/13563467.2021.1881472

Greene, W. (2003). *Econometric Analysis*. 5 Edition. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

Guarnizo, G. A. (2018). Impacto y Manejo Ambiental de la Caficultura en La Vereda El Líbano de La Cuenca Hidrográfica Quebrada El Hígado, Tarqui-Huila. Universidad Surcolombiana. 121p

Guedes, L. Gardner, T. McDermott, C., y Lara, K. (2014). Group certification supports an increase in the diversity of sustainable agriculture network-rainforest alliance certified coffee producers in Brazil. *Ecological Economics*, 107, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.006>

Gunawan, B., Abdoellah, O. S., Hadi, F., Alifi, G. J., Suhendi, R. N., Aisharya, I. Y., y Gunawan, W. (2023). From laborers to coffee farmers: collaborative forest management in West Java, Indonesia. *Sustainability*, 15(9), 7722.

Haggar, J; Asigbaase, M; Bonilla, G; Pico, J. y Quilo, A. (2015). Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. *Biodiversity and Conservation*, 24(5), 1175-1194.

Haggar, J., Soto, G., Casanoves, F., y de Melo Virginio, E. (2017). Environmental-economic benefits and trade-offs on sustainably certified coffee farms. *Ecological indicators*, 79, 330-337.

Han, Z., Liu, Y., Zhong, M., Shi, G., Li, Q., Zeng, D., Zhang, Y., Fei, Y., y Xie, Y. (2018). Influencing factors of domestic waste characteristics in rural areas of developing countries. *Waste Management*, 72, 45–54. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2017.11.039>

Han, J., Ge, W., Hei, Z., Cong, C., Ma, C., Xie, M., Liu, B., Feng, W., Wang, F., y Jiao, J. (2020). Agricultural land use and management weaken the soil erosion induced by extreme rainstorms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107047. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2020.107047>

Hardt, E; Borgomeo, E; dos Santos, R; Pinto, L; Metzger, J. y Sparovek, G. (2015). Does certification improve biodiversity conservation in Brazilian coffee farms? *Forest Ecology and Management*, 357, 181-194.

Harris, E. (2016). Starbucks Coffee Company-CAFE Practices-Tarjeta de puntuación para pequeños productores.

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, P. (2008). Ampliación y fundamentación de los métodos mixtos. *Fundamentos de metodología de la investigación*, 376.

Hernandez-Aguilera, J. N., Conrad, J. M., Gómez, M. I., y Rodewald, A. D. (2019). The Economics and Ecology of Shade-grown Coffee: A Model to Incentivize Shade and Bird Conservation. *Ecological Economics*, 159, 110–121. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2019.01.015>

Higgins, J.P.T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M.J., y Welch, V.A., 2019. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>

Hincapié, E. y Ramirez, F. (2010). Riesgo de erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. *Cenicafé*. Avances técnicos 400. Programa de investigación científica. 8pp.

Ho, T. Q., Hoang, V. N., y Wilson, C. (2021). Trade-off analysis of cost and nutrient efficiency of coffee farms in Vietnam: A more generalized approach. *Journal of Environmental Management*, 279, 111601. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.111601>

Ho, T. Q., Hoang, V. N., y Wilson, C. (2022). Sustainability certification and water efficiency in coffee farming: The role of irrigation technologies. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106175. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2022.106175>

Home, R; Bouagnimbeck, H; Ugas, R; Arbenz, M. y Stolze, M. (2017) Sistemas participativos de garantía: certificación orgánica para empoderar a los agricultores y fortalecer las comunidades, *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles*, 41:5, 526-545, DOI:10.1080/21683565.2017. 1279702

Hosmer, D., Lemeshow, S. y Sturdivant, R. (2013). *Applied Logistic Regression*. (Wiley series in probability and statistics), Canada, John Wiley & Sons Inc. DOI:10.1002/9781118548387.

Huang, C.; Wang, Z.; Ren, X.; Ma, X.; Zhou, M.; Ge, X.; Liu, H.; y Fu, S. (2022). Evaluation of Soil Quality in a Composite Pecan Orchard Agroforestry System Based on the Smallest *Data Set. Sustainability*, 14, 10665. <https://doi.org/10.3390/su141710665>

Hughell, D, y Newsom, D. (2013). Impacts of Rainforest Alliance certification on coffee farms in Colombia. *New York, NY: Rainforest Alliance*.

Hung Anh, N., Bokelmann, W., Thi Nga, D. y Van Minh, N. (2019). Hacia la sostenibilidad o la eficiencia: el caso de los pequeños productores de café en Vietnam. *Economías*, 7 (3), 66. MDPI AG. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.3390/economies7030066>

Ibañez, M. y Blackman, A. (2016) Is Eco-Certification a Win–Win for Developing Country Agriculture? Organic Coffee Certification in Colombia, *World Development*, 82, 14-27, <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.004>

Ibnu, M; Glasbergen, P; Offermans, A; y B, Arifin,. (2015) Farmer preferences for coffee certification: a conjoint analysis of the Indonesian smallholders. In: *Journal of Agricultural Science*. Vol. 7, No. 6. pp. 20-34

Ijanu, EM, Kamaruddin, MA y Norashiddin, FA (2020). Tratamiento de aguas residuales del procesamiento de café: una revisión crítica de las tecnologías de tratamiento actuales con una alternativa propuesta. *Ciencias del agua aplicadas* , 10 , 1-11.

Imron, M. A., Campera, M., al Bihad, D., Rachmawati, F. D., Nugroho, F. E., Budiadi, B., Wianti, K. F., Suprpto, E., Nijman, V., y Nekarlis, K. A. I. (2022). Bird Assemblages in Coffee Agroforestry Systems and Other Human Modified Habitats in Indonesia. *Biology*, 11(2), 310. <https://doi.org/10.3390/biology11020310>

International Coffee Organization (ICO), (2022). Estadísticas del comercio. Datos Historicos. https://www.ico.org/ES/trade_statistics.asp (accessed 6.16.21).

Innovation for poverty action (2018). Colombia Poverty Probability Index. Guía del usuario. 31p. <https://www.povertyindex.org>.

IUCN –International Union for Conservation of Nature. (2022). The IUCN red list of threatened species. Versión 2022-3

Jacquet, F., Jeuffroy, M. H., Jouan, J., Le Cadre, E., Litrico, I., Malausa, T., ... y Huyghe, C. (2022). Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(1), 8.

Jaffee, D. (2008). Better, but not great: the social and environmental benefits and limitations of fair trade for indigenous coffee producers in Oaxaca, Mexico. In: Ruben, R. (Ed.), *The Impact of Fair Trade*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 196–222.

Japanese Agricultural Standard for Organic No. 1605. 2005. Public Notice of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries No. 1605 of October 27, 2005 Products of Plant Origin.

Jaramillo, S., Saraz, J. A. O., y Correa, G. (2017). Emission and fixation of greenhouse gases in potential specialty coffee production zones in Antioquia -Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(3) <http://dx.doi.org/10.15446/rfna.v70n3.62639>

Jha, S., Bacon, C., Philpott, S., Méndez, E., Laderach, P., y Rice, R. (2014). Shade Coffee: Update on a Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*. Vol. 64, Issue 5.

Jiménez, M. (2018). Evaluación y plan de manejo ambiental de la caficultura en el distrito de riego Betania localizada en la microcuenca de la quebrada Pescador, municipios de la Argentina y La Plata, Huila /. Universidad Surcolombiana, Neiva.

Jiménez, E. (2021). La ecología política de las plantaciones de café con sombra: narrativas de conservación y la experiencia cotidiana de los trabajadores agrícolas, *The Journal of Peasant Studies*, 48:6, 1284-1303, DOI:10.1080/03066150.2020.1713109

Julien, J. C., Bravo-Ureta, B. E., y Rada, N. E. (2023). Gender and agricultural productivity: Econometric evidence from Malawi, Tanzania, and Uganda. *World Development*, 171, 106365. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106365>

Jurjonas, M. Crossman, K. Solomon, y J. López, W. (2016). Potential Links Between Certified Organic Coffee and Deforestation in a Protected Area in Chiapas, Mexico, *World Development*, 78, 13-21, <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.030>.

Kammerichs-Berke, D., Lane, F. J., Ong'ondo, F. J., Mlamba, E. M., Bean, W. T., JEDLICKA, J. A., ... y Johnson, M. D. (2022). The effect of shade tree species on bird communities in central Kenyan coffee farms. *Bird Conservation International*, 32(4), 655-673.

Karp, D., Mendenhall, C., Figueroa, R., Chaumont, N., Ehrlich, P., Hadly, E., y G. Daily. (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters* 16. 1339–1347. <https://doi.org/10.1111/ele.12173>

Katlyn S.M., Méndez, V.E., y Olson, M.B. (2013). ‘Los meses flacos’: seasonal food insecurity in a Salvadoran organic coffee cooperative. *The Journal of Peasant Studies*, 40(2), 423-446. <https://doi.org/10.1080/03066150.2013.777708>

Kessler M, Hertel D, Jungkunst HF, Kluge J, Abrahamczyk S, Bos M, et al. (2012) Can Joint Carbon and Biodiversity Management in Tropical Agroforestry Landscapes Be Optimized? *PLoS ONE* 7(10): e47192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047192>

Komar, O. (2012). ¿Are Rainforest Alliance certified coffee plantations bird-friendly? SalvaNatura Fundación Ecológica, San Salvador.

Krasnozhon, L; Simpson, D. y Block, W. (2015). Fair Trade: Its Real Impact on the Working Poor. *The Review of Social and Economic Issues*, v. 1, n. 2, Spring 2015

Kusumawati, A., Hanudin, E., Purwanto, B. H., y Nurudin, M. (2023). Assessing Soil Quality Index Under Different Sugarcane Monoculture Periods and Soil Orders. *Communications in*

Soil Science and Plant Analysis, 54(2), 225–242.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2112213>

Lansing, S., Botero, R. B., y Martin, J. F. (2008). Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresource Technology*, 99(13), 5881–5890.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2007.09.090>

Laurila-Pant, M., Lehtikainen, A., Uusitalo, L., y Venesjärvi, R. (2015). How to value biodiversity in environmental management? *Ecological Indicators*, 55, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2015.02.034>

Leal, J. C., y Tobón, C. (2021). The water footprint of coffee production in Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 74(3), 9685-9697.
<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.91461>

Lee, Y., y Bateman, A. (2021). The competitiveness of fair trade and organic versus conventional coffee based on consumer panel data. *Ecological Economics*, 184, 106986.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106986>

Lentijo, G M., y Hostetler, M E. (2013). Effects of a participatory bird census project on knowledge, attitudes and behaviors of coffee farmers in Colombia. *Environment, Development and Sustainability*, 15(1), 199-223. doi: 10.1007/s10668-012-9383-3

Lima, P. de M., Morais, M. F. de, Constantino, M. A., Paulo, P. L., y Magalhães Filho, F. J. C. (2021). Environmental assessment of waste handling in rural Brazil: Improvements towards circular economy. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100013.
<https://doi.org/10.1016/J.CESYS.2021.100013>

Liu, T.; Bruins, R.J.F.; y Heberling, M.T. (2018). Factors Influencing Farmers' Adoption of Best Management Practices: A Review and Synthesis. *Sustainability*, 10, 432.
<https://doi.org/10.3390/su10020432>

López-Gómez, A. M., Williams-Linera, G., y Manson, R. H. (2008). Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3–4), 160–172. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2007.09.008>

Lyngbaek, A., R. Muschler, y F. Sinclair. (2001). Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53: 205-213.

Lyon, S., Bezaury, J. A. y amp; Mutersbaugh, T. (2010). Gender equity in fairtrade–organic Coffee producer organizations: Cases from Mesoamerica. *Geoforum*, 41(1), 93-103.

Maldonado, J., Gómez, J., Benavides, P., Escobar, L. E. y Gil, Z. (2023). Arvenses y su importancia en el sostenimiento de la diversidad de insectos visitantes florales del café. *Revista Cenicafé*, 74(1), e74102. <https://doi.org/10.38141/10778/74102>

Mancilla, G.E. (2012). Aplicación del sombrío del cafeto (*Coffea arabica*) en Colombia. *Conex. Agropecu.* JDC 2, 37–48.

Manrique, O., y Gracia, J. (2014). Seguridad e Inocuidad Alimentaria en Hogares de Jornaleros de Fincas Cafeteras con y sin Certificación del Suroeste de Antioquia - Colombia. *Vitae*, 21(1), 20-29. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/15767>

Manson, S., Campera, M., Hedger, K., Ahmad, N., Adinda, E., Nijman, V., Budiadi, B., Imron, M. A., Lukmandaru, G., y Nekaris, K. A. I. (2022). The effectiveness of a biopesticide in the reduction of coffee berry borers in coffee plants. *Crop Protection*, 161, 106075. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2022.106075>

Martínez, M.E. (2008). The benefits and sustainability of organic farming by peasant coffee farmers in Chiapas, Mexico. In: Bacon, C., Méndez, V., Gliessman, S., Goodman, D., Fox, J. (Eds.), *Confronting the Coffee Crisis: Fair Trade, Sustainable Livelihoods, and Ecosystems in Mexico and Central America*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 99–126

Massimino, D., Harris, S. J., y Gillings, S. (2019). Analysing mammal citizen science data – A response to Wheeler et al. *Biological Conservation*, 232, 276–277. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2019.01.022>

Matsumoto, T. y Sánchez, I. A. (2016). Monitoramento de 24 horas do desempenho de reator aeróbio de leito fluidizado trifásico na remoção de amônio num sistema de recirculação para produção de tilápia. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 24(3), 263–271. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324682>

Matuk, V., Puerta, G. I., y Rodríguez, N. (1998). Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo de café. *Cenicafé*, 48(4): 234-252.

Mazzon, M., Cavani, L., Ciavatta, C., Campanelli, G., Burgio, G., y Marzadori, C. (2021). Conventional versus organic management: application of simple and complex indexes to assess soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107673. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2021.107673>

Mejía, L.M., y Orozco, L. (2011). Análisis de la potencialidad del café especial sostenible certificado por Raintforest como alternativa económica en el departamento del Quindío. *Rev. Investig. Aleth.* 1, 27–38.

Méndez, V. Bacon, C. Olson, M. Morris, K. y Shattuck, A. (2010). Agrobiodiversidad, sombra y medios de vida de pequeños productores de café: una revisión y síntesis de diez años de investigación en América Central. *Prof Geogr* 62: 357-376.

Méndez, V. Bacon, C. Olson, M. Petchers, S. Herrador, D. Carranza, C. et al. (2010b). Effects of Fair Trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households in Central America and Mexico. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(3), 236–251.

Mendez, D. y Garzón, M. (2016). Evaluación de impacto y plan de manejo ambiental para la finca cafetera Villa Sarita; municipio de Gigante, Huila. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana. Neiva – Huila. 139 p.

Meneses, L.M. (2022). Consumo e impactos de los agrotóxicos en Colombia: comunidades envenenadas. *Saúde em Debate* [online]. v. 46, pp. 75-88. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E205>

Metzler-Amieux, V., y Dosso, M. (1998). Conditions de durabilite d'un système agraire caféicole: bilan des transferts de matiere organique à l' échelle de la colline, au Buyenzi (Burundi). *Cahiers Agricultures*, 7(4), 271-279. <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30097>

Meyfroidt, P., Vu, T. y Hoang, V. A. (2013). Trajectories of deforestation, coffee expansion and displacement of shifting cultivation in the Central Highlands of Vietnam. *Global Environmental Change*, 23(5), 1187-1198. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.04.005>

Mishra, P., Kattel, R., Chandra Dhakal, S., y Lal Bhandari, P. (2019). Factors Affecting the Adoption of Certification among the Orthodox Tea Growers in Nepal. *Int J Environ Sci Nat Res*. 22(4): 556095. DOI: 10.19080/IJESNR.2019.22.556095

Mitiku, F; Nyssen, J. y Maertens, M. (2018). Certification of Semi-forest Coffee as a Land-sharing Strategy in Ethiopia. *Ecological Economics*, 145, 194-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.09.008>

Mitiku, F; de Mey, Y; Nyssen, J. y Maertens, M. (2017). Do Private Sustainability Standards Contribute to Income Growth and Poverty Alleviation? A Comparison of Different Coffee Certification Schemes in Ethiopia. *Sustainability*, 9(2), 246.

Milder, J. C., Hart, A. K., Dobie, P., Minai, J, y Zaleski, C. (2014). Integrated Landscape Initiatives for African Agriculture, Development, and Conservation: A Region-Wide Assessment. *World Development*, 54, 68-80. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.07.006>.

Milder, J. y Newsen, D. (2015). Evaluating the Effects of the SAN/Rainforest Alliance Certification System on Farms, People, and the Environment. SAN/Rainforest Alliance Impacts Report. 124p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2022). Proyecciones de la producción de café. Noticias MADR.

<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Proyectamos-que-la-produccion-de-cafe-estara-en-13,2-millones-de-sacos-este-2022,-lo-que-representara-un-crecimiento-de-5-f.aspx>

MinTrabajo. (2012). Informe sobre el comportamiento del trabajo infantil en Colombia según la Enti 2011. Ministerio del Trabajo de la República de Colombia Bogotá.

Mogrovejo, R., Guataqui Cervera, S., Garcia, C., Zárate, C., y Ochoa, G. (2022). Perfil de la mujer productora de café en Colombia: estudio de caso de sus condiciones de seguridad y salud en el trabajo (1a ed.). OIT.

Mojo, D; Fischer, C; y Degefa, T. (2017). The determinants and economic impacts of membership in coffee farmer cooperatives: recent evidence from rural Ethiopia, In Journal of Rural Studies, Volume 50, 84-94, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.12.010>.

Montoya, V. (2011). Plan de Marketing para una comercialización directa de café especial en el departamento de Risaralda guía para exportar. Universidad Católica de Pereira, Pereira.

Moreno, G. (2006). El Comportamiento de las Aves como Herramienta para su Identificación. Técnicas y Metodologías. *Acta Granatense* 4 (5):85-93.

Moreno, N., Ariel, C., y Romero, A. (2016). Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. Universidad de Manizales, Pereira.

Mugford, J., Moltchanova, E., Plank, M., Sullivan, J., Byrom, A., y James, A. (2021). Citizen science decisions: A Bayesian approach optimises effort. *Ecological Informatics*, 63, 101313. <https://doi.org/10.1016/J.ECOINF.2021.101313>

Mosquera, A. (2018). Evaluación de los principios dirigidos a la certificación de la zona norte del departamento del Huila. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana.

Muñoz, A. (2007). Diseño de una guía de selección del sello para cafés sostenibles. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Muñoz, S., y Villota, T. (2014). Evaluación de macrofauna y composición florística en sistemas productivos de café (*coffea arabica* L.), Municipio de La Unión, Nariño. Universidad de Nariño, Nariño.

Mutekanga, F. P., Visser, S. M., y Stroosnijder, L. (2010). A tool for rapid assessment of erosion risk to support decision-making and policy development at the Ngege watershed in Uganda. *Geoderma*, 160(2), 165–174. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2010.09.011>

Navarro, E.R. (2016). Condiciones económicas y sociales para la toma de decisiones de productores campesinos, sobre el mantenimiento o cambio del cultivo del café, en la zona marginal cafetera baja de Colombia: estudio de caso de 21 fincas de la vereda El Socorro municipio de Falan - Tolima. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Navia, J.F., Gallego, I.E., y Jojoa, I.D. (2016). Evaluación del Programa Nespresso AAA y su impacto en la sostenibilidad de la caficultura en el municipio de La Unión Nariño. *Rev. Fac. Ciencias Agropecu.* 8, 30–38.

Neilson, J. (2008). Global Private Regulation and Value-Chain Restructuring in Indonesian Smallholder Coffee Systems. *World Development*, 36(9), 1607-1622. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.09.005>

Neilson, J., Arifin, B., Gracy, C. y T. Kham. (2010). Challenges of global environmental governance by nonstate actors in the coffee industry Insights from India, Indonesia and Vietnam. In Pardeep, T.R. (2023). Effect of Selected Factors on Adoption of Organic Agriculture Certificate: A Logistic Regression Approach, PREPRINT (Version 1) available at Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3164265/v1>

Nguyen, T. T., Malek, L., Umberger, W. J., y O'Connor, P. J. (2022). Household food waste disposal behaviour is driven by perceived personal benefits, recycling habits and ability to compost. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134636. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.134636>

NOP-USDA. 2018. American Organic Regulations. USDA Organic Standards 7 CFR 205 The U.S. Department of Agriculture (USDA). <https://www.ecfr.gov/current/title-7/subtitle-B/chapter-I/subchapter-M/part-205>

Nosque, E.A. (2014). Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arábica*) - 10596/2654. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, La Plata.

Oberthür, Thomas, Läderach, Peter, Posada, Huver, Fisher, Myles J., Samper, Luis F., Illera, Julia, . . . Jarvis, Andy. (2011). Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36(6), 783-794. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.07.005>

OIT (2020). Condiciones de trabajo y de salud de las personas que realizan actividades temporales o estacionales en cultivos de café (1 Ed.). *Vision Zero Fund & Organización Internacional del Trabajo (OIT). Colombia: Oficina de la OIT para los Países Andinos. 94 p.*

OIT (2022). Gestión del riesgo químico en el sector agrícola. Cartilla de plicación (1 Ed.). *Vision Zero Fund & Organización Internacional del Trabajo (OIT). Lima: Oficina de la OIT para los Países Andinos. 44 p.*

Oliveros, C.E., y Sanz, J.R. (2011). Engineering and coffee in Colombia. *Rev. Ing.* 0, 99–114. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i33.183>

Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao y K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth. *BioScience* 51: 933-938.

OMS (2019). Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación de 2019 [WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2020. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Ong'ondo, F. J., Fogarty, F. A., Njoroge, P., y Johnson, M. D. (2022). Bird abundance and diversity in shade coffee and natural forest in Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 39, e02296. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2022.E02296>

Ortiz, D. (2009). Estudio de impacto y plan de manejo ambiental para el sistema de producción de café en la finca La Cabaña ubicada en el municipio de Acevedo, Huila. 88 p. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola) Universidad Surcolombiana.

Ortiz, C. P., Trujillo Monje, M., Rebolledo-Cortes, H. S., Rubiano Daza, H., Cárdenas-Torres, R. E. y Ricardo Delgado, D. (2023). Análisis de la percepción de la población colombiana sobre uso de plantas medicinales mediante procesamiento de lenguaje natural (PLN). *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 52(2). <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v52n2.110755>

Osorio, F. (2014). Proyecto productivo aplicado a la comercialización de café especial en el municipio de Tarqui Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Pitalito.

Ospina, I. (2008). Evaluación de los programas de certificación en Colombia para cafés especiales. Estudio de caso municipio de Marsella (Risaralda). Universidad de la Salle.

Oya, C., Schaefer, F., y Skolidou, D. (2018). The effectiveness of agricultural certification in developing countries: A systematic review. *World Dev.* 112, 282–312. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.001>

Palacios, J. y Presiga, R. (2014). Incidencia de los procesos de certificación de fincas cafeteras, en el municipio de Ebéjico occidente de Antioquia, como estrategia comercial para

café diferenciados. Facultad de Ciencias Agrícolas y Agrarias. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 67p.

Panhuysen, S., y Pierrot, J. (2014). Coffee Barometer. IUCN – Hivos – WWF-Oxfam. https://www.preventionweb.net/files/38295_coffeebarometer2014report0.pdf

Partzsch, L., Hartung, K., Lümmen, J., y Zickgraf, C. (2021). Water in your coffee? Accelerating SDG 6 through voluntary certification programs. *Journal of Cleaner Production*, 324, 129252. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129252>

Pazeto, R. y Modesto, N. (2017). Perfil de avaliações de impacto da certificação fairtrade na cafeicultura. *Revista Espacios*. 38 (32) 23p.

Peñuela, A; Duque, O. y Dussan, L. (2007). Impacto económico del proyecto de café especial “La Vereda”, en el municipio de Riosucio, Caldas. *Cenicafé* 58(3): 196-215

Pérez, A; Rosique, J; Turbay, S. y Machado, M. (2016). Estudio de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de Unidades Campesinas Productoras de Café en Rediseño Agroecológico (Cuenca del Río Porce, Antioquia). *Agroalimentaria*, (22), 42, 171-189.

Peters M.D, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, et al. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIM Evid Synth* 2020;18 (10):2119–2126.

Pham, H., Chuah, S., y Feeny, S. (2022). Coffee farmer preferences for sustainable agricultural practices: Findings from discrete choice experiments in Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 318(May), 115627. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.115627>

Philpott, S., Bichier, P., Rice, R., y Greenberg, R. (2007). Field testing ecological and economic benefits of coffee certification programs. *Conservation Biology* 21 (4), 975–985.

Philpott, S.M., Arendt, W.J., Armbrrecht, I., Bichier, P., Diestch, T.V., Gordon, C., Greenberg, R., Perfecto, I., Reynoso-Santos, R., Soto-Pinto, L., Tejeda-Cruz, C., Williams-Linera, G.,

Valenzuela, J. y Zolotoff, J.M. (2008), Biodiversity Loss in Latin American Coffee Landscapes: Review of the Evidence on Ants, Birds, and Trees. *Conservation Biology*, 22: 1093-1105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x>

Philpott, S. M., y Bichier, P. (2012). Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149, 171–180. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2011.02.015>

Pierrot, J., Giovannucci, D., y Kasterine, A. (2010). Trends in the trade of certified coffees. *International Trade Centre Technical Paper*.

Pin, B. V. da R., Barros, R. M., Silva Lora, E. E., Almazan del Olmo, O., Silva dos Santos, I. F., Ribeiro, E. M., y Victor de Freitas Rocha, J. (2020). Energetic use of biogas from the anaerobic digestion of coffee wastewater in southern Minas Gerais, Brazil. *Renewable Energy*, 146, 2084–2094. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.08.004>

Piraquive, G.; Nieto, V; Timote, J; Oviedo, S. (2017) Análisis del comercio internacional colombiano y diversificación de exportaciones (2002-2015): Canadá, Estados Unidos y Unión Europea. Documento 457 Dirección de Estudios Económicos. Departamento Nacional de Planeación. 158p.

Polo, Y. (2013). Análisis de factibilidad técnica, ambiental y financiera para la producción y comercialización de café sostenible por el grupo asociativo Robles del Macizo – Corregimiento de Bruselas (Municipio de Pitalito, Huila). Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira. 140p.

Ponte, S. (2004). Standards and Sustainability in the Coffee Sector: a Global Value Chain Approach. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Manitoba, Canada.

Poulsen, B., y N. Krabbe. (1998). Avifaunal diversity of five high-altitude cloud forests on the Andean western slope of Ecuador: testing a rapid assessment method. *Journal of Biogeography* 25:83-93.

Quiñones, X.F., Penker, M., Vogl, C.R., y Samper, L.F. (2015). Can origin labels re-shape relationships along international supply chains? – the case of Café de Colombia. *Int. J. Commons* 9, 416–439. <https://doi.org/10.18352/ijc.529>

Quisumbing, A. R., y Doss, C. R. (2021). Gender in agriculture and food systems. *Handbook of agricultural economics*, 5, 4481-4549. <https://doi.org/10.1016/bs.hesagr.2021.10.009>

Raiesi, F. (2017). A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. *Ecological Indicators*, 75, 307–320. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.12.049>

Rainforest Alliance (RA). (2013). Evaluating the Results of Our Work. Impacts of Rainforest Alliance Certification on Coffee Farms in Colombia. Rainforest Alliance; Global Environment Facility y Zurich Foundation. New York, 24p.

Rainforest Alliance (RA). (2014). Conservación de la biodiversidad en plantaciones de café. *Transformando las prácticas agrícolas en el sector del café al incrementar la demanda para el café sostenible certificado*. Rainforest Alliance. 233 Broadway, 28th Floor. 4p.

Rainforest Alliance (RA). (2020). Estándar de agricultura sostenible de Rainforest Alliance. Introducción. Rainforest Alliance 14p. https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2020/06/2020-Sustainable-Agriculture-Standard_Introduction-Es.pdf

Rainforest Alliance (RA). (2022). Informe de datos de certificación del café – 2021. Programa de Rainforest Alliance y UTZ. Mayo 2022. https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2022/05/Coffee-Certification-Data-Report-2021_ES.pdf

Ramírez, A., Betancur, L. (2015). Caracterización de la finca cafetera caldense que presta servicio de alojamiento rural: Caso estudio Hacienda Venecia y finca Tío Conejo. Universidad Católica de Manizales.

Ramirez, C., Macchione, M., Lara dos Santos, V. y Souza, R. (2022). “The coffee value chain and its transition to sustainability in Brazil and Colombia from innovation system approach”. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(6), 1150-1165. <https://doi.org/10.1080/14735903.2022.2065794>

Ramírez, J. V, y Granobles, J.T. (2015). Análisis de la adopción de los criterios UTZ Certified en los caficultores, del programa de cafés sostenibles, en los municipios de Sevilla y Caicedonia, Valle del Cauca. Universidad de Manizales, Manizales.

Ramos, C. E. (2023). On the hydro-geomorphology of steep land coffee farming: Runoff and surface erosion. *Agricultural Water Management*, 289, 108568. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2023.108568>

Ranjan, P., y Grote, U. (2017). Fairtrade certification and livelihood impacts on small-scale coffee producers in a tribal community of India. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 39(1), 87-110.

Rao, J. N. K. (1973). On double sampling for stratification and analytical surveys. *Biometrika* 60, 125-133

Rebolledo, I.D., y Vento , L.A. (2004). Propuesta de agroindustrialización del proceso de beneficio del café en el Municipio de la Unión (Nariño) de acuerdo a las características de calidad esperadas por el cliente a nivel internacional. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000. Sección II- Título E Tratamiento de aguas residuales. Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento, 2002. 144 p.

Renard, M.-C. (2022). Valores y elaboración de estándares en redes de café 'sostenibles': El caso de 4C y Nestlé en México. *Sociología Internacional*, 37 (6), 758-776. <https://doi.org/10.1177/02685809221119289>

Renjifo, L. M., A. M. Amaya, J. Burbano y J. Velásquez. 2016. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta, y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Editorial Pontificia Universidad Javeriana – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C. 563 pp.

Reza, S. K., Alam, N. M., Mukhopadhyay, S., Nayak, D. C., Sahoo, A. K., Singh, S. K., Dwivedi, B. S., Maurya, D., y Mukhopadhyay, J. (2022). Quantification of soil quality index using pedo-morphological data of alluvial soils of indo-gangetic plains, India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2067982>

Rincón, S., Toro, J. y Burgos, J. (2009). Lineamientos guía para la evaluación de criterios de biodiversidad en los estudios ambientales requeridos para licenciamiento ambiental. Biodiversidad y estudios de impacto ambiental. Elementos para evaluadores. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt e Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 124 p.

Roach, NS, D. Acosta y TE Lacher, Jr. (2021). Shade coffee and amphibian conservation, a sustainable way forward? Understanding the perceptions and management strategies of coffee growers in Colombia *Ecology and Society*. 26 (2) : 33 <https://doi.org/10.5751/ES-12449-260233>

Rodrigues, A; Favarin, J; Gallo, L; Ferreira, M; Tezotto, T. y Lavres Jr, J. (2011). Influence of nitrogen fertilization on nickel accumulation and chemical composition of coffee plants during fruit development. *Journal of Plant Nutrition*, 34:12, 1853-1866, DOI: 10.1080/01904167.2011.600412

Rodríguez, N; Sanz, J; Oliveros, C. y Ramírez, C. (2015). Beneficio del café en Colombia. FNC - *Cenicafé*, 37p.

Rodriguez, N., Yepes, L. V. Q., Ocampo, A. F. O., Castañeda, S. A., de Miguel García, A., Harmsen, J., ... y Ayala, L. M. (2018). Tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas en fincas cafeteras. APC Columbia 2028.

Rodríguez, N., Castañeda, S. A., Osorio, A. F., y Quintero, L. (2019). Dispositivos para el óptimo funcionamiento hidráulico de Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio. *Boletín Técnico Cenicafé*, 42, 1–46. <https://doi.org/10.38141/10781/042>

Rodríguez, N.; Sanz, J; Ramírez, C; Quintero, L. y Tibaduiza, C. (2021). Tipificación del beneficio del café en Colombia, relación con el consumo de agua, generación de vertimientos y huellas hídricas azul y gris. *Boletín Técnico Cenicafé*, 46. 40p.

Rodríguez-Valencia, N., Duque Orrego, H., Jaramillo-Cardona, C. M., y Quintero-Yepes, L. (2022). Adopción del beneficio ecológico del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 543, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0543>

Rodríguez, N., Quintero, L., y Castañeda, S. A. (2022). Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y cero descargas de las aguas residuales de la finca cafetera. *Cenicafé*. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0029>

Rojas, Á., Hartman, K., Almonacid, R., y Desarrollo, A.Y. (2012). El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. *Ambient. y Desarro.* 16, 93–104.

Rosenbaum, P. R., y Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.

Ruben, R., y Fort, R. (2012). The Impact of FairTrade Certification for Coffee Farmers in Peru. *World Development*, 40(3), 570-582. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.030>

Ruben, R. y Zuniga, G. (2011). How standards compete: comparative impact of coffee certification schemes in Northern Nicaragua. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(2), 98-109.

Rubio-Jovel, K. (2024). Coffee production networks in Costa Rica and Colombia: A systems analysis on voluntary sustainability standards and impacts at the local level. *Journal of Cleaner Production*, 445, 141196. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.141196>

Rueda, X., y Lambin, E.F. (2013). Responding to globalization: Impacts of certification on Colombian small-scale coffee growers. *Ecol. Soc.* 18. <https://doi.org/10.5751/ES-05595-180321>

Rueda, X., y Lambin, E. F. (2013b). Linking globalization to local land uses: how eco-consumers and gourmands are changing the Colombian coffee landscapes. *World Development*, 41, 286-301. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.05.018>

Rueda, X; Thomas, N. y Lambin, E. (2015). Eco-certification and coffee cultivation enhance tree cover and forest connectivity in the Colombian coffee landscapes. *Regional Environmental Change*, 15(1), 25-33

Ruiz, V., Berlanga, H.A., Calderón R., Savarino, A., Aguilar, M.A. y Rodríguez, V. 2020. Manual Ilustrado para el Monitoreo de Aves. PROALAS: Programa de América Latina para las Aves Silvestres. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad /Iniciativa para la Conservación de las Aves de Norte América, México y Laboratorio de Ornitología de Cornell Ciudad de México e Ithaca N. Y. 104 pp.

Sáenz, F. y G. Zúñiga. (2008). Assessment of the effect of Fair Trade on smallholder producers in Costa Rica: A comparative study in the coffee sector. In R. Ruben (ed.), The impact of Fair Trade. Netherlands: Wageningen Academic Publishers. Chapter 5.

Said, N. S., Abdullah, S. R., Ismail, N. ‘Izzati, Hasan, H. A., y Othman, A. R. (2023). Integrating treatment processes of coffee processing mill effluent for reclamation of secondary resources. *Journal of Cleaner Production*, 386, 135837. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.135837>

Salazar, L. y Hincapié, E. (2005). Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. Programa de Investigación Científica. CENICAFE. Avances Técnicos 333. 10.38141/10779/0333

Salazar, M. (2005). Análisis de rentabilidad financiera del programa C.A.F.E Practice de Starbucks en diferentes tipologías de productores cafeteros de altura en Costa Rica. CATIE. Costa Rica. 136p.

Salazar, L. (2021). Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia. *Cenicafé*. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0015>

Salinas, C.C. (2013). Incentivos económicos para la conservación y sus impactos en los medios de vida de productores en paisajes cafeteros cuatro estudios de caso de familias productoras de café en el municipio de La Unión, Nariño. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Sánchez, P. A., y Jama, B. A. (2002). Soil fertility replenishment takes off in East and Southern Africa. En B. Vanlauwe, J. Diels, N. Sanginga y R. Merckx (eds.), *Integrated Plant Nutrient Management in sub-Saharan Africa: from Concept to Practice*, (pp. 23-45). CAB International.

Sanchez, J. y Acosta, G. (2015). Pitalito Atlas Ambiental y de la Biodiversidad. Alcaldia Municipal de Pitalito. 204p

Särndal, C. E., Swensson, B., y Wretman, J. (2003). *Model assisted survey sampling*. Springer Science & Business Media.

Serna, C.A., Trejos, J.F., Cruz, G., y Calderón, P.A. (2010). Estudio económico de sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados en dos regiones de Colombia. *Cenicafé* 61, 222–240.

Silva, E. C., Castro Junior, L. G., Costa, C. H., y Andrade, F. T. (2014). Determinant factors in adopting socio-environmental certifications in coffee farms¹. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 52, 437-448.

Snider, A., Afonso Gallegos, A., Gutiérrez, I., y Sibelet, N. (2017). Social capital and sustainable coffee certifications in Costa Rica. *Human Ecology*, 45(2), 235-249.

Solano, J. (2014). Editorial - El paisaje y la agricultura familiar campesina. *LEISA Rev. Agroecol.* 30, 14–19.

Solarte, M., Guzmán, M; Guimarães, P; Resende, M; y Carvalho, M. (2014). Café orgánico, fortalezas y limitaciones: el caso de Colombia y Brasil., in: Sociedade Brasileira de Economia (Ed.), 52 Congresso/Goiânia - GO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, pp. 1–20.

Sporn, S. G., Steffan- Dewenter, I., Tjitrosoedirdjo, S. S., y Tschardtke, T. (2012). Can joint carbon and biodiversity management in tropical agroforestry landscapes be optimized? *Plos One* 7(10), e47192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047192>

Suárez, A. E., Gutiérrez, I., Ortiz, F., Ordoñez, C., Suárez, J. C., y Casanoves, F. (2021). Dimensions of social and political capital in interventions to improve household well-being: Implications for coffee-growing areas in southern Colombia. *PLoS ONE* 16 (1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245971>

Suarez, L; Pinto, S. y Salazar, J. (2019). Macrofauna del suelo y propiedades edáficas en los sistemas cafetaleros del sur de Colombia. *Silvicultura y Medio Ambiente* [en línea]. 2019, v. 26, núm. 3 <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033418>

Sun, L., Wang, K., Xu, L., Zhang, C., y Balezentis, T. (2022). A time-varying distance based interval-valued functional principal component analysis method – A case study of consumer price index. *Information Sciences*, 589, 94–116. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2021.12.113>

Stotz, D. F., J. Fitzpatrick, T. Parquer III y D. Moskovits. 1996 neotropical birds: Ecology and conservation. Chicago: Chicago University Press

Tadesse, G., Zavaleta, E., Shennan, C., y FitzSimmons, M. (2014). Prospects for forest-based ecosystem services in forest-coffee mosaics as forest loss continues in southwestern Ethiopia. *Applied Geography*, 50, 144–151. <https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2014.03.004>

Takahashi, R. y Todo, Y. (2013). The impact of a shade coffee certification program on forest conservation: A case study from a wild coffee forest in Ethiopia. *Journal of Environmental Management* 130, 48-54

Takahashi, R., y Todo, Y. (2014). The impact of a shade coffee certification program on forest conservation using remote sensing and household data. *Environmental Impact Assessment Review*, 44, 76-81.

Takahashi, R., y Todo, Y. (2017). Coffee certification and forest quality: evidence from a wild coffee forest in Ethiopia. *World Development*, 92, 158-166.

Tejeda, J. T. y Olivero, L. P. (2016). Perfil toxicológico de los sedimentos del río Magdalena usando como modelo biológico " *Caenorhabditis elegans*". Universidad Internacional de Andalucía. 342p.

Tejeda, L., Noguera, K., Aga, D. y Olivero, J. (2023). Pesticides in sediments from Magdalena River, Colombia, are linked to reproductive toxicity on *Caenorhabditis elegans*. *Chemosphere*, 339, 139602.

Terstappen, Vincent, Hanson, Lori, y McLaughlin, Darrell. (2013). Gender, health, labor, and inequities: a review of the fair and alternative trade literature. *Agriculture and Human Values*, 30(1), 21-39. doi: 10.1007/s10460-012-9377-7

Thompson, A.W., Reimer, A. y Prokopy, L.S. (2015). Farmers' views of the environment: the influence of competing attitude frames on landscape conservation efforts. *Agric Hum Values* 32, 385–399. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/10.1007/s10460-014-9555-x>

Tillé, Y. (2020). Sampling and estimation from finite populations. John Wiley & Sons.

Tlapaya, L, y Gallina, S. (2010). Cacería de mamíferos medianos en cafetales del centro de Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*, 26(2), 259-277. Recuperado en 16 de octubre

de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000200002&lng=es&tlng=es.

Torrente, A. 2016. Actualización en Fertilidad del Suelo. Abonando el suelo para la paz de Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Universidad Surcolombiana. Editorial Grafiweb, impresores, publicistas. 232 p., ISBN 978-958-8598-13-0. Bogotá, D. C. Colombia.

Torres, M., Helo, D. S., Rodríguez, Y. P., y Sotelo, N. R. (2019). Child labor and agricultural production in Colombia. *Revista de La Facultad de Medicina*, 67(4), 385–392. doi:10.15446/revfacmed.v67n4.72833

Trejos, P; Cruz, C; Serna, G; y Calderón, C. (2011). Ventajas sociales y ambientales de la adopción de la Norma de Agricultura Sostenible en dos regiones cafeteras de Colombia. *Revista Cenicafé* 62(2): 111-131.

Trimarchi, E. (2015). The environmental, social and economic impact of different certification programmes of coffee in Santander, Colombia. A case study on smallholder producers certified with Organic, Fairtrade and Rainforest Alliance. Sustainable Development – International Development Track. Universiteit Utrecht. 92p.

Trejos, J.F., Serna, C.A., Cruz, G. y Calderón, P.A. (2011). “Ventajas sociales y ambientales de la adopción de la Norma de Agricultura Sostenible en dos regiones cafeteras de Colombia”. *Cenicafé*, 62(2), 111-131. <http://hdl.handle.net/10778/505>

Tscharntke, Teja, Milder, Jeffrey C., Schroth, Götz, Clough, Yann, DeClerck, Fabrice, Waldron, Anthony, . . . Ghazoul, Jaboury. (2015). Conserving Biodiversity Through Certification of Tropical Agroforestry Crops at Local and Landscape Scales. *Conservation Letters*, 8(1), 14-23. doi: 10.1111/conl.12110

Tsujimura, H. y Sato, M. (2017). Agrosilvicultura en el Monte Kilimanjaro, Tanzania: ¿La certificación del Sistema de Patrimonio Agrícola de Importancia Mundial promueve la conservación y el desarrollo de la agricultura? *Agricultura y Economía* 83(8) 36-42

Turcotte, M. F., Reinecke, J., & Den Hond, F. (2014). Explaining variation in the multiplicity of private social and environmental regulation: a multi-case integration across the coffee, forestry and textile sectors. *Business and Politics*, 16(1), 151-189.

UE. (2018). Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 834/2007 del Consejo. *D. Of. la Unión Eur. L*, 150, 1-92.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). 2022. Zonificación de aptitud para cultivo de café en Colombia. Bogotá, Colombia. <https://www.upra.gov.co/web/guest/sala-de-prensa/noticias>

UTZ. (2015). Facts y Figures. UTZ Better Farming Better Future. <https://www.utz.org/wp-content/uploads/2016/04/Annual-Report-2015-factsand figures.pdf>

UTZ. (2017). Código de Conducta - Lista de Verificación para Certificación Individual-Versión 1.1. UTZ Certified Departamento de Estándares y Certificación De Ruyterkade 6 bg 1013 AA Amsterdam Países Bajos. www.utzcertified.org.

UTZ. (2018). Aseguramiento UTZ Protocolo de Certificación de UTZ. Versión 4.3. UTZ Certified Departamento de Estándares y Certificación De Ruyterkade 6 bg 1013 AA Amsterdam Países Bajos. www.utzcertified.org.

Valbuena, O.E., Rodríguez, W., y Suárez, J.C., (2017). Calidad de suelos bajo dos esquemas de manejo en fincas cafeteras del sur de Colombia. *Agon. Mesoam.* 28, 131–141. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21092>

Valencia, R. (2010). Responsabilidad social empresarial y estatal frente al manejo del talento humano en el sector productivo cafetero. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Valente, J. J., Bennett, R. E., Gómez, C., Bayly, N. J., Rice, R. A., Marra, P. P., Ryder, T. B.,

y Sillett, T. S. (2022). Land-sparing and land-sharing provide complementary benefits for conserving avian biodiversity in coffee-growing landscapes. *Biological Conservation*, 270, 109568. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2022.109568>

Valkila, J. (2009). Fair Trade organic coffee production in Nicaragua - Sustainable development or a poverty trap? *Ecological Economics*, 68 (12), 3018-3025. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.002>.

Valkila J. y Nygren A. (2010). Impacts of Fair Trade certification on coffee farmers, cooperatives, and laborers in Nicaragua. *Agric Hum Values*. 27:321–333. <https://doi.org/10.1007/s10460-009-9208-7>

Vanderhaegen, K., Akoyi, K. T., Dekoninck, W., Jocqué, R., Muys, B., Verbist, B., y Maertens, M. (2018). Do private coffee standards ‘walk the talk’ in improving socio-economic and environmental sustainability? *Global Environmental Change*, 51, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2018.04.014>

Van der Vossen, H. (2005). A critical analysis of the agronomic and economic sustainability of organic coffee production. *Experimental Agriculture*, 41(4), 449-473. <https://doi.org/10.1017/S0014479705002863>

van Rijsbergen, B; Elbers, W; Ruben, R. y Njuguna, S. (2016). The Ambivalent Impact of Coffee Certification on Farmers’ Welfare: A Matched Panel Approach for Cooperatives in Central Kenya. *World Development*, 77, 277-292.

Vargas, M. M., Nicholls, C. I., Girón, S. M., y Ceballos, S. T. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *Idesia*, 33(1), 69-83.

Vásquez P S, Chica-Galvis CA, Mantilla-Meluk H, Díaz-Giraldo V, Botero-Zuluaga M, y Montilla S. (2019). Mamíferos en áreas de conservación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia. *Biota colombiana*, 20(2): 93-104. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a07>

Vellema, W., Buriticá, A., González, C., y D’Haese, M., (2015). The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialisation. *Food Policy* 57, 13–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.003>

Venzon, M. (2021). Manejo agroecológico de plagas del café en Brasil. *Sistema alimentario de mantenimiento frontal* 5:721117. <https://doi-org.bbibliograficas.ucc.edu.co/10.3389/fsufs.2021.721117>

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M Umaña. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236p.

Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Tudor, T., Zurbrügg, C., & Vaccari, M. (2023). Health risks of solid waste management practices in rural Ghana: A semi-quantitative approach toward a solid waste safety plan. *Environmental Research*, 216, 114728. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.114728>

Volcafé. (2013). Insight special: Productivity. Coffee Business Services & Academy, a Volcafé initiative. Issue 6, 2013.

Waldron, A., Justicia, R., Smith, L. E., y Sanchez, M. (2012). Conservation through Chocolate: a win-win for biodiversity and farmers in Ecuador’s lowland tropics. *Conservation Letters*, 5, 213-221. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00230.x>

Wheeler, P. M., Ward, A. I., Smith, G. C., Croft, S., y Petrovan, S. O. (2019). Careful considerations are required when analysing mammal citizen science data – A response to Massimino et al. *Biological Conservation*, 232, 274–275. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2019.01.021>

Willer, H; rávníček, J; Meier, C. y Schlatter, B. (Eds.) (2022): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2022. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.

Williams, A; Dayer, A; Hernandez, J; Phillips, T; Faulkner, H; Gómez, M. y Rodewald, A. (2021). Tapping birdwatchers to promote bird-friendly coffee consumption and conserve birds, *People and Nature*, published online on 1 March 2021 ahead of print | doi:10.1002/pan3.10191

Woldesenbet, A. G., Woldeyes, B., y Chandravanshi, B. S. (2014). Characteristics of wet coffee processing waste and its environmental impact in Ethiopia. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 2(4), 1-5.

Wonde, K. M., Tsehay, A. S., y Lemma, S. E. (2022). Training at farmers training centers and its impact on crop productivity and households' income in Ethiopia: A propensity score matching (PSM) analysis. *Heliyon*, 8(7)

Ye, Y., Sun, X., Zhao, J., Wang, M., y Guan, Q. (2022). Establishing a soil quality index to assess the effect of thinning on soil quality in a Chinese fir plantation. *European Journal of Forest Research*, 141(6), 999–1009. <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01471-7>

Zapata, B. y Nauges, C. (2015). Pesticide-handling practices: the case of coffee growers in Papua New Guinea. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 60, pp. 112–129. doi: 10.1111/1467-8489.12106

Zhang, Y., Wang, L., Jiang, J., Zhang, J., Zhang, Z., y Zhang, M. (2022). Application of soil quality index to determine the effects of different vegetation types on soil quality in the Yellow River Delta wetland. *Ecological Indicators*, 141, 109116. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2022.109116>

ANEXOS

ANEXO A. Encuesta aplicada a caficultores participantes

ENCUESTA IMPACTO DE LA CERTIFICACIÓN EN FINCAS CAFETERAS CERTIFICADAS - PITALITO	
1	Nombres
2	Apellidos
3	Edad
4	Nombre de la finca
5	Propietario
	Si
	No
6	Vereda
7	Ubicación
8	Altitud (msnm)
9	¿A que distancia (en Km) se encuentra el principal centro poblado?
10	¿qué programas de certificación tiene la finca?
	<i>Rainforest_Alliance</i>
	<i>Fairtrade</i>
	UTZ
	Orgánico
	Cafe_Practice
	4C
	NO_TIENE_CERTIFICACION
11	Cuál es el nivel académico del propietario
	Primaria 1-3
	Primaria 4-5
	Básica secundaria (6 a 9)
	Media (10 a 11)
	Técnico o tecnólogo
	Universidad
12	¿Cuántas personas en total viven en la finca?
13	Número de hombres
14	Número de mujeres
15	Número de niños (hombres)
16	Número de niñas

17	¿Cuánta es el área total de la finca en hectáreas (ha)?	
18	¿Cuánta es el área cultivada en café (ha)?	
19	¿Cuánta es el área destinada a otros productos diferentes al café (ha)?	
20	¿Cuánta área conserva en bosque?	
21	Densidad de árboles de café. ¿Cuántos arboles de café tiene sembrados por hectárea?	
22	¿Cuántas cargas de café produce por hectárea al año?	
23	Qué otros cultivos o actividades productivas tienen o realiza en su finca?	
	Plátano	
	Cacao	
	Banano	
	Yuca	
	Maíz	
	Aguacate	
	Frutales	
	Frijol	
	Caña	
	Ganado ovino o caprino	
	Ganado porcino	
	Aves de corral	
	Ganado vacuno	
	Piscicultura	
	Apicultura	
	otro	
24	¿Cuál es la edad del cafetal?	
25	Considera que luego de haber obtenido la certificación las especies vegetales y animales...	
	Aumentaron	
	Disminuyeron	
	Siguen igual	
26	El cultivo de café lo tiene con...	
	Sombra rustica	
	Sombra tradicional	
	Sombra tecnificada	
	Sin sombra	

27	Cuantos arboles silvestres o frutales ha plantado fuera del área cultivada con café	
28	¿Qué medidas toma para la protección de la vida silvestre?	
29	¿En los últimos 6 años ha incrementado o disminuido su área de productividad?	
	Si	
	No	
30	Si su respuesta anterior fue Sí...	
	Incrementó	
	Disminuyó	
31	¿Cuánta área (en hectáreas) aumentó o disminuyó?	
32	¿El cambio que usted realizó en el uso del suelo de su finca fue...?	
	Bosque a café	
	Café a bosque	
	Otro cultivo a bosque	
	Otro cultivo a café	
	Café a otro cultivo o actividad productiva	
33	¿Las aguas residuales actualmente son tratadas antes del vertimiento?	
	Si	
	No	
34	Si respondió Sí. ¿Qué tipo de unidades de tratamiento de aguas residuales tiene en su finca?	
	Trampa de grasas	
	Tanque séptico	
	Biodigestor	
	Desnatador	
	Filtros de piedra	
	Sistemas modulares	
	Filtros verdes	
	Tanques para tratamiento con cal agrícola	
	Tanques con plantas acuáticas	
	Otro	
35	Si respondió OTRO. Cual?	
36	¿Qué medidas toma para la protección de los nacederos y demás fuentes de agua?	
37	¿Realiza riego al cultivo de café?	
	Si	

	No	
38	¿Con que sistema de riego cuenta?	
39	¿Bajo qué técnica realiza el proceso de beneficio?	
	Lavado manual de café	
	Lavado con desmucilaginador (BELCOLSUB)	
	ECOMILL	
40	CLASIFICAR EL BENEFICIADERO SEGÚN CUADRO ANEXO	
41	¿Realiza análisis o estudios de suelos en su finca periódicamente?	
	Si	
	No	
42	¿Qué tipo de estudio o análisis realiza? (puede seleccionar varios)	
	Físicos	
	Químicos	
	Microbiológicos	
43	¿Realiza compostaje (abonos orgánicos) para aplicar al cultivo de café?	
	Si	
	No	
44	¿Qué materiales emplea?	
	Estiércol	
	Cascara de café	
	Residuos de cocina	
	Material vegetal de poda o deshierbe	
	Mantillo o suelo de bosque cercanos	
	otro	
	Cuál?	
45	¿Debe pagar por este material o por todo el abono orgánico?	
	Si	
	No	
46	¿Cuánto en pesos colombianos?	
47	¿Utiliza fertilizantes en su finca?	
	Si	
	No	
48	¿Qué tipo de fertilizante utiliza? (Puede seleccionar los 2)	

	Orgánico	
	Inorgánico	
49	¿Qué fertilizante inorgánico utiliza y en que cantidades durante un ciclo de producción?	
50	¿Qué otras medidas o procedimientos toman para mejorar la fertilidad?	
	Sembrar especies fijadoras de nitrógeno	
	Prácticas de agroforestería	
	Cal para corregir la acidez del suelo	
	Plantar colinos con incorporación de abonos orgánicos	
	Aplicar abonos y residuos orgánicos en el plato del árbol	
	Uso de urea	
	Aplicar las enmiendas indicadas por los técnicos extensionistas	
	Manejo integrado de arvenses	
	Construcción de zanjas de drenaje	
	Otra	
51	¿Cual?	
52	¿Utiliza plaguicidas para el control o manejo de plagas?	
	Si	
	No	
53	Seleccione el tipo de plaguicidas que utiliza en su finca	
	Insecticidas	
	Fungicidas	
	Herbicidas	
	Nematicidas	
	Bactericidas agrícolas	
	Ovicidas	
54	¿Con que frecuencia aplica los plaguicidas? (promedio en meses)	
55	¿Utiliza plaguicidas naturales?	
	Si	
	No	
56	Cuales?	
57	¿Qué medidas toma para el manejo de plagas en su finca?	
	ReRe para broca	
	Control biológico con hongo (<i>Beauveria bassiana</i>)	

	Aplicación de fungicida sintético	
	Renovación de cafetales - poda	
	Manejo de la sombra	
	Plantación de variedades resistentes a la Roya	
	Deshierbe manual	
	Aplicación de herbicida sintético	
	No toma ninguna medida	
	Otras actividades agrícolas	
58	¿Cuales?	
59	¿Qué hace con los residuos y desechos sólidos que genera en su finca? (Diferentes a los de los agroquímicos) (puede seleccionar varios o todos)	
	Queman	
	Entierran	
	Separa	
	Reutiliza	
	Recicla	
	Composta	
	Otro	
60	Cuál?	
61	¿Tiene sitios de almacenamiento de residuos en la finca?	
	Si	
	No	
62	¿Donde?	
	En casa	
	En cultivo	
	Lejos del cultivo	
	Lejos de la casa	
	Otro	
63	¿Donde?	
64	¿A qué precio vendió la carga de café en el último año? (Puede ser un promedio)	
65	¿Cuántos empleados permanentes tiene?	
66	¿Cuál es el salario de estos empleados?	
67	¿Cuántos jornaleros emplea mensualmente?	

68	¿Cuánto paga por jornalero? @	
69	¿Cuántos jornaleros emplea en periodo de cosecha?	
70	¿Cuánto paga por jornalero en época de cosecha? @	
71	¿Cuánto estima que gasta en el transporte de insumos y del café durante un ciclo de producción?	
72	¿Cuánto estima que gasta durante el procesamiento del café en un ciclo de producción?	
73	¿Qué otros ingresos tiene diferentes a los generados por la producción de café?	
	Otras actividades agrícolas	
	Ganadería	
	Salarios	
	Subsidios del gobierno	
	Remesas	
	Arrendamientos	
	otros	
74	¿Cuánto considera que totalizan esos otros ingresos mensualmente? (si el agricultor no desea indicar el valor. Insistírle entonces que indique un porcentaje)	
75	¿Tiene acceso a los precios de compra de su café...?	
	Solo al momento de venderlo	
	A lo largo de todo el año	
76	¿Tiene acceso al crédito para la renovación del cultivo de café o infraestructuras agrícolas?	
	Si	
	No	
77	El acceso al crédito es brindado por...(puede seleccionar varios)	
	Bancos	
	Cooperativas	
	Grupos asociativos	
78	¿Cuántos miembros tiene el hogar?	
	2 o menos	
	3 a 4	
	5 a 6	
	7 o más	
79	¿Todos los niños entre los 6 y 12 años actualmente asisten al preescolar o escuela?	
	Al menos un niño entre los 6 y 12 años no asiste	

	No hay niños entre los 6 y 12 años	
	Todos los niños entre los 6 y 12 años asisten	
80	¿Algún miembro de este hogar alcanzó un nivel de educación superior o universitario?	
	Si	
	No	
81	Algún miembro de este hogar tiene un trabajo con un contrato escrito?	
	Si	
	No	
82	Algún miembro de este hogar es un obrero o empleado de empresa particular/privada?	
	Si	
	No	
83	Algún miembro de este hogar es patrón o empleador?	
	Si	
	No	
84	¿Este hogar tiene una maquina lavadora de ropa?	
	Si	
	No	
85	¿Este hogar tiene un horno microondas?	
	Si	
	No	
86	¿Este hogar tiene un carro particular?	
	Si	
	No	
87	¿Cuál es el material predominante de los pisos de la vivienda?	
	Tierra, arena	
	cemento, gravilla	
	madera burda, tabla, tablón, otro material vegetal	
	baldosín, ladrillo, vinisol, otros materiales sintéticos	
	mármol, madera pulida, alfombra o tapete de pared a pared	
88	¿Hace parte de una organización de productores o cooperativas?	
	Si	
	No	
89	¿Lleva registros completos de las actividades agrícolas y económicas de la finca?	

	Si	
	No	
90	¿A qué tipos de programas educativos tienen acceso las personas de su hogar, trabajadores y familiares de trabajadores?	
	Escuela primaria	
	Escuela secundaria	
	Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)	
	Programas universitarios	
	Programas de capacitación del comité o Federación de Cafeteros	
	Programas de capacitación de la asociación o cooperativa de caficultores	
	Programas de capacitación de otras entidades compradoras de café	
	Otra	
91	¿Cuál?	
92	¿A qué programas de formación o capacitación tiene acceso? Capacitación en ...	
	Control de plagas	
	Manejo de agroquímicos	
	Primeros auxilios	
	Gestión de residuos (aguas y sólidos)	
	Uso de elementos de protección personal	
	Gestión de la finca	
	Producción agrícola distinta a la caficultura	
	Preparación de alimentos	
	Salud y bienestar en casa	
	otro	
93	¿Cual?	
94	¿En la finca trabajan menores de edad?	
	Si	
	No	
95	¿Para qué actividades están empleadas las mujeres?	
96	¿Para qué actividades prefiere no emplear a mujeres?	
97	De los empleados permanentes en la finca ¿cuántas son mujeres?	
98	De los empleados jornaleros ¿cuántas son mujeres?	
99	Durante la cosecha, prefiere contratar...	

	Hombres	
	Mujeres	
	Le es indiferentes el género del empleado	
100	La finca cuenta con las siguientes instalaciones para los empleados...	
	Dormitorios con camas	
	Baterías sanitarias	
	Duchas	
	Comedores	
	Cocina con agua potable	
	Lavadero o fregadero para ropa	
	otro	
101	¿Cuál?	
102	¿Las comidas se hacen en lugares resguardados y cómodos protegidos de la luz y la lluvia?	
	Si	
	No	
103	¿Cuántas horas normalmente trabaja un empleado durante un día en la finca?	
	8 horas	
	9 horas	
	10 horas	
	11 horas	
	12 horas	
	13 horas	
	14 horas	
	15 horas	
104	¿Cómo selecciona el plaguicida a utilizar?	
	Solicita soporte a técnicos agrícolas	
	Conocimiento propio	
	Recomendación vecinos o amigos	
	otra	
105	¿Cuál?	
106	¿Como selecciona el fertilizante a utilizar?	
	Solicita soporte a técnicos agrícolas	
	Conocimiento propio	

	Recomendación de vecinos o amigos	
	otro	
107	¿Cuál?	
108	¿Los productos plaguicidas que adquiere vienen en el envase original y en buen estado?	
	Siempre	
	Casi siempre	
	Algunas veces	
	Nunca	
109	¿Al preparar la mezcla de plaguicidas lee las etiquetas y documentación de seguridad del producto?	
	Siempre	
	Casi siempre	
	Algunas veces	
	Nunca	
110	¿De qué herramientas y utensilios dispone para preparar las mezclas?	
	Dosificador	
	Palas de mano	
	Embudos	
	Agitador	
	Estanque o recipiente graduado	
	Balanzas	
	Cuchillo o tijeras para corte	
111	¿Son de uso exclusivo para esta tarea?	
	Si	
	No	
112	Caracterización del lugar para preparar mezclas. (puede seleccionar varias)	
	Es exclusivo	
	Está señalizado	
	Está bien iluminado	
	Está alejado de fuentes de agua	
	Tiene buena ventilación	
	Está alejado de la vivienda o población general de la finca	
	Está alejado de animales de corral	

113	¿Prepara solo la cantidad de plaguicida que va a utilizar?	
	Si	
	No	
114	Durante la operación de mezclado de agroquímicos, el operario...	
	Dispone de documentos escritos para el mezclado de productos	
	Realiza el triple lavado de los recipientes	
	Consume alimentos	
	Consume bebidas	
	Fuma	
	Mastica chicle	
115	Cuando el operario realiza el cargue del producto dentro del equipo, lo hace...	
	de espaldas al viento	
	Escuriendo completamente los envases en el tanque del equipo aspersor	
	Realiza el triple lavado de los recipientes	
	Succionando la manguera para hacer que el producto empiece a fluir	
	Revisa la bomba aplacadora asegurándose que no tenga fugas	
	habiendo recibido previamente capacitación para esta tarea	
	Dando una alerta de voz	
116	Antes de la aplicación del producto, el o los operarios...	
	Reciben capacitación para esta tarea	
	Señalizan el área de aplicación para evitar el ingreso de personas	
	Calibran el equipo de aplicación acorde al producto, las boquillas y la plaga	
	Verifican que las condiciones climáticas sean satisfactorias	
	Retiran del cultivo a los animales domésticos	
117	Durante la aplicación del producto, el o los operarios...	
	Usan elementos de protección personal	
	Evitan trabajar dentro de la nube de aspersión	
	Evita rociar cultivos ya fumigados u explotaciones pecuarias (Ganado)	
	Evitan rociar cuerpos o almacenamientos de agua	
	Evitan rociar el hábitat de polinizadores	
	Consume alimentos	
	Consume bebidas	
	Fuma	

	Mastica chicle	
	Tiene en algún momento contacto directo con las sustancias que aplica	
	Rotan el personal que realiza la aplicación	
118	Seleccione los elementos de protección personal (EPP) que utiliza para la manipulación de sustancias químicas plaguicidas	
	Overol	
	Overol impermeable	
	Capuchón	
	Botas de caucho caña alta	
	Delantal	
	Respirador con filtro	
	Gafas de seguridad para químicos	
	Careta	
	Guantes de nitrilo (caucho)	
	Guantes de carnaza o vaqueta	
119	Seleccione los elementos de protección personal (EPP) que utiliza para la manipulación de sustancias químicas fertilizantes	
	Overol	
	Overol impermeable	
	Capuchón	
	Botas de caucho caña alta	
	Delantal	
	Respirador con filtro	
	Gafas de seguridad para químicos	
	Careta	
	Guantes de nitrilo (caucho)	
	Guantes de carnaza o vaqueta	
120	¿Los operarios reciben capacitación para el uso y retiro adecuado de los elementos de protección personal?	
	Si	
	No	
121	Después la aplicación del producto, el o los operarios...	

	Diligencian un registro de la actividad con fecha, lugar, producto, cantidad y nombre del operario	
	Tiene en cuenta el tiempo recomendado en la etiqueta del producto, para reingresar al área fumigada	
	Lava los equipos y herramientas inmediatamente después de su uso	
	Guarda los equipos y herramientas en un espacio exclusivo, lejos de la vivienda	
	Lava la ropa de trabajo junto con la ropa de la familia	
	Lava los elementos de protección personal (EPP) en un lugar acondicionado exclusivo para esta tarea	
	Cuando lava los EPP conserva puestos los guantes y el respirador	
	Lava su cuerpo o toma una ducha antes de volver a la vivienda	
	Realiza el triple lavado de los recipientes y bomba aplacadora o aspersora	
122	Caracterización del lugar de almacenamiento de sustancias químicas	
	Es exclusivo para plaguicidas	
	Es exclusivo para fertilizantes	
	Se almacenan los plaguicidas y fertilizantes en un mismo lugar	
	Está señalizado	
	Está bien iluminado	
	Está alejado de fuentes de agua	
	Tiene buena ventilación	
	Está alejado de la vivienda o población general de la finca	
	Está alejado de animales de corral	
	Tiene extintores	
	Tiene ducha lavaojos	
	Tiene ducha de descontaminación	
	Tiene diques de contención de derrames	
	Tiene botiquín de primeros auxilios	
	Tiene estantes metálicos resistentes	
	Almacena siguiendo las normas de compatibilidad de sustancias químicas	
123	Seleccione las prácticas de desecho de envases de plaguicidas, EPP y material absorbente contaminado por derrame de productos químicos aplicadas en la finca.	
	Se depositan en la basura junto con los residuos de la finca	
	Se lanzan a los cuerpos de agua cercanos	

	Se conservan para ser reutilizados como recipientes para el hogar	
	Se entierran	
	Se queman	
	Se devuelven al vendedor del producto	
	Se almacenan para luego ser vendidos	
	Se almacenan hasta ser recogidos en campañas de recolección de estos recipientes	
	Perforan el envase para evitar la reutilización	
	Se entregan a gestores de residuos peligrosos	
124	Seleccione las medidas adoptadas con las aguas de lavado de recipientes y derrames de agroquímicos en la finca	
	Se conducen a una trampa o fosa de agroquímicos para su neutralización, tratamiento o degradación para luego ser vertidas	
	Vertidas directamente al sistema de alcantarillado y mezclado con las aguas residuales domesticas de la finca	
	Se vierten directamente a cuerpos de agua	
	Se vierten directamente al suelo cercano	
125	Seleccione las medidas empleadas durante el uso de motosierra en la finca	
	Lectura del manual de la maquina	
	Verificación del estado de la maquina	
	Mantenimiento preventivo cada cuatro meses	
	Uso de elementos de protección personal	
	Limpieza de la maquina luego de usarla	
	Solo es empleada por personal autorizado y capacitado	
	Verificación de hoja de seguridad de la maquina	
	El cargue de combustible se realiza con la maquina apagada y directamente desde el galón	
126	Seleccione las medidas empleadas durante el uso de guadañadora en la finca	
	Lectura del manual de la máquina	
	Verificación del estado de la máquina	
	Mantenimiento preventivo cada cuatro meses	
	Uso de elementos de protección personal	
	Limpieza de la máquina luego de usarla	
	Solo se emplea por personal autorizado	

	Verificación de hoja de corte	
	El cargue de combustible se realiza con la máquina apagada y directamente desde el galón	
	Utiliza elementos de señalización y demarcación donde exista tráfico de personas	
	Está prohibido fumar mientras se manipula la máquina	
	Al finalizar las actividades retira la cuchilla	
127	Seleccione los controles o medidas empleadas para tareas de beneficio del café	
	Lectura del manual de la máquina	
	Verificación del estado de la máquina	
	Mantenimiento preventivo	
	Uso de elementos de protección personal	
	Limpieza de la máquina luego de usarla	
	Solo es empleada por personal autorizado y capacitado previamente	
	El operario recibe la inducción de seguridad y salud en el trabajo	
	Realiza pausas activas y estiramiento muscular cada dos horas	
	Las estructuras cuentan con barandas y plataformas para evitar caídas	
	Aterrizaje de equipos eléctricos para evitar descargas	
	Permanecer en el equipo durante el funcionamiento para prevenir accidentes	
	Señalización de seguridad	
128	Seleccione los elementos de protección personal que utiliza para la manipulación de motosierra	
	Protector facial	
	Protector auditivo	
	Guantes de cuero	
	Zamarros de cuero	
	Botas de seguridad	
	Camisa de manga larga	
	Pantalón	
	Gorra cubre cuello	
	Casco con acrílico	
	Canilleras	
	Polainas de cuero	
	Guantes de carnaza	

	Protección respiratoria	
	Careta tipo esmeril para protección del calor	
	Guantes de nitrilo	
	Peto plástico	
129	Seleccione los elementos de protección personal que utiliza para la manipulación de una guadañadora	
	Protector facial	
	Protector auditivo	
	Guantes de cuero	
	Zamarros de cuero	
	Botas de seguridad	
	camisa manga larga	
	Pantalón	
	Gorra cubre cuello	
	Casco con acrílico	
	Canillera	
	Polainas de cuero	
	Guantes de carnaza	
	Delantal de cuero o carnaza	
	Protección respiratoria	
	Careta tipo esmeril para protección del calor	
	Guantes de nitrilo	
	Peto plástico	
130	Seleccione los elementos de protección personal que utiliza para realizar actividades de beneficio del café	
	Protector facial	
	Protector auditivo	
	Guantes de cuero	
	Zamarros de cuero	
	Botas de seguridad	
	Camisa manga larga	
	Pantalón	
	Gorra cubre cuello	

	Casco con acrílico	
	Canilleras	
	Polainas de cuero	
	Guantes de carnauba	
	Guantes de nitrilo	
	Delantal de cuero o carnauba	
	Protección respiratoria	
	Careta tipo esmeril para protección del calor	
	Peto plástico	
131	¿Indique que lo motivo a certificar su finca?	
132	¿Qué beneficios le ha proporcionado certificar su finca? (Desde lo económico, social y ecológico)	
133	¿Qué inconvenientes, consecuencias negativas o desfavorables le ha generado la certificación de su finca? (Desde lo económico, social y ecológico)	
134	(Solo para fincas no certificadas). Indique los motivos por los cuales no certifica su finca.	