



Neiva, 17 de marzo del 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva

El (Los) suscrito(s):

_____ Ángela Patricia Méndez Motta _____, con C.C. No. 1'083.906.359 _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,
_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado Estimación del nivel de sostenibilidad de fincas cafeteras mediante un marco normativo holístico
en Pitalito – Huila

Presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de

Ingeniero agrícola _____;

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



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: Angela Patricia Alvarez Nieto

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE FINCAS CAFETERAS MEDIANTE UN MARCO NORMATIVO HOLÍSTICO EN PITALITO - HUILA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Méndez Motta	Ángela Patricia

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mujica Rodríguez	Edinson

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

CIUDAD: Pitalito-Huila **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2022 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 96.

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas
o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:



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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Nivel de sostenibilidad	sustainability level
2. Fincas cafeteras	coffee farms
3. Métricas	metrics
4. Agroecosistema	agroecosystem
5. Análisis jerárquico	hierarchical analysis

RESUMEN DEL CONTENIDO:

El objetivo del presente trabajo fue estimar el nivel de sostenibilidad de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito en el sur del departamento del Huila. Se seleccionaron 12 fincas con predominio en cultivo y producción de café. Se implementó la metodología modificada para la medición de la sostenibilidad de agroecosistemas mediante el índice de sostenibilidad en Agroecosistemas (ISA). Fueron establecidas cuatro dimensiones: económica, social, ambiental y técnico-cultural. De igual manera se definieron nueve principios, 14 criterios, 20 indicadores y 45 métricas (variables). A partir de las métricas se realizó una encuesta semiestructurada para la obtención de la información, los datos categóricos y numéricos fueron manejados en hojas de cálculo de Excel. Para la medición de la sostenibilidad se usó el marco SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework), y para la determinación del peso de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad se empleó la metodología del proceso de análisis jerárquico (AHP) y el cálculo para el índice de sostenibilidad se realizó por sumas de las dimensiones ponderadas. Para cada una de las métricas se establecieron valores óptimos y subóptimos y el índice de sostenibilidad de Agroecosistemas (ISA) conforme a las fincas cafeteras varió desde la media con 5 predios a alta sostenibilidad con 7 predios. El ISA fue medio en el 42% de los predios y alto en el 58% restante. En los indicadores de sostenibilidad para cada finca no se halla diferencia estadística ($p > 0,05$), con un desempeño alto y bajo de 1,00 y 0,19 los indicadores reducción de uso de fuego con el 5,02% y acceso a mercados con el 16,73%. La dimensión técnico-cultural con un desempeño de 0,771, siendo las variables de la producción en los últimos 10 años y el acceso a la información las más altas, no obstante no se halló diferencia significativa.

ABSTRACT:

The aim of this study was to estimate the level of sustainability of coffee farms from Pitalito municipality at southern of the department of Huila. It was carried out by selecting 12 farms with predominance of coffee cultivation and production. A modified methodology was implemented to measure the sustainability of agroecosystems by means of the sustainability index in Agroecosystems (ISA). Four dimensions were implemented: economic, social, environmental and technical-cultural. Likewise, nine principles, 14 criteria, 20 indicators and 45 metrics (variables) were defined. Based on the metrics, a semi-structured survey was conducted to obtain the information, and the categorical and numerical data were entered into the Excel spreadsheet. To measure the sustainability, the SAFE framework (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework) was implemented, and to determine the weight of the dimensions and indicators



of sustainability, the hierarchical analysis process methodology (AHP) and the calculation of the sustainability index were considered. For each of the metrics optimal and suboptimal values were established and the ISA according to the coffee farms varied from medium with 5 farms and high sustainability with 7 farms. The ISA was medium in the 42% of the farms and high in the 58% leftover. In the sustainability indicators for each farm no was observed statistical difference ($p > 0.05$), with a high and low performance of 1.00 and 0.19, the indicators reduction of fire use with 5.02% and access to markets with 16.73%. The technical-cultural dimension with a high performance of 0.771, being the variables of production in the last 10 years and access to information the highest, however, no significant difference was found.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Edinson Mujica Rodríguez

Firma: 

Nombre Jurado 1: Nadia Brigitte Sanabria Méndez

Firma: 
Nadia Brigitte Sanabria Méndez
C.C. 26.422.005 de Neiva

Nombre Jurado 2: Jonathan Romero Cuella

Firma: 
JONATHAN ROMERO CUELLAR
C.C 1.975.218.964 de Neiva (Huila)

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE FINCAS CAFETERAS MEDIANTE
UN MARCO NORMATIVO HOLÍSTICO EN PITALITO - HUILA

ÁNGELA PATRICIA MÉNDEZ MOTTA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
PITALITO - HUILA

2022

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE FINCAS CAFETERAS MEDIANTE
UN MARCO NORMATIVO HOLÍSTICO EN PITALITO - HUILA

ÁNGELA PATRICIA MÉNDEZ MOTTA

Trabajo de grado modalidad pasantía supervisada, presentado como requisito para optar al título
de Ingeniero Agrícola

Director:

M.I. EDINSON MUJICA RODRÍGUEZ

Supervisor:

M.Sc. PABLO ANDRÉS MOTTA DELGADO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
PITALITO - HUILA

2022

Nota de aceptación



JONATHAN ROMERO CUELLAR
C.C 1.075.218.964 de Neiva (Huila)

Jurado



Nadia Brigitte Sanabria Méndez
C.C. 26.422.005 de Neiva

Jurado



Director



Pablo Andres Motta Delgado
C.C. 1.083.882.794 de Pitalito

Supervisor

Pitalito, febrero de 2022

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto principalmente a Dios por darme el conocimiento y la oportunidad de conseguir muchos logros en mi vida, a mis padres Higinio Méndez y María Nieves Motta Penagos, gracias a su educación tanto académica, como de la vida, por sus oraciones, sus buenos deseos siempre, su sabiduría, amor, guía y apoyo incondicional me ayudaron en cada uno de los logros, este logro también es de ustedes.

Agradezco a mis hermanos por su colaboración y comprensión, a uno de mis principales apoyos y quien estaré agradecida mi hermano Jhon Edison Sinisterra Motta por haberme colaborado en todo momento en mis necesidades de estudiante y todas aquellas personas que con sus bendiciones y consejos me fortalecieron para salir adelante.

A mis sobrinos Marlon Steven Sinisterra Hermida, Jade Ariadna Sinisterra Rojas y Hillary Victoria Zambrano Mendez que con esfuerzo, perseverancia y dedicación se obtiene muchos logros.

AGRADECIMIENTOS

Dios quien fue mi pilar en todo el trabajo, por sus bendiciones, por haberme guiado en el camino.

Mis padres y hermano Jhon Edisson Sinisterra Motta por el apoyo emocional y económico que brindaron incondicionalmente, nunca dejaron de creer en mí.

Agradecimientos a la Corporación para el Desarrollo Sostenible y Mitigación del Cambio Climático MISIÓN VERDE AMAZONIA, por confiar en mí, por brindarme la oportunidad de iniciar el proceso como pasante, por su atenta disposición.

Al director de proyectos de la empresa MISIÓN VERDE AMAZONIA, M.Sc. Pablo Andrés Motta Delgado que por su dedicación, orientación, conocimiento, compromiso y comprensión, logramos sacar adelante este trabajo.

Al director de mi proyecto de grado, Msc. Edinson Mujica Rodríguez, Docente del programa Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana, por su aporte, conocimiento, orientación y compromiso durante y hasta la culminación del proyecto.

Rosa Elvira Gaviria Torres Geógrafa y especialista en Geomática, por su conocimiento y aporte de la cartografía para la ubicación de las fincas, su valiosa disposición fue fundamental en la realización del trabajo.

A mi compañera desde primer semestre Leidy Tatiana Perdomo Cedeño, por todos estos años de perseverancia y apoyo, en algún momento pensamos que era inalcanzable terminar nuestros trabajos de grado, pero esta es una muestra que se logró.

A los dueños de las fincas cafeteras encuestadas en el municipio de Pitalito Huila, quienes con su disposición permitieron la obtención de información y permitieron el ingreso a sus hogares.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estimar el nivel de sostenibilidad de fincas cafeteras en el municipio de Pitalito en el sur del departamento del Huila. Se seleccionaron 12 fincas con predominio en cultivo y producción de café. Se implementó la metodología modificada para la medición de la sostenibilidad de agroecosistemas mediante el índice de sostenibilidad en Agroecosistemas (ISA). Fueron establecidas cuatro dimensiones: económica, social, ambiental y técnico-cultural. De igual manera se definieron nueve principios, 14 criterios, 20 indicadores y 45 métricas (variables). A partir de las métricas se realizó una encuesta semiestructurada para la obtención de la información, los datos categóricos y numéricos fueron manejados en hojas de cálculo de Excel. Para la medición de la sostenibilidad se usó el marco SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework), y para la determinación del peso de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad se empleó la metodología del proceso de análisis jerárquico (*AHP*) y el cálculo para el índice de sostenibilidad se realizó por sumas de las dimensiones ponderadas. Para cada una de las métricas se establecieron valores óptimos y subóptimos y el índice de sostenibilidad de Agroecosistemas (ISA) conforme a las fincas cafeteras varió desde la media con 5 predios a alta sostenibilidad con 7 predios. El ISA fue medio en el 42% de los predios y alto en el 58% restante. En los indicadores de sostenibilidad para cada finca no se halla diferencia estadística ($p > 0,05$), con un desempeño alto y bajo de 1,00 y 0,19 los indicadores reducción de uso de fuego con el 5,02% y acceso a mercados con el 16,73%. La dimensión técnico-cultural con un desempeño alto de 0,771, siendo las variables de la producción en los últimos 10 años y el acceso a la información las más altas, no obstante no se halló diferencia significativa.

Palabras clave: Agroecosistema, métricas, SAFE, fincas cafeteras, nivel de sostenibilidad.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the level of sustainability of coffee farms from Pitalito municipality at southern of the department of Huila. It was carried out by selecting 12 farms with predominance of coffee cultivation and production. A modified methodology was implemented to measure the sustainability of agroecosystems by means of the sustainability index in Agroecosystems (ISA). Four dimensions were implemented: economic, social, environmental and technical-cultural. Likewise, nine principles, 14 criteria, 20 indicators and 45 metrics (variables) were defined. Based on the metrics, a semi-structured survey was conducted to obtain the information, and the categorical and numerical data were entered into the Excel spreadsheet. To measure the sustainability, the SAFE framework (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework) was implemented, and to determine the weight of the dimensions and indicators of sustainability, the hierarchical analysis process methodology (AHP) and the calculation of the sustainability index were considered. For each of the metrics optimal and suboptimal values were established and the ISA according to the coffee farms varied from medium with 5 farms and high sustainability with 7 farms. The ISA was medim in the 42% of the farms and high in the 58% leftover. In the sustainability indicators for each farm no was observed statistical difference ($p > 0.05$), with a high and low performance of 1.00 and 0.19, the indicators reduction of fire use with 5.02% and access to markets with 16.73%. The technical-cultural dimension with a high performance of 0.771, being the variables of production in the last 10 years and access to information the highest, however, no significant difference was found.

Key words: agroecosystem, metric, SAFE, coffee farms, sustainability level.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS.....	16
1.1 Objetivo general	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 Municipio de Pitalito.....	17
2.2 Generalidades del cultivo de Café.....	18
2.3 Concepto de sostenibilidad.....	20
2.4 Indicadores para la evaluación de la sostenibilidad	21
2.5 La sostenibilidad aplicada a la producción cafetera.....	22
2.6 Marco normativo SAFE	24
2.7 Proceso de análisis jerárquico (EMC) O AHP	27
2.8 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	28
2.9 Evaluación de la sostenibilidad por medio de indicadores	29
2.10 Influencia del café y la sostenibilidad en Colombia	33
3. METODOLOGÍA	36
3.1 Área de estudio.....	36
3.2 Tamaño de la muestra	37
3.3 Delimitación y selección de los predios del área de estudio	37
3.4 Planteamiento, diseño y recopilación de información	40
3.5 Determinación indicadores de sostenibilidad.....	46
3.6 Análisis de Información	47
3.7 Organización de los datos básicos de las fincas cafeteras por medio de SIG	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Selección de las fincas.....	49
4.2 Tamaño muestral	51
4.3 Planteamiento, diseño y recopilación de información	52

4.4 Determinación indicadores de sostenibilidad.....	55
4.5 Organización de la información en SIG.....	70
5. CONCLUSIONES	73
6. RECOMENDACIONES	75
7. BIBLIOGRAFIA.....	76
8. ANEXOS.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Analítico para el Desarrollo Sostenible de la Caficultura. Tomado de Bernal (2016).	24
Figura 2. Structure of the SAFE Hierarchical Framework (Estructura del Marco Jerárquico SAFE). Tomado de Cauwenbergh y colaboradores (2007).	26
Figura 3. Ubicación geografica del area de estudio en el municipio de Pitalito – Huila.	36
Figura 4. Ubicación de las veredas para el área de estudio en el municipio de Pitalito.	38
Figura 5. Diagrama para evaluar la sostenibilidad de fincas cafeteras mediante el marco normativo SAFE.	42
Figura 6. Ubicación fincas en la vereda La Raicita, delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.	49
Figura 7. Ubicación fincas en la vereda San Luis. Delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.	50
Figura 8. Ubicación de las fincas en la vereda Llano Grande. Delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.	51
Figura 9. Ponderación de los pesos de las dimensiones.	56
Figura 10. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión ambiental.	57
Figura 11. Ponderación de los pesos de los indicadores de la dimensión económica.	58
Figura 12. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión técnico-cultural.	58
Figura 13. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión social.	59
Figura 14. Desempeño del nivel de sostenibilidad de las cuatro dimensiones.	60

Figura 15. Desempeño del nivel de sostenibilidad de las dimensiones en cada una de las 12 fincas cafeteras.....62

Figura 16. Desempeño de sostenibilidad en los 14 criterios: CS2, TC1 y TC2 muy alta y CE1 baja.62

Figura 17. Análisis estadístico del desempeño de sostenibilidad de los criterios en las 12 fincas cafeteras en Pitalito, Huila.....64

Figura 18. Desempeño de los 20 indicadores sostenibilidad: IS8, IS12, IS13, IS18 e IS19 muy alta y IS2 muy baja.....64

Figura 19. Análisis estadístico del desempeño de los indicadores de sostenibilidad en las 12 fincas cafeteras en Pitalito, Huila..... 66

Figura 20. Encuesta digital realizada en el aplicativo ArcGIS Survey123, en la página de ArcGIS.70

Figura 21. Ubicación geografica del área de estudio, 12 fincas cafeteras. Realizado por el autor.72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos para evaluar la sostenibilidad de fincas cafeteras mediante el marco normativo SAFE.....	44
Tabla 2. Escala de evaluación para Análisis multicriterio (AMC).....	46
Tabla 3. Escala de evaluación de sostenibilidad de subsistemas.....	47
Tabla 4. Datos obtenidos de las encuestas realizadas en las fincas cafeteras, dimensión técnico-cultural.....	54
Tabla 5. Peso de las dimensiones de sostenibilidad y su peso global.....	55
Tabla 6. Ponderación en la matriz de evaluación multicriterio de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad para fincas cafeteras.....	56
Tabla 7. Valor de los indicadores de sostenibilidad de predios (ISP) y el nivel de sostenibilidad propuesto por casas y colaboradores (2009).....	60
Tabla 8. Análisis de varianza, desempeño de sostenibilidad de los criterios en cada una de las fincas cafeteras.....	63
Tabla 9. Análisis de varianza, desempeño de los indicadores de sostenibilidad en las 12 fincas cafeteras.....	65
Tabla 10. Datos obtenidos en encuesta digital y medición.....	71

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia en la agricultura colombiana la sostenibilidad en las fincas cafeteras, en el departamento del Huila, la sostenibilidad de sistemas de producción asociados a la caficultura y el beneficio del café se asume como un compromiso y una necesidad, al tomar en cuenta cuatro ejes fundamentales: ambiental, económico, social y técnico-cultural. Aportando iniciativas encaminadas a fortalecer y mejorar la producción, en beneficio tanto de los predios como para el agricultor y su familia, que hacen parte de las fincas orientadas a la producción de café.

El sector cafetero constituye uno de los principales representantes de la economía colombiana: una producción para el 2020 de 14,1 millones de sacos de 60 kilos de café verde y más de 540 000 familias caficultoras, siendo 22 de los 32 departamentos del país cafetero que derivan sus ingresos de esta actividad (FNC, 2021). El departamento del Huila respecto al 2019-2020 continúa liderando la caficultura del país en lo que tiene que ver con producción, productividad y el número de familias cafeteras. De igual manera, en las UPAC (Unidades Productivas Cafeteras), los productores del país logran aumentar su participación pasando del 16,9% al 17,39% incrementando en 0,42% más respecto al mismo año. Con una gran reconocimiento para los caficultores del departamento del Huila, por su gran labor y liderazgo en la caficultura (FNC, 2020).

El café del Huila se cultiva en el sur de la Región Andina por comunidades campesinas de los cuales 35 de los 37 municipios que los conforman son cafeteros, convirtiéndose en el producto agrícola más importante de la región, los cuales albergan más de 83.000 familias que cultivan 144.895 hectáreas de café arábico de las variedades castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí (FNC, s.f.). Jiménez y colaboradores (2018) la característica común de las formas de

producción agrícolas del sector rural en Colombia es la agricultura familiar, responsable de gran parte de la provisión de bienes de consumo en el país, como aquella actividad de transformación del entorno natural, mediante varias acciones del hombre, con el objetivo de adaptarlo para las actividades de siembra y cosecha de un determinado producto.

Por consiguiente, en la región sur del departamento del Huila, el café es cultivado y cosechado en 10 municipios, por familias campesinas entre el nacimiento del río Magdalena, afluente más importante del país, lo que genera una particularidad en su condición climática. En esta sub región, se encuentran ubicados los dos municipios con mayor área sembrada de café en Colombia: Pitalito y Acevedo (FNC, s.f.). El municipio de Pitalito depende principalmente del sector agrícola y la producción de café como su producto principal, siendo el mayor productor del grano de café en el departamento y el país, fundamentalmente dándole importancia a la preservación y fortalecimiento de la producción cafetera.

Londoño (2015) sugiere que “la evaluación del desarrollo sostenible ha utilizado una gran cantidad de indicadores que se centran en aspectos puntuales de las dimensiones económica, ambiental y social, aun así reunir todo lo concerniente con la sostenibilidad puede reflejarse en pérdida de información”. Un indicador de sostenibilidad es un número o una cualidad que pone de manifiesto el estado o condición de un proceso relacionado, permitiendo la obtención de información sobre una realidad dada, permitiendo constituirse en instrumentos para hacer la medición de la sostenibilidad más operacional tanto de condiciones, procesos y el comportamiento de los sistemas (Gamboa *et al.*, 2009).

El desarrollo sostenible se apoya en el reconocimiento de la función que cumple el medio ambiente y los recursos naturales para garantizar el progreso económico, la sostenibilidad es una exigencia de manera parcial como un subsistema y global como un sistema que contiene a aun

subsistema, si se pierde la sostenibilidad del subsistema entonces el sistema será insostenible (Fernández & Gutiérrez, 2013).

El presente trabajo busca evaluar la sostenibilidad de agroecosistemas cafeteros mediante análisis de las dimensiones ambiental, económico, social y técnico-cultural de fincas cafeteras localizadas en el municipio de Pitalito Huila, para determinar el nivel de sostenibilidad en los subsistemas que presentan las fincas.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Estimar el nivel de sostenibilidad de fincas cafeteras mediante un marco normativo holístico en el municipio de Pitalito – Huila.

1.2 Objetivos específicos

- Definir el tamaño de la muestra y caracterizar el área de estudio seleccionando fincas cafeteras en el municipio de Pitalito, Huila
- Identificar los indicadores de sostenibilidad y establecer encuesta semiestructurada en las fincas cafeteras seleccionadas en Pitalito, Huila
- Determinar el nivel de sostenibilidad aplicando el marco de evaluación de la sostenibilidad de la agricultura y el medio ambiente (SAFE) y el proceso de análisis jerárquico (AHP).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Municipio de Pitalito

Según el Plan de Desarrollo 2020 – 2023 del municipio de Pitalito, se encuentra ubicado en la región sur colombiana, al sur del Departamento del Huila sobre la margen derecha del río Magdalena, localizado a los 01°52'03" de latitud norte y 76°03'23" longitud oeste y en el vértice que forman las cordilleras central y oriental; en promedio a 1.318 m.s.n.m., contando con alturas que van desde 1.200 m.s.n.m. hasta 2.800 m.s.n.m. Su cabecera municipal tiene una altitud de 1000 – 1800 m.s.n.m. y distancia a unos 188 km de la Capital del Huila. Un territorio que enmarca con sus cordilleras un valle recorrido por los ríos Guachicos, Guarapas y Magdalena. Posee una extensión total de 62.684.7 ha; limita al Norte con los municipios de Timaná, Elías y Saladoblanco, al Sur con el municipio de Palestina, al Oriente con el municipio de Acevedo y al Occidente con los municipios de Isnos y San Agustín. Cuenta con una proyección poblacional de 135.711 habitantes, de los cuales 67.348 son hombres (49,6 %) y 68.363 son mujeres (50.4%). Pitalito refleja una mayor concentración poblacional en la zona urbana (59,06 % casco urbano) y la población restante (el 40,94%) se ubica en la zona rural (Alcaldía Municipal de Pitalito Huila, 2020).

El Valle de Laboyos, hace parte del Macizo Colombiano y del Cinturón Andino, declarado por la UNESCO en 1972, Reserva de la Biosfera. La ubicación estratégica le permite gozar de condiciones ambientales privilegiadas siendo uno de los municipios con el mayor número de predios adquiridos para la protección de microcuencas. Además, se ha proyectado como el centro de desarrollo del sur colombiano alrededor del cual giran muchos de los mercados del departamento

y de los departamentos vecinos como el Caquetá, Putumayo y Cauca sus principales generadoras de ingresos son el sector agropecuario. Considerándose como el primer y mayor productor de café en el país, con 11.700 hectáreas sembradas; reconocidas a nivel internacional por la calidad y posicionamiento de los llamados Cafés Especiales que se comercializan en los grandes mercados mundiales. Según el Ministerio de Agricultura nacional en Pitalito se cosecha uno de los mejores cafés especial del mundo, convirtiéndose en el principal productor de café de Colombia y pionero en café especial de alta calidad. También en el sector agrícola se producen productos frutales de clima frio moderado entre los cuales están: la Granadilla, Mora, Lulo y Golupa. De igual manera, son significativos los aportes que hacen a la economía las actividades de ganadería, avicultura, porcicultura y piscicultura (Galindes & Bolaños, 2019).

De acuerdo a la nomenclatura del Instituto Geográfico ‘Agustín Codazzi’ (IGAC), el municipio de Pitalito pertenece a las planchas 388, 389 y 412, sobre cartografía del IGAC acorde con la Ley 1447 de 2011 y su Decreto Reglamentario 1170 de 2015. El IGAC (2018) afirma “que la escala es correspondiente a la cobertura total de la República de Colombia, la cual plasma elementos físicos y representativos de la realidad, conteniendo información sobre transporte, hidrografía, nombres geográficos, relieve, áreas geográficas con un sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS/Origen-Nacional”.

2.2 Generalidades del cultivo de Café

El cafeto es un arbusto perenne que puede durar unos 20-25 años en producción, dependiendo de las condiciones o sistemas de cultivo. En su primer año de vida la planta produce una pequeña cantidad de frutos y una duración de 220 a 240 días en promedio respecto al desarrollo, alcanzando su máxima productividad entre los 6-8 años. No obstante durante el desarrollo de la planta y su fruto influyen diversos factores como la broca (*hypothenemus hampei*) que ataca el

fruto de café, el *Colletotrichum sp* que ocasiona daños en flores en estado de comino y en frutos, el mal rosado ocasionado por el hongo *Corticium salmonicolor* y la mancha de hierro ocasionada por *Cercospora* que afectan las hojas, tallos, ramas y frutos. La planta utiliza una parte de su ciclo de vida a la formación de estructuras no reproductivas como raíces, ramas, hojas y nudos. Luego de completar su desarrollo vegetativo la planta envejece y entra en un proceso de deterioro y estado de senescencia (Arcila *et al.*, 2007).

El cafeto crece y se desarrolla bajo condiciones climáticas variables, y en suelos de diferentes formaciones geológicas que requieren características como suelos fértiles, profundos, permeables, 50% porosidad, 5% de materia orgánica y 45% de minerales para una buena producción. Así mismo, el café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2000 m.s.n.m. con una producción de café de buena calidad entre los rangos de 1200 y 1800 m.s.n.m. Adicionalmente, el cafeto requiere un rango de temperatura óptimo entre 18 °C – 22 °C, que al ser superiores a 23 °C ocurre un periodo seco en la floración, lo cual produce aborto floral y la formación de flores “estrella”, siendo una anomalía en el desarrollo de la flor que se caracteriza al abrirse prematuramente y todas sus partes aparecen diminutas, y de color blanquecino. Adicionalmente, las temperaturas inferiores a 18 °C promueven el crecimiento vegetativo. Para el cultivo de café se considera apropiadas precipitaciones de lluvia comprendidas entre 1400 y 2900 mm anuales, considerando una amenaza por déficit hídrico al estar por debajo del rango y por encima se considera una amenaza por exceso de lluvia. De igual manera, indica que la humedad que prevalece en los cafetales, es del 70% al 90% (Cárdenas, 2016).

En el procesamiento agroindustrial del café solo se utiliza el 9.5% del peso del fruto, el 90.5% se traduce a residuos que por lo general al no tener un buen manejo terminan siendo

arrojadas a ríos y quebradas en donde contaminan a gran escala y disminuyen la posibilidad de la existencia de vida (Babativa & González, 2020).

2.3 Concepto de sostenibilidad

Indica Villamil (2014) que la sostenibilidad es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo en presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas. Las características de este manejo balanceado varían con diferentes cultivos, áreas geográficas y entradas de energía, por lo tanto, son altamente específicos del lugar.

La sostenibilidad de la agricultura está asociada a una serie de principios que incluyen aspectos sociales, ambientales y económicos del sistema. En este sentido, la agricultura sostenible se define como un conjunto de sistemas integrados de producción agrícola, con mínima dependencia de altos insumos de energía en la forma de químicos sintéticos y métodos de cultivo, que mantienen su productividad y el ingreso de los productores, protegen el ambiente de la contaminación, fortalecen a las comunidades rurales y mantienen la diversidad ecológica y la estructura, fertilidad y productividad de los suelos a largo plazo. Igualmente, se basa en la correcta toma de decisiones del agricultor sobre los múltiples recursos de los sistemas agrícolas: naturales, humanos, de capital y de producción (Silva & Ramírez, 2017).

La sostenibilidad implica la cuestión de territorialidad y su implementación requiere evidente redimensionamiento político en la acción territorial, demanda una nueva lectura y una adecuación del territorio a las necesidades humanas, por medio de una gestión adecuada del mismo, comprendiendo primero y utilizando después los recursos naturales, económicos, sociales, culturales, ambientales y paisajísticos (Romero, 2009).

2.4 Indicadores para la evaluación de la sostenibilidad

Los indicadores de sostenibilidad son una herramienta de gran potencial para evaluar, diagnosticar y gestionar políticas sobre desarrollo sostenible, permiten la toma de decisiones sobre la utilización de los recursos naturales, por lo que los indicadores económicos tradicionales proporcionan una versión distorsionada del progreso y deben ser integradas por medidas ambientales y sociales (Becerra *et al.*, 2011).

El uso de indicadores permite comprender los puntos críticos de sostenibilidad en un agroecosistema, es una variable seleccionada y cuantificada que permite ver una tendencia. Los indicadores permiten una simplificación de la realidad. Algunas de las características que deben tener los indicadores son (Villamil, 2014):

- Estar relacionados con la sostenibilidad: los indicadores deben ser derivados de los atributos de la sostenibilidad.
- Ser adecuados al objetivo perseguido: no existe un conjunto de indicadores aplicados a todos los casos, estos deben ser elegidos de acuerdo al objetivo.
- Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo: es importante que los indicadores sean sensibles a un amplio rango de situaciones y que puedan variar en el tiempo.
- Presentar poca variabilidad natural durante el periodo de muestreo.
- Tener habilidad predictiva: esto permite encontrar en el indicador una tendencia hacia el futuro.
- Ser directos: a mayor valor más sostenibles.
- Ser de fácil recolección.
- Ser sencillos de interpretar: es fundamental que los indicadores se evalúen en unidades equivalentes.
- Presentar posibilidad de valores o umbrales.

- De característica universal, pero adaptadas a cada condición particular.

En la medición de la sostenibilidad se distinguen dos enfoques metodológicos: el sistémico y el conmensuralista. El primero refiere a la elaboración de un grupo de indicadores que en su conjunto pueden arrojar tendencias o principales procesos que se desean comprender en la toma de decisiones; el segundo, implica agregar una serie de variables de diversa índole dentro de un solo indicador, utilizando una escala común de valor o contabilización a través de la construcción de índices (Motta, 2018).

2.5 La sostenibilidad aplicada a la producción cafetera

Según lo planteado por Viteri (2014) para construir la sostenibilidad deberían conjugarse varios aspectos, como la autonómica de los valores culturales y tradicionales, la autosuficiencia, la diversificación de la producción alcanzando en equilibrio productivo, y el uso y manejo respetuoso de los recursos naturales. La sostenibilidad del cultivo de café está sujeta a distintas presiones dadas por el mercado, el clima y la susceptibilidad a varias plagas y enfermedades.

En Colombia orientan sus acciones hacia un desarrollo sostenible en cada sistema productivo de café, indicando Leiva (2016) que para las ventajas competitivas del sector cafetalero deben estar basadas en la sostenibilidad para así garantizar un crecimiento económico. En los modelos metodológicos para evaluar la sostenibilidad agrícola, deben de tener un objetivo principal, de manera que estos puedan ser útiles para evaluar los impactos socioeconómicos y ecológicos causados por los sistemas de producción y el manejo de los recursos, de igual forma se debe de definir el problema para conocer y comprender la situación particular dentro de la finca.

Para Rivera (2019), el sistema es sostenible si la producción de café en pergamino seco, es suficiente para cubrir los costos de producción y los gastos de necesidades primarias de la familia,

si la calidad del café producido resulta ser alta y con suficiente valor económico como para ser vendido en un precio superior al promedio del mercado. Indicando que un sistema sostenible es aquel en el cual los caficultores tienen aseguradas sus necesidades básicas, que comprenden educación, salud y servicios básicos.

El concepto de sostenibilidad en la caficultura mencionado por Bernal (2016), permite indicar que el café sostenible es el producido utilizando métodos agrícolas que le permiten una rentabilidad al caficultor y buena salud, con un daño mínimo del medio ambiente. Refiere que para la Federación la sostenibilidad económica en la caficultura está asociada al mejoramiento de los ingresos del productor, mediante la innovación de productividad así como al acceso a nichos de mercado que permita superar la trampa de los productos básicos. En consecuencia, el aporte de las políticas cafeteras a la sostenibilidad económica se analizará a través de dos categorías: i) Cambio Técnico e Innovación (CTeI), que se refiere al desarrollo e implementación de tecnologías limpias de las cuales depende la capacidad productiva de los agricultores así como sus ingresos y la reducción del impacto ambiental; y ii) Integración de Mercados (IM), que se entiende como la reducción de costos de transacción, agregación de valor y eficiencia en la comercialización que permite mayor equidad en la distribución del ingreso a lo largo de la cadena.

En la Figura 1 se muestran las categorías analíticas contribuyen a promover el desarrollo sostenible en el sector cafetero. Indicando que su efectividad, el grado de cohesión y la capacidad de articularse van a depender del enfoque de la política pública, la eficiencia del arreglo institucional y del rol de los actores.

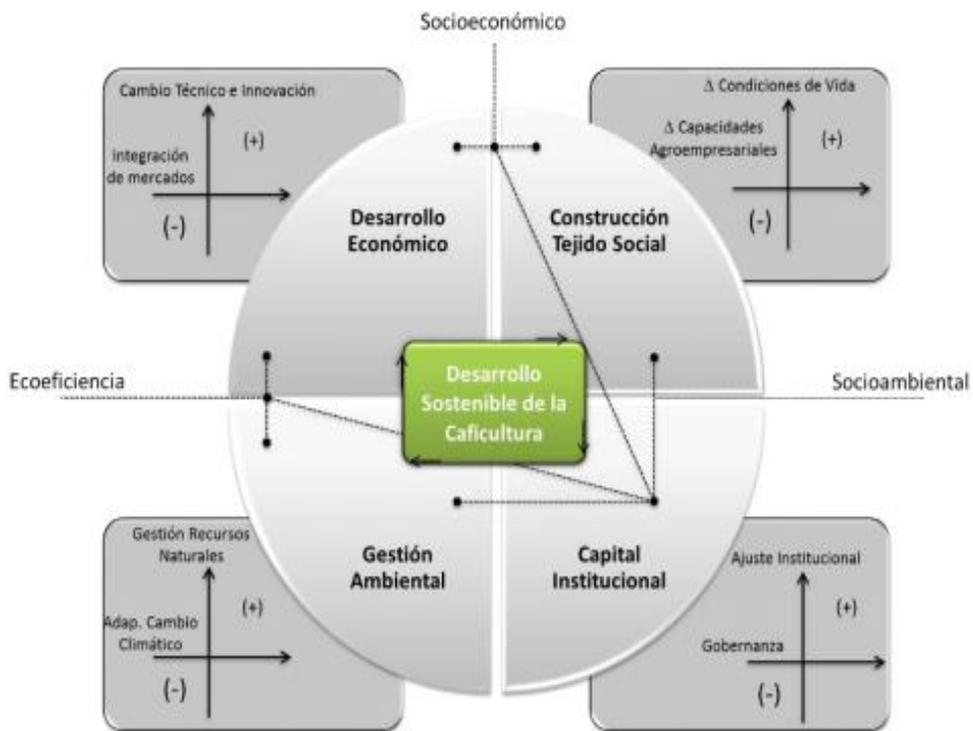


Figura 1. Mapa Analítico para el Desarrollo Sostenible de la Caficultura. Tomado de Bernal (2016).

Para lograr la sostenibilidad de una finca cafetera, todo concepto de diversificación debe tener presente que el café es la principal fuente de ingresos del productor, así mismo el aumento de la biodiversidad agrícola en una finca cafetalera tiene un efecto directo con el incremento de la sostenibilidad en las dimensiones ecología, económica y social (Pérez *et al.*, 2013).

2.6 Marco normativo SAFE

El marco de evaluación de la sostenibilidad de la agricultura y el medio ambiente SAFE, es una metodología holística propuesta por Cauwenbergh y colaboradores (2007) que permite estructurar información sobre el agroecosistema y evaluar su nivel de sostenibilidad, como la mejora de las funciones ambientales, económicas y sociales de un agroecosistema, operando en tres escalas espaciales: el campo, la granja y la unidad administrativa/de paisaje. Abordándose los vínculos importantes entre la gestión por parte del agricultor y los impactos y efectos sobre el agroecosistema. Siendo un sistema de amplia aplicación que podría ser utilizado por varios actores:

Agricultores, asesores de agricultores, investigadores y tomadores de decisiones. El marco SAFE es jerárquico, ya que se compone de principios, criterios, indicadores y valores de referencia de forma estructurada. Los indicadores y valores de referencia son los productos finales del marco, así como las herramientas operativas que se utilizan para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas.

2.6.1 Límites del sistema

Los límites del sistema del marco SAFE se definen sobre la base del ciclo de vida del productor y tienen un componente espacial y temporal. El marco está restringido a las actividades agrícolas del ciclo de producción, por lo cual, no se contabilizan los impactos causados por actividades externas como el transporte, la transformación de alimentos y el envasado. También se excluyen las actividades como la fabricación de fertilizantes y herbicidas, y la extracción de combustibles fósiles o fosfatos, excepto para el cálculo del balance energético. En el aspecto espacial, hay un componente horizontal y una vertical. El componente horizontal depende de la escala de aplicación limitada al nivel de parcela, finca o paisaje (cuenca, región o estado); incluyendo la parcela, la finca, edificios, máquinas, ganado, etc. En el componente vertical se limita a la biosfera, incluido el perfil del suelo.

2.6.2 Estructura del marco jerárquico

El carácter multifuncional del agroecosistema es el primer nivel jerárquico (principio) que está relacionado con las múltiples funciones del agroecosistema, el cual engloba los tres pilares de la sostenibilidad: los pilares ambientales, económicos y sociales. El segundo nivel jerárquico (criterio) es el estado o aspecto resultante del agroecosistemas, mencionando que la formulación de un criterio debe permitir un verídico (Si/No) sobre el cumplimiento del criterio en una situación real. Por último, el tercer nivel jerárquico son variables de cualquier tipo que pueden ser evaluadas

para medir el cumplimiento del criterio, necesitándose herramientas de medición y/o procedimientos de cálculo para medir o estimar el valor del indicador, denominándose “procedimiento de expresión”.

Como se muestra en la Figura 2 que define, los niveles jerárquicos para facilitar la formulación de indicadores de sostenibilidad de manera consistente y coherente. Mencionando que el objetivo general del marco es evaluar la sostenibilidad en la agricultura y este objetivo se alcanza progresivamente definiendo sucesivamente principios, criterios e indicadores.

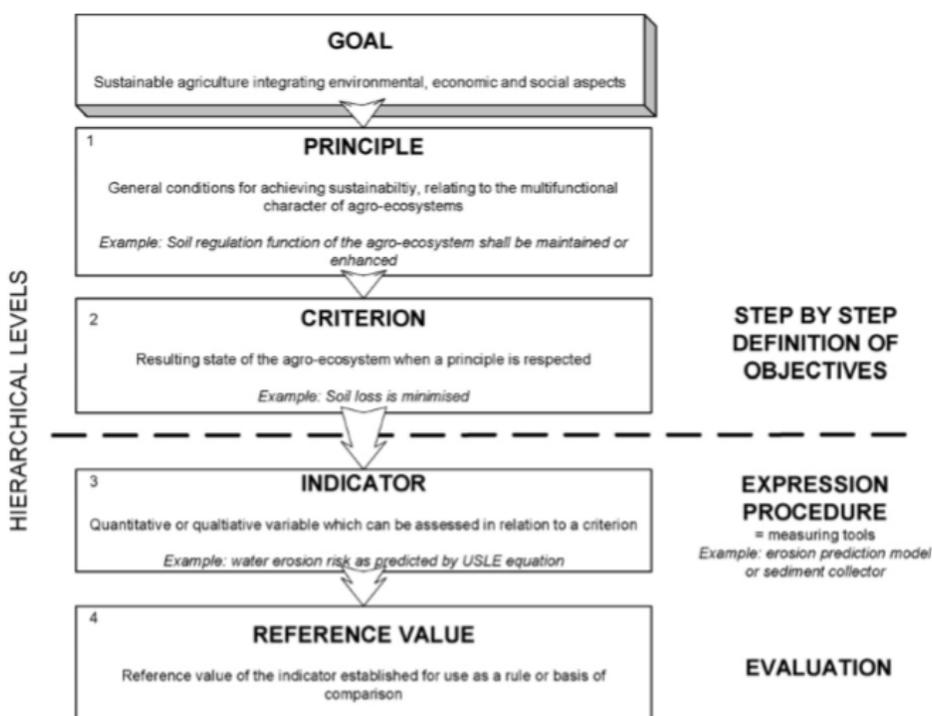


Figura 2.Structure of the SAFE Hierarchical Framework (Estructura del Marco Jerárquico SAFE). Tomado de Cauwenbergh y colaboradores (2007).

En el pilar ambiental, las funciones se están relacionadas con la gestión y la conservación de los recursos naturales, y los flujos dentro y entre estos recursos. Los recursos naturales que proporcionan los ecosistemas son el agua, el aire, el suelo, la energía y la biodiversidad (hábitat y recursos bióticos). En el pilar económico la función en el agroecosistema es proporcional a la

prosperidad de la comunidad agrícola. Las actividades económicas agrícolas básicas abarcan tres tipos de actividades: (i) actividades de mantenimiento, producción y procesamiento de productos, (ii) actividades de comercialización y (iii) actividades financieras. La combinación de estas actividades da como resultado la generación (o de producción) de ingresos y capital financiero. Aportando a ello la eficiencia técnica (o de producción) cuando se minimiza el uso inapropiado o desperdicio de insumos, como fertilizantes, pesticidas, alimento para animales, energía, agua, trabajo mecánico, edificios, mano de obra, tierra e información. Logrando que sea la finca económicamente sea eficiente al tener una eficiencia técnica, de asignación y financiera al mismo tiempo. Finalmente, el pilar social se refiere tanto al bienestar físico (condiciones laborales y de salud) como el bienestar psicológico (educación, igualdad de género, acceso a infraestructura y actividades, integración y participación en la sociedad tanto profesional como socialmente) de la finca, familia y sus trabajadores.

2.7 Proceso de análisis jerárquico (EMC) O AHP

El proceso de análisis jerárquico (AHP) propuesto por Saaty (2008) es una teoría de medición a través de comparaciones por pares y se basa en los juicios de expertos para derivar escalas de prioridad. Las comparaciones se realizan utilizando una escala de juicios absolutos que representa, cuanto más, un elemento domina a otro con respecto a un atributo dado.

En la toma de decisiones involucra muchos criterios que se usan para clasificar las alternativas de una decisión (...) los criterios puede ser intangibles, y no tener medidas que sirvan de guía para clasificar alternativas. La creación de prioridades para los propios criterios con el fin de sopesar las prioridades de las alternativas y sumar todos los criterios para obtener los rangos generales deseados de las alternativas. En el proceso de análisis jerárquico para tomar una decisión

de manera organizada para generar prioridades, se requiere que se descomponga la decisión en los siguientes pasos:

- Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento buscado.
- Estructurar la jerarquía de decisiones desde arriba con el objetivo de la decisión, luego los objetivos desde una perspectiva amplia, pasando por los niveles intermedios (criterios de los que dependen elementos anteriores) hasta el nivel más bajo (que suele ser un conjunto de alternativas).
- Construir un conjunto de matrices de comparación por pares. Cada elemento de un nivel superior se utiliza para comparar los elementos del nivel inmediatamente inferior con respecto a él.
- Utilice las prioridades obtenidas de las comparaciones para sopesar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Haga esto para cada elemento. Luego, para cada elemento del nivel inferior, agregue sus valores ponderados y obtenga su prioridad general o global. Continúe este proceso de pesar y sumar hasta que se obtengan las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.

2.8 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Según Lara (2006) y Santovenia y colaboradores (2009) “un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación”.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta de análisis que permite, almacenar, recuperar, manipular, analizar e identificar relaciones espaciales a partir de la información espacial y de todos los atributos relacionados con ella, todo ellos se puede expresar en

forma de mapa (...) los SIG permiten el análisis espacial y la toma de decisiones sobre el espacio, por la facilidad de manejo de todos los datos sobre un lugar (mapas, imágenes aéreas, fotografías, bases de datos, estadísticas, etc.), ya que permite el manejo de mucha información sobre un punto concreto de la superficie terrestre (...) y permite modificar los datos en el momento oportuno siendo acciones que una herramienta SIG permite realizar (Lázaro & González, 2005).

Definiéndose por los especialistas como un modelo de un parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestres, construido para satisfacer necesidades concretas de información. Indicando, que es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. Los SIG son herramientas que permiten a los usuarios ejecutar consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. Además, permite funcionar como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común con los objetivos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto, se conocen atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos, se puede saber su localización en la cartografía (Santovenia *et al.*, 2009).

2.9 Evaluación de la sostenibilidad por medio de indicadores

Gamboa y colaboradores (2009), realizaron el cálculo de índices de sostenibilidad para una finca dedicada a la producción de café orgánico en San José (Costa, Rica), evaluándose 4 dimensiones (ecológica, técnica, económica y social) mediante la utilización de una metodología integrada para evaluar la sostenibilidad de sistemas de producción agropecuarios. Se realizó la medición de 27 indicadores para la dimensión ecológica, 25 para la económica, 20 para la social y 23 para la técnica. Para el índice agregado de sostenibilidad se obtuvo un valor de 0,76 de 1, respecto a las 4 dimensiones, las dimensiones ecológica y económica con valor de 3.00, mientras

las dimensiones social y técnica se valoraron con 0,21 y 0,18. Obteniendo que en la dimensión ecológica es la de mayor aporte a la sostenibilidad del sistema.

Pérez y colaboradores (2013), evalúa la influencia del incremento de la biodiversidad agrícola en la sostenibilidad de una finca cafetalera del macizo Guamuhaya, por medio de la dimensión ecológica, económica y social, definiéndose 20 indicadores. Indicando que con el incremento de la biodiversidad agrícola, aumenta cobertura vegetal del suelo, el rendimiento agrícola, el valor de la producción total y principal (café), la capacidad de generar empleos aumenta junto a la producción de alimentos para el autoabastecimiento familiar. Para lograr la sostenibilidad de una finca cafetalera debe de tener en consideración que en todo concepto de diversificación el café es la principal fuente de ingresos del productor

Por su parte, la investigación de Figueroa (2016) de evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de café en fincas-hogar del sector de José, municipio de Linares-Nariño, se realiza a partir del método Principio-Criterio Indicador (PCI), con una metodología de trabajo participativo, grupal, centrado en la objetividad y la subjetividad de los participantes. Los PCI recogen cinco (5) principios, siete (7) criterios e indicadores ponderados cualitativamente y cuantitativamente, mediante el proceso evaluador se dan valoraciones a los indicadores de 1 a 5 (1 no existente y 5 excelente). Evaluándose la dimensión social, económica, cultural, política y ambiental con participación de 22 personas. En la dimensión social se aplicaron indicadores de capacitación técnica de los caficultores y sus familias, registros de producción, jornales por hectárea. Por otra parte, en la dimensión ambiental enfatiza en indicadores como desempeño ambiental de la finca, fauna benéfica en el cultivo, cuidado del agua, calidad de suelos, disposición de aguas residuales y finalmente en la dimensión cultural se emplearon indicadores de recreación, deportes y uso del tiempo libre, y existencia de trabajo intergeneracional. Generando como

resultado la valoración de los indicadores un promedio general de 3,2 a una escala de 1 a 5 como suficiente para la sostenibilidad del agro-ecosistema café del sistema finca-hogar. Concluyendo que se favorece la economía campesina y la sostenibilidad material de fincas-hogar, sobreviviendo y articulándose en la familia, emplean mano de obra, saber popular en la siembra y cosecha. No obstante, poco aprovecha el abono orgánico, contando con pocas oportunidades comerciales y poco capital para los insumos agrícolas. Ocasionando que el sistema esté poco preparado para la emergencia en tiempos críticos.

Para Motta (2018) en la evaluación de la sostenibilidad de pasturas braquiarias para alimentación bovina en hatos del Trópico Húmedo, Caquetá Colombia se basa en marco SAFE y Análisis Multicriterio AMC, realizándose la ponderación mediante metodología multicriterio (EMC) o AHP. Definió 4 dimensiones (ecológica, económica, social y técnico-cultural), 8 principios, 14 criterios, 20 indicadores y 39 métricas o variables para la medición de la sostenibilidad realizada en 20 predios, utilizando encuesta semiestructurada a excepción de la dimensión ambiental que es en campo. En tal sentido, la metodología del marco SAFE y el análisis multicriterio AMC permiten comprender por medio de criterios e indicadores gran parte de los componentes y estados del subsistema, la dimensión técnica – cultural presentó bajo desempeño, mientras que para las dimensiones ambiental, social y económica fue medio. Se halló diferencia estadística ($p < 0,05$) en las dimensiones social y ambiental. Sin embargo, existen diferencias en el nivel de desempeño de criterios e indicadores.

En la metodología para evaluar el grado de sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias de café en el municipio de Hobo – Huila por Valenzuela (2020), se emplea el modelo matemático de la agregación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Metodología encamina a evaluar el grado de sostenibilidad de un grupo de 4 productores de café. Utilizando 4 dimensiones

(social, ambiental y económica), 10 indicadores y 20 atributos con el aplicativo de Microsoft Excel. Concluyendo que los productores tienen más de 40 años, son tenedores entre 2 y 4 hectáreas (pequeño productor, 1 a 4 hectáreas en café). Asimismo en la dimensión económica, no se cuentan con maquinaria adecuada para el proceso de beneficio y secado, generando una situación de inestabilidad. En la dimensión social, la gran mayoría de productores tienen el apoyo del grupo familiar y en la dimensión ambiental presentan situación de inestabilidad porque no aplican arreglos agroforestales, tienen el café a libre exposición (verano: baja productividad y resequedad en suelo) y por ende baja productividad en el cultivo de café. Por último, se resalta que las tres dimensiones se realizaron de forma directa y presencial con los productores. Sugiriéndose realizar comparaciones con otras ubicaciones geográficas, ya sea en el Departamento del Huila, o en otros departamentos de Colombia, para determinar el estado de sostenibilidad. La aplicación de la metodología podría también comparar el comportamiento de la sostenibilidad de diferentes asociaciones.

Para los pequeños agricultores de café la sostenibilidad en agroecosistemas es analizada mediante una revisión sistemática por Machado y Ríos (2016) en dos marcos referenciales: las áreas técnico-ambientales y las sociales. Resaltando que los agroecosistemas de café más sostenibles son aquellos que presentan características con mayor eficiencia en el uso de fertilizantes orgánicos, ligado a esto la calidad del suelo, por tanto, el rendimiento del café y la calidad de taza de café, por ende, los caficultores pueden reducir los costos de producción y mejorar sus estilos de vida mientras mantengan o mejoren la producción y calidad. Indicando que la sostenibilidad respecto a lo mencionado, generalmente se refiere a la resiliencia de los agricultores ante el estrés o perturbaciones ambientales, económicas y sociales. Por todo lo anterior, los indicadores técnico-ambientales hace referencia a prácticas de protección del medio ambiente y producción, sugiriendo

atributos como calidad del suelo, uso de fertilizantes y pesticidas, número de cultivos, rendimiento del café, ingresos de la finca, clasificación de los árboles en la finca, uso de coberturas, productividad y calidad de café, prácticas para mitigar el cambio climático y para la conservación de agua y suelo, entre otros. Por otro lado, los indicadores socioeconómicos fueron basados en atributos para evaluar los medios de vida, bienestar y lo referente a capital natural, humano, social, físico y financiero. Resaltando ingresos del hogar, educación, vulnerabilidad al cambio climático, instituciones sociales y organizaciones, demografía del hogar, uso de la tierra, entre otros. Concluyendo que, los indicadores para analizar la sostenibilidad de los agroecosistemas de café se deben relacionar con lo social, económico y el sistema ecológico, que interacciona en una escala temporal, espacial y organizacional.

2.10 Influencia del café y la sostenibilidad en Colombia

La producción de café en Colombia se remonta a comienzos del siglo XX, cuando por primera vez, la economía del país se articuló por medio del café a la economía mundial con una exportación regulada y constante. Aportando a ello, condiciones climáticas y regímenes de lluvia excepcionales, que le permiten al país cosechar café durante todos los meses del año. No obstante, el sector cafetero fue relativamente estable hasta que en 1989 se rompió “El Pacto del Café”, lo que causó la eliminación del sistema de cuotas y liberó el mercado internacional del grano, provocando la caída de los precios. Considerando que entre 1998 y 2002 los cafeteros vivieron una de sus peores crisis de la historia. Los bajos precios y la falta de apoyo estatal amenazaron en ese momento el futuro de unas 450.000 familias que para la época vivían del grano. El café sostenible hace referencia a la categoría de cafés especiales que buscan 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 las comunidades que lo cultivan. Estas comunidades tienen

un serio compromiso con la caficultura colombiana en 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 (Navia *et al.*, 2015)

La Federación Nacional de Cafeteros señala que la caficultura colombiana se realiza en fincas promedio de 1,3 hectáreas, siendo una actividad de pequeños productores. Entendiendo que en el país no todos los sistemas de producción de café son iguales, su estructura y manejo cambian de acuerdo con la zona geográfica, las recomendaciones técnicas, el arraigo y época en que el productor empieza la actividad cafetera y la experiencia de los caficultores. Esas diferencias de estructura y manejo modifican el desempeño del sistema productivo. Por ejemplo, prácticas agrícolas relacionadas con el cultivo a plena exposición solar pueden resultar en mayor productividad, pero también estarían relacionadas con mayor erosión, pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos y agua para el uso de fertilizantes y pesticidas. Por otra parte, prácticas agrícolas que emplean sombrío podrían modificar las relaciones ecosistémicas entre especies, generando diversos efectos sobre los recursos biofísicos, por ejemplo, favorecen la anidación de aves e insectos, mejoran la diversidad edáfica, facilitan la recarga de acuíferos, el ciclaje de nutrientes, al tiempo que regulan el microclima del cafetal (Manrique & Córdoba, 2020).

En Colombia, destacan la importancia de las prácticas que contribuyen con la sostenibilidad de los sistemas agrarios. Afirmando que los sistemas agroecológicos rescatan prácticas de la agricultura tradicional desde hace miles de años. Sin embargo, debido a procesos históricos y sociales estas prácticas se han venido perdiendo y se ha adoptado un modo de producción menos amigable con la naturaleza, en la búsqueda de altos rendimientos productivos, con incorporación de insumos externos de alto consumo energético y muy costoso (Tobasura *et al.*, 2011).

Indica Perdomo y colaboradores (2015) que los Sistemas Productivos Sostenibles son aquellos procesos de producción y/o extracción compatibles con la lógica de la conservación del entorno natural y que articulados a procesos de concertación social y conservación de áreas naturales permiten la reducción de la presión sobre las áreas naturales. En este sentido, los Sistemas Productivos Sostenibles como mecanismos de conservación efectiva le apuntan al propósito de incidir en los procesos de desarrollo local desde las parcelas, los paisajes, los territorios y las regiones. Planteando alternativas orientadas a lograr la sostenibilidad económica, ambiental y social de los sistemas productivos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en el municipio de Pitalito al sur del departamento del Huila. Para el presente estudio de la estimación del nivel de sostenibilidad se eligió fincas cafeteras con 1- 15 hectáreas (ha) de cafeto sembrado, ubicadas en algunas veredas donde la producción de café es el principal cultivo para las familias.

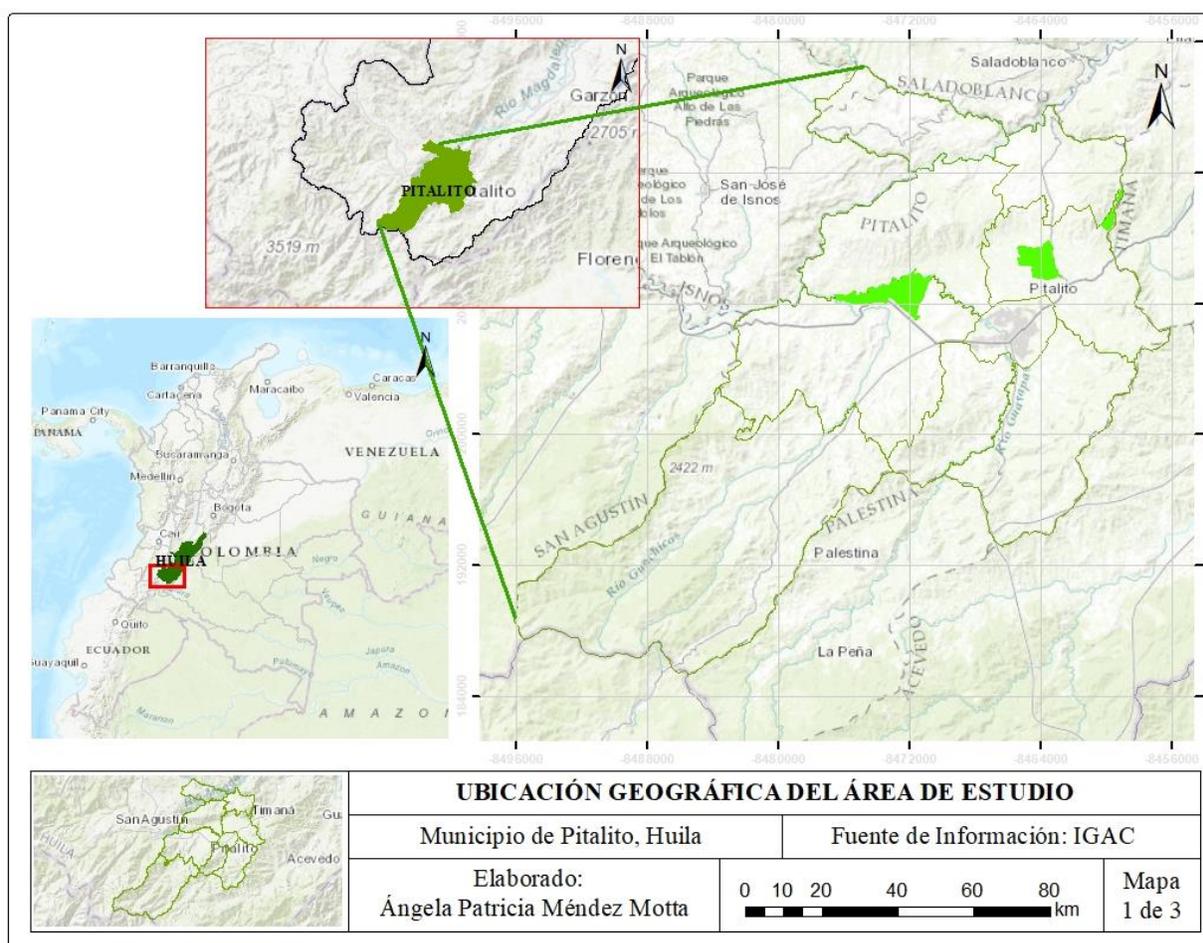


Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio en el municipio de Pitalito – Huila.

El municipio de Pitalito se encuentra caracterizado “por suelos con pendientes que van desde 5% hasta cumbres escarpadas con pendientes mayores al 25% según la clasificación de suelos de Holdrige” (Alcaldía Municipal de Pitalito Huila, 2020).

3.2 Tamaño de la muestra

Para el tamaño de la muestra se emplea el calculo propuesto por Motta y colaboradores (2018), mediante la ecuación de población conocida:

$$n = \frac{(N \times Z_a^2 \times p \times q)}{[d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q]}$$

En donde, n = tamaño de la muestra, N = tamaño de la población, Z = nivel de confianza, p = probabilidad de éxito o proporción esperada, q = probabilidad de fracaso y d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

3.3 Delimitación y selección de los predios del área de estudio

Se propone delimitar las fincas según criterios propuestos por Yamamoto y colaboradores (2007), modificados para el presente estudio: “a) tamaño de las fincas (1–15 ha), b) disposición para cooperar con el proyecto y c) accesibilidad y vías de comunicación en buen estado”. Para este estudio se identifican las fincas pertenecientes a las veredas La Raicita, San Luis y Llano Grande. Las fincas se seleccionarán de acuerdo al área en producción de café, productos de autoconsumo, toma de decisiones, prácticas de manejo del agroecosistema respecto al componente agua, biodiversidad y suelo.

La selección de los predios en las diferentes veredas se enfatizará en suelos con pendientes accesibles, que permita recorrer 1 ha de la finca con el propósito de determinar el número de especies de árboles nativos por hectárea, resaltando en la dimensión ambiental el criterio (A3.

Mantenimiento de la biodiversidad) de la Tabla 1 que requiere observación directa en el campo. De igual forma, la disposición de las vías en buen estado y que sean accesibles hasta las fincas. Como hace mención la CAM (2012) la localización de las fincas están a diferente altitud, con pendientes que van desde suelos planos (0 – 7%) hasta fuertemente inclinados (7 – 25%). Así mismo la ubicación del área de estudio, enfatiza las zonas donde el cultivo de café es la principal producción, en esta última vale decir que son suelos que por su pendiente permite que sean más utilizados para pastos, ganado, cultivos transitorios, urbanización y demás actividades ajenas al cultivo de café.

En la Figura 4 se ubican las veredas Llano Grande, La Raicita y San Luis siendo el área de estudio para la realización de la encuesta en el municipio de Pitalito.

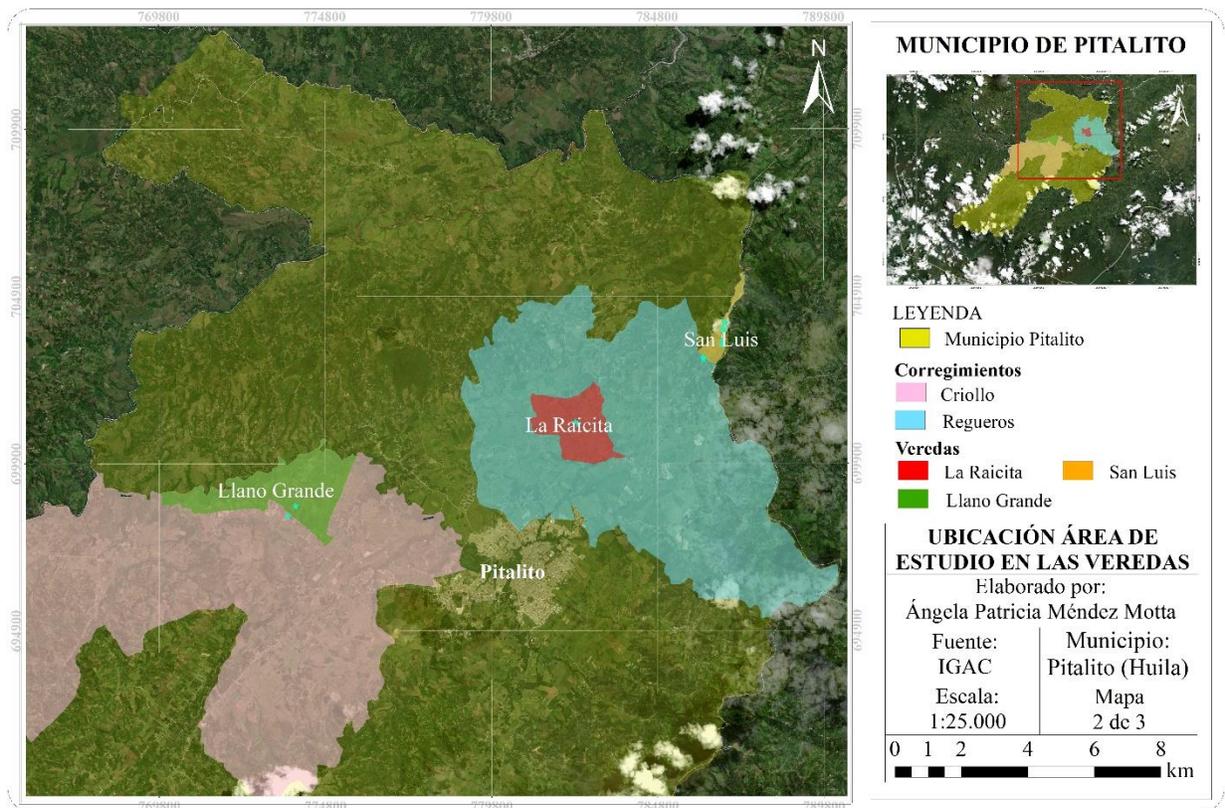


Figura 4. Ubicación de las veredas para el área de estudio en el municipio de Pitalito.

Las fincas cafeteras se encuentran en las veredas:

- 1) Llano Grande, “correspondiente al corregimiento de Criollo con una población de 609 personas en la vereda y con una área de 6.77 km^2 ” (CAM, 2020). Se localiza al noroccidente del municipio a los 1.279 m.s.n.m., limitando al norte con las veredas la Paz, la Mesa y las Granjas, al oriente con Rincón del Contador, al occidente limita con el Pedregal y Criollo y al sur Contador y Criollo. En la agricultura su principal cultivo es el café y otros secundarios como plátano (autoconsumo principalmente), presenta contaminación de las fuentes hídricas por lixiviados (CAM, 2012).
- 2) La Raicita, “localizada en el corregimiento de Regueros con una población de 162 personas en la vereda y una área correspondiente de 3.92 km^2 ” (CAM, 2020). Se ubica al norte del casco urbano de Pitalito unos 1.284 m.s.n.m., limitando al oriente con Regueros, al sur con Montañita y La Parada, al norte La Sibila y al occidente con la Coneca. La vía de acceso a la vereda es la que conduce de Pitalito a Guacacallo y su principal actividad económica es la ganadería, el plátano y yuca (CAM, 2012). Los cultivos de café son pocos presentados según la CAM (2012) estando para la fecha del presente trabajo una mayor área en producción de café como lo indica CAM (2020).
- 3) San Luis, “ubicado en el corregimiento de Regueros con una población de 280 personas en la vereda y con un área de 0.78 km^2 ” (CAM, 2020). Se encuentra ubicado en la parte sur del municipio de Pitalito a una altura de 1.748 m.s.n.m. limita al norte con la vereda Buenos Aires y el municipio de Timana, al oriente con el municipio de Timana, al sur con la vereda Mortiñal y al occidente con la vereda Monserrate. Su principal cultivo es el café y el lulo, los productos como maíz, frijol y arracacha son para el autoconsumo con un número pequeño de habitantes que comercializan la ganadería. En el predio de la señora Ludairne Fernández existe una reserva

de 3 hectáreas y otra reserva de 5 hectáreas en los predios del señor German Gómez, dentro de esta vereda nace la quebrada Mortiñal. Además, existen casos de tala y cacería, y contaminación en las fuentes hídricas por vertimientos de las viviendas y del beneficio del café (CAM, 2012).

3.4 Planteamiento, diseño y recopilación de información

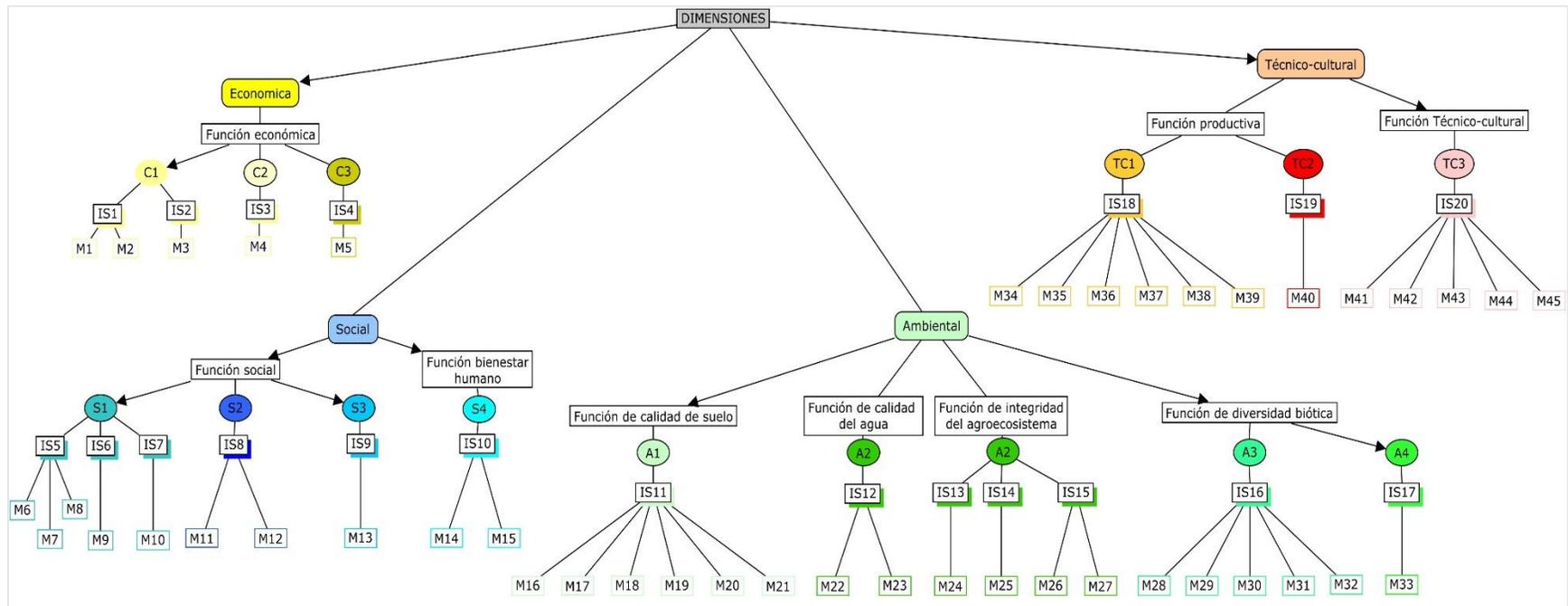
Los atributos para evaluar el nivel de sostenibilidad en las fincas está basado en el marco normativo SAFE propuesto por Cauwenbergh y colaboradores (2007). Compuesta por principios, criterios, indicadores y valores de referencia. Para la realización de la encuesta semiestructura se plantean las dimensiones, criterios, indicadores y las variables o métricas para la evaluación de la sostenibilidad. Motta (2018) propone las 4 dimensiones: social, económico, técnico-cultural y ambiental; en los criterios, indicadores y las métricas fueron algunas modificadas caracterizándose de acuerdo a su objetivo y componente. Por tal razón, lo sugerido por Motta (2018) es enfocado en la Evaluación de la Sostenibilidad de Pasturas Braquiarias para Alimentación Bovina en Hatos del Trópico Húmedo, Caquetá Colombia y el presente trabajo Estima el Nivel de Sostenibilidad en Fincas Cafeteras Mediante un Marco Normativo, Pitalito Huila. La realización de la encuesta semiestructurada toma en base los aspectos del método AHP.

Para el proceso de recolección de información se tuvo en cuenta la multidimensionalidad en el abordaje de la sostenibilidad y se ejecutó a través de métodos directos. Se aplicó una encuesta semiestructurada (anexo 1) para la obtención de la información en las dimensiones social, económica, técnico-cultural de los agroecosistemas directamente de los propietarios a través de un diagnóstico participativo del productor y la familia, y para la dimensión ambiental se realiza observaciones directas en los predios. Por consiguiente, la metodología multicriterio permite aplicar una gran cantidad de variables o métricas, sintetizando información para un fácil entendimiento del sistema disminuyendo la pérdida de información (Craheix *et al.*, 2016). Los

datos sobre el nivel de sostenibilidad en fincas cafeteras, se recopilan mediante visita a los 12 predios con ejecución de la encuesta basada en la variable métrica. Los tipos de variables que se emplean son numérica y categórica.

A través del marco SAFE fueron definidas estas cuatro dimensiones, compuestas por 9 principios, divididos en 14 criterios, con 20 indicadores y 45 métricas o variables (Figura 5) para la medición de la sostenibilidad de agroecosistemas cafeteros.

Figura 5. Diagrama para evaluar la sostenibilidad de fincas cafeteras mediante el marco normativo SAFE.



C = Criterio Económico, S = Criterio Social, A = Criterio Ambiental, TC = Criterio Técnico-cultural, IS = Indicadores de sostenibilidad, M = Métricas.

Nota. La función de cada una de las dimensiones, corresponde a los principios.

En el indicador de sostenibilidad, en el criterio adopción de la dimensión social, en la métrica nivel de aceptación en los cambios de producción se emplearon los valores de 1 a 5 donde ≤ 2 es bajo, entre $3 \geq - \leq 5$ es medio, y > 5 es alto. En la dimensión ambiental el indicador biodiversidad para los predios que tienen áreas en reserva o conservación los valores fueron tomados en porcentaje respecto al área total del predio. La aplicación de enmienda el valor está dado en kilogramos (Kg) correspondiente a la dimensión Técnico-cultural, se multiplica la aplicación de un árbol por el total de árboles presentes en una hectárea y la aplicación por año.

Para cada una de las métricas o variables se establecieron los valores óptimos y subóptimos, siendo 5 métricas económicas, 10 sociales, 18 ambientales y 12 técnico-culturales. A partir de las métricas, se establecen preguntas aplicadas en la encuesta semiestructurada realizada de manera verbal al encuestado (Tabla 1).

Tabla 1. Atributos para evaluar la sostenibilidad de fincas cafeteras mediante el marco normativo SAFE

DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD	PRINCIPIOS	CRITERIOS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	MÉTRICA / MÉTRICA
Económica	Función económica	E1. Garantía de renta a los productores	Ingresos del sistema	Ingresos venta producto/ha/año Otros ingresos del sistema / año
			Acceso a mercados	Número de compradores de productos generados en la finca
		E2. Minimización de dependencia de insumos externos	Costos	Costo producción de una hectárea del producto principal
		E3. Liberación de carga laboral en trabajo de la finca	Intensidad laboral	Horas de trabajo/jornal
Social	Función social	S1. Personas integradas a factores externos con capacidad de incorporación de conocimiento y tecnologías	Adopción	Incorporación de nuevas tecnologías de producción Incorporación de nuevas variedades productivas a la finca Nivelación de aceptación en los cambios de producción
			Acceso a información	Capacitación sobre manejo y tecnologías de producción
			Capital social	Miembro de organizaciones o asociaciones de productores
		S2. Continuidad de la actividad productiva en las siguientes generaciones	Relevo generacional	Evidencia de continuidad con la actividad en el núcleo familiar Tiene planeado vender la finca
	S3. Integrantes de la familia empoderadas y con capacidad de decisión		Equidad	Porcentaje de participación del núcleo familiar en toma de decisiones
	Función de bienestar humano	S4. Capacidad del agroecosistema de suplir las necesidades de alimentación	Autosuficiencia alimentaria	Número de productos agrícolas para autoconsumo generados en la finca Número de productos pecuarios para autoconsumo generados en la finca
Ambiental			Función de calidad del suelo	Calidad del suelo
	$CICE = Ca+K+Mg+Al$			
	$\% \text{ saturación de acidez (\%SA)} = Al/CICE*100$			
	Densidad aparente del suelo (g/cm)			
	Contenido de fósforo			
Función de calidad del agua	A2. Prácticas adecuadas para el manejo del recurso hídrico y componentes acuáticos	Reducción de vertimiento de aguas usadas	Las aguas usadas en el procedimiento del café son tratadas antes de ir a fuentes hídricas	
			Las aguas servidas por uso doméstico van a un pozo séptico	

Continuación **Tabla 1.** Atributos para evaluar la sostenibilidad de fincas cafeteras mediante el marco normativo SAFE.

DIMENSIONES DE LA SOSTENIBILIDAD	PRINCIPIOS	CRITERIOS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	MÉTRICA / MÉTRICA		
	Función de integridad del agroecosistema	A2. Prácticas adecuadas para el manejo del recurso suelo y componentes bióticos	Reducción uso del fuego	El campesino menciona el uso del fuego para control de arvenses, plagas o renovación del cultivo		
			Reducción de entradas de químicos	Número de aplicaciones de herbicidas y pesticidas al año		
			Cobertura del suelo	En socas y cultivos nuevos se asocia con cultivos transitorios En socas y café nuevo el control de arvenses se realiza periódicamente y el área mantiene desnuda		
	Función de diversidad biótica	A3. Mantenimiento de la biodiversidad	Biodiversidad	El predio tiene área de reserva o conservación		
				Presencia de abejas en el cultivo en época de floración		
				Productor menciona el uso de pesticidas de clase I o II de la OMS		
				Número de especies de árboles nativos por hectárea		
	A4. Mantenimiento de la estabilidad productiva	Productividad primaria	Número de especies de fauna silvestre que se puede apreciar en la finca			
			Producción de café por hectárea (kg)			
	Técnico-cultural	Función productiva	TC1. Oferta de producto de buena calidad	Calidad del café	El café se recoge en el punto óptimo de maduración Se aplican productos químicos para maduración Se respetan los tiempos de fermentación Se hace zarandeo y separación de pasilla El área de procesamiento de café tiene fuentes de contaminación cercanas (gasolina, ACPM, agroquímicos, etc.) Factor de secado del café	
Estabilidad productiva				En los últimos 10 años la producción de la finca ha: incrementado, mantiene igual o disminuido		
Función técnico-cultural				TC3. Realización de prácticas adecuadas para el manejo del cultivo	Manejo del cultivo	Acceso a asistencia técnica/año
						Número de árboles de café por hectárea
						Realiza renovación del cultivo en el tiempo recomendado
Aplicación de enmiendas (kg/ha/año)						
Aplicación de fertilizantes (kg/ha/año)						

CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo, MS = Materia Seca

Nota. Adaptado de Motta (2018).

3.5 Determinación indicadores de sostenibilidad

El marco normativo para la medición de la sostenibilidad es SAFE (*Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework*) propuesto por Cauwenbergh y colaboradores (2007), para lo cual serán definidos principios, criterios e indicadores para evaluar la sostenibilidad de sistemas cafeteros en el municipio de Pitalito.

Los pesos de los indicadores de evaluación serán construidos siguiendo la *Metodología de Evaluación Multicriterio* o *Proceso de Análisis Jerárquico* (AHP) propuesto por Saaty (2008) como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de evaluación para Análisis multicriterio AHP (AMC)

Peso indicador	Significado
9	A es extremadamente más importante que B
7	A es mucho más importante que B
5	A es más importante que B
3	A es levemente más importante que B
1	A y B tienen la misma importancia
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes
Recíprocos $a_{ij} = 1/a_{ji}$	Hipótesis del método
$1/2, 1/4, 1/6, 1/8$	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes
$1/3$	A es levemente menos importante que B
$1/5$	A es menos importante que B
$1/7$	A es mucho menos importante que B
$1/9$	A es extremadamente menos importante que B

Teniendo en cuenta que la comparación se realiza por pares si A se califica con 3 sobre B, entonces B es su valor recíproco que equivale a $1/3$ el valor de A en la matriz de comparaciones.

Para la validación de la consistencia de la matriz de evaluación conjunta se tendrá en cuenta la metodología empleada por Zhou y Zhao (2017).

El índice de sostenibilidad será calculado mediante la ecuación propuesta por Motta (2018):

$$ISP = \sum_{0-1} (SI1, \dots, SI39)$$

$$ISP = 0 \geq \text{and} \leq 1$$

Donde, ISP = índice de sostenibilidad predial, SI = indicador de sostenibilidad estandarizado.

Para determinar el desempeño del nivel de sostenibilidad expresado en el índice este debe ser expresado usando la escala de evaluación de la sostenibilidad como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de evaluación de sostenibilidad de subsistemas

Nivel de sostenibilidad o desempeño dimensional	Calificación
Muy alta	0,8 – 1,0
Alta	0,6 – 0,79
Media	0,4 – 0,59
Baja	0,2 – 0,39
Muy baja	0,0 – 0,19

Nota. Tomado y modificado de Casas y colaboradores (2009).

3.6 Análisis de Información

La información obtenida fue tabulada y procesada en hojas de cálculo por medio del aplicativo de Microsoft Excel y software Infostat. La información es ingresada al Excel en bruto obtenido de la realización de las encuestas.

3.7 Organización de los datos básicos de las fincas cafeteras por medio de SIG

El material cartográfico básico en el proyecto se obtuvo de la página del Instituto Colombiano Agustín Codazzi (IGAC). Se utiliza las planchas de los departamentos, municipios y veredas de Colombia, localizando y delimitando el área del municipio de Pitalito, enfocándose la obtención de información de esa zona.

Para realizar la delimitación y localización se emplea el sistema de información geográfica (SIG) en el que se ubica la información geográficamente referenciada, datos que son obtenidos por el instrumento (celular) que permite ejecutar una parte de la encuesta (información básica). Survey123 (ArcGIS Online) permite diseñar y realizar encuesta según criterios requeridos, conectando los dispositivos que tengan la aplicación ejecutando la descarga y aplicación de la encuesta elaborada. Recopila datos en campo o las fincas cafeteras visitadas y entrevistadas, a su vez, guarda la información en la página de ArcGIS Online que permite editar, crear, analizar y conservar los datos generados o ejecutados en la encuesta.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Selección de las fincas

El rango para la selección de las fincas propuesto por Yamamoto y colaboradores (2007) están entre 1 – 15 hectárea (ha). Las fincas para el área de estudio están entre 1,5 -7 ha, con disposición de las personas, accesibilidad y vías de comunicación en buen estado. Se identifican 12 predios en las veredas: La Raicita (2 fincas), San Luis (8 fincas) y Llano Grande (2 fincas).

En la vereda La Raicita del corregimiento de Regueros están ubicadas 2 fincas, con proximidad a la vía secundaria Pitalito con conexión al corregimiento La Laguna y Guacacallo, y los municipios de Saladoblando y Oporapa. La finca 1 (La alcancía) con 1,5 ha y la finca 2 (El arenal) con 6 ha, para el presente estudio se mide aproximadamente 1 ha del predio para la obtención de número de árboles nativos por ha, como lo muestra la figura 6.

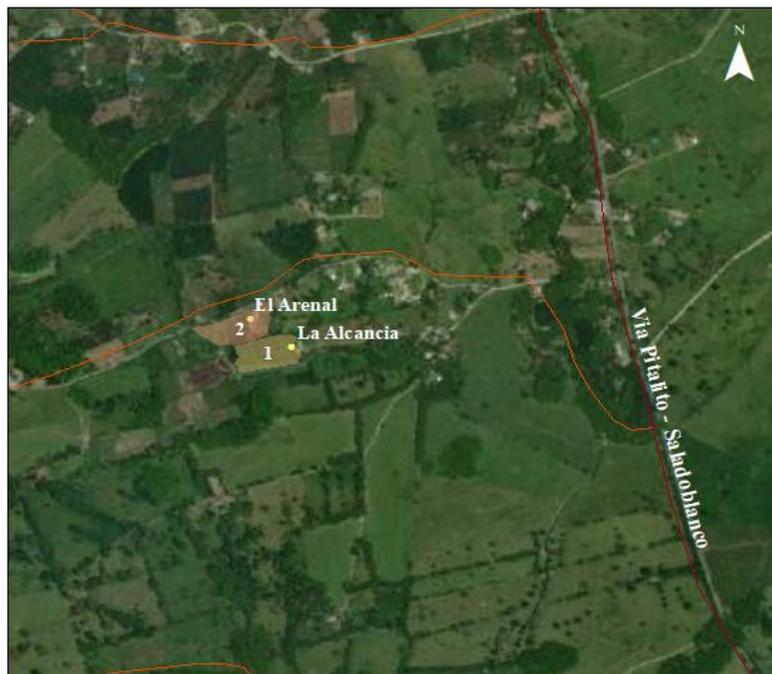


Figura 6. Ubicación fincas en la vereda La Raicita, delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.

En el corregimiento de Regueros en la vereda San Luis están ubicadas 8 fincas, con conexión por la vía terciaria Pitalito - Torres de San Luis o al cerro horizonte San Luis. El área de las fincas está entre los rangos de 1,5 ha y 7 ha, con delimitación de aproximadamente 1 ha de los predios como se observa en la figura 7.



Figura 7. Ubicación fincas en la vereda San Luis. Delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.

En la vereda Llano grande del corregimiento de Criollos están ubicadas 2 fincas, con proximidad a la vía principal de Pitalito con conexión a los municipios de San Agustín e Isnos, y el departamento del Cauca. La finca 11 (Las granjas) con una área de 4 ha y la finca 12 con 1,5 ha (Villa Paola) respectivamente, en el área de los predios se realiza la medición de 1 ha aproximadamente (Figura 8).

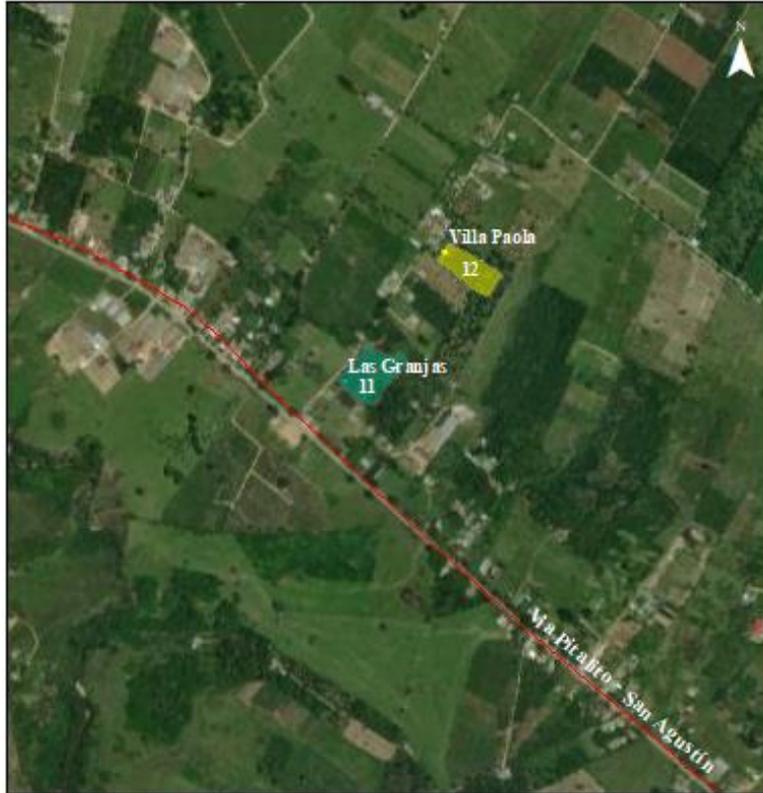


Figura 8. Ubicación de las fincas en la vereda Llano Grande. Delimitación de 1 ha de cada uno de los predios.

4.2 Tamaño muestral

Se realiza el cálculo para el tamaño muestral con base en la ecuación población conocida, ejecutándose con la siguiente selección de datos:

$$n = \frac{(N \times Z_a^2 \times p \times q)}{[d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q]}$$

En donde, n = tamaño de la muestra, N = 13202 fincas, Z = 95% nivel de confianza ($p < 0,05$), p = 75% probabilidad de éxito, q = 25% probabilidad de fracaso (margen de error) y d = 25% precisión (error máximo admisible en terminos de proporción).

Se estimó por medio de la ecuación de Motta y colaboradores (2018), que el tamaño de la muestra a evaluar para determinar el nivel de sostenibilidad en fincas cafeteras en el municipio de Pitalito es de 12 predios. Por lo que, con una precisión del 10% se requería hacer 72 encuestas, no obstante, el tamaño está bien sustentado, es decir, que hay un 15% de margen de error respecto al 10% de precisión.

El tamaño de la población (N) es el número de las fincas cafeteras presentes en el Municipio de Pitalito, Huila. Por consiguiente, el comité departamental de cafeteros del Huila (2020) indica que en Pitalito son 13.202 fincas con una área total de café de 17.901.5 ha con variedades sembradas de Tipica, Caturra, Colombia, Tabí y Castillo. Con un total de 10.796 caficultores.

4.3 Planteamiento, diseño y recopilación de información

Los atributos para evaluar el nivel de sostenibilidad en las fincas cafeteras está basado en el marco normativo SAFE, plantea las dimensiones, criterios, indicadores y las variables o métricas. En las transformaciones correspondientes para variables categóricas y numéricas se presentan variables dicotómicas con respuesta SI = 1 y NO = 0. Estas variables evaluadas son las siguientes:

- Incorporación de nuevas tecnologías de producción.
- Implementa prácticas en la producción, beneficio y comercialización del café.
- Capacitación sobre manejo y tecnologías de producción.
- Evidencia de continuidad con la actividad familiar.
- Realiza el tratamiento de aguas usadas del procesamiento de café y uso doméstico.
- Uso del fuego para el control de arvenses, plagas o renovación del cultivo.
- En soca y café nuevo el control de arvenses.
- Presencia de abejas en el cultivo en época de floración.

- Uso de pesticidas clase I o II (clasificación de la OMS).
- Árboles incorporado o distribuidos en el cultivo.
- Proceso de fermentación, secado y área de procesamiento del café.

Realizado el planteamiento de las dimensiones, el diseño de los atributos para evaluar la sostenibilidad (Tabla 1) y las métricas para la obtención de la información mediante la implementación de una encuesta semiestructurada, se ingresan los datos categóricos y numéricos al aplicativo de Excel. La información de la encuesta es digitada en cada una de las métricas respecto a las 12 fincas, en la tabla 4 se muestra la dimensión técnico-cultural y en el anexo 2 se observa la información con todas sus dimensiones.

Tabla 4. Datos obtenidos de las encuestas realizadas en las fincas cafeteras, dimensión técnico-cultural.

MÉTRICA/MÉTRICA	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7	Finca 8	Finca 9	Finca 10	Finca 11	Finca 12
El café se recoge en el punto óptimo de maduración	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Se respetan los tiempos de fermentación	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
Se hace zarandeo y separación de pasilla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
El área de procesamiento de café tiene fuentes de contaminación cercanas (gasolina, ACPM, agroquímicos, etc)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Factor de análisis obtenido para el café seco	88	89	88	88	89	88	88	89	88	88	88	88
En los últimos 10 años la producción de la finca ha: incrementado, disminuido, igual	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5
Acceso a asistencia técnica/año	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Número de árboles de café por hectárea	4500	5500	5000	6000	5200	5200	5600	6000	5000	5000	5000	5000
Realiza renovación del cultivo en el tiempo recomendado	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Aplicación de enmiendas (kg/ha/año)	0	130	150	130	100	120	100	110	100	120	120	60
Aplicación de fertilizantes (kg/ha/año)	0	390	450	390	300	360	300	330	300	360	240	360

4.4 Determinación indicadores de sostenibilidad

Para la determinación del peso de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad (tabla 5), se considera la metodología AHP propuesto por Saaty (2008) para los pesos de los indicadores de sostenibilidad o evaluación (Tabla 2) y la validación de la consistencia de la matriz de evaluación juntada utilizada por Zhou y Zhao (2017). En las dimensiones o indicadores de evaluación y el índice de sostenibilidad se calcula mediante la ecuación propuesta por Motta (2018).

Tabla 5. Peso de las dimensiones de sostenibilidad y su peso global.

DIMENSIÓN	Económico	Social	Ambiental	Técnico-cultural	Suma	Peso Global dimensiones
Económico	1	2	1/3	1	4,33	0,211
Social	1/2	1	1/3	1	2,83	0,138
Ambiental	3	3	1	3	10,00	0,488
Técnico-cultural	1	1	1/3	1	3,33	0,163
4	5,50	7,00	2,00	6,00	20,50	1,000

Para cada una de las métricas se establecieron valores óptimos y subóptimos (Anexo 3) por consiguiente los pesos de los criterios se integran con los indicadores y las métricas, obteniéndose el peso global (Tabla 5), para los valores óptimos se considera la meta o el valor ideal al que debería estar y el valor subóptimo es el valor más bajo que puede alcanzar el indicador. La ponderación de los indicadores de cada dimensión en la matriz de análisis en la tabla 6 corresponde al peso del indicador o dimensión, la obtención del valor es la división entre el peso global del indicador de sostenibilidad con el peso global de la dimensión. Se unifica los pesos de los indicadores de sostenibilidad respecto a las dimensiones (Tabla 6).

Tabla 6. Ponderación en la matriz de evaluación multicriterio de las dimensiones e indicadores de sostenibilidad para fincas cafeteras.

Matriz ponderación	Peso de dimensiones o indicadores
Dimensiones (D)	[0,211; 0,138; 0,488; 0,163]
Indicadores económicos (IS1 - IS4)	[0,491; 0,167; 0,238; 0,104]
Indicadores sociales (IS5 - IS10)	[0,187; 0,260; 0,052; 0,220; 0,100; 0,180]
Indicadores ambientales (IS11 - IS17)	[0,162; 0,167; 0,050; 0,077; 0,201; 0,152; 0,190]
Indicadores técnico - culturales (IS18 - IS20)	[0,441; 0,162; 0,397]

IS: Indicador de sostenibilidad

En las dimensiones de sostenibilidad, la dimensión ambiental obtuvo el mayor peso con un 0,488, la económica con un 0,211, la técnico-cultural con un 0,163 y la social con un peso de 0,138. Se realiza la ponderación de los indicadores de cada una de las dimensiones conforme al marco SAFE y en relación a su peso por Saaty (2008) y Zhou y Zhao (2017).

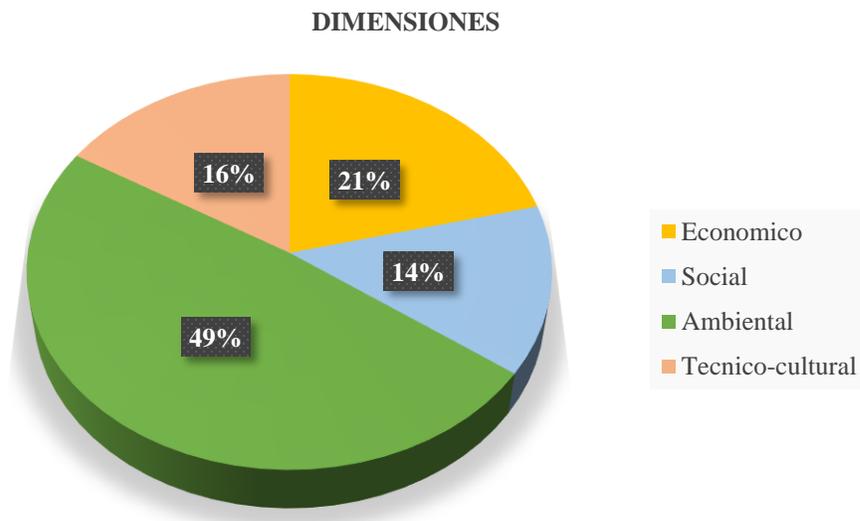


Figura 9. Ponderación de los pesos de las dimensiones.

Una vez evaluados por la aplicación de análisis multicriterio (AHP ó AMC) los siete indicadores ambientales (Anexo 4), se evidenció que el indicador de mayor peso es cobertura del suelo, seguido la productividad primaria asociado a la producción de café y vertimiento de aguas servidas, el indicador calidad del suelo incorpora las características físicas y químicas del suelo, el

indicador biodiversidad consiste en áreas en reserva, especies de árboles nativos y fauna. En el indicador de sostenibilidad (IS) reducción de entradas de químicos incluye aplicación de herbicidas y pesticidas, y finalmente la reducción uso del fuego.

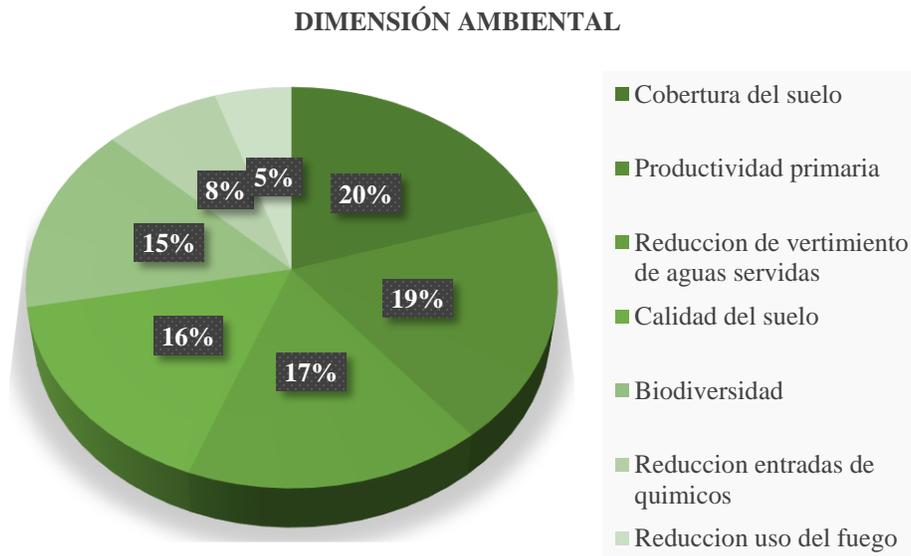


Figura 10. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión ambiental.

En las cuatro dimensiones económicas (Anexo 5) el indicador de mayor peso corresponde a los ingresos del sistema que incluye los ingresos de venta y otros ingresos provenientes de la misma finca, seguido de los costos de producción, el indicador acceso a mercados el cual consiste en el número de compradores de productos generados por la finca, y por último la intensidad laboral que se mide por las horas de trabajo del día por los días del año.

DIMENSIÓN ECONÓMICA

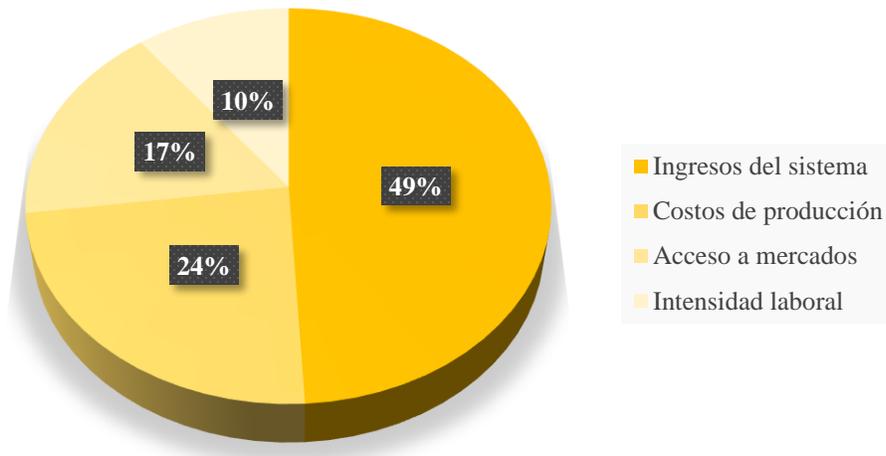


Figura 11. Ponderación de los pesos de los indicadores de la dimensión económica.

En los tres indicadores técnico-culturales (Anexo 6) se evidenció que el indicador de mayor peso fue la calidad del café abarcando el proceso desde la cosecha y la venta, seguido el manejo del cultivo representando asistencia técnica, árboles por hectárea y aplicación de agroquímicos, y por último, la estabilidad productiva incluyendo los últimos 10 años de producción de la finca.

DIMENSIÓN TÉCNICO-CULTURAL

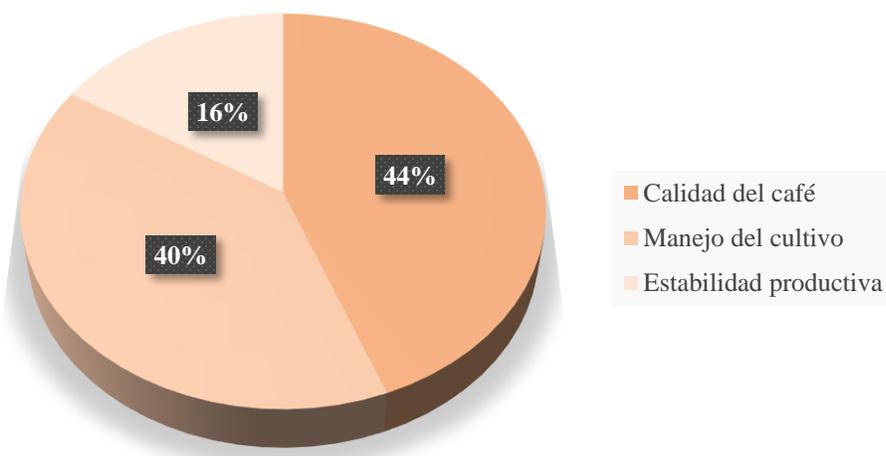


Figura 12. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión técnico-cultural.

La dimensión social con seis indicadores (Anexo 7) obtiene que el de mayor peso fue el de acceso a la información representando capacitación y tecnologías, continuó el indicador relevo generacional que abarca el núcleo familiar y venta de la finca, en el IS adopción incluye la incorporando de tecnologías y cambios de producción. Seguido, la autosuficiencia alimentaria que incluye los productos agrícolas y pecuarios generados en la finca, el indicador equidad indicando el porcentaje de participación del núcleo familiar y por último el capital social asociado a la participación en organizaciones o asociaciones de productores.

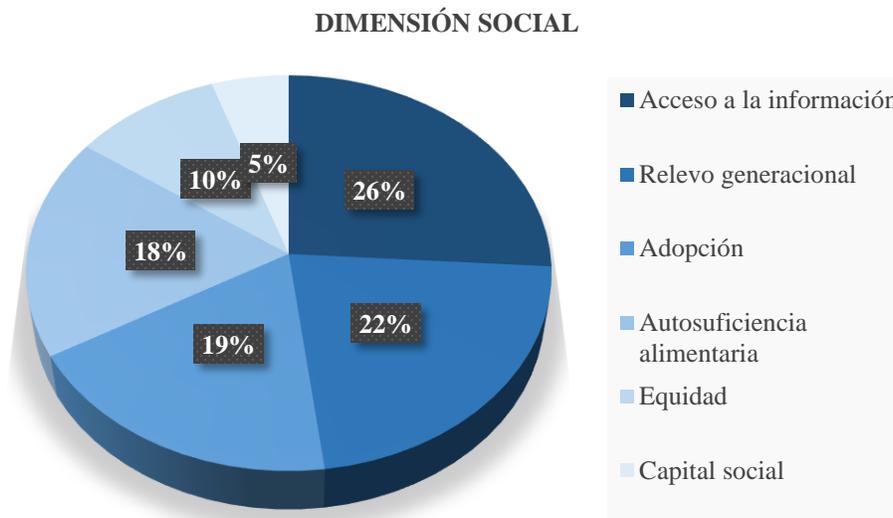


Figura 13. Ponderación del peso de los indicadores de la dimensión social.

La escala de evaluación para los 12 predios de acuerdo a la metodología de Casas y colaboradores (2009), clasifica el nivel de sostenibilidad o desempeño dimensional (Tabla 3) respecto a valores de 0,0 a 1,0 de Muy baja a Muy alta. El índice de sostenibilidad de predios (ISP) conforme a las fincas cafeteras vario desde la media con 5 predios y alta con 7 predios como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Valor de los indicadores de sostenibilidad de predios (ISP) y el nivel de sostenibilidad propuesto por casas y colaboradores (2009).

Predio	Económico	Social	Ambiental	Técnico-cultural	ISP	Nivel de sostenibilidad
Finca 1	0,082	0,044	0,265	0,109	0,499	Media
Finca 2	0,076	0,067	0,280	0,125	0,548	Media
Finca 3	0,096	0,090	0,370	0,116	0,672	Alta
Finca 4	0,052	0,104	0,366	0,139	0,662	Alta
Finca 5	0,073	0,102	0,352	0,120	0,646	Alta
Finca 6	0,067	0,118	0,354	0,128	0,667	Alta
Finca 7	0,071	0,063	0,370	0,143	0,646	Alta
Finca 8	0,053	0,047	0,308	0,132	0,540	Media
Finca 9	0,044	0,104	0,357	0,105	0,611	Alta
Finca 10	0,035	0,108	0,290	0,135	0,568	Media
Finca 11	0,070	0,061	0,276	0,085	0,491	Media
Finca 12	0,094	0,120	0,354	0,130	0,698	Alta

ISP: Indicador de sostenibilidad de predios

Se realiza un gráfico radial o telaraña estimando el desempeño de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad, en la dimensión técnico cultural el desempeño es alto con 0,771, la ambiental con 0,699, social con valor de 0,649 y la dimensión económica siendo la más baja con 0,373 (Figura 14).

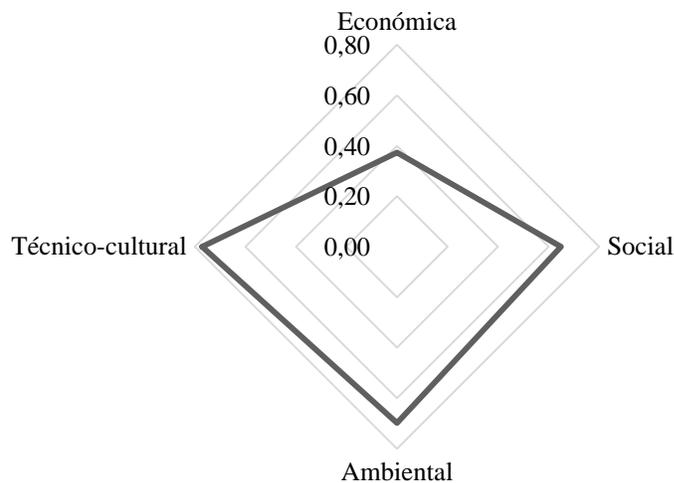


Figura 14. Desempeño del nivel de sostenibilidad de las cuatro dimensiones.

El desempeño de las 12 fincas en las cuatro dimensiones, de acuerdo a la Tabla 7 y Figura 14, indican que la dimensión ambiental es alta en comparación a todos los subsistemas, las fincas 3 y 7 con igual valor (0,370) de desempeño alto y las fincas 1(0,265) y 11 (0,276) obtienen los valores más bajos. Se permite inferir que en la finca 1 no se aplican agroquímicos al café y suelo, y el número de árboles nativos por hectárea presente en el predio es el más alto respecto a las otras fincas, los valores más bajos de la dimensión indican que las aguas residuales obtenidas durante el proceso de lavado del café van directamente a la fuente hídrica.

En la dimensión Técnico-cultural las fincas 7 (0,143) y 4 (0,139) con los valores de desempeño más altos son las que más tienen árboles de café sembrados por hectárea, y las fincas 11 (0,085) y 9 (0,105) con los valores de desempeño bajos, indican que la producción de café en los últimos 10 años disminuyó. Seguido, en la dimensión social las fincas 12 (0,120) alto y 1 (0,044) bajo, infiere que es de importancia adquirir recomendaciones y capacitación para el manejo del cultivo, aplicación de agroquímicos y tecnología. La última dimensión con el valor más bajo es la económica, en las fincas 3 (0,096) alto y 10 (0,035) bajo, indican que el desempeño es asociado el ingreso de venta del producto respecto al costo de producción por una hectárea, indicador importante para la obtención de ganancias del productor (Anexo 2), la finca 3 con el valor más alto utiliza menos de la tercera parte de los ingresos de venta para los costos de producción (figura 15).

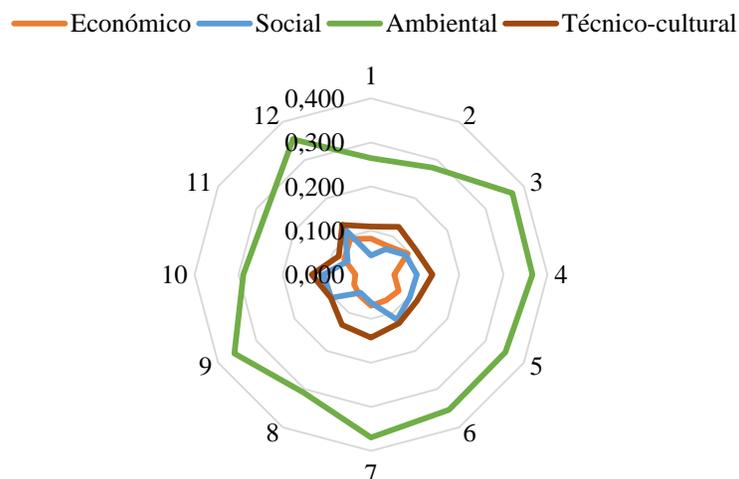


Figura 15. Desempeño del nivel de sostenibilidad de las dimensiones en cada una de las 12 fincas cafeteras.

Se realiza el desempeño de sostenibilidad a los 14 criterios, se determinó de acuerdo a casas y colaboradores (2009) que fue baja en el CE1, media en CE2 y CS4, alta en CE3, CS1, CS3, CA1, CA2, CA3, CA4 y TC3, y muy alta CS2 TC1 y TC2 (figura 16).

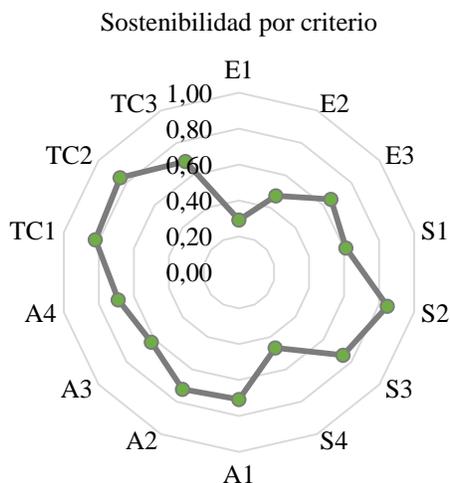


Figura 16. Desempeño de sostenibilidad en los 14 criterios: CS2, TC1 y TC2 muy alta y CE1 baja.

En la tabla 8, muestra el análisis de varianza para el desempeño de sostenibilidad de los criterios en cada una de las 12 fincas cafeteras, se calcula la media de los 14 criterios de cada una de las fincas, obteniéndose el p-valor y el error estándar.

Tabla 8. Análisis de varianza, desempeño de sostenibilidad de los criterios en cada una de las fincas cafeteras.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Criterio observado	168	0.01	0.00	97.72	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.0E-03	11	3.7E-04	0.21	0.9970
Finca	4.0E-03	11	3.7E-04	0.21	0.9970
Error	0.28	156	1.8E-03		
Total	0.28	167			
Test: LSD Fisher Alfa = 0.05 DMS = 0.03144					
<i>Error: 0.0018 gl: 156</i>					
Finca	Medias	n	E.E.		
11	0.04	14	0.01 A		
1	0.04	14	0.01 A		
8	0.04	14	0.01 A		
2	0.04	14	0.01 A		
10	0.04	14	0.01 A		
9	0.04	14	0.01 A		
7	0.05	14	0.01 A		
5	0.05	14	0.01 A		
4	0.05	14	0.01 A		
6	0.05	14	0.01 A		
3	0.05	14	0.01 A		
12	0.05	14	0.01 A		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la figura 17 se observa que los criterios no presentan una variación representativa en cada una de las fincas, las variables no son significativamente diferentes, el valor de $p > 0,05$ permite aceptar la hipótesis planteada, estadísticamente son iguales, pero numéricamente no lo son, la finca 11 tiene el menor desempeño con el 0,035 en los criterios y la finca 12 tiene el mejor desempeño con un 0,050 superando las otras fincas.

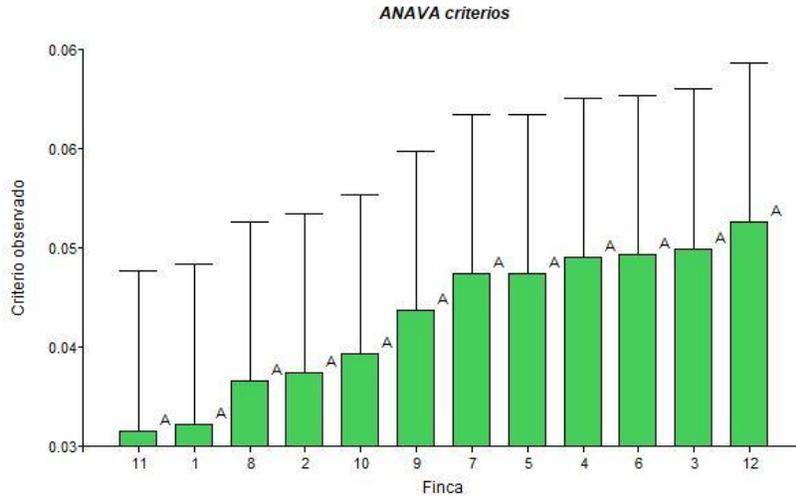


Figura 17. Análisis estadístico del desempeño de sostenibilidad de los criterios en las 12 fincas cafeteras en Pitalito, Huila.

En el desempeño de los 20 indicadores de sostenibilidad se determinan de acuerdo a Casas y colaboradores (2009), indica que IS2 es muy baja, baja IS1, media IS3, IS6, IS10 e IS15, alta IS4, IS5, IS7, IS9, IS11, IS14, IS16, IS17 e IS20, y muy alta IS8, IS12, IS13, IS18 e IS19 (Figura 18).

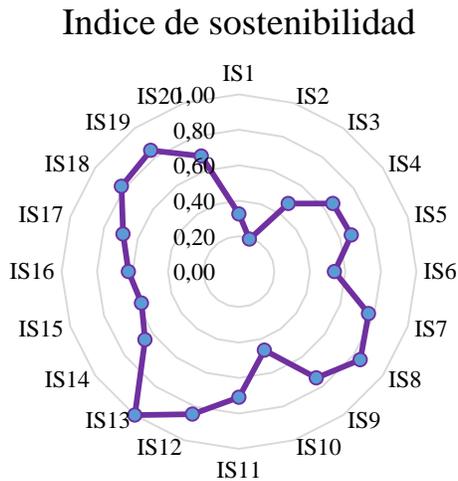


Figura 18. Desempeño de los 20 indicadores sostenibilidad: IS8, IS12, IS13, IS18 e IS19 muy alta y IS2 muy baja.

En el análisis de varianza para el desempeño de los 20 indicadores de sostenibilidad en las 12 fincas cafeteras, se realiza con la obtención de la media de los indicadores por cada finca y a su vez el error estándar (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de varianza, desempeño de los indicadores de sostenibilidad en las 12 fincas cafeteras.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Criterio observado	240	0.02	0.00	75.22	
F.V.					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.8E-03	11	2.6E-04	0.50	0.9003
Finca	2.8E-03	11	2.6E-04	0.50	0.9003
Error	0.12	228	5.1E-04		
Total	0.12	239			
Test: LSD Fisher Alfa = 0.05 DMS = 0.01414					
<i>Error: 0.0005 gl: 228</i>					
Finca	Medias	n	E.E.		
11	0.02	20	0.01 A		
1	0.02	20	0.01 A		
8	0.03	20	0.01 A		
2	0.03	20	0.01 A		
10	0.03	20	0.01 A		
9	0.03	20	0.01 A		
5	0.03	20	0.01 A		
7	0.03	20	0.01 A		
4	0.03	20	0.01 A		
6	0.03	20	0.01 A		
3	0.03	20	0.01 A		
12	0.03	20	0.01 A		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la figura 19 se observa los indicadores de sostenibilidad por cada finca, respecto a la figura 17 de los criterios de sostenibilidad en el análisis estadístico la finca 11 con un valor de 0,025 sigue siendo el más bajo y la finca 12 con un valor de 0,035 el más alto. Por consiguiente, la variable se comporta estadísticamente igual y los indicadores no representan una variación

representativa en cada una de las fincas ya que el valor de $p > 0,05$ permite aceptar la hipótesis planteada.

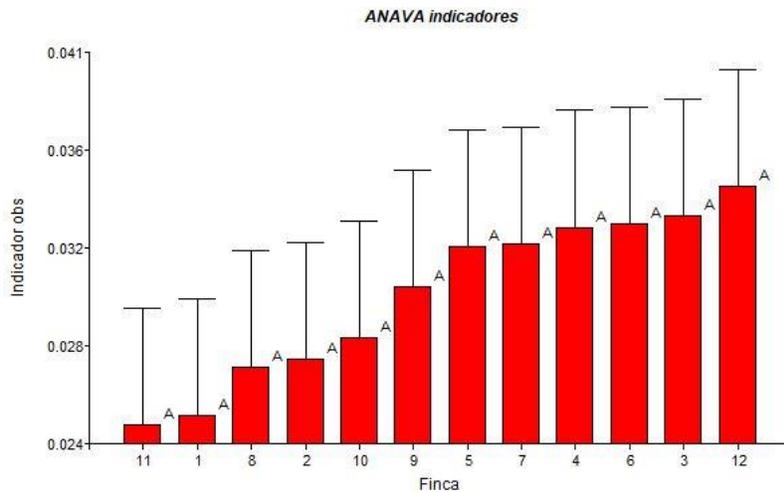


Figura 19. Análisis estadístico del desempeño de los indicadores de sostenibilidad en las 12 fincas cafeteras en Pitalito, Huila.

La finca 12 con el mejor nivel de sostenibilidad, el predio es clasificado en minifundio por ser una finca de 1,5 ha se obtiene ganancias a diferencia de otras fincas que poseen más hectáreas, es un café tipo exportación, obteniendo un mejor pago y bonificación por calidad de café. Hace mención el dueño de la finca que sigue las recomendaciones para el suelo y planta, maneja un adecuado proceso del café en poscosecha, cosecha y manipulación del producto, en el año realiza 6 fertilizaciones al año más que las otras fincas con disminución en su cantidad aplicada por árbol. En el predio tiene solo árboles nativos con un suelo plano propenso a exposición de rayos solares y encharcamientos o retención de aguas lluvias, los árboles disminuyen la radiación solar y a su vez la presencia de plagas, en la finca cuenta con canales de drenaje para el manejo de las aguas lluvias. Tiene un adecuado manejo de los lixiviados del café y de las aguas servidas, los trabajadores son personas idóneas para la cosecha del producto, ellos manejan su horario y el pago

es el doble del promedio pagado en las fincas por arroba, por lo que, el café es recolectado solamente en su punto óptimo, evitándose residuos de hojas, palos y demás en el momento de la cosecha, con menos daño en el cafeto. El tiempo de fermentación del café es diferente a las demás fincas, se sumerge el café cereza por 24 horas y una vez despulpado se lleva un proceso de fermentación por 40 horas.

Por el contrario, la finca 11 en los últimos 10 años ha disminuido la producción, el café se vende verde o mojado y los lixiviados obtenidos del café van directamente a la fuente hídrica. Siendo una finca pequeña con 4 ha a diferencia de la finca 12 con 1.5 ha, en el predio se tiene mayor sombra y humedad ocasionada por la cantidad de árboles nativos por hectárea. Mencionado por el dueño de la finca, se tiene presencia de plagas como la roya y demás, a su vez, que la producción de café no la considera rentable, esto lo ha llevado a buscar otras opciones de trabajo y cultivos transitorios, porque el café no está supliendo la necesidad del mismo cultivo y de la familia durante el año.

Roesch y colaboradores (2021) emplearon el método de SALCA sustain para la evaluación de la sostenibilidad de fincas en Suiza. El estudio tuvo dos objetivos: i) analizar el valor informativo de los indicadores, incluidas las sinergias y las compensaciones entre los indicadores, y ii) evaluar la viabilidad y aceptabilidad para los agricultores. Evaluándose 3 dimensiones (ambiental, social y económica), 11 sujetos y 28 indicadores, este último debido a que los impactos ambientales no se pueden medir directamente, como la biodiversidad o la calidad del suelo, es demasiado alta. La evaluación de las dos fases (a. 12 fincas y b. 13 fincas) fue basada en cuestionarios integrales y entrevistas semiestructuradas individuales, usando el aplicativo Excel con disponibilidad por teléfono y correo electrónico. Concluyendo que el diseño del estudio permite que los indicadores de sostenibilidad se calculen con suficiente precisión y con una respuesta positiva por parte de los

agricultores que participaron, permitiendo comparar la sostenibilidad de su finca con otras. Algunos agricultores hicieron hincapié en que la aceptación aumentaría si se les brindara asesoramiento sobre cómo mejorar la sostenibilidad de los recursos a largo plazo, permitiendo adaptar sus actividades agrícolas y su gestión hacia una mayor sostenibilidad, con un costo adicional mínimo y un gasto de tiempo razonable.

De acuerdo a Motta (2018), los resultados obtenidos en la realización de la ponderación de la matriz para las dimensiones de sostenibilidad halló que el de mayor peso lo obtuvo la dimensión ambiental con el 46,9% seguido de la económica con 25%, técnico-cultural con 15,6% y la social con el 12,5%. En la dimensión técnico cultural al ser integrada con la social tendría un peso del 28,1%. En la figura 8 se observa los valores obtenidos de las dimensiones respecto a su peso, con la dimensión ambiental con el mayor peso y la social con el menor.

Según Salazar (2008), la administración directa de la finca por parte de los propietarios favorece la implementación de prácticas sostenibles en el predio, con un sentido de pertenencia por la finca y por la caficultura. Difiere que la caficultura es ejercida en su mayoría por minifundios siendo pequeños caficultores y las variedades de café que predominan en los predios son de porte bajo: Colombia y Caturra, seguidas por Típica y en cuarto lugar una mezcla de ellas; con un promedio nacional estimando de 5.000 árboles/ha. Los caficultores afirmaron valorar en gran medida el recurso suelo y por tal motivo el manejo integrado de arvenses nobles o poco agresivas, la nula o poca presencia de ellas puede causar desequilibrios biológicos en el entorno y facilitar la aparición de anilladores, gusanos medidores y el minador de la hoja del café, entre otras plagas. Por tal razón, se identificó que las personas encuestadas en los 12 predios son los propietarios, clasificándose las fincas en < 3 ha minifundios y > 3 ha fincas pequeñas. Las variedades encontradas son Castillo, Caturra, Colombia, F6, Catimor, Tambo, Cenicafe1 y supremo, con un

promedio de 5.250 árboles/ha indicado la FNC (2020) que la densidad promedio es de 5.243 árboles/ha. Solo en la finca 7 se indica que no se realiza el manejo de arvenses en el cultivo.

Del mismo modo, Cardona y Granobles (2015), realizaron la evaluación de indicadores de sostenibilidad en sistemas cafeteros, en los indicadores de conservación de suelo: las fincas con los menores puntajes no utilizan análisis de suelo para la fertilización; en la conservación de la fauna y flora las fincas de menor valor se evidenció que los caficultores no identifican las especies de flora y fauna que visitan la finca; y en las prácticas de conservación de aguas las fincas que presentaron menor valor, las aguas mieles del beneficio del café van directamente a la fuente hídrica, contaminándolas. En el indicador productividad de café, las fincas que presentaron los menores puntajes las producciones de café están por debajo de 80 arrobas de café pergamino seco por hectárea por año (@cps/ha/año), lo cual es un factor limitante para la rentabilidad, la competitividad y la sostenibilidad de la caficultura, que está relacionado con cultivos de café susceptibles a roya, envejecidos y establecidos con bajas densidades de siembra. Respectivamente, las 12 fincas cafeteras no utilizan análisis de suelo y 5 predios manifiestan no recibir asistencia técnica. Las aguas residuales obtenidas del lavado del café van directamente a la fuente hídrica por 3 fincas y en el indicador de productividad de café según FNC (2020) está en 21,4 sacos/ha/año.

Para Machado y Ríos (2016) los agroecosistemas de café más sostenibles y con rendimiento de café presentan fertilidad y conservación del suelo, control de enfermedades y plagas. Mientras los agricultores mantengan o mejoren la producción y calidad, podrán reducir los costos de producción y mejorar los estilos de vida.

4.5 Organización de la información en SIG

En la implementación de la encuesta semiestructurada en cada una de las fincas, se realiza la encuesta digital con información básica del encuestado y la finca. De esta forma, el aplicativo ArcGIS Survey123 disponible por la página de ArcGIS permite: realizar la encuesta, integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar información geográficamente referenciada. Para la medición de aproximadamente 1 ha de cada uno de los predios, se efectúa por medio de la aplicación FieldsArea measure disponible en el celular, permite mediante el recorrido de la persona medir: áreas (polígonos), distancias (líneas) y ubicación de puntos de interés (puntos).

La información obtenida en la encuesta digital queda almacenada en línea, en la página de ArcGIS con su respectivo usuario se podrá visualizar, editar y descargar (Figura 20). Los archivos de ArcGIS Survey123 y FieldsArea measure serán descargados en formato Shapefile (shp).

The screenshot displays the ArcGIS Survey123 web interface. At the top, there is a navigation bar with 'ArcGIS Survey123', 'My Surveys', 'Organization', and 'Help'. The user 'Angela Patricia' is logged in. The main header shows the survey title 'ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE FINCAS CAFETERAS MEDIA...' and tabs for 'Overview', 'Design', 'Collaborate', 'Analyze', 'Data', and 'Settings'. Below the header, there is a toolbar with 'Filter', 'Report', 'Export', 'Open in Map Viewer', and 'Form view' (which is currently active). The map shows a geographical area with several survey points marked. Below the map is a data table with the following columns: Municipio, Corregimiento, Vereda, Nombre encuestado, Nombre de la finca, Edad productor, and Finca. The table contains four rows of data, with the last row highlighted in blue. To the right of the table is a form for editing the selected record, showing fields for 'Finca propia' (SI), 'Área de la finca' (1.5), and 'Foto finca encuestada' (two photo thumbnails).

Municipio	Corregimiento	Vereda	Nombre encuestado	Nombre de la finca	Edad productor	Finca
Pitalito	Regueros	San Luis	Yeison	Santana	28	SI
Pitalito	Regueros	San Luis	Carlos	La Cuchilla	30	SI
Pitalito	Criollo	Llano Grande	Edilson	Las Granjas	40	SI
Pitalito	Criollo	Llano Grande	Angel	Villa Paola	46	SI

Figura 20. Encuesta digital realizada en el aplicativo ArcGIS Survey123, en la página de ArcGIS.

La información almacenada en la encuesta digital y la medida de 1 ha aproximadamente se muestra en la tabla 10. Además, la ubicación y fotos de las fincas están en el aplicativo ArcGIS.

Tabla 10. Datos obtenidos en encuesta digital y medición.

Numero finca	Municipio	Corregimiento	Vereda	Nombre finca	Finca propia	Área medida (ha)	Área Total (ha)
1	Pitalito	Regueros	La raicita	La alcancía	SI	0,996	1,5
2	Pitalito	Regueros	La raicita	El arenal	SI	1,003	6
3	Pitalito	Regueros	San Luis	Los eucaliptos	SI	1,013	2
4	Pitalito	Regueros	San Luis	El descanso	SI	1,163	3,5
5	Pitalito	Regueros	San Luis	La cabaña	SI	0,997	1,5
6	Pitalito	Regueros	San Luis	Santa rosa	SI	1,260	7
7	Pitalito	Regueros	San Luis	La quinta 1	SI	1,021	5
8	Pitalito	Regueros	San Luis	La quinta 2	SI	1,000	3,5
9	Pitalito	Regueros	San Luis	Santana	SI	1,382	2
10	Pitalito	Regueros	San Luis	La cuchilla	SI	1,184	4
11	Pitalito	Criollo	Llano grande	Las granjas	SI	1,283	4
12	Pitalito	Criollo	Llano grande	Villa Paola	SI	1,017	1,5

En la figura 21 se ubica geográficamente el área de estudio, las 12 fincas donde se realizó la encuesta y la medición.

En el siguiente enlace, se observa la ubicación de las fincas cafeteras donde se realizó la encuesta para la obtención de información del presente trabajo, en el municipio de Pitalito al sur del departamento del Huila: <https://arcg.is/LP0bS>

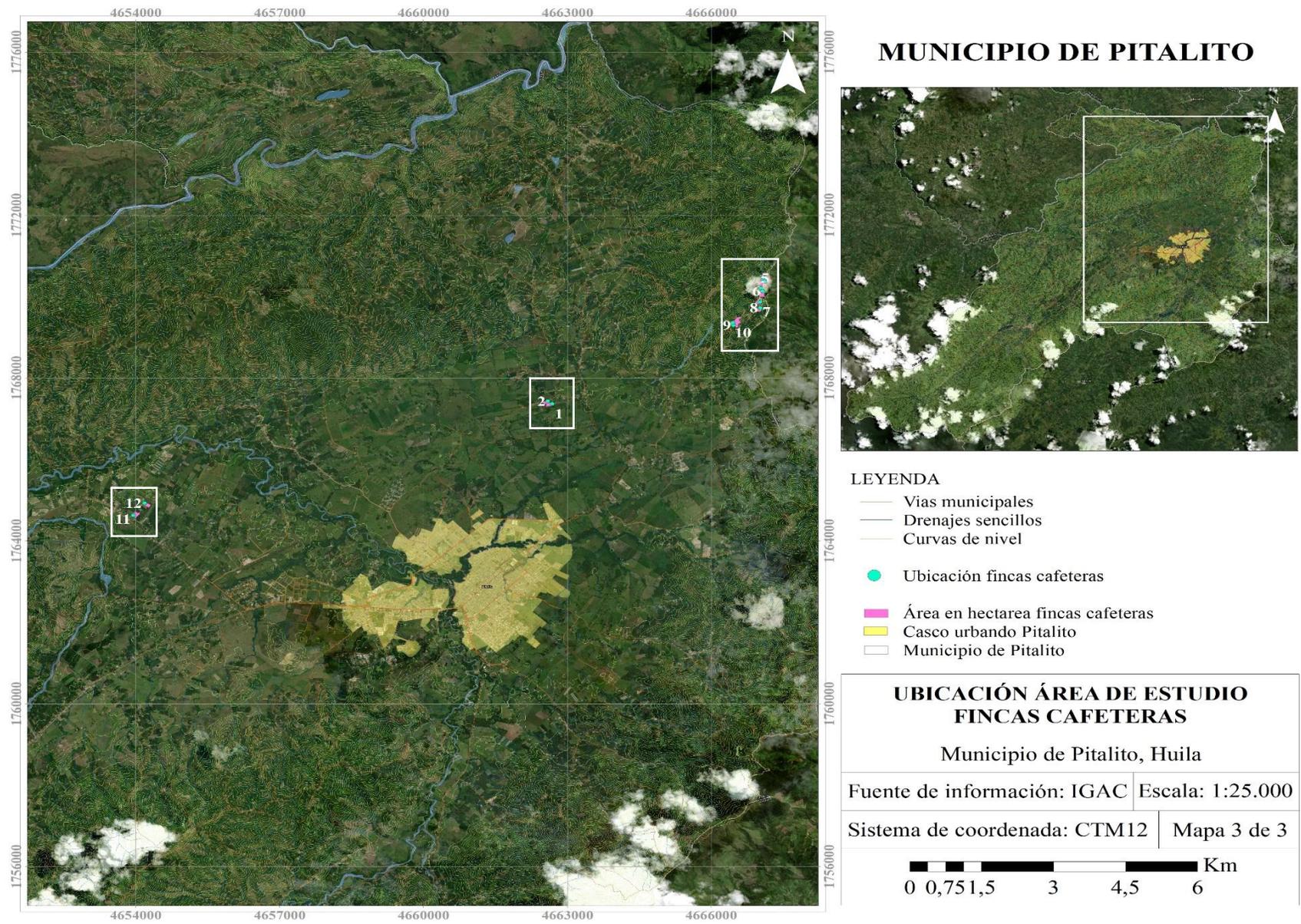


Figura 21. Ubicación geográfica del área de estudio, 12 fincas cafeteras.

5. CONCLUSIONES

- Se logró establecer una muestra de 12 fincas cafeteras distribuidas en el municipio de Pitalito al sur del departamento del Huila, con una área total de las fincas de 41,5 ha, comprendidas entre 1,5 y 7 ha respectivamente, delimitadas por el tamaño de las fincas, disposición de las personas, accesibilidad y vías de comunicación en buen estado.
- Fueron definidos 20 indicadores de sostenibilidad, el desempeño del nivel de sostenibilidad permite determinar que la dimensión técnico-cultural tiene el más alto desempeño, seguido de la ambiental, social y la dimensión económica siendo la más bajo desempeño.
- El nivel de sostenibilidad de los agroecosistemas analizados fue medio en el 42% de las fincas y del 58% restante fue alto. A nivel de dimensión el mejor desempeño se observó en la dimensión técnico cultural alcanzando un desempeño del 77% del nivel óptimo, seguida por la dimensión ambiental con un desempeño del 70%, la dimensión social con el 65% y la dimensión económica con el 37% del desempeño.
- En la dimensión técnico-cultural con el desempeño del nivel de sostenibilidad más alto, resalta los indicadores de calidad del café y las prácticas adecuadas para el manejo del cultivo, indicador importante que contribuye a que la finca 11 sea la menos sostenible por la disminución de la producción del café.
- De igual manera, en la dimensión ambiental enfatizan que los indicadores de sostenibilidad bajos tiene carencia en la aplicación de agroquímicos, en el no tratamiento de las aguas usadas en el procesamiento de café y servidas de uso doméstico, y la presencia de árboles nativos presentes en la zona del cultivo.

- En la dimensión social, los indicadores infieren la importancia de adopción de cambios para la producción e incorporación de nuevas variedades, una adecuada aplicación de agroquímicos, capacitación y recomendaciones para el manejo del cultivo.
- En la dimensión económica con el valor mas bajo, se identificó que el desempeño asociado a los ingresos de venta y el costo de producción son indicadores importantes para la sostenibilidad de las fincas, enfatizando que una disminución en los ingresos asociados al café originan la búsqueda de nuevos ingresos no provenientes de la misma finca.
- El nivel de sostenibilidad estimado en las 12 fincas cafeteras se clasifican en medio y alto, se obtiene que las fincas 11 y 1 con el nivel medio, tiene el valor más bajo de desempeño respecto a las 12 fincas, siendo las fincas 12 y 3 las mas sostenibles, influyendo los ingresos de venta del café, las recomendaciones para el suelo y planta, el adecuado manejo de los lixiviados del café y de las aguas servidas, el procesamiento y el área del café, y manejo de agroquímicos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los datos que se obtengan de las fincas se realicen de manera presencial, directa con el encuestado, para obtener una información completa y la medición del indicador biodiversidad de la dimensión ambiental.

Para la obtención de una muestra y muestreo representativo se debe realizar la selección de más fincas cafeteras e implementar de nuevo la encuesta, por lo tanto, permite que al ser más grande la muestra, menor será el error.

En la dimensión ambiental para la aplicación de fertilizantes se debe realizar el análisis de suelo y seguir recomendaciones para el debido uso, de igual manera, realizar el tratamiento de aguas residuales obtenidas durante el proceso de lavado de café antes de ser vertidas a las fuentes hídricas.

En la dimensión Técnico-cultural y social se recomienda que para el aumento de la producción se tenga acceso a la asistencia técnica y capacitación que contribuya al adecuado manejo del cultivo, aplicación de agroquímicos, el proceso de fermentación, lavado y secado del café, e implementación de tecnología.

En la dimensión económica para un mejor desempeño se recomienda analizar el ingreso de venta del producto con el costo de producción, que permita lograr con el tiempo que los ingresos de la venta del café sean mayores que sus costos de producción.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Municipal de Pitalito Huila (2020, 09 de mayo). Plan de desarrollo municipal 2020 – 2023, región que vive Alcalde Edgar Muñoz (ppp. 19-21-22) [pdf]. Alcaldía de Pitalito. <https://www.pitalito-huila.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal-2020-2023-pitalito-region>.
- Arcila, J., Farfán, P., Moreno, B., Salazar, G., Hincapié, G. (2007): Crecimiento y desarrollo de la planta de café (ppp. 22-45-57). En J. Pulgarín (Eds.), Sistemas de producción de café en Colombia (pp. 22-60). CENICAFE.
- Babativa, A. y González, H. (2020). Evaluación de la huella de Carbono en cincuenta (50) fincas productoras de café en la vereda Holanda de Pitalito y la Piragua de Timaná, municipios ubicados al sur del departamento del Huila [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Becerra, A., Lastra, X., Bienvenido, F., García, J. (2011). Sostenibilidad y nuevas tecnologías de la información y la comunicación: construcción de mapas conceptuales y aplicación a los conceptos desarrollo sostenible e indicadores de sostenibilidad en red. Revista Electrónica de Medioambiente, (11), 18.
- Bernal, O. (2016). Hacia la sostenibilidad cafetera-un análisis de política pública [Tesis de maestría no publica] Universidad de los Andes.
- Cárdenas, L. (2016). Estudio de factibilidad técnico-financiero para el establecimiento de un cultivo de café en la finca la Palestina municipio de Rosas-Cauca (pp. 22-23) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

- Cardona, S. y Granobles, J. (2015). Evaluación de sistemas cafeteros con indicadores de sostenibilidad basados en el código 4C. Universidad de Manizales.
- Casas, R., Gonzálo, F., Martínez, T., García, E., Peña, B. (2009). Sostenibilidad y estrategia en agroecosistemas campesinos de los valles centrales de Oaxaca. *Agrociencia*, (43), p. 319-331.
- Cauwenbergh, V., Biala, K., Bielders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A. (2007). SAFE-A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems [SEGURO: Un marco jerarquico para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas]. *Agriculture, ecosystems and the environment*, 120(2-4), 229-242.
- Comité departamental de cafeteros del Huila. (2020). Estado de la caficultura del departamento por secciones y municipios. Federación Nacional de Cafeteros.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2020, 31 de marzo). Actualización POMCA Rio Guarapas [pdf]. CAM. <http://cam.gov.co/2-principal/1350-consejo-de-cuenca-rio-guarapas.html>.
- Corporación Autónoma Regional del Alto del Magdalena. (2012). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del rio Guarapas [pdf]. Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/22589>.
- Craheix, D., Angevin, F., Doré, T., de Tourdonnet, S. (2016). Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in France [Uso de un modelo de evaluación multicriterio para evaluar la sostenibilidad de

la agricultura de conservación a nivel del Sistema de cultivo en Francia]. *European Journal of Agronomy*, 76, 75-86.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021, 20 de abril). Informe del Gerente al 88 Congreso Nacional de Cafeteros 2020 (pp. 2-5) [pdf]. Flipsnack. <https://www.flipsnack.com/federaciondecafeteros/informe-del-gerente-al-88-congreso-nacional-de-cafeteros-virtual.html>.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (s.f.). Café de Huila. Comité de Cafeteros del Huila. <https://huila.federaciondecafeteros.org/cafe-de-cauca/>.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2020). Producción de café de Colombia cerró el 2019 en 14,8 millones de sacos. <https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/>.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2020, 19 de noviembre). Huila Cafetero, líder del ranking de la caficultura del país. Federación Nacional de Cafeteros del Huila. <https://huila.federaciondecafeteros.org/listado-noticias/huila-cafetero-lider-del-ranking-de-la-caficultura-del-pais/>.

Fernández, L. y Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información Tecnológica*, 24(2), p. 121-130.

Figuroa, O. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de café en fincas-hogar del sector San José, municipio de Linares-Nariño. *Tendencias*, 17(2), 6.

Galindes, D. y Bolaños, C. (2019). Factores de cambio portadores de futuro para el municipio de Pitalito Huila (pp. 24-27) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

Gamboa, J., Varela, O., Peraza, W., León, R., Chávez, H., Obando, C. (2009). Cálculo de índices de sostenibilidad para una finca dedicada a la producción de café orgánico en San José (Costa Rica). *Momentos de Ciencia*, 6(1), p. 60-69.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2018, 11 de noviembre). Especificación Técnica: Cartografía básica vectorial escala 1:100.000. https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/20181121_et_cb-100k_0.pdf.

Jiménez, W., De la Portilla, E., Basante, A., Zúñiga, A., Zambrano, D., Rojas, J., Delgado, R. (2018). Relevo generacional para la continuidad de producción cafetera familiar, Caso municipio de Albán, Nariño-Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 10 (1), 67-92.

Lara, E., Posada, C., Moreno, J. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*, (11), 16.

Lázaro, L y González, J. (2005). La utilidad de los Sistemas de Información Geográfica para la enseñanza de la Geografía. *Didáctica geográfica*, (7), 105-122.

Leiva, S. (2016). Sostenibilidad de las fincas cafetaleras a través del manejo integrado de la broca del café (*Hipotenemus hampei*) en el Distrito de Huambo, Rodríguez de Mendoza, Amazonas [Tesis de maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].

Londoño, P. (2015). El enfoque de gobernanza en la evaluación del desarrollo sostenible a escala local (caso del departamento de Antioquia, Colombia). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (28), p. 257-263.

- Machado, M y Ríos, L. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática (ppp. 19-20-21). *Idesia*, 34(2), 15-23.
- Manrique, M y Córdoba, C. (2020). Estudio de la estructura del agroecosistema cafetero mediante el diagrama de ciclos causales. Estudio de caso (Cundinamarca, Colombia). *Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural*, (28), 135-160.
- Motta, P. (2018). Evaluación de la sostenibilidad de pasturas braquiarias para la alimentación bovina en hatos del trópico húmedo, Caquetá Colombia [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia].
- Motta, P., Herrera, W., Londoño, M., Rojas, E., Rivera, L. (2018). Prevalencia de brucelosis (*Brucella spp*) en bovinos del municipio de San Vicente del Cagúan, Caquetá, Colombia. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 12(2), 1-9.
- Navia, J., Echaverría, J., Rodríguez, J. (2015). Factores motivacionales que permitieron el surgimiento de los productores de cafés especiales en el departamento del Huila (ppp. 56-57-59). *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, (1), 55-67.
- Perdomo, C., Torrente, A., Vargas, A. (2015). Evaluación comparativa de pérdidas de suelo en el corredor biológico entre parques nacionales Puracé y Cueva de los Guácharos en el Huila. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2(1), 41-52.
- Pérez, R., Soto, R., Socorro, A. (2013). Influencia del incremento de la biodiversidad agrícola en la sostenibilidad de una finca cafetalera del macizo Guamuhaya. *Científica Agroecosistemas*, 1(1).

- Rivera, G. (2019). Índice de sostenibilidad en fincas productoras de *coffea arabica* l. “café” de los socios de la cooperativa agraria cafetalera divisoria LTDA - Leoncio Prado [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Roesch, A., Nyfeler, A., Gaillard, G. (2021). Sustainability assessment of farms using SALCAsustain methodology [Evaluación de la sostenibilidad de fincas con metodología SALCAsustain] (ppp. 2-11-13). Sustainable Production and Consumption, (27), 1392-1405.
- Romero, M. (2009) Desarrollo local a escala humana. Polis, 8(22), p. 137- 158.
- Santovenia, J., Tarragó, C., Cañedo, A. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. Acimed, 20(5), 72-75.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process [Toma de decisiones con el proceso de jerarquía analítica]. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.
- Salazar, H. (2008). Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental de la producción de café en Colombia. [Tesis de maestría no publica]. Universidad de Manizales.
- Silva, L. y Ramírez, O. (2017). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. Luna Azul, (44), 120-152.
- Tobasura, I., Moreno, F., Aya, S., Mora, J. (2011). Productividad energética y financiera en fincas campesinas del departamento de Caldas. Luna Azul, (34), 101-112.

- Valenzuela, J. (2020). Metodología para la evaluar el grado de sostenibilidad en unidades productivas agropecuarias de café en el municipio de Hobo, Huila-Colombia [Tesis de maestría no pública]. Universidad EAN.
- Villamil, C., Quiroz, E., Tibatá, A. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias en los municipios de Chivatá, Soracá y Tinjacá departamento de Boyacá [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Viteri, O. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de los cultivos de café y cacao en las provincias de Orellana y sucumbíos-Ecuador. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona].
- Yamamoto, W., Dewi, I., Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms ar the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua [Efectos de las áreas silvopastoriles en la producción de leche en granjas ganaderas de doble propósito en la antigua frontera agrícola semihúmeda en el centro Nicaragua]. *Agricultural Systems*, (94), 368-375.
- Zhou, S., y Zhao, K. (2017). Evaluation of the effects of implementing degraded grassland ecosystem restoration technology: a case study on technology for returning grazing land to grassland [Evaluación de los efectos de la implementación de tecnología de restauración de ecosistemas de pastizales degradados: un estudio de caso sobre tecnología para devolver tierras de pastoreo a pastizales]. *Journal of Resources and Ecology*, 8(4), 359-368.

8. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para la obtención de información de las fincas cafeteras

ENCUESTA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE FINCAS CAFETERAS EN EL MUNICIPIO DE PITALITO – HUILA

El objetivo de esta encuesta es determinar el nivel de sostenibilidad de fincas cafeteras mediante un marco normativo holístico en Pitalito – Huila, como insumo necesario para la realización de pasantías de la estudiante de Ingeniería Agrícola de la Universidad Surcolombiana Angela Méndez Motta. La presente encuesta se realiza de manera verbal, respetando la confidencialidad del encuestado y los datos suministrados.

Fecha: _____

Nombre del encuestado: _____

Nombre de la finca: _____

Vereda: _____

Edad del productor (años): _____ ¿Finca propia? SI _____ NO _____

Área del predio (has): _____ Área en café (has): _____ Área en potreros (has): _____

Área en cultivos no asociados con café: _____ Área en conservación (has): _____

DIMENSIÓN SOCIAL

1. ¿Realiza implementación de tecnología, técnica o aplicación que aporte a la producción y beneficio del café?, indique a continuación:

	SI	NO
a) ¿Tiene maquinaria para el beneficio del café?		
b) ¿La recolección del fruto del café lo realiza por maduración natural o con aplicación de madurool o un producto similar?		
c) ¿Sigue las recomendaciones para el manejo y aplicación adecuada de agroquímicos?		
d) ¿Realiza proceso de fermentación del grano de café?		
e) ¿Realiza zarandeo y/o limpieza de pasilla del café?		
f) ¿Realiza secado de café después de la fermentación?		
g) ¿Realiza análisis de suelos cada dos años?		

2. ¿Cuántas variedades de café maneja actualmente en la finca? _____ Indique las variedades de café que maneja actualmente

a) Típica		b) Colombia	
c) Borbón		d) Castillo	
e) Caturra		f) Tabi	
g) Maragogipe			

3. ¿Hace cuánto las implemento? _____
4. ¿Qué variedades manejaba hace 10 años? _____
Entre las variedades actuales y las de 10 años ¿Cuál considera mejor respecto a producción?
_____ ¿Respecto a adaptabilidad y resistencia?

5. ¿Qué prácticas no realizaba antes y ahora si implementa en la producción, beneficio y comercialización del café? indique SI o NO según la tabla:

	SI	NO
a) Cambios en la distancia de siembra		
b) Análisis de suelos		
c) Control de Roya u otras enfermedades		
d) Aplicación de Fertilizantes de acuerdo a las recomendaciones de análisis de suelo		
e) Manejo adecuado del tiempo de fermentación del grano		
f) Manejo de los subproductos de cosecha (cacota) para producción de abonos orgánicos		
g) Secado del café		

6. ¿Ha recibido alguna capacitación sobre el manejo integrado del suelo, sembrado, producción, manejo de plagas y agroquímicos, o implementación de tecnologías? SI _____ NO _____
7. ¿Actualmente se encuentra vinculado a alguna asociación o cooperativa de cafeteros? SI _____ NO _____ ¿Desde hace cuánto está asociado? _____
8. ¿Considera que sus hijos continuaran en algún momento a futuro con las labores de producción de la finca? SI _____ NO _____
9. ¿Ha considerado vender la finca en los últimos dos años? SI _____ NO _____
10. ¿Cuántas personas conforman su núcleo familiar? _____
11. ¿Cuántas personas de su núcleo familiar participan en la toma de decisiones sobre las labores, manejo o comercialización del café? _____ ¿Cuántas personas viven en la finca? _____
12. ¿Cuáles productos agrícolas para el autoconsumo se producen en la finca? _____

- a) Número total de productos agrícolas generados en la finca _____
13. ¿Cuáles productos pecuarios para el autoconsumo se producen en la finca? _____

- a) Número total de productos pecuarios generados en la finca _____

DIMENSIÓN AMBIENTAL

1. ¿Las aguas residuales obtenidas durante el proceso de lavado del café son tratadas antes de ser vertidas en alguna fuente hídrica o van directamente a esta? *Van directamente* ____ *Son tratadas primero y luego van a la fuente hídrica* ____
2. ¿La finca posee sistema séptico para la disposición de las aguas servidas que se generan en la casa? SI ____ NO ____
3. ¿Ejecuta alguna práctica que emplee el uso del fuego como lo es, en la quema de soca, del suelo, de residuos y demás? SI ____ NO ____
4. ¿Aplica agroquímicos como herbicidas, pesticidas o fungicidas en el cafeto? SI ____ NO ____ ¿Cuáles? _____, ¿Con qué frecuencia o cuantas veces lo hace durante el año? _____
5. ¿Implementa cultivos transitorios como maíz, yuca, plátano, arracacha, etc. una vez se realiza el soqueo? SI ____ NO ____ ¿Cuáles? _____
6. ¿Utiliza las malezas como estrategia para cubrir el suelo y evitar áreas desnudas en socas o en café nuevo? SI ____ NO ____ ¿Cuánto tiempo considera usted que dura desnudo el suelo durante las socas o en café nuevo? _____
7. ¿Han observado presencia de abejas en los cultivos cuando están en épocas de floración? SI ____ NO ____ ¿Tiene colmenas de abejas en la finca? SI ____ NO ____
8. ¿Utiliza productos pesticidas para control de plagas en la finca o en el café? SI ____ NO ____ Menciónelos: _____
9. ¿Los pesticidas usados son de cinta roja o amarilla? SI ____ NO ____
10. ¿Dentro de las áreas de café de su finca tiene árboles incorporados o distribuidos en el cultivo? Menciónelos: _____
11. ¿Qué o cuáles especies de fauna silvestre ha observado u observa en la finca actualmente? _____
a) Número de especies de fauna silvestre _____

DIMENSIÓN TÉCNICO-CULTURAL

1. ¿La recolección del café se realiza en? El punto óptimo ____ antes de punto óptimo ____ Después del punto óptimo ____
2. ¿Cuántas horas o días dura el proceso de fermentación de su café? _____
3. ¿Después de iniciado el proceso de fermentación adiciona café nuevo al proceso? SI ____ NO ____
4. ¿Realiza zarandeo y separación de pasilla al café? SI ____ NO ____
5. ¿El área de procesamiento y beneficio del café se encuentra cerca a los siguientes productos?

	SI	NO
a) Residuos de combustible		
b) Productos de agroquímicos		
c) Empaques de fertilizantes y/o herbicidas y/o pesticidas		
d) Animales de producción o de patio		

6. ¿Cuál es generalmente el factor de análisis obtenido para su café seco _____
7. ¿Cumple su café con los requisitos para alcanzar los estándares en taza? SI ___ NO ___
Mencione el último valor en la cata _____ y el año _____
8. ¿Considera que la producción por hectárea de los últimos 10 años de su finca ha aumentado, disminuido o mantenido? Disminuido ___ Mantiene igual ___ Aumentado _____
9. ¿Cuántas cargas producía una hectárea de su predio hace 10 años? _____
10. ¿Cuántas cargas produce una hectárea de su predio actualmente? _____
11. ¿Recibe asistencia técnica de parte de alguna entidad o por sus propios medios? SI ___ NO ___
12. ¿Cuántos árboles diferentes al café maneja por hectárea dentro del cultivo? _____
13. ¿A los cuantos años de siembra realiza la soca o renovación del cultivo? _____
14. ¿Realiza aplicación de enmiendas como Cal dolomita y/o roca fosfórica al café? SI ___ NO ___
¿Cuáles? _____
15. ¿Cuántos kilogramos de enmiendas aplica por hectárea? _____
16. ¿Cuántos gramos de abono o fertilizante emplea por árbol de café en etapa productiva?
_____ ¿Cuántas abonadas realiza en el año? _____

DIMENSIÓN ECONÓMICA

1. ¿Cuántas cargas de café produjo en total el año anterior? Sin despulpar _____ Café seco _____ Café oreado _____ Café mojado _____
2. ¿A qué precio le pagaron la carga del café?
Café seco _____
Café oreado _____
Café mojado _____
3. ¿Cuenta con ingresos adicionales diferentes a la producción de café, proveniente de la misma finca? SI ___ NO ___
4. ¿A cuáles personas, compras de café o cooperativas les vende su café? _____ Menciónelas:

5. ¿Cuánto invirtió aproximadamente el año anterior en insumos como abonos, herbicidas, gasolina, etc. para las labores de la finca? _____
6. ¿Cuánto pago el año anterior en contratos para labores de limpieza y cuanto en recogida del café? _____
7. ¿Cuáles son los horarios de los trabajadores en la finca? Inicio laboral _____, al desayuno _____; _____, el almuerzo _____; _____ y al final de la jornada _____.

Anexo 2. Datos obtenidos de las encuestas realizadas en las 12 fincas cafeteras respecto a la dimensión económica, social, ambiental y técnico-cultural.

MÉTRICA / MÉTRICA	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7	Finca 8	Finca 9	Finca 10	Finca 11	Finca 12
Ingresos venta producto/ha/año	\$ 13.750.000	\$ 16.500.000	\$ 24.000.000	\$ 28.000.000	\$ 26.600.000	\$ 26.008.333	\$ 18.857.143	\$ 19.800.000	\$ 24.000.000	\$ 21.221.053	\$ 11.837.037	\$ 39.230.769
Otros ingresos del sistema / año	\$ -	\$ 3.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Número de compradores de productos generados por la finca	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Costo producción de una hectárea del producto principal	\$ 1.700.000	\$ 8.500.000	\$ 5.066.667	\$ 14.166.667	\$ 8.000.000	\$ 9.166.667	\$ 9.285.714	\$ 9.666.667	\$ 14.333.333	\$ 15.210.526	\$ 5.740.741	\$ 11.923.077
horas de trabajo/jornal	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
Incorporación de nuevas tecnologías de producción	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Incorporación de nuevas variedades productivas a la finca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nivel de aceptación en los cambios de producción	1	3	5	3	3	5	5	3	3	3	1	5
Capacitación sobre manejo y tecnologías de producción	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Miembro de organizaciones o asociaciones de productores	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Evidencia de continuidad con la actividad en el núcleo familiar	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Tiene planeado vender la finca	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Porcentaje de participación del núcleo familiar en toma de decisiones	100	100	100	40	33,333	66,667	100	100	33,333	100	40	50
Número de productos agrícolas para autoconsumo generados en la finca	5	8	9	2	3	4	3	2	3	2	4	7
Número de productos pecuarios para autoconsumo generados en la finca	1	2	0	1	2	1	1	1	1	0	2	1
% materia orgánica	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
CICE = Ca+K+Mg+Al	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39
% saturación de acidez (%SA) = Al/CICE*100	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Densidad aparente del suelo (g/ml)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Contenido de fósforo	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82
Relación de bases	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
Las aguas usadas en el procesamiento del café son tratadas antes de ir a fuentes hídricas	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Las aguas servidas por uso doméstico van a un pozo séptico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
El campesino menciona el uso del fuego para control de arvenses, plagas o renovación del cultivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de aplicaciones de herbicidas y pesticidas al año	0	3	1	3	6	1	3	2	2	1	2	3
En socas y cultivos nuevos se asocia con cultivos transitorios (p.e. Yuca, maíz, plátano, etc.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
En socas y café nuevo el control de arvenses se realiza periódicamente y el área mantiene desnuda.	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
El predio tiene áreas de reserva o conservación	0%	0%	25%	14%	33%	7%	0%	0%	13%	0%	0%	0%
Presencia de abejas en el cultivo en época de floración	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Productor menciona el uso de pesticidas clase I o II de la OMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de especies de árboles nativos por hectárea	1	1	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2
Número de especies de fauna silvestre que se puede apreciar en la finca	1	0	5	1	3	2	1	1	2	2	2	0
Producción de café por hectárea (kg)	8750,00	10000,00	12083,33	14166,67	13750,00	11666,67	9642,86	10416,67	12500,00	9210,53	8333,33	13846,15
El café se recoge en el punto óptimo de maduración	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Se respetan los tiempos de fermentación	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
Se hace zarandeo y separación de pasilla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
El área de procesamiento de café tiene fuentes de contaminación cercanas (gasolina, ACPM, agroquímicos, etc)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Factor de análisis obtenido para el café seco	88	89	88	88	89	88	88	89	88	88	88	88
En los últimos 10 años la producción de la finca ha: incrementado, disminuido, igual	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5

Acceso a asistencia técnica/año	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Número de árboles de café por hectárea	4500	5500	5000	6000	5200	5200	5600	6000	5000	5000	5000	5000
Realiza renovación del cultivo en el tiempo recomendado	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Aplicación de enmiendas (kg/ha/año)	0	130	150	130	100	120	100	110	100	120	120	60
Aplicación de fertilizantes (kg/ha/año)	0	390	450	390	300	360	300	330	300	360	240	360

Anexo 3. Evaluación de la sostenibilidad por medio de métricas en subsistemas de las fincas cafeteras con valores subóptimos, óptimos y el peso global de cada una.

MÉTRICA	VALOR SUBÓPTIMO	VALOR ÓPTIMO	PESO GLOBAL
Ingresos venta producto/ha/año	\$ 8.700.000	\$ 46.000.000	0,073
Otros ingresos del sistema / año	\$ 0	\$ 7.000.000	0,031
Número de compradores de productos generados por la finca	\$ 1	\$ 3	0,035
Costo producción de una hectárea del producto principal	\$ 15.210.526	\$ 1.700.000	0,050
horas de trabajo/jornal	\$ 10	\$ 8	0,022
SUBTOTAL MÉTRICAS ECONÓMICAS			0,211
Incorporación de nuevas tecnologías de producción	0	1	0,007
Incorporación de nuevas variedades productivas a la finca	0	1	0,003
Nivel de aceptación en los cambios de producción	1	5	0,016
Capacitación sobre manejo y tecnologías de producción	0	1	0,036
Miembro de organizaciones o asociaciones de productores	0	1	0,007
Evidencia de continuidad con la actividad en el núcleo familiar	0	1	0,015
Tiene planeado vender la finca	1	0	0,015
Porcentaje de participación del núcleo familiar en toma de decisiones	0	100	0,014
Número de productos agrícolas para autoconsumo generados en la finca	0	9	0,012
Número de productos pecuarios para autoconsumo generados en la finca	0	3	0,012
SUBTOTAL MÉTRICAS SOCIALES			0,138
% materia orgánica	2,5	4	0,017
CICE = Ca+K+Mg+Al	3,6	14,54	0,017
% saturación de acidez (%SA) = Al/CICE*100	5,09	-0,56	0,015
Densidad aparente del suelo (g/ml)	2,21	0,5	0,012
Contenido de fósforo	5	64	0,008
Relación de bases	3,64	14,08	0,010
Las aguas usadas en el procesamiento del café son tratadas antes de ir a fuentes hídricas	0	1	0,041
Las aguas servidas por uso doméstico van a un pozo séptico	0	1	0,041
El campesino menciona el uso del fuego para control de arvenses, plagas o renovación del cultivo	1	0	0,024
Número de aplicaciones de herbicidas y pesticidas al año	6	0	0,038
En socas y cultivos nuevos se asocia con cultivos transitorios (p.e. Yuca, maíz, plátano, etc.)	0	1	0,049
En socas y café nuevo el control de arvenses se realiza periódicamente y el área mantiene desnuda.	1	0	0,049
El predio tiene áreas de reserva o conservación	0	30%	0,014
Presencia de abejas en el cultivo en época de floración	0	1	0,025
Productor menciona el uso de pesticidas clase I o II de la OMS	1	0	0,015
Número de especies de árboles nativos por hectárea	0	7	0,010

Número de especies de fauna silvestre que se puede apreciar en la finca	0	10	0,010
Producción de café por hectárea (kg)	3750,00	15000	0,093
SUBTOTAL MÉTRICAS AMBIENTALES			0,488
El café se recoge en el punto óptimo de maduración	0	1	0,009
Se aplican productos químicos para maduración	1	0	0,004
Se respetan los tiempos de fermentación	0	1	0,017
Se hace zarandeo y separación de pasilla	0	1	0,010
El área de procesamiento de café tiene fuentes de contaminación cercanas (gasolina, ACPM, agroquímicos, etc)	1	0	0,021
Factor de análisis obtenido para el café seco	82	90	0,011
En los últimos 10 años la producción de la finca ha: incrementado, disminuido, igual	1	5	0,026
Acceso a asistencia técnica/año	0	1	0,023
Número de árboles de café por hectárea	2500	6000	0,011
Realiza renovación del cultivo en el tiempo recomendado	0	1	0,008
Aplicación de enmiendas (kg/ha/año)	0	160	0,011
Aplicación de fertilizantes (kg/árbol/año)	0	450	0,011
SUBTOTAL MÉTRICAS TECNICO - CULTURALES			0,163
TOTAL			1,000

Anexo 4. Resultado del peso de los indicadores ambientales de las fincas cafeteras utilizando el AHP utilizado por Saaty (2008) y en las dimensiones e índices el cálculo propuesto por Motta (2018).

Indicadores ambientales	Calidad del suelo	Aguas usadas	Red. uso del fuego	Reducción de entradas de químicos	Cobertura suelo	Biodiversidad	Productividad primara	TOTAL	Peso indicador
Calidad del suelo	1	1	3	3	1	1/2	1	10,500	0,162
Aguas usadas	1/3	1	3	2	1/2	1	3	10,833	0,167
Red. uso del fuego	1/3	1/3	1	1/2	1/3	1/2	1/4	3,250	0,050
Reducción de entradas de químicos	1/3	1/2	2	1	1/2	1/3	1/3	5,000	0,077
Cobertura suelo	1	2	3	2	1	3	1	13,000	0,201
Biodiversidad	2	1	2	3	1/3	1	1/2	9,833	0,152
Productividad primara	1	1/3	4	3	1	2	1	12,333	0,190
7	6,000	6,167	18,000	14,500	4,667	8,333	7,083	64,750	1,000

Anexo 5. Resultado del peso de los indicadores económicos de las fincas cafeteras utilizando el AHP utilizado por Saaty (2008) y en las dimensiones e índices el cálculo propuesto por Motta (2018).

Indicadores económicos	Ingresos del sub-sistema	Acceso a mercados	Costos	Intensidad laboral	TOTAL	Peso indicador
Ingresos del sistema	1	4	3	3	11,000	0,491
Acceso a mercados	1/4	1	1/2	2	3,750	0,167
Costos	1/3	2	1	2	5,333	0,238
Intensidad laboral	1/3	1/2	1/2	1	2,333	0,104
4	1,917	7,500	5,000	8,000	22,417	1,000

Anexo 6. Resultado del peso de los indicadores técnico-culturales de las fincas cafeteras utilizando el AHP utilizado por Saaty (2008) y en las dimensiones e índices el cálculo propuesto por Motta (2018).

Indicadores técnico - culturales	Calidad del café	Estabilidad productiva	Manejo del cultivo	TOTAL	Peso indicador
Calidad del café	1	2	2	5,000	0,441
Estabilidad productiva	1/2	1	1/3	1,833	0,162
Manejo del cultivo	1/2	3	1	4,500	0,397
3	2,000	6,000	3,333	11,333	1,000

Anexo 7. Resultado del peso de los indicadores sociales de las fincas cafeteras utilizando el AHP utilizado por Saaty (2008) y en las dimensiones e índices el cálculo propuesto por Motta (2018).

Indicadores sociales	Adopción	Acceso a información	Capital social	Relevo generacional	Equidad	Autosuficiencia alimentaria	TOTAL	Peso indicador
Adopción	1	1	3	1/3	2	2	9,333	0,187
Acceso a información	1	1	5	2	2	2	13,000	0,260
Capital social	1/3	1/5	1	1/4	1/2	1/3	2,617	0,052
Relevo generacional	3	1/2	4	1	2	1/2	11,000	0,220
Equidad	1/2	1/2	2	1/2	1	1/2	5,000	0,100
Autosuficiencia alimentaria	1/2	1/2	3	2	2	1	9,000	0,180
6	6,333	3,700	18,000	6,083	9,500	6,333	49,950	1,000

Anexo 8. Fotos agroquímicos aplicados en la finca 2.



Anexo 9. Fotos agroquímicos aplicados en la finca 3.



Anexo 10. Agroquímicos aplicados en la finca 8.



Anexo 11. Agroquímicos aplicados en la finca 9 y 10.



