



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**Maestría en Agroecología y Desarrollo
Sostenible**

Trabajo de Tesis

**Comparación de resiliencia en sistemas
productivos de café (*Coffea arabica* L.),
en tres departamentos del norte de
Nicaragua, 2018-2019**

Autor

Ing. Javier Alberto López Pineda

Asesor

Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Presentado a la consideración del honorable
comité evaluador como requisito final para optar
al grado de maestro en Ciencia en Agroecología
y Desarrollo Sostenible

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Agroecología y Desarrollo Sostenible

Miembros del Tribunal Examinador

MSc. Martha Moraga
Quezada
Presidente

MSc. Luis Enrique
Iriás Benavides
Secretario

MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Vocal

Managua, 22 de noviembre del 2023

DEDICATORIA

A:

DIOS, por concederme serenidad, sabiduría y darme fortaleza para continuar en el proceso de aprendizaje y culminación de metas, tal es, este proceso de obtener el título de Maestro en Ciencias en Agroecología y Desarrollo Sostenible, uno de los anhelos más deseados.

Mi madre Ethel de los Ángeles Pineda Dans y mi abuela Elvira Dans Herrera (Q.D.E.P) por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Mis hijos (hermanos López) por ser las personas que me impulsan día a día a salir adelante.

Ing. Víctor Zuniga Morales, familiares y todas las personas que me han brindado su amistad, amor, apoyo moral y su mano amiga en el camino de la vida, haciéndolo de esta manera mi andar más fácil y de éxito.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Ing. German Alfonso Zamora Urbina, Ing. Luis Herrera Siles, Ing. Henry Duarte Canales y todos aquellos que abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Ing. Ricardo Somarriba Reyes – Director ejecutivo del Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA).

La Asociación de la Central de Cooperativas (PRODECOP R, L), Community Agroecology Network (CAN), Santa Clara University (SCU), Fundación AGROPOLIS y

La Universidad Nacional Agraria (U.N.A).

Mi asesor el Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno – Docente de la Universidad Nacional Agraria (U.N.A)

Gracias a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. El cultivo de café en Nicaragua	4
3.2. Efecto del cambio climático en el cultivo de café.	5
3.3. Manejo agroecológico en café.	6
3.4. Resiliencia ecológica	7
3.5. Resiliencia de los agroecosistemas de café al cambio climático.	8
3.6. Metodología para evaluar la resiliencia agroecológica	10
3.7. Evaluación de indicadores de resiliencia	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1. Ubicación del estudio	20
4.1.1. Ubicación del departamento de Nueva Segovia	22
4.1.2. Ubicación del departamento de Madriz.	23
4.1.3. Ubicación del departamento de Estelí	24
4.2. Operacionalización de la resiliencia en el marco de la investigación.	25
4.3. Propuesta de los indicadores.	26
4.4. Descripción y ponderación de los indicadores elegidos.	26
4.5. Diseño metodológico.	26
4.6. Recolección de datos y variables evaluadas.	28
4.7. Análisis de datos.	29

SECCIÓN	PÁGINA
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Dimensión económica (IK)	31
5.1.1 Indicadores económicos	31
5.1.2 Ingreso mensual por grupo	31
5.1.3 Riesgo económico	32
5.1.4 Rentabilidad de la finca	33
5.2. Dimensión ecológica (IE)	34
5.2.1 Enfoque de manejo de finca	34
5.2.2 Riesgo de erosión	35
5.2.3 Salud del suelo y del cultivo.	36
5.2.4 Manejo de la biodiversidad.	38
5.3 Dimensión Sociocultural (ISc).	42
5.3.1 Satisfacción de las necesidades básicas.	42
5.3.2 Aceptabilidad del sistema de producción.	43
5.3.3 Inclusión social.	43
5.3.4 Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica	44
5.3.5 Relevo generacional	44
5.4 Índice de resiliencia general.	46
5.5 Prácticas agroecológicas que se deben de tomar en cuenta en las ocho fincas a partir de los resultados.	47
5.6 Relación de fincas y subindicadores.	49
5.6.1 Análisis de componentes principales (ACP)	49
5.6.2 Análisis de agrupamiento (AA)	52
VI. CONCLUSIONES	55
VII RECOMENDACIONES	56
VIII. LITERATURA CITADA	57
IX. ANEXOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Datos geográficos de los municipios de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.	22
2. Definición de los umbrales de resiliencia para cada criterio analizado.	29
3. Recuento de la actividad biológica del suelo en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arabica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.	38
4. Principales especies arbóreas identificadas en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arabica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.	39
5. Prácticas propuestas a partir de los resultados obtenidos en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arabica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.	48
6. Información sobre los tres primeros Componentes Principales (CP) en 14 subíndicadores de resiliencia evaluados en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arabica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación de ocho sistemas productivos de café (<i>Coffea arábica</i> L.) evaluados en comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	20
2.	Organigrama de las actividades a realizarse en el estudio de los sistemas de producción en Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	28
3.	Comparación de indicadores de dimensión económica en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí	34
4.	Comparación de indicadores de dimensión ecológica en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	42
5.	Comparación de indicadores de dimensión sociocultural en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	45
6.	Índice de los indicadores IK, IE, ISc y IRg en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	47
7.	Dispersión bidimensional de los 14 subindicadores de resiliencia evaluados en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	52
8.	Relación de ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	53
9.	Relación de 14 subindicadores de resiliencia en ocho sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i> L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Levantamiento de información en sistemas productivos de café	65
2.	Escalas para determinar los Indicadores Económicos con sus características y valores correspondientes.	66
3.	Escalas para determinar los Indicadores Ecológicos con sus características y valores correspondientes.	67
4.	Escalas para determinar los Indicadores Socioculturales con sus características y valores correspondientes.	73

RESUMEN

El estudio se realizó en ocho sistemas productores de café (*Coffea arabica* L.), con la finalidad de determinar el estado de resiliencia, se seleccionaron cuatro sistemas diversificados y cuatro con menor grado de diversificación. Para ello se evaluaron 12 indicadores, compuestos por 44 variables, a cada una se le asignó una escala de medición con valores de cero a cuatro (siendo cuatro el mayor valor y cero el menor). Las dimensiones evaluadas fueron económica, ecológica y sociocultural, el estudio fue no experimental de corte transversal, se emplearon diferentes técnicas de levantamiento de información (encuestas, entrevistas semi-estructuradas, observación directa, análisis de muestras de suelo), la información fue sometida a un análisis descriptivo y correlacional. El sistema productivo La Limonaria, mostró el mayor índice de resiliencia económica (IK), todos los sistemas productivos presentaron un índice de resiliencia ecológica (IE), medio, en cuanto al índice de resiliencia sociocultural (ISc), los sistemas productivos Buena Vista y El Cipres, presentaron los mayores valores. El Índice de resiliencia general (IRg), que se empleó determinó que ninguno de los sistemas productivos bajo estudio fue resilientes en su totalidad, sin embargo, los sistemas productivos, La Limonaria (2.89) y Buena Vista (2.71) presentaron la puntuación más alta, ubicándose como las más resiliente. Se propusieron 27 prácticas agroecológicas, las que involucraron acciones de manejo a corto y mediano plazo, principalmente dirigidas a mejorar y fortalecer la biodiversidad vegetal y animal, con el fin de contribuir al incremento de los niveles de los indicadores económicos y ecológicos.

Palabras claves: Índice, indicadores, dimensiones, cambio climático y practicas agroecológicas.

ABSTRACT

The study was carried out in eight coffee (*Coffea arabica* L.) producing systems. To determine the state of resilience, four diversified systems and four with a lower degree of diversification were selected. For this, 12 indicators were evaluated, composed of 44 variables, each one was assigned a measurement scale with values from zero to four (four being the highest value and zero being the lowest). The dimensions evaluated were economic, ecological, and sociocultural, the study was non-experimental and cross-sectional, different information gathering techniques were used (surveys, semi-structured interviews, direct observation, analysis of soil samples), the information was subjected to a descriptive and correlational analysis. The La Limonaria productive system showed the highest economic resilience index (IK), all productive systems presented a medium ecological resilience index (IE), in terms of the sociocultural resilience index (ISc), the Buena Vista and The Cipress presented the highest values. The general resilience index (IRg), which was used, determined that none of the productive systems under study were completely resilient; however, the productive systems, La Limonaria (2.89) and Buena Vista (2.71) presented the highest score, ranking as the most resilient. 27 agroecological practices were proposed, which involved short- and medium-term management actions, mainly aimed at improving and strengthening plant and animal biodiversity, to contribute to increasing the levels of economic and ecological indicators.

Keywords: Index, indicators, dimensions, climate change and agroecological practices.

I. INTRODUCCIÓN.

Morán Centeno & Jiménez-Martínez (2023), describen que:

El estudio de los sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.), constituye una actividad de gran importancia para comprender su funcionamiento y adoptar prácticas y estrategias que conlleven a maximizar su funcionamiento y sostenibilidad (p. 2).

Ministerio Agropecuario y Forestal (2013), menciona que:

El café, es el rubro de mayor importancia en el sector agrícola de Nicaragua, es el principal producto de exportación con un 18.2% de las exportaciones totales. Genera aproximadamente 300 mil empleos directos e indirectos que representan el 53 % del total de empleos del sector agropecuario y 14 % del total de empleos a nivel nacional. Debido a que existen 43 mil productores de café, en los cuales el 93 % son pequeños productores (de una a cinco manzanas) ubicados principalmente en los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Las Segovias y parte del Pacífico. Hay establecidas unas 126 468 ha de café, de las cuales 120 847.55 con rendimientos promedios de 500 a 545 kg ha⁻¹ (p. 1-4).

Bolsa Agropecuaria de Nicaragua, S.A (2018), menciona que:

Las exportaciones de café oro género en los meses de octubre a diciembre del 2018 22.5 millones de dólares, siendo el segundo producto de exportación más importante, luego de la carne de bovino. (párr. 1 y 4).

Café & clima (2016), menciona que:

Los impactos del cambio climático en la producción de café dependen de qué tan resiliente o fuerte es un sistema (finca, comunidades agrícolas, paisaje y a toda la cadena de suministro). Por lo tanto, las estrategias de adaptación podrían centrarse en el aumento de la resiliencia de las comunidades agrícolas y de los sistemas agrícolas, de los que dependen sus medios de vida. Las vulnerabilidades de ambos son, por lo tanto, factores importantes al considerar los efectos del cambio climático. (p. 12).

La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. (2018), aduce que:

Para promover la agricultura resiliente tendrá mayores posibilidades de éxito si se construye en íntima relación con las necesidades sentidas e intereses manifestados por la población participante y se adapte al contexto rural en el que se va a trabajar (lenguaje, costumbres, organización, tecnología, costos), de forma que se produzca una apropiación de la propuesta por parte de la población. Además, es fundamental que las familias campesinas visualicen los beneficios del esfuerzo del cambio a realizar, lo que ayudará a vencer la natural resistencia inicial al cambio y potenciará la continuidad de las estrategias de resiliencia. Por ello, las iniciativas de promoción y desarrollo de una agricultura resiliente tienen que gestionar muy bien la combinación de beneficios a corto, medio y largo plazo, incluso buscando incentivos y apoyo para que el proceso tenga continuidad. (p 50).

Nicholls et al. (2015), manifiestan que:

Muchas de las estrategias agroecológicas tradicionales que reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática incluyen la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo, la cosecha de agua. Urge entender las características agroecológicas que son la base de la resiliencia de los agroecosistemas tradicionales, ya que de ahí se pueden derivar principios útiles que sirvan de base para el diseño de sistemas agrícolas adaptados. Las observaciones del rendimiento agrícola después de eventos climáticos extremos (huracanes y sequías) en las últimas dos décadas han revelado que la resiliencia a los desastres climáticos está estrechamente vinculada a los sistemas productivos con mayores niveles de biodiversidad. (p. 4).

El presente estudio evaluó el estado resiliente de sistemas productivos de café, en tres departamentos del norte de Nicaragua, empleando indicadores agroecológicos y productivos, lo que vendrá a llenar un vacío de información agroecológica para la ejecución de planes, programas y proyectos a nivel nacional para promover sistemas productivos que garanticen la soberanía y seguridad alimentaria del país.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

Comparar la resiliencia en sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí, Nicaragua, 2018-2019.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar los factores económicos, socioculturales y ecológicos en sistemas productivos evaluados que presentan riesgos de vulnerabilidad hacia eventos o perturbaciones climáticas.
- Determinar el nivel de resiliencia al cambio climático de los sistemas productivos diversificado y menos diversificados a través de las dimensiones agroecológicas.
- Proponer prácticas agroecológicas adecuadas para mejorar las condiciones de los sistemas productivos que presenten problemas.

III. MARCO DE REFERENCIA.

3.1. El cultivo de café en Nicaragua

El café representa el principal rubro en el sector productivo nacional, por su capacidad de generar empleos directos e indirectos y divisas al país.

Fórum Cultural del Café (2016), aduce que:

En Nicaragua se cultivan aproximadamente 127 000 hectáreas de café, siendo en la Región Central el de mayor área, el departamento de Jinotega (35 %), seguido de Matagalpa (28 %), aquí el café se cultiva entre los 365-800 metros de altitud en las zonas secas y a los 1 500 metros de altitud en zonas húmedas. En la Región Norte Madriz, Nueva Segovia y Estelí (24 %), situándose el cultivo entre 490 y 1 550 metros de altitud. Con relación a la Región Sur (13 %) siendo el de mayor extensión el departamento de Carazo (3.7%). (p. 6-7).

Ministerio Agropecuario y Forestal (2013), detalla que:

Nicaragua es el quinto país del mundo más vulnerable al cambio climático, por lo que debe adaptarse al fenómeno para proteger, al sector agropecuario que genera más del 60 % de las exportaciones, y aporta el 18% del producto interno bruto (PIB) (p. 2).

Hernández (2022) menciona que:

El aumento global de la temperatura ocasiona una reducción considerable de la superficie apta para el cultivo de café, incluso de hasta un 50% del total para 2050. (p. 2).

3.2. Efecto del cambio climático en el cultivo de café.

Café & clima (2016), hacen referencia a que:

El cambio climático se ha convertido en un problema reconocido internacionalmente y sus impactos se observan a nivel mundial, a través de diferentes sectores: La agricultura es uno de ellos. Los principales cambios climáticos resultantes del calentamiento global son el aumento de la temperatura, los cambios en los patrones de lluvia y la intensidad y frecuencia de eventos extremos como tormentas, inundaciones o sequías. Estos eventos o fenómenos hidrometeorológicos potencialmente dañinos se denominan amenazas climáticas. (p. 85).

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (2015), determina que:

Las evaluaciones de los impactos futuros del cambio climático sobre el sector cafetalero realizadas en México, Brasil y Nicaragua indican impactos severos. El cultivo de café representa en Latinoamérica uno de los principales medios de vida indica impactos severos. Estudios demuestran que los medios de vida se ven amenazados por el cambio climático debido a que la planta de café será afectada en su desarrollo por los cambios de temperatura y regímenes de precipitación. (p. 1).

Barahona et al. (2022), relatan que:

Nicaragua es una de las regiones más afectadas según investigaciones recientes en temas del cambio climático, el aumento de la temperatura variará de 0.2 a 1.6 °C valores que se encuentran dentro de los rangos de calentamiento pronosticado por el panel intergubernamental del cambio climático, a esto se suman los problemas sociales, económicos, sequías, migración. Algunos efectos del cambio climático en la agricultura fue que disminuye la cantidad y afecta la calidad en la producción, incremento de plagas y enfermedades. En zonas donde el problema es más agudo, puede dejarse de sembrar, se disminuye el riego en los cultivos por escasez de agua. (p. 2020-2021).

Café & clima (2016), describen que:

La producción de café depende en gran medida de una secuencia regular de fenómenos meteorológicos. La alteración en los patrones de precipitación, temperatura, así como tormentas, fuertes vientos y otros eventos climáticos extremos afectan directamente los niveles de productividad y la calidad del café. Los efectos del cambio climático en los sistemas naturales o humanos se conocen como impactos climáticos. Estos efectos pueden ser directos (en el árbol de café) o indirectos. Algunos posibles impactos climáticos son negativos sobre las variedades Arábica, que son particularmente sensibles a las condiciones climáticas extremas. (p. 9).

3.3. Manejo agroecológico en café.

Centro de Información e Innovación - La Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (2018), conceptualiza que:

La agroecología es el manejo ecológico del agroecosistema, a través de formas de acción colectivas, portadoras de estrategias sistémicas que buscan activar el potencial endógeno, promoviendo la biodiversidad ecológica y sociocultural de sus acciones productivas. (p. 4).

Salazar & Alemán (2020), describe que:

Ante los múltiples factores negativos de la agricultura convencional, emerge el término de la agroecología, y la tecnología de la agricultura ecológica, que promueve la producción agrícola conservando los recursos naturales elementales de la producción de alimentos tales como el suelo agua y biodiversidad. Estas acciones se basan en el respeto a las comunidades rurales (quienes aportan el material genético mejor adaptado a las condiciones locales) y a los principios éticos y humanos en la realización de estas actividades. (p. 6).

Saradón & Flores (2014) describen que:

La agroecología busca la conservación y rehabilitación de los recursos naturales a nivel local, regional y global utilizando una perspectiva holística y un enfoque sistémico que atienda a todos los componentes relacionados del agroecosistema, que son susceptibles a ser deteriorados por las decisiones humanas. (p. 57).

Altieri & Nicholls (2002), definen que:

Muchos agricultores realizan una conversión desde un sistema de café convencional de monocultivo manejado con compuestos convencionales, a un sistema más diversificado incorporando árboles de sombra para lograr una producción de calidad, estable e independiente de insumos externos con el objetivo de bajar los costos de producción y a la vez conservar los recursos naturales de los sistemas productivos, tales como suelo, agua y biodiversidad. (p. 17).

3.4. Resiliencia ecológica.

Nicholls & Altieri (2013), menciona que:

La resiliencia ecológica de agroecosistemas está íntimamente ligada a la resiliencia social, que es la habilidad de las comunidades rurales de generar una infraestructura social capaz de soportar shocks externos. Hay una clara relación entre resiliencia social y ecológica, particularmente en grupos o comunidades que dependen directamente de recursos ambientales para su sobrevivencia. (p. IX).

Nicholls et al. (2015), afirman que:

Es cada vez más urgente la identificación de sistemas que hayan resistido a eventos climáticos recientemente o en el pasado y la comprensión de las características agroecológicas de estos sistemas que les permitieron resistir y/o recuperarse luego de eventos extremos.

Así mismo dar a conocer los principios y prácticas de resiliencia procedentes de sistemas productivos exitosos y que se puedan difundir a miles de agricultores a través de redes campesino a campesino para ampliar la difusión de prácticas agroecológicas que incrementan la resiliencia de los agroecosistemas. La difusión eficaz de tecnologías agroecológicas determinará en gran medida lo bien y lo rápido que los agricultores se adapten al cambio climático. (p. v).

Nicholls et al. (2015), afirman que:

Entre las prácticas y/o estrategias agroecológicas tradicionales que reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática, incluyen la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo, la captación de agua. (p. iv).

3.5. Resiliencia de los agroecosistemas de café al cambio climático.

Nicholls et al. (2013), exteriorizan que:

Lo que se conoció como revolución verde funcionó bien en áreas dotadas de un clima estable y energía barata. El modelo se expandió en el 90 % de los 1 500 millones de hectáreas de tierra arable en el mundo fueron transformadas en sistemas agrícolas especializados y dependientes de insumos a gran escala. Al entrar en la segunda década del siglo XXI, se tornó inviable. El clima se va volviendo cada vez más extremo, y los sistemas agrícolas intensivos se vuelven menos resistentes y más vulnerables. (p. 18).

Labrador & González (2013), afirman que:

La capacidad de resiliencia de un ecosistema está directamente relacionada con la riqueza de especies y el traslado de las funciones ecológicas que éstas tengan. Es decir que un sistema en el cual sus integrantes tengan más diversidad y número de funciones ecológicas será capaz de soportar de mejor manera una perturbación específica. (p. 149).

Nicholls & Altieri (2013), exponen que:

Muchos estudios realizados en el mundo revelan que los agricultores que utilizan prácticas agroecológicas han podido afrontar e incluso prepararse para el cambio climático, minimizando las pérdidas de sus cosechas, a través de una serie de prácticas tales como el uso de variedades tolerantes a sequía, cosecha de agua, diversidad de cultivos, agroforestería, prácticas de conservación de suelo y una serie de otras técnicas tradicionales. (p. 11).

The University of Vermont (2020), refiere que:

Los sistemas agroecológicos diversificados de café producen múltiples beneficios para las personas y la naturaleza. Cuando los productores diversifican producen una variedad de cultivos, ganado y otros productos agrícolas de valor, como la miel, pueden obtener múltiples ingresos. Estas diversificaciones agrícolas hacen que los campesinos estén más seguros económicamente y mejorar su capacidad para seguir cultivando café de alta calidad. Además, la diversificación puede aumentar la seguridad alimentaria, disminuir la migración y fortalecer la resiliencia ante diversas crisis y factores de estrés. (p. 3).

Hernández (2022), informa que:

El aumento global de temperatura va a traer consigo una reducción considerable de la superficie apta para cultivar café, incluso de hasta un 50 % del total para 2050. Las acciones de adaptación pueden reducir, más no eliminar o revertir, el impacto del cambio climático en la agricultura. Por eso es importante implementar medidas de adaptación como de mitigación, orientadas a reducir la emisión de gases de efecto invernadero que son la principal causa del cambio climático. (p.2).

Nicholls et al. (2013), afirman que:

Los sistemas agrícolas diversos con una gama más amplia de rasgos y funciones son capaces de comportarse mejor bajo condiciones ambientales cambiantes.

Los estudios revelan que hay tres maneras como la biodiversidad se relaciona con la capacidad funcional y la resiliencia de agroecosistemas:

- La biodiversidad incrementa la función del agroecosistema, debido a que diferentes especies juegan roles diferentes y ocupan nichos diversos.
- En general hay más especies que funciones en un agroecosistema diverso, por lo que existe redundancia en los sistemas.
- La biodiversidad incrementa la función del agroecosistema, porque los componentes que parecen ser redundantes en un tiempo determinado son importantes cuando ocurre un cambio ambiental. (p. IX).

3.6. Metodología para evaluar la resiliencia agroecológica.

Altieri & Nicholls (2013), expresan que:

Un desafío clave para los científicos es definir un marco conceptual y metodológico para poder descifrar, estudiar y analizar los principios y mecanismos claves que explican la resiliencia de los agroecosistemas, de manera de que estos puedan ser transmitidos a otros agricultores en cada región para que mejoren la capacidad de resistencia y de recuperación de sus sistemas productivos. Por esto la urgencia de la necesidad de desarrollar una metodología que permita evaluar la capacidad de los agroecosistemas a resistir y recuperarse de los eventos climáticos severos, con especial énfasis en entender los procesos que explican la resiliencia socio-ecológica observada. (p. 9).

Antes de describir los indicadores, es necesario conceptualizar los "indicadores agroecológicos" ya que el presente estudio de campo será guiado a través de esta herramienta.

Sarandón & Flores (2009), mencionan que:

Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. Un aspecto que es necesario definir, de acuerdo con el objetivo de la evaluación, es el tipo o clase de indicadores a utilizar. Esto se refiere al modelo de indicadores de presión, de estado o de respuesta. Se consideran *indicadores de estado* a los que aportan información sobre la situación actual de sistema.

Los *indicadores de presión* son aquellos que indican el efecto que las prácticas de manejo ejercen sobre los indicadores de estado. Finalmente, los *indicadores de respuesta* indican qué se está haciendo para modificar el estado actual del sistema. Por ejemplo, el porcentaje (%) de materia orgánica del suelo es un indicador de estado: nos brinda información sobre un aspecto de la calidad del suelo en un momento dado. Los indicadores de presión son aquellos que nos indican las acciones que pueden modificar esta variable, por ejemplo, la intensidad de laboreo del suelo; el excesivo laboreo del suelo disminuirá la materia orgánica del mismo. Los indicadores de respuesta se refieren a qué es lo que se está haciendo para remediar este problema, Por ejemplo, cambio de la labranza convencional por el sistema de siembra directa aumentará los contenidos de materia orgánica. (p. 22).

Saradón (2002), menciona que:

A pesar de que existe una gran variabilidad en el tipo de indicadores, se han sintetizado algunas características que estos deberían reunir:

- Estar estrechamente relacionados con los requisitos de evaluación.
- Ser adecuados al objetivo a cumplir.
- Ser sensibles a un amplio rango de condiciones.
- Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo.
- Presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo.
- Tener habilidad predictiva.
- Ser expresados en unidades equivalentes por medio de transformaciones apropiadas.
- Ser de fácil recolección, uso y confiables.
- No ser sesgados (ser independientes del observador o recolector).
- Ser sencillos de interpretar y no ambiguos.
- Brindar la posibilidad de determinar valores umbrales.
- Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información).
- De características universales, pero adaptados a cada condición particular. (p. 401).

3.7. Evaluación de indicadores de resiliencia.

Sarandón & Flores, C. (2014), mencionan que:

En general, la mayoría de los autores proponen, al menos, tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la social o sociocultural. Por lo tanto, los indicadores deberán evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos. Es decir, habrá indicadores ecológicos, económicos y socioculturales. (p. 381).

Sarandón et al. (2006), describen que:

Indicadores económicos (A)

A1. Diversificación de la producción: Un sistema es sustentable si la producción alimentaria es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de la familia.

A2. Superficie de producción de autoconsumo: Un sistema es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar

A3. Ingreso neto mensual por grupo: El sistema es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar.

Riesgo de erosión (B)

B1. Pendiente predominante: El grado de la pendiente influye en la susceptibilidad del suelo a ser erosionado, este factor es determinante en el manejo y uso adecuado del suelo, a fin de mantener la productividad de este. (p. 18).

B2. Cobertura vegetal: Provee al suelo una protección contra los agentes climáticos y el riesgo de erosión. (p. 20).

B3. Orientación de los surcos: La orientación de los surcos con respecto a la pendiente en el cultivo de café que generalmente predomina en laderas, es parte fundamental ya que estos reducen la velocidad de escorrentía y disminuyen los procesos erosivos ocasionados por el movimiento del agua al cortar y disminuir la longitud de la pendiente. (p. 20).

B4. Control de erosión: El suelo es un recurso natural vital, en gran medida no renovable, que está sometido a una presión de uso cada vez mayor y a procesos de degradación, entre ellos la erosión hídrica, la cual se considera a nivel mundial como el principal problema medio ambiental que ocurre en la agricultura y por consiguiente el más importante que afrontar, para mantener la capacidad productiva de los suelos y en el cual los agricultores tienen el mayor margen de actuación. (p. 21).

B5. Prácticas de conservación de suelo y agua: Es el conjunto de técnicas o prácticas que el productor aplica en su área de producción a fin de contribuir a conservar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva a largo plazo. (p. 21).

Riesgo económico (C)

C1. Diversificación para la venta: Un sistema será sustentable si el productor puede comercializar más de un producto, ya que, si sufre alguna pérdida o daño de este, podría compensarlo con los demás productos que vende.

C2. Número de vías de comercialización: La diversificación comercial disminuye el riesgo económico

C3. Dependencia de insumos externos: Un sistema con alta dependencia de insumos externos no es sustentable en el tiempo. (p.22).

Blandón & Zeledón (2019), describen que:

C4. Origen de los ingresos reportados: Pretende determinar si los ingresos percibidos por el productor y/o núcleo familiar del sistema de producción provienen de las actividades agropecuarias o de otras ajenas o no ligadas con las actividades propias de la finca. (p. 13).

Rentabilidad de la finca (D)

Márquez & Julca (2015), describen que:

D1. Rendimiento promedio en pergamino seco: Un sistema es sustentable 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. (p. 132).

Blandón & Zeledón (2019), mencionan que:

D2. Aceptabilidad del rendimiento: A partir de conocer el rendimiento promedio en la zona o región, se compara con los rendimientos obtenidos en los sistemas productivos evaluadas, para finalmente expresarse en forma proporcional y determinar si estos son o no aceptables para el productor según el potencial de la finca. (p. 14).

E. Enfoque de manejo de la finca

Sarandón et al. (2006), describen que:

E1. Manejo de la cobertura vegetal: Provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. (p.22).

Labrador & González (2013), mencionan que:

E2. Diversificación de cultivos: La capacidad de resiliencia de un ecosistema está directamente relacionada con la riqueza de especies y el traslado de las funciones ecológicas que éstas tengan. Es decir que un sistema en el cual sus integrantes tengan más diversidad y número de funciones ecológicas será capaz de soportar de mejor manera una perturbación específica. (p. 149).

Blandón & Zeledón (2019), describen que:

E3. Diversidad genética de variedades de café: Este indicador se refiere a la diversidad genética dentro de las especies de café cultivadas, siendo viable tener más de una variedad de cada especie, a fin de aumentar la agrobiodiversidad del sistema. (p. 15).

E4. Vegetación natural: Las zonas de vegetación natural incluyen bosques, cuencas, pastizales, pantanos, zonas de amortiguamiento, donde no se realice ningún tipo de actividad agrícola, pecuaria ni intervención del hombre, y que esta se encuentre delimitadas y conservadas. (p. 16).

E5. Aprovechamiento de los recursos locales: El aprovechamiento de los recursos locales en un agroecosistema ofrece muchas oportunidades al productor y su familia como incrementar en forma directa los ingresos, reducir los costos de producción agropecuaria, a mediano y largo plazo recursos como la madera, miel, frutos y otros productos no maderables pueden convertirse en fuente importante de ingresos que aumentan la sostenibilidad y productividad del agroecosistema. (p. 16).

E6. Sistema de manejo: Los agroecosistemas son depósitos de abundantes principios y medidas que pueden ayudar a reducir o aumentar la capacidad de resiliencia a perturbaciones o eventos extremos. El enfoque del modelo de producción es un indicador muy importante para determinar si las medidas y el tipo de manejo empleado contribuyen y fortalecen a la resiliencia y sostenibilidad del agroecosistema. (p. 17).

Salud del suelo y el cultivo (F)

F1. Infiltración del agua: La capacidad de infiltración de agua en el suelo está determinada por muchos factores naturales y otros debidos al manejo realizado en las prácticas agrícolas. Los factores naturales son; la textura, estructura, contenido de materia orgánica, contenido de humedad, grado de compactación, pendiente y la cobertura del suelo, por lo que este indicador arroja información muy importante sobre la calidad del suelo. (p. 22).

F2. Profundidad del suelo: Esta variable representa una relación directa sobre la capacidad que tienen las raíces de las plantas para penetrar en el suelo, crecer y desarrollarse adecuadamente. (p. 22).

F3. Actividad biológica: La actividad de la diversidad biológica del suelo influyen de manera significativa en la calidad de este por esta razón pueden ser usados como indicadores útiles en los efectos de diversas prácticas de manejo y uso del suelo por parte de actividades del hombre. (p. 23).

F4. Salud del cultivo: Un elemento clave para mantener la sostenibilidad en una finca cafetalera es implementando un manejo integrado de plagas (MIP), y esto se logra realizando observaciones sistémicas y periódicas sobre el estado general de las plantas, a fin de detectar síntomas y signos de afectaciones por plagas, enfermedades o desbalances nutricionales. (p. 24).

F5. Nivel de sombra: Varios estudios han demostrado el papel importante del café con sombra versus el café a pleno sol, como conservadores de la flora y fauna, microorganismo, agua y suelo y particularmente fijadores de carbono, por lo que los árboles de sombra proporcionan una ventaja tanto ecológica como económica, siendo ésta una variable determinante en la capacidad de resiliencia del sistema de producción de café. (p. 25).

F6. Competencia por arvenses: Como competencia las arvenses se puede presentar, disminución de acceso a la luz, competencia por nutrientes y agua en el suelo, efectos alelopáticos negativos, refugio de plagas y enfermedades. Este indicador se valora de manera cualitativa, especialmente a partir de la información y conocimiento de los productores. (p. 25).

Sarandón et al. (2006), describen que:

Manejo de la biodiversidad (G): Es importante para la regulación del sistema ya que, entre otras funciones, proporciona hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales. La diversidad vegetal es la base de la diversidad heterotrófica. El efecto del sistema de manejo de la finca sobre la biodiversidad se evaluó a través de dos componentes:

G1. Biodiversidad temporal: Las rotaciones de cultivos en los predios, aumentan la diversidad en el tiempo.

G2. Biodiversidad espacial: Diversidad de cultivos en el espacio. (p.22-23).

Blandón & Zeledón (2019), aducen que:

G3. Árboles de sombra: Se ha demostrado que los árboles de sombra incrementan la sostenibilidad del sistema al mejorar el reciclaje de nutrientes, reducen la competencia de malezas, aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo, contribuyen a disminuir la erosión hídrica y esorrentía con la presencia del mulch, además diversos estudios sugieren que el café que se desarrolla bajo sombra expresa mejores y mayores rendimientos que el que está establecido a plena exposición solar. (p. 27).

G4. Número de especies vegetales: En los sistemas agrícolas, la biodiversidad de especies proporciona el vínculo entre el estrés y la resiliencia. Cuando se producen cambios ambientales, la redundancia construida por varias especies, permiten al ecosistema continuar funcionando y proporcionando los servicios. (p. 29).

G5. Número de especies animales: La diversificación de la producción permite a los campesinos disminuir los riesgos que dependen de los factores naturales (clima y plagas) y también de aquellos relacionados con el mercado de productos e insumos, como las fluctuaciones en los precios o en la demanda de los productos cosechados. (p. 29).

Indicadores socioculturales

Satisfacción de las necesidades básicas (H)

Márquez & Julca (2015), mencionan que:

Un sistema sustentable es aquel en el cual los caficultores tienen aseguradas sus necesidades básicas, que comprenden educación, salud y servicios básicos. (p. 135).

Blandón & Zeledón (2019), describen que:

H1. Vivienda: El enfoque agroecológico no sólo responde a las condiciones ambientales y procesos productivos, también enfatiza en mejorar la calidad de vida del productor y su familia, y uno de los factores que condiciona este parámetro, es la calidad de la vivienda. El marco conceptual para evaluar este componente son factores técnicos, tales como calidad de los materiales con la que fue construida y calidad de los servicios que ofrece a los que la habitan en ella. (p. 30).

H2. Acceso a la educación: La educación alimenta la agroecología, ya que ésta es necesaria no sólo para conocer y comprender las alternativas (productos y servicios) que ofrece, sino para conocer el tipo de sociedad y de relaciones humanas que ésta propone. Es vital para todo el acceso a la educación ya que es vital para todo tipo de aprendizaje. (p. 31).

Márquez & Julca (2015), aducen que:

H3. Acceso a salud y cobertura sanitaria: Se refiere a la distancia en kilómetros desde la finca al centro médico más cercano donde se pueda atender emergencias médicas y se gestione el traslado a centros más complejos. (p. 135).

Blandón & Zeledón (2019), describen que:

H4. Servicios: El acceso a servicios básicos de calidad como la energía y el agua son determinantes en el grado de aceptación y satisfacción del productor con su finca, ya que aumentan las oportunidades de introducir nuevas tecnologías en aras de aumentar su productividad, y mejoran la calidad de vida del núcleo familiar. (p. 31).

H5. Cultura culinaria: La cultura culinaria trata de incrementar la producción local familiar diversificada recuperando, validando y divulgando modelos tradicionales de producción agropecuaria de forma sostenible ambiental, social y culturalmente. Apoya los modelos de desarrollo agropecuario endógeno y al derecho a producir y consumir sus propios alimentos. (p. 32).

Aceptabilidad del sistema de producción: El productor se siente conforme con su sistema de producción cuando comprende que el funcionamiento de su entorno económico, ambiental, social y administrativo, ya que siendo participe activo de su gestión y el conocimiento de estos componentes será más armonioso con el ambiente, le permitirá tener mejores ganancias y manejará su sistema bajo un modelo sostenible y sustentable. (p. 33).

Inclusión social (I)

I1. Integración social: La organización participativa y activa de todo el núcleo familiar en las actividades y gestión del agroecosistema es una herramienta fundamental para la construcción de procesos, conocimientos y acciones organizadas que optimizan la productividad y sostenibilidad de los sistemas productivos. (p. 34).

I2. Participación de la mujer en la gestión y manejo del agroecosistema: La participación de la mujer es eje transversal del proceso de transformación del sistema de sociedad actual, el enfoque agroecológico demanda que todos los grupos sociales deben ser sensibles a su entorno ambiental, social y económico, de manera que todos puedan contribuir al desarrollo de un sistema de producción integral que incorpore los principios agroecológicos de sostenibilidad y resiliencia socioecológica. (p. 35).

I3. Relaciones externas: Se evaluará la relación con otros miembros de la comunidad, los niveles de participación en las organizaciones de su ámbito de acción.

I4. Cooperativas u organizaciones para la comercialización de productos: Una medida de fortalecimiento en los sistemas de producción es la creación y participación del productor en organizaciones y cooperativas en pro de incentivar el mercado y la autodeterminación de los productores. (p. 36).

Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica (J)

J1. Conciencia ecológica: El conocimiento y el respeto hacia los límites ecológicos y el entorno ambiental es imperativo para mantener y mejorar los sistemas productivos. (p. 36).

J2. Capacitaciones: Es importante capacitar a los productores constantemente para exponer los aportes positivos de buenas prácticas agrícolas no sólo en su vida individual, familiar y de su pueblo, sino a nivel económico, social y ambiental. Estas capacitaciones promueven el conocimiento tecnológico y la conciencia ecológica de los productores. (p. 36).

Perrachón (2011), conceptualiza que:

J3. Relevo generacional: Es un proceso gradual, evolutivo y muchas veces imperceptible, compuesto de varias etapas, existiendo dos procesos muy claros e imprescindibles para concretar este cambio, que son: la entrega de la herencia, integrada por el capital, y el traspaso de la sucesión, que corresponde al control del capital. (p. 71).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. Ubicación del estudio.

El estudio se realizó en ocho sistemas productivos de café con la finalidad de diagnosticar su estado resiliente, encontrándose café diversificado en cuatro sistemas productivos, ubicadas en la comunidad El Escambray (Jalapa, Nueva Segovia) dos sistemas El Bosque y Las Mandarinas, en Mirafior (Estelí) el sistema La Limonaria y comunidad El Chichicaste (San Lucas, Madriz) el sistema El Parral. En el municipio de Dipilto (Nueva Segovia) se encuentran ubicadas los cuatro sistemas productivos con café menos diversificado, en la comunidad Las Manos, el sistema productivo Buena Vista y en la comunidad El Tablazón los sistemas El Carmen, El Cipres y San Martín (Figura 1).

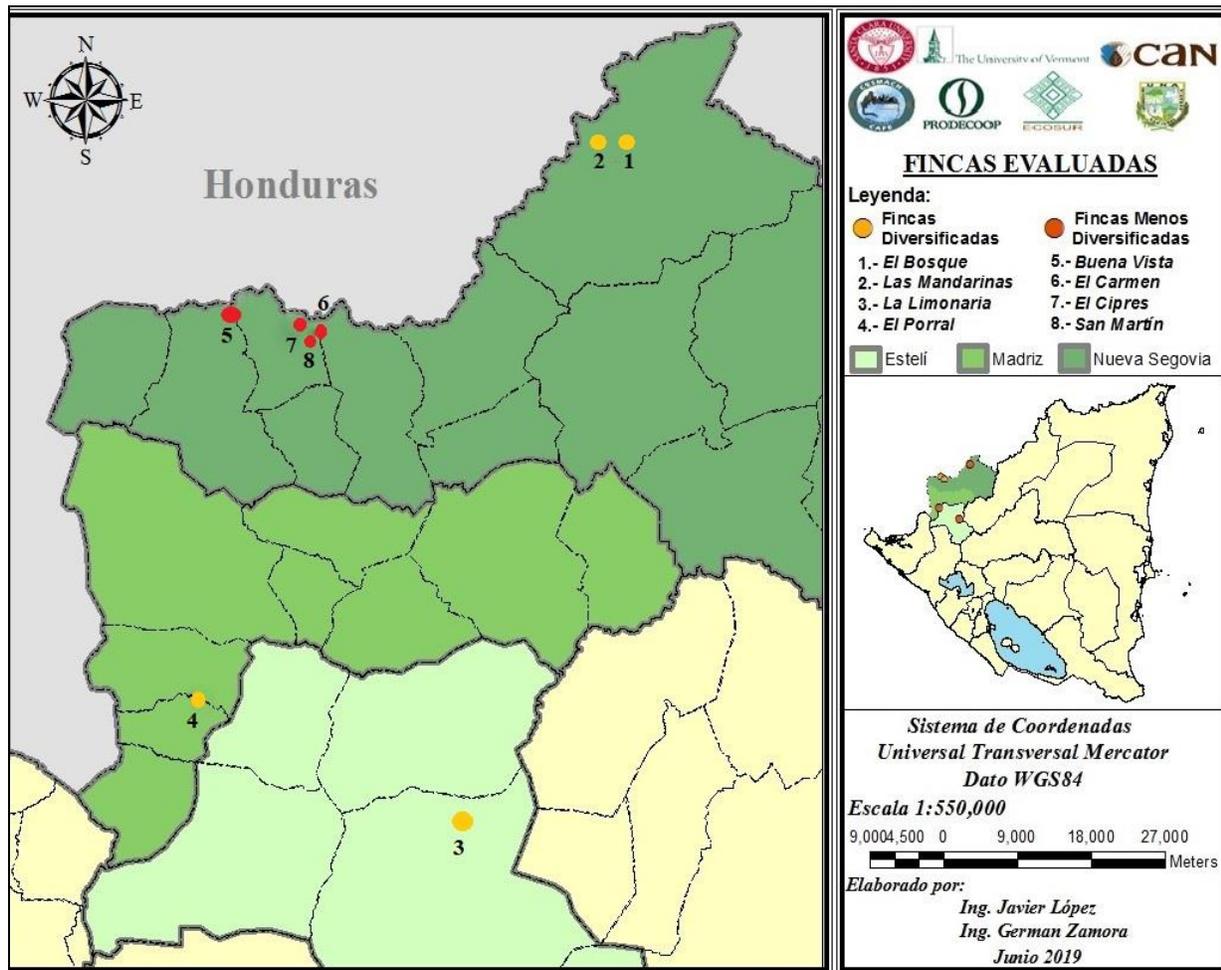


Figura 1. Ubicación de ocho sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) evaluados en comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Descripción de los sistemas productivos: Buena Vista propiedad de Javier López Rodríguez con un clima subtropical, se encuentra a una altura 1 158 msnm, con temperatura promedio de 17° C - 25° C y precipitaciones anuales entre 1 400 y 1 800 mm, suelos vertisoles, con un área de 1.4 ha⁻¹, bajo un enfoque convencional, sin embargo, suele utilizar enmiendas orgánicas, arreglo con sombra, predominando especies forestales de servicios múltiples y frutales como cítricos y musáceas. El Carmen propiedad de Elidad Maltodano con un clima Montano, una altura de 1 002 a 1 250 msnm, con temperaturas promedio de 15° C-23° C y precipitaciones anuales entre 1 400 y 1 650 mm, suelos vertisol, con un área de 2.5 ha⁻¹, adopta muchas prácticas agroecológicas, se encuentran pequeñas áreas de pinares, predominan arboles de sombra, frutales, cítricos y musáceas.

El Ciprés propiedad de Basilio Castellano clima subtropical, a una altura de 1 181 msnm, suelos vertisol, con temperatura promedio de 15° C - 23° C y precipitaciones anuales entre 1 400 y 1 650 mm, con un área de 0.7 ha⁻¹, se maneja en un sistema agroforestal bajo un enfoque convencional, predominan árboles de sombra, cítricos y otros frutales. San Martín propiedad de María Maldonado a una altura de 1 002 msnm, clima subtropical, con temperatura promedio de 15°C - 23°C y precipitaciones anuales entre 1 400 y 1 650 mm, tiene un área de 0.7 ha⁻¹, se aplica el enfoque convencional, este se encuentra bajo un sistema agroforestal, predominando especies de servicios múltiples cítricos, cucurbitáceas, hortalizas, cuenta con la crianza de algunas especies animales menores.

En la comunidad El Escambray (Jalapa) se encuentran ubicados dos sistemas productivos El Bosque propiedad de Yeltsin Marileth Reyes Rodríguez y Las Mandarinas propietario Denis Omar Vásquez en ambos sistemas predominan arboles de sombra, clima sabana tropical, una altura 600 y 1 000 msnm, con temperaturas promedio 17°C - 23° C, en la comunidad Mirafior (Estelí) el sistema La Limonaria propiedad de Marvin José Pérez Palacios, con temperatura promedio de 15°C - 23°C, con árboles de sombra predominante, entre 1 000 a 1 500 mm, y comunidad El Chichicaste (San Lucas) sistema El Parral propiedad de Irman del Carmen Zelaya Huete con árboles de sombra predominante, una altura 620 – 1 730 msnm, temperaturas 24°C – 25°C y precipitaciones 630 800 mm

Cuadro 1. Datos geográficos de los municipios de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Departamento	Ubicación del País	Geográficamente
Nueva Segovia	Extremo noroeste	13° 10' latitud norte 86° 03' longitud Oeste
Madriz	Región central norte	13° 12' y 13° 40' de latitud norte 86° 05' y 86° 45' de longitud oeste.
Estelí	Región norte	12° 45' y 13° 25' de latitud norte 86° 02' y 86° 45' de longitud oeste

4.1.1. Ubicación del departamento de Nueva Segovia.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013) detalla que:

El departamento está ubicado en el extremo noroeste del país, limita al sur con Madriz, al este con Jinotega, al oeste y norte con la república de Honduras de la cual la separa, como frontera natural, la cordillera de Dipilto y Jalapa (Figura 1). Posee una extensión territorial de 3 491 km². Cuenta con doce municipios de los cuales Ocotol es la cabecera departamental, los otros municipios son: Jalapa, Murra, El Jícaro, San Fernando, Mosonte, Dipilto, macuelizo, Santa María, Ciudad Antigua, Quilalí y Wiwilí. (p. 11).

Condiciones edafoclimáticas del departamento.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2007), describe que:

El clima en Nueva Segovia es de tipo subtropical, siendo un poco más seco en la parte occidental (Santa María 800-900 mm de precipitación anual), aumentando la humedad hacia la zona de Jalapa y Murra (1 800 - 2 000 mm). La temperatura promedio es de 25 °C en el valle de Ocotol, bajando a 17 °C en las altitudes de Dipilto y Jalapa. (p. 5).

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013) detalla que:

El departamento tiene cordilleras, serranías, lomas o colinas y planicies que conforman los valles intra montanos. Dentro de lo más relevante se destaca la Cordillera de Dipilto, en la que se encuentra el cerro Mogotón que con sus 2 106 m.s.n.m, representa la mayor elevación del territorio nacional, así como el valle de Jalapa que posee excelentes condiciones edafoclimáticas convirtiéndolo en uno de los más fértiles del país. (p. 11).

Los suelos del departamento de acuerdo a la clasificación de la Soil Taxonomy están clasificados dentro de los siguientes órdenes: 1) Entisoles, son suelos de reciente formación muy superficiales y representan el 22.9%, 2) Vertisoles, son suelos muy arcillosos de áreas bajas y planas, representa el 1.5%, 3) Inceptisoles, son suelos de formación incipiente de buena fertilidad, representan el 22.9%; Molisoles, son suelos de formación intermedia de buena fertilidad, representan el 14.6%; Alfisoles de formación intermedia a antigua de mediana fertilidad, representa el 33.6%; Ultisoles de antigua formación y baja fertilidad, representa el 4.5%. (p. 11).

4.1.2 Ubicación del departamento de Madriz.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013) detalla que:

El departamento de Madriz está ubicado en la región central norte del país, limita al norte con el departamento de Nueva Segovia, al sur con el departamento de Estelí, al este con Jinotega y Nueva Segovia, y al oeste con el departamento de Chinandega y república de Honduras (Figura 1). Posee una extensión territorial de 1 708.23 km², ubicada a 216 kilómetro de la ciudad capital Managua. Se conforma por nueve municipios, su cabecera municipal es la ciudad de Somoto, seguido de Totogalpa, Telpaneca, San Juan de Río Coco, Palacagüina, Yalagüina, San Lucas, Las Sabanas, San José de Cusmapa. (p. 12).

Condiciones edafoclimáticas del departamento.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2013), describe que:

El clima está clasificado entre las categorías de sabana tropical de altura y se caracteriza por ser húmedo en las partes altas y montañosas y seco en las partes bajas. La temperatura oscila entre los 23 y 24° C, hasta los 32° C, presentándose las temperaturas más elevadas en los meses de febrero a julio y las más bajas de agosto a enero. Con precipitaciones que van desde 650-800 mm anuales en los municipios más secos hasta los 1 200 - 1 400 mm en los más lluviosos. (p. 4).

El relieve está conformado por colinas, valles y llanos en los municipios de Somoto, Palacagüina y Yalagüina, siendo más accidentada en el resto del departamento, encontrándose ciudades de hasta 1 280 msnm como es el caso de San José de Cusmapa.

Existen picos con alturas sobresalientes como son los cerros: Malacate con 1 490 msnm, Santo Domingo con 1 348 msnm, El Picacho con 1 343 msnm, todos en Telpaneca. (p. 4).

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013), detalla que:

Los suelos del departamento de acuerdo a la clasificación de la Soil Taxonomy están clasificados dentro de los siguientes órdenes: 1) Entisoles, son suelos de reciente formación, muy superficiales y representan el 45.0%, 2) Inceptisoles, son suelos de formación incipiente de buena fertilidad, representan el 9.9%; 3) Molisoles, son suelos de formación intermedia de buena fertilidad, representan el 34.9%; 4) Alfisoles de formación intermedia a antigua de mediana fertilidad, representa el 8.4%; 5) Ultisoles de antigua formación y baja fertilidad, representa el 1.8%. (p. 13).

4.1.3 Ubicación del departamento de Estelí

El Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013), detalla que:

Los límites del departamento son: al norte con el departamento de Madriz, al sur con los departamentos de Matagalpa y León, al este con el departamento de Jinotega y al oeste con los departamentos de Chinandega y Madriz (Figura 1). Posee una extensión territorial de 2 229.69 km². Está conformado por seis municipios: Estelí (cabecera departamental), Condega, La Trinidad, Pueblo Nuevo, San Juan de Limay, y San Nicolás. (p. 11).

Condiciones edafoclimáticas del departamento.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal (2013), detalla que:

El clima se caracteriza por las pocas precipitaciones durante la estación lluviosa, presentándose dos zonas climáticas. La zona muy seca con precipitaciones anuales menores de 1 000 mm tiene períodos caniculares bien marcados, se ubica al Sur del municipio de La Trinidad, en la parte céntrica de los municipios de Estelí y Condega y en el sector occidental del municipio de San Juan de Limay. (p. 11).

El departamento está constituido por una fisiografía conformada por cordilleras, serranías, pié de monte, lomas o colinas, planicies y pequeños valles intra montanos; predominando los terrenos de altura con una red de drenajes conformada por ríos que drenan sus aguas a la vertiente del Atlántico Cuenca 69 y 45 (Río San Juan y Río Coco) y las cuencas 58 y 60 que drenan sus aguas a la vertiente del Pacífico, (Río Negro y Río Estero Real). (p. 11).

Los suelos son franco arcilloso. En los municipios de Estelí y Condega, los suelos presentan erosión fuerte lo que se refleja en pérdida del horizonte superior; abundantes surcos y cárcavas medianas a grandes. En los municipios de La Trinidad y San Juan de Limay, la erosión es severa lo que significa que la pérdida del suelo ha llegado hasta el punto de que casi todo el horizonte A ha desaparecido. La zona húmeda y fresca con precipitaciones de 1 000 a 1 500 mm anuales, se presenta en la parte norte del municipio de San Nicolás y en el sector oriental de los municipios de Estelí y Condega fronterizo con el departamento de Jinotega. Los suelos en esta parte del departamento son franco arcilloso con erosión moderada. (p. 11 y 12).

4.2. Operacionalización de la resiliencia en el marco de la investigación.

Para la comparación de la resiliencia de las ocho unidades productivas se utilizó el índice de resiliencia general (IRg), cuyo valor pondera tres dimensiones agroecológicas evaluadas por cada unidad productiva. Estas dimensiones abarcan diversos aspectos concernientes al contexto ambiental y socioeconómico de cada unidad. El valor de este índice será proporcional a su resiliencia y capacidad adaptativa al cambio climático.

Como capacidad adaptativa se entiende al conjunto de medidas, técnicas, recursos e instituciones que permitirían al agroecosistema implementar medidas de adaptación eficaces a corto y largo plazo, que incluyan componentes del manejo ambiental, planeación y administración de los sistemas productivos, ajuste de sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes, uso de tecnologías de producción. La adaptación implica ajustarse al clima, descartando, el hecho de si es por cambio climático, variabilidad climática o eventos puntuales.

4.3. Propuesta de los indicadores.

La metodología fue diseñada por Saradón y modificada en nuestro estudio, para el diagnóstico y evaluación de la resiliencia de las ocho unidades de producción se propusieron 12 indicadores de estado que a su vez integran 44 subindicadores empleados, para evaluar variables de tipo económico (Anexo 2), ecológico (Anexo 3) y sociocultural (Anexo 4) en sistemas agroforestales con café.

Sarandón et al. (2006), describen que:

Los indicadores y subindicadores se eligen tomando en cuenta los siguientes criterios: que fueran fáciles de obtener e interpretar, que brindaran la información necesaria y que permitieran detectar tendencias en el ámbito de los sistemas productivos. (p. 22).

4.4. Descripción y ponderación de los indicadores elegidos.

La aplicación del marco conceptual y la metodología para la construcción de indicadores adecuados a los objetivos planteados permitió obtener una serie de indicadores estandarizados y ponderados para las tres dimensiones (económica, ecológica y sociocultural). Los datos fueron estandarizados mediante su transformación a una escala de cero a cuatro para cada indicador y subindicador, siendo cuatro el mayor valor de resiliencia y cero el más bajo (Anexos 2, 3 y 4). Todos los valores, independientemente de su unidad original, se adecuaron a esta escala. Esto posibilitó la integración de variables de distinta naturaleza. A cada variable se le otorgó la misma importancia relativa respecto a la resiliencia.

4.5. Diseño metodológico.

La metodología de estudio se fundamentó en los principios de la Investigación de Acción Participativa (IAP), de tal forma que el productor adopte la práctica de evaluación y monitoreo y pueda utilizar la información obtenida y presentada para fortalecer el nivel de conocimiento de sus sistemas productivos, optimizando la toma de decisiones en aras de crear posibilidades de un mayor nivel de resiliencia.

La metodología se diseñó a partir de la integración de métodos de análisis multicriterio y herramientas para el estudio y la evaluación de la resiliencia propuestas por el grupo de investigación. El enfoque está considerando los indicadores económicos, ecológicos y socioculturales, es mixto (cualitativo y cuantitativo) y no experimental, cuyo diseño metodológico es descriptivo y correlacional, en el cual se aplicaron diferentes metodologías y herramientas. Las etapas de desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

Etapas inicial (Fase 1 y 2): Estas fases obedecieron al aprestamiento de la investigación, es decir, a toda esa preparación inicial, como la revisión documental, bibliográfica y consiguientemente la elaboración del proceso metodológico y selección de instrumentos. Aquí se seleccionaron los sistemas productivos y se inició la redacción del anteproyecto de investigación para su posterior aprobación por autoridades de la decanatura de la facultad de agronomía (FAGRO) de la Universidad Nacional Agraria.

Segunda etapa (Fase 3 y 4): Consistió en la aplicación de la herramienta metodológica y de los instrumentos de evaluación y recolección de información (Anexo 1). En esta etapa se realizaron visitas a las instituciones y unidades del departamento y se capacitaron a PRODECOOP (Promotora de Desarrollo Cooperativo de Las Segovias), sobre el levantamiento de datos en campo y el uso de herramientas metodológicas para realizar en el recorrido por las unidades de producción. En esta etapa se organizó la información levantada durante la etapa inicial y se diseñaron las bases de datos organizadas en Excel y SPSS. 24

Tercera etapa (Fase 5): En esta fase se realizó el procesamiento de la información obtenida en las fases anteriores, así como la escritura del documento final y divulgación de los resultados. Se contempla la escritura y publicación de un artículo científico a partir de los resultados obtenidos. (Figura 2).

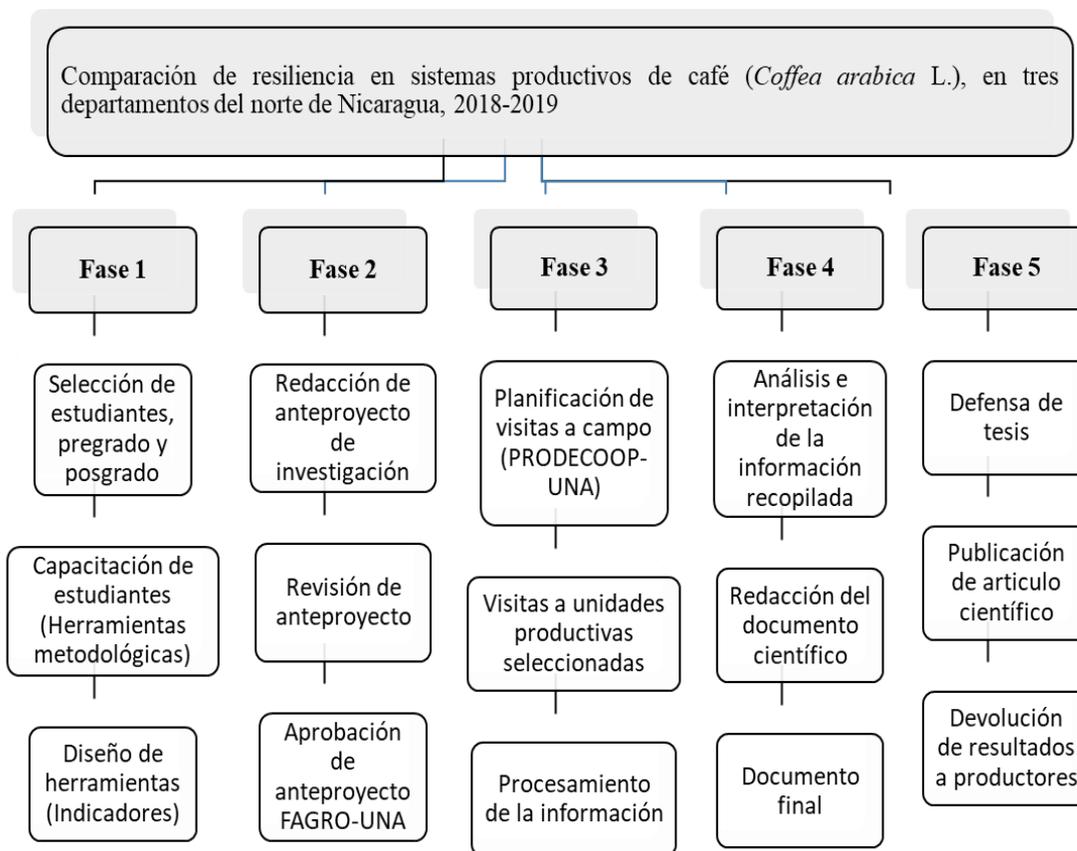


Figura 2. Organigrama de las actividades a realizarse en el estudio de los sistemas de producción en Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

4.6. Recolección de datos y variables evaluadas.

Basado en la metodología de evaluación de diagnósticos rápidos en cafetales Altieri & Nicholls (2002), el método a utilizar es no experimental, los ensayos se realizaron por medio de formatos de recolección de datos, mediante encuestas, entrevistas semi-estructuradas, observación directa, análisis de muestras de suelo, herramientas para medición en campo.

Sarandón et al. (2006), describen que:

Para permitir la comparación de los sistemas productivos y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones, con respecto a los indicadores se utilizaron escalas de medición con valores de cero a cuatro (cuatro el mayor valor y cero el más bajo). (p. 21).

4.7. Análisis de datos.

Las bases de datos conformadas por variables categóricas, cuantitativas, posteriormente se procesaron y codificaron en SPSS v. 21. Así mismo, se conformaron figuras y mapas a partir de índices y digitalización de coordenadas geográficas en ArcGIS v. 10.3.1

Con la aplicación de ésta metodología se ponderaron ciertos atributos para luego llevarlo a un valor estandarizado con el cual se realizaron los cálculos para determinar los índices de resiliencia económica (ISe), ecológica (IE) y sociocultural (ISc), surgiendo de estos tres el cuarto índice denominado Índice de resiliencia general (IRg) para cada unidad productiva, que corresponde al promedio de las tres dimensiones evaluadas: $IRg = (ISe + IE + ISc)/3$, se calculara a través del promedio de los tres indicadores utilizando las siguientes fórmulas:

$$IK = [(A1+A2)/2 + B + (C1+C2+C3+C4)/4 + (D1+D2)/2]/4.$$

$$IE = [(A1+A2+A3+A4+A5+A6)/6 + (B1+B2+B3+B4+B5)/5 + (C1+C2+C3+C4+C5+C6)/6 + (D1+D2+D3+D4+D5)/5]/4.$$

$$ISc = [(A1+A2+A3+A4+A5)/5 + B + (C1+C2+C3+C4)/4 + (D1+D2)/2 + E]/4$$

$$IRg = (ISe + IE + ISc)/3.$$

Donde A, B, C, D y E representan a los indicadores elegidos para cada dimensión de la finca evaluada.

La escala propuesta para el índice de resiliencia general (IRg) para comparar y considerar un sistema productivo más resiliente que otros, es la siguiente:

Cuadro 2. Definición de los umbrales de resiliencia para cada criterio analizado.

Índice	Rangos		
	Óptimo	Medio	Bajo
IK	3-4	2-2.99	< 2
IE	3-4	2-2.99	< 2
ISc	3-4	2-2.99	< 2
IRg	3-4	2-2.99	< 2

Fuente: Altieri & Nicholls, 2002

El aspecto clave no se debe a que los productores imiten el entorno interno y externo del productor de la unidad “faro”, sino que simulen procesos e interacciones promovidos por la infraestructura económica, ecológica y sociocultural de la unidad productiva, que conlleven al éxito del sistema desde el punto de vista de la resiliencia. Puede ser que en una unidad productiva la clave sean factores del entorno ecológico. Los productores de los otros sistemas no necesariamente están obligados a usar el mismo tipo de prácticas o de simular las mismas condiciones, sino técnicas y medidas que estén a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

Salazar *et al.* (2017), explican que:

1. Dimensión económica (IK): Recaba la información clave relacionada a la tendencia del productor y su familia en invertir en el desarrollo del sistema productivo con eficiencia y dinamismo. (p. 18)
2. Dimensión ecológica (IE): Recaba la información clave de la producción y de las prácticas de manejo del sistema productivo y condiciones en que se encuentra como también recopila la información relacionada al medio ambiente y al manejo de recursos naturales. (p. 18)
3. Dimensión sociocultural (ISc): Recopila la información sobre las dinámicas sociales del productor y su familia que está influenciadas por el sistema productivo y su territorio. (p. 18)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Dimensión económica (IK).

La información recabada para evaluar la IK es el resultado de los tres indicadores agrupados como resultados obtenidos de los nueve subindicadores utilizados en cada sistema productivo. (Anexo 2)

5.1.1. Indicadores económicos.

En el indicador económico se observó que los sistemas productivos que presentaron mayor índice en rango tres fueron La Limonaria y Buena Vista las que tenían una diversificación en producción de siete a nueve productos y superficie de producción para autoconsumo de 0.5 a 1 ha, estos sistemas podrían mejorar sensiblemente sus resultados si se continua diversificando y mejorando aspectos que aplican actualmente para alcanzar el máximo valor. Mientras que los sistemas productivos El Carmen y El Cipres presentaron el menor índice de valor uno siendo las que tienen menos productos diversificados (dos a tres) y menos áreas de producción de autoconsumo (0.1 a 0.3 ha) lo que indica que depende en su mayoría del cultivo principal que es el café y compran la mayoría de sus alimentos en mercados locales (Figura 3).

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2006), describe que:

Las familias que diversifican su producción tienen una fuente permanente de ingresos, al vender la cosecha, semillas y plantas, así como productos transformados, si realizan la siembra escalonada, podrán distribuir mejor sus ingresos durante el año. (p. 15).

5.1.2. Ingreso mensual por grupo.

Canet & Soto (2016), refiere que:

El cultivo y producción de café como medio de vida de los agricultores debe tener un margen mínimo de rentabilidad que les permita medios de vida dignos a sus familias y comunidades y así se constituyen en base de progreso para quienes se dedican al cultivo de café. (p. 19).

Con relación a este indicador ingreso mensual por grupo se determinó que, de los sistemas productivos evaluados, seis estaban en índice con valor cuatro tales son: El Bosque, Las Mandarinas, La Limonaria, Buena Vista, El Cipress y San Martín presentaron los mayores ingresos mensuales (Más de C\$ 1 000). Únicamente el sistema El Parral presentó el menor índice uno, con un ingreso mensual (C\$ 500-600) lo cual no permite tener rentabilidad que les asegure un medio de vida digno. (Figura 3).

5.1.3. Riesgo económico.

Saradón et al. (2006), nos indican que:

Un sistema es sustentable si minimiza el riesgo económico, asegurando la estabilidad en la producción para las futuras generaciones. Para esto se consideran tres aspectos: La diversificación debe de comercializarse más de un producto, tener más de una vía de comercialización y menor dependencia de insumos externos. (p. 22).

Para el indicador riesgo económico se puede observar que el mayor índice con valor cuatro se presentó al sistema productivo El Parral la cual tenía una diversificación de productos para la venta (seis ó más productos), vías de comercialización (cinco ó más canales), mínima dependencia de insumos externos (cero a 20 %) y sus ingresos reportados son en su mayoría provenientes de actividades agropecuarias. Seguido del sistema productivos La Limonaria con valor tres de continuar mejorando el aspecto económico alcanzaría el mayor índice.

En relación con el menor índice con valor uno, lo presentó el sistema productivo San Martín la cual tenía una diversificación de dos productos para la venta, vías de comercialización dos canales, una dependencia de insumos externos (60 a 80 %) y el origen de sus ingresos reportados, el 60 % es proveniente de negocios adicionales, trabajos asalariados. Este sistema debe trabajar en los indicadores relacionados al riesgo económico para que sea sustentable y de bajo riesgo económico. (Figura 3).

Ly (2017) menciona que:

La diversificación puede ser crucial para proveer un ingreso alternativo cuando el café no va muy bien, y es un propulsor del ingreso de los productores cuando el cultivo va bien. (p. 1)

5.1.4. Rentabilidad de la finca.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura et al. (2020), describen que:

La rentabilidad del sistema productivo se espera que el resultado último del manejo del sistema, independientemente de su tamaño, sea la generación de utilidades o ganancias. La forma más práctica de saber si la actividad productiva está generando resultados favorables es consultando los registros de las operaciones del sistema productivo. (p. 10)

Basados en el indicador rentabilidad del sistema productivo la finca el mayor índice con valor cuatro lo presentó la finca Las Mandarinas con rendimiento promedio en pergamino seco (Más de 1 136.25 kg ha⁻¹) y aceptabilidad del rendimiento (Óptimo, > 95% del promedio local) haciéndola sustentable. Cabe mencionar que los sistemas productivos El Bosque, La Limonaria, El Parral, Buena Vista y El Cipress presentaron índice con valor tres, si en estos sistemas productivos se trabaja en harás de mejorar la rentabilidad se podría alcanzar el máximo valor. El menor índice de valor uno, se obtuvieron en los sistemas productivos El Carmen y San Martin teniendo un rendimiento promedio en pergamino seco (De 454.5 a 681.75 kg ha⁻¹) y aceptabilidad del rendimiento (Bajo, 60-70 % del promedio local) haciéndolos insostenibles, ya no pueden cubrir los costos de producción y gastos de las necesidades básicas. (Figura 3).

Márquez & Julca (2015) describe que:

Un sistema es sustentable 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 productoras. (p. 132).

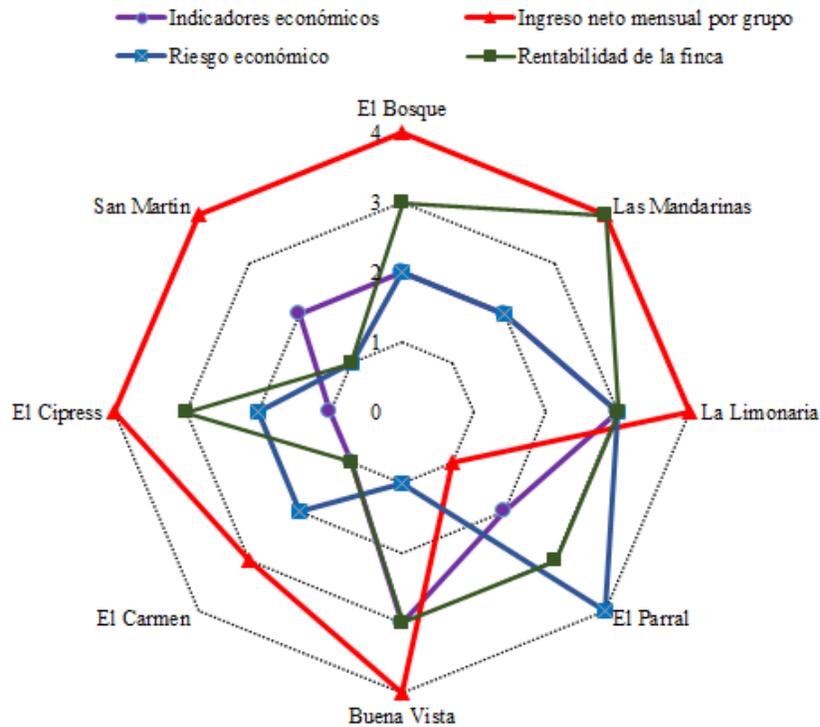


Figura 3. Comparación de indicadores de dimensión económica en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

5.2. Dimensión ecológica (IE).

La información recabada para evaluar la IE es el resultado de los cuatro indicadores agrupados como resultados obtenidos de los 22 subindicadores utilizados en cada sistema productivo. (Anexo 3).

5.2.1. Enfoque de manejo de finca.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura et al. (2020), describe que:

Una debilidad generalizada en el manejo de los sistemas cafetaleras es la falta de registros que permitan identificar con certeza los resultados productivos y económicos. (p. 7).

Con relación al indicador enfoque de manejo de finca, ningún sistema productivo alcanzó el mayor índice. Logrando obtenerse en los sistemas productivos El Bosque y El Parral el índice de valor tres, las cuales tienen una cobertura vegetal (75 a 99 %), la diversidad de cultivos es alta, con asociación media entre ellos, la diversidad genética es de más de cinco variedades de café, vegetación natural entre 4.1 - 6 % del área total del sistema de producción, utilizan entre el 70-90 % de los recursos locales y sistema de manejo en transición a orgánico, con sustitución de insumos siendo muy importante ya que garantiza una alta productividad y rentabilidad, así mismo hay una mayor resiliencia. Los demás sistemas productivos alcanzaron índice de valor dos con una cobertura vegetal (50 a 75 %), la diversidad de cultivos es media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos, la diversidad genética es de tres y cinco variedades de café, vegetación natural entre dos y cuatro % del área total de la finca, utilizan entre el 40-70 % de los recursos locales (principalmente madera) y sistema de manejo mixto. (Figura 4).

Ly (2017), describe que:

La diversificación no solo brinda el ingreso necesario adicional para los productores, también es una forma útil de proteger los cultivos de enfermedades naturales. Al supervisar cuidadosamente la forma en la que diferentes cultivos son establecidos juntos, se crean barreras que detienen la propagación de enfermedades.

Márquez & Julca (2015) menciona que:

Cobertura vegetal le provee al suelo una protección contra agentes climáticos (vientos, temperaturas, humedad) y el riesgo de erosión. (p. 134).

5.2.2. Riesgo de erosión.

Hincapié & Ramírez (2010), definen que:

El riesgo de erosión está relacionado directamente con la vulnerabilidad y se refiere a la susceptibilidad de que el suelo sea afectado por un fenómeno dañino. (p. 2).

Ningún sistema productivo en el indicador riesgo de erosión alcanzo el mayor índice, siendo tres, el más alto obtenidos en los sistemas productivos La Limonaria, Buena Vista, El Cipres y San Martin con pendientes entre 5 al 15 %, cobertura vegetal de 75 a 99 %, surcos perpendiculares a la pendiente, control de la erosión (5 y el 20 %) de la zona de muestreo presentó cárcavas o canales y se observó erosión laminar incipiente en el horizonte A, se realizan entre cuatro y seis prácticas de conservación de suelo y agua.

Los demás sistemas productivos presentaron el índice más bajo con valor dos, las cuales tienen pendientes entre 15 al 20 %, cobertura vegetal de 50 a 75 %, surcos orientados 60° con respecto a la pendiente, control de la erosión (5 y 20 %) de la zona de muestreo presentó cárcavas o canales entre 25 y 50 % del horizonte A perdido y se observó erosión laminar incipiente en el horizonte A, y realizaban entre cuatro y cuatro prácticas de conservación de suelo y agua. Todos los sistemas productivos deben trabajar en proteger el suelo, ya que las capacidades productivas de los suelos erosionado son menores debido a que reduce la fertilidad y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. (Figura 4).

Nicholls et al. (2013), recalcan que:

La protección del suelo contra la erosión también es una estrategia fundamental para aumentar la resiliencia de los agroecosistemas. (p. 23).

5.2.3. Salud del suelo y del cultivo.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Ganadería (2015), describe que:

Un suelo sano es un ecosistema vivo y dinámico, lleno de organismos microscópicos y de mayor tamaño que cumplen funciones vitales, como la transformación de la materia inerte y en descomposición, así como los minerales, en nutrientes para las plantas (ciclo de los elementos esenciales); además controla las enfermedades de las plantas, insectos y arvenses; mejorar la estructura de los suelos para una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, también mejorar la producción de cultivos. Los suelos sanos contribuyen a mitigar el cambio climático al mantener o aumentar su contenido de carbono. (p. 1).

En el indicador salud del suelo y del cultivo ningún sistema productivo alcanzó el mayor índice, el sistema San Martín presentó el valor de índice tres, el más alto con relación a los demás sistemas productivos, teniendo una infiltración del agua en el suelo de tres a cinco $\text{cm}^{-1} / \text{h}$, profundidad del suelo de 0.90 - 1 m, actividad biológica con presencia de lombrices, artrópodos y diversidad de otros invertebrados, la salud del cultivo con 3 % del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades como roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cook), pellejillo (*Pellicularia koleroga* Cooke) y plagas como broca (*Hypothenemus Hampei* Ferrari), minador (*Leucoptera coffella*, Green), cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) o desbalances nutricionales, nivel de sombra 40-50 % y competencia por arvenses entre 20-30 % de cobertura.

El sistema productivo con el menor índice fue El Parral con valor uno, teniendo una infiltración del agua en el suelo de 13 a 25 cm^{-1}/h , profundidad del suelo de 0.60 - 0.50 m, actividad biológica no se observaron lombrices, sin embargo hay presencia de actividad de insectos y hongos, la salud del cultivo con 30 % del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades como roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cook), pellejillo (*Pellicularia koleroga* Cooke) y plagas como broca (*Hypothenemus Hampei* Ferrari), minador (*Leucoptera coffella*, Green), cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) o desbalances nutricionales, nivel de sombra 20-30 % y competencia por arvenses entre 50-70 % de cobertura. Este sistema debe trabajar para mejorar el suelo, para una mayor presencia de organismos, mayor capacidad de retención de agua y nutrientes (Figura 4).

En el cuadro tres se muestra las principales especies encontradas en el recuento de la actividad biológica del suelo. El inventario se realizó en base a consultas realizadas a los productores y observaciones directas en campo.

Cuadro 3. Recuento de la actividad biológica del suelo en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Nombre Común	Nombre Científico	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parral	Buena Vista	El Carmen	El Cipres	San Martín
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp	1	2	0	3	2	0	4	1
Hormigas	<i>Solenopsis invicta</i>	20	50	45	12	0	0	0	0
Huevo de lombrices		0	4	1	8	0	0	0	0
Lombrices	<i>Lumbricus</i> sp	5	8	10	7	47	5	2	11
Termitas	Isoptera	10	60	20	10	0	5	4	8
Ciempíés	<i>Chilopoda</i> sp	0	0	0	0	4	3	1	1
Cucaracha de tierra	<i>Pycnoscelus surinamensis</i>	36	124	76	40	1	0	0	0
Araña negra	<i>Amauro biusferox</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
Gusano alambre	<i>Agriotes lineatus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0
Hormigas negras	<i>Lasius niger</i>	0	0	0	0	0	4	5	0
Chicharra	<i>Cicada orni</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
	Totales	72	248	152	80	55	18	18	21

5.2.4. Manejo de la biodiversidad.

Nicholls & Altieri (2013), mencionan que:

La biodiversidad se considera esencial para el proceso de reconversión de los sistemas productivos agropecuarios y en la resiliencia al cambio climático. (p. 33). La importancia de la biodiversidad para la conversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia la sostenibilidad y resiliencia, así como el valor que esta tiene para la soberanía tecnológica, energética y alimentaria de los sistemas agrarios (p. 34).

En el indicador manejo de la biodiversidad ningún sistema productivo alcanzó el mayor índice, fue El Carmen que logró un índice tres, presentando una biodiversidad temporal de cultivos diversos en la parcela como musáceas, gramíneas, árboles de servicios múltiples, biodiversidad espacial alta de cultivos, con asociación media entre ellos, entre 50-70 árboles de sombra ha⁻¹, entre 40-50 especies vegetales y de tres a cinco especies animales. Los demás sistemas productivos presentaron un índice con valor dos con una biodiversidad temporal donde predomina el café en la parcela, se observan algunas especies principalmente árboles perennes de servicios múltiples, biodiversidad espacial media con bajo asociación entre ellos, entre 30-50 árboles de sombra ha⁻¹, entre 30-40 especies vegetales y dos especies animales. Estos sistemas productivos deben trabajar en función de la conservación de la biodiversidad ya no solo garantiza la seguridad alimentaria, sino que también contribuye a la resiliencia frente a los desafíos del cambio climático. (Figura 4).

En el siguiente cuadro tres se muestran las principales especies arbóreas encontradas en los sistemas de producción distribuidas. Dicho inventario se realizó en base a consultas realizadas a los productores y observaciones directas efectuadas en campo.

Cuadro 4. Principales especies arbóreas identificadas en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parral	Buena Vista	El Carmen	El Ciprés	San Martín
Aguacate	Persea americana	Laureaceae	-	x	x	x	x	-	-	x
Caoba	Swietenia humilis	Meliaceae	x	-	-	x	-	-	-	-
Capulín	Muntinga calabura	Elaeocarpaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Carbón	Acacia pennatula	Mimosaceae	-	-	x	x	-	-	-	-
Cedro	Cedrela odorata	Meliaceae	-	-	x	x	x	-	-	-
Ceiba	Ceiba pentandra	Malvaceae	-	-	-	x	-	-	-	-
Chaperno	Lonchocarpus parviflorus	Fabaceae	-	-	-	-	x	-	x	-
Chilamate	Ficus insipida	Moraceae	x	-	x	x	-	-	x	-
Coyote	Platymiscium pleiostachyum	Fabaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Cuajiniquil	Inga vera spp.	Mimosaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Encino/Roble	Quercus segoviensis	Fagaceae	x	-	x	-	x	-	-	x
Gavilán	Pentaclethra macroloba	Fabaceae	x	x	x	x	x	-	-	x
Genízaro	Pithecellubium saman	Mimosaceae	x	-	x	-	-	-	-	-

Cuadro 4. Continuación...

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parra	Buena Vista	El Carmén	El Ciprés	San Martín
Granadillo	Platymiscium spp	Fabaceae	-	-	x	x	x	-	-	x
Guaba	Inga spp	Mimosaceae	x	x	-	x	x	x	x	x
Guachipilón	Diphysa robinoides	Fabaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Guácimo	Guazuma ulmifolia	Sterculiaceae	x	x	-	-	-	-	-	-
Guanábana	Annona muricata	Annonaceae	x	x	x	-	-	-	-	-
Guanacaste blanco	Albizia caribaea	Fabaceae	x	-	x	x	-	-	-	-
Guapinol	Hymenaea courbaril	Caesalpinaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Guayabillo	Arbutus jalapensis	Ericaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Helequeme	Eyihtrina spp.	Fabaceae	x	x	x	-	-	x	x	x
Laurel	Cordia alliodora	Boraginaceae	-	x	x	x	x	-	-	-
Liquidámbar	Liquidambar styraciflua	Hamamelidaceae	x	-	x	x	-	-	-	-
Macuelizo	Tabebuia rosea	Bignonaceae	x	x	x	x	x	-	x	x
Madero Negro	Gliricidia sepium	Fabaceae	-	x	-	-	-	-	-	-
Madroño	Calicophyllum candidissimum	Rubiaceae	-	x	x	x	-	-	-	-
Mampás	Lippia myriocephala	Verbenaceae	x	x	-	x	-	-	-	-
Matapalo	Ficus spp.	Moraceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Matazano	Casimiroa edulis	Rutaceae	-	-	x	x	-	-	-	-
Mora	Chlorophora tinctoria	Moraceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Muñeco	Cordia bicolor	Boraginaceae	x	x	-	x	-	-	-	-
Nancite	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	x	x	x	x	-	-	-	x
Níspero	Manilkara zapota	Sapotaceae	x	x	x	x	-	x	-	x
Nogal	Juglans Olanchanum var. Olanchanum	Juglandaceae	x	-	x	x	-	-	-	-
Ojoche	Brosimum alicastrum	Moraceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Pino	Pinus oocarpa	Pinaceae	-	x	x	x	-	x	-	x
Pochote	Bombacopsis quinata	Bombacaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Quebracho	Lysilona divaricatum	Fabaceae	x	x	x	-	-	x	-	x
Tamarindo	Alfaroa williamsii	Juglandaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Tempisque	Sideroxylon spp	Sapotaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Tigüilote	Cordia dentata	Boraginaceae	x	x	x	x	-	-	-	-
Vainilla	Senna spp.	Caesalpinaceae	x	x	x	-	-	-	-	-
Zapote	Pouteria sapota	Sapotaceae	x	x	-	x	-	-	-	-
Zapotillo	Pouteria campechiana	Sapotaceae	x	x	-	-	-	-	-	-
Guaba roja	Inga vera	Fabaceae	-	-	-	-	x	x	x	x

Cuadro 4. Continuación

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parra l	Buena Vista	El Carmén	El Ciprés	San Martín
Búcaro	Erythrina fusca	Fabaceae	-	-	-	-	x	-	-	x
Uvillo	Eugenia haematocarpa	Myrtaceae	-	-	-	-	x	-	-	-
Tabacón o vara blanca	Tabacón o vara blanca	Polygonaceae	-	-	-	-	x	-	-	-
Naranja dulce	Citrus sinensis	Rutaceae	-	-	-	-	-	x	-	-
Mandarina	Citrus reticulata	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Mango	Mangifera indica	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Limón real	Citrus limon	Rutaceae	-	-	-	-	-	x	x	-
Ciruelos	Prunus domestica	Rosaceae	-	-	-	-	-	-	x	-
Jocote	Spondias purpurea	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	x	x
Naranja agria	Citrus aurantium	Rutaceae	-	-	-	-	-	x	x	x
Dátiles	Phoenix dactylifera	Arecaceae	-	-	-	-	-	x	x	-
Cacao	Theobroma cacao	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	x	-
Pera	Pyrus communis	Rosaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Madero	Gliricidia sepium	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Roble	Quercus robur	Fagaceae	-	-	-	-	-	x	-	x
Caoba	Swietenia macrophylla	Meliaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Guanacaste	Enterolobium cyclocarpum	Fabaceae	-	-	-	-	x	-	-	-
Limoncillo	Capparis verrucosa	Capparaceae	-	-	-	-	-	-	-	x
Sangregado	Pterocarpus rohrii Vahl.	Fabaceae	-	-	-	-	-	x	-	-
Madroño	Arbutus unedo	Ericaceae	-	-	-	-	-	x	x	x

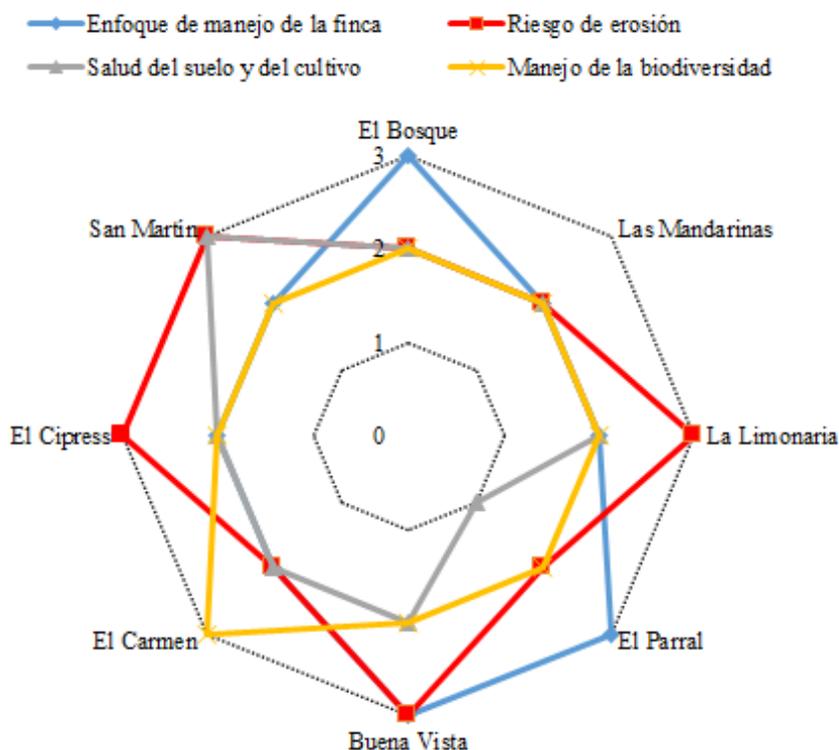


Figura 4. Comparación de indicadores de dimensión ecológica en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

5.3. Dimensión Sociocultural (ISc).

La información recabada para evaluar la ISc es el resultado de los cinco indicadores agrupados como resultados obtenidos de los 13 subindicadores utilizados en cada sistema productivo. (Anexo 4).

5.3.1. Satisfacción de las necesidades básicas.

Equipo editorial (2023), define que:

En principio, las necesidades deben ser satisfactorias a través de distintos tipos de procesos sociales y bienes de consumo que la misma sociedad genera. Las necesidades básicas son casi siempre las mismas a lo largo de la historia de la humanidad, pero las formas de satisfacerlas, los métodos de su organización y los procesos que las atienden han variado con los siglos enormemente. (p. 1).

Basados en el resultado del indicador satisfacción de las necesidades básicas, se determinó que tres sistemas productivos alcanzaron índices con valores cuatro y son los sistemas productivos El Bosque, Las Mandarinas y Buena Vista, las que presentaban viviendas de material terminado, tienen acceso a la educación superior y/o cursos de capacitación, centros sanitarios con médicos permanentes e infraestructura adecuadas, instalaciones completa de agua, luz y teléfono cercano y más del 80 % de los alimentos que consumen preceden de la finca. Los sistemas productivos que presentaron el menor índice con valor dos, fueron La Limonaria, El Parral, El Carmen y San Martín las cuales presentaron viviendas sin terminar o deterioradas, tienen acceso restringido a la primaria y secundaria, Centro sanitario mal equipado y personal temporario, Instalación de luz y agua de pozo y 60-80 % de los alimentos que consumen son comprados a vecinos y mercados locales, en la finca se producen solamente algunas frutas, hortalizas y especias. Estos sistemas deben de fortalecer las necesidades básicas a través de procesos sociales y bienes de consumo que la misma sociedad genera. (Figura 5).

5.3.2. Aceptabilidad del sistema de producción.

En este indicador a excepción del sistema productivo La Limonaria, todas alcanzaron el máximo nivel con un índice de valor cuatro, lo que determina que todos los productores están muy contentos con lo que hacen, no cambiarían por otra actividad, aunque les reportara más ingresos (Figura 5).

5.3.3. Inclusión social.

Molina (2021), describe que:

La inclusión social es el proceso de mejorar la habilidad, la oportunidad y la dignidad de las personas que se encuentran en desventaja debido a su identidad, para que puedan participar en la sociedad; sin embargo, no es lo mismo que igualdad.

Para este indicador los sistemas productivos que alcanzaron el mayor índice con valor cuatro, fueron El Bosque, El Parral, El Carmen, El Cipres y San Martin lo que representa que tienen una integración muy alta, la participación de la mujer es componente fundamental para el desarrollo administrativo y gestión de recurso, tiene estrecha relación con las instituciones públicas o privadas, tienen cooperativas (tres o más) en la zona que acopian la producción, regulan, incentivan y mejoran los canales de comercialización. Los demás sistemas están en índice valor tres, si los productores trabajan en mejorar alcanzarían el máximo índice, enfocándose con el proceso de mejorar la habilidad, buscar oportunidad y dignidad. (Figura 5).

5.3.4. Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica

Sarandón *et al* (2006), definen que:

El conocimiento y la conciencia ecológica son fundamentales para tomar decisiones adecuadas respecto a la conservación de los recursos.

Alcanzaron el mayor valor de índice cuatro los sistemas productivos El Bosque, Las Mandarinas, La Limonaria y El Cipres, estas se caracterizan por que los productores tienen conocimientos sobre el manejo agroecológico de los sistemas productivos y los aplican, han recibido capacitaciones y han participado en programas como las escuelas de campo, recibe constante asesoramiento y asistencia técnica (verbal y escrita) en pro de mejorar su sistema productivo. Los demás sistemas productivos obtuvieron valor de índice tres, deben de enfocarse en fortalecer los conocimientos y conciencia ecológica para tener mayor capacidad al momento de tomar decisiones para la conservación de los recursos. (Figura 5).

5.3.5. Relevo generacional

El mayor índice con valor cuatro lo obtuvieron los sistemas productivos Buena Vista, El Carmen, El Cipres y San Martin lo que indica que en estos sistemas productivos trabajan casi todos los miembros de la familia (≥ 90 % del núcleo familiar), los demás sistemas productivos están en rango dos con un porcentaje entre 50-70 % de participación del núcleo familiar. El sistema El Parral presentó el menor índice con valor uno, presentando un porcentaje 25-49 % de participación del núcleo familiar (Figura 5).

Con relación a los sistemas productivos con índices bajos se puede determinar que al realizar las encuestas los productores exponen que, a la mayoría de sus hijos, no les gusta el campo, prefieren estudiar otras carreras poco relacionadas con el sector agropecuario, sin embargo, siempre los incentivan a seguir con el cuidado de los sistemas de producción que por muchos años han dependido y seguirán dependiendo de él, como un proceso de transición en que se ceden responsabilidades de una generación a otra, por lo cual resulta ser definitivo para determinar el estancamiento, la inestabilidad o incluso la desaparición en el ámbito.

Jiménez-Barbosa et al. (2019), mencionan que:

Una de las crisis que enfrenta actualmente la agricultura colombiana es el insuficiente relevo generacional; el municipio de Albán, en el Departamento de Nariño, el cual depende básicamente de la producción cafetalera, nos muestra una realidad a este respecto que no es ajena al panorama de la agricultura en todo el país. (p. 1).

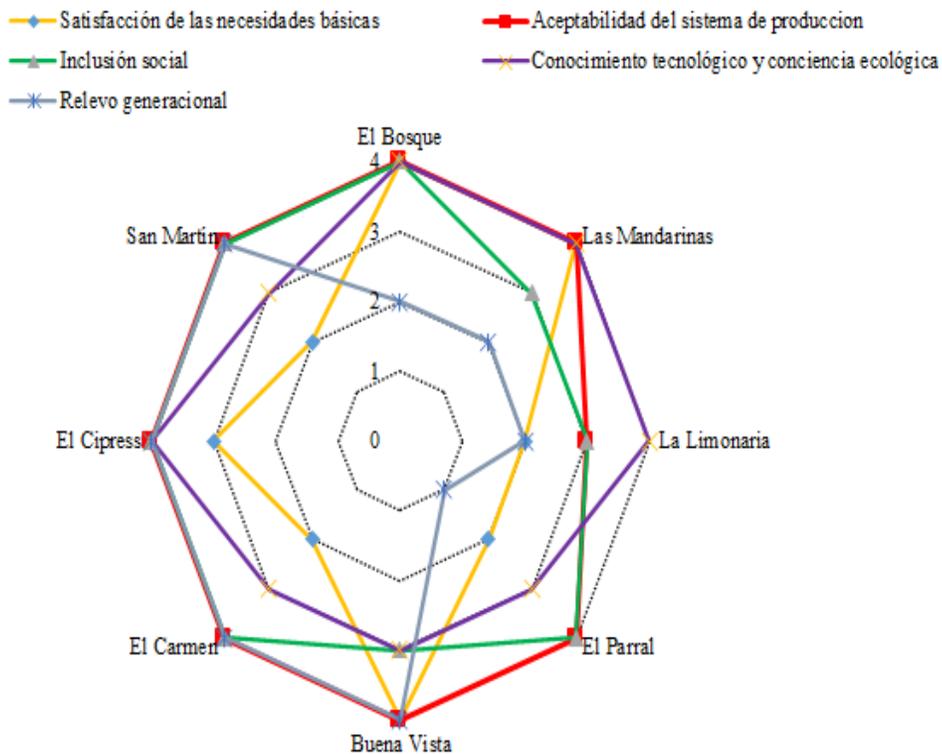


Figura 5. Comparación de indicadores de dimensión sociocultural en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

5.4. Índice de resiliencia general.

El índice de resiliencia económica (IK) muestra al sistema productivo La Limonaria con el mayor rango óptimo valor (3.52), mostrando fortalezas en los subindicadores: Diversificación de la producción, ingreso neto mensual, dependencia de insumos externos y rendimiento promedio en pergamino seco. En rango medio los sistemas productivos El Bosque (2.59), Las Mandarinas (2.88), El Parral (2.38), Buena Vista (2.56) y El Cipress (2.31). Los demás sistemas productivos están en rango bajo. De manera negativa se muestran los subindicadores: Superficie de producción de autoconsumo número de vías de comercialización y dependencia de insumos externos. (Figura 6).

El índice de resiliencia ecológica (IE) muestra a todos los sistemas productivos en rango medio (2– 2.99) mostrando los principales subindicadores que afectan el índice son: Número de especies animal, prácticas de conservación de suelo y agua, sistema de manejo y diversidad genética de cultivos. (Figura 6).

El índice de resiliencia sociocultural (ISc) muestra que los sistemas productivos con el mayor rango optimo son Buena Vista (3.57) y El Cipress (3.52) mostrando fortalezas en los subindicadores: Cultura culinaria, aceptabilidad del sistema de producción, integración social, relaciones externas y relevo generacional, seguido El Bosque (3.37), Las Mandarinas (3.19), El Carmen (3.35) y San Martin (3.22). Los sistemas productivos que presentaron rangos medio (2-2.99) fueron La Limonaria (2.86) y El Parral (2.66) manera negativa se muestran los subindicadores: Relevo generacional, cultura culinaria, integración social y acceso a la salud y cobertura sanitaria, podrían alcanzar el nivel óptimo máximo (Figura 6).

El índice de resiliencia general (IRg) permitió tener una idea general de las características y estado de los sistemas productivos estudiados. En los sistemas tanto los objetivos económicos como ecológicos (principalmente) presentaron niveles medios (2-2.99) de resiliencia, incidiendo negativamente sobre el índice general, por esta razón no se pudo detectar ningún sistema productivo con índice alto. Sin embargo, los sistemas promisorios con valores que se aproximan al optimo son La Limonaria (2.89) y Buena Vista (2.71) (Figura 6).

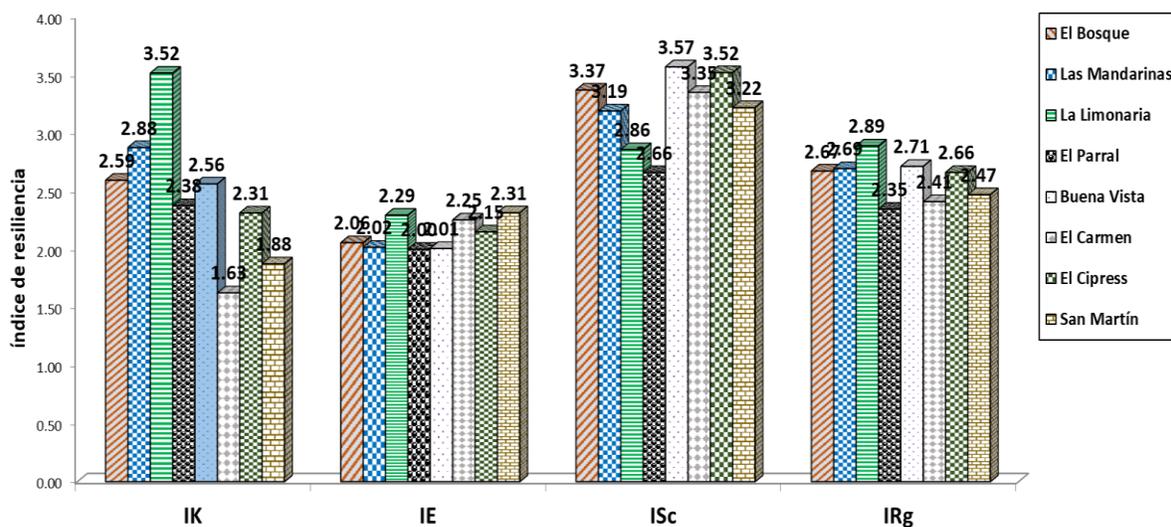


Figura 6. Índice de los indicadores IK, IE, ISc y IRg en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

5.5. Prácticas agroecológicas que se deben de tomar en cuenta en las ocho fincas a partir de los resultados.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observaron debilidades en aspectos económicos y ecológicos principalmente, por consiguiente, en el Cuadro cuatro se proponen 26 prácticas, que en conjunto consolidan, refuerzan y recuperan el estado de estas dimensiones. Se hace énfasis en prácticas dirigidas al aumento de la biodiversidad, pues como lo ha planteado la agroecología, sistemas diversificados son más resilientes a las perturbaciones, dado que se recuperan más rápido de las transformaciones ambientales, logrando minimizar los riesgos en la economía campesina y reducir la incertidumbre ante la variabilidad climática.

Cuadro 5. Prácticas propuestas a partir de los resultados obtenidos en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Prácticas propuestas	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parral	Buena Vista	El Carmen	El Cipres	San Martín
Manejo de sobra	X	X	X		X	X	X	X
Cobertura vegetal del suelo			X	X	X	X	X	X
Manejo de arvenses	X	X	X	X	X	X	X	X
Obras de conservación de suelo y agua	X	X		X	X	X	X	X
Diversificación de cultivo y árboles frutales	X	X		X	X	X	X	X
Manejo agroecológico del café	X	X		X	X	X	X	X
Control orgánico de plagas y enfermedades	X	X		X	X	X	X	X
Aprovechamiento racional de los recursos hídricos	X	X	X	X	X	X	X	X
Líneas de comercialización	X	X	X	X	X	X	X	X
Diversificación de variedades de café					X			
Rotación de cultivos					X			
Asociación de cultivos					X			
Cercas vivas					X	X	X	X
Barreras vivas								
Curvas de nivel								
Construcción y mantenimiento de pequeñas áreas de biodiversidad					X			
Integración animal					X			
Cultivos de cobertura					X			
Abonos verdes					X	X	X	X
Mulching							X	
Aplicación de abonos orgánicos					X			
Medidas culturales para la prevención de plagas y enfermedades					X			

Cuadro 5. Continuación...

Prácticas propuestas	El Bosque	Las Mandarinas	La Limonaria	El Parral	Buena Vista	El Carmen	El Cipres	San Martín
Utilización de productos orgánicos y biopreparados					X			
Cosecha de agua						X	X	X
Producción de área dirigidas al consumo familiar					X			
Monitoreo sistemático de plagas y enfermedades					X	X	X	X

5.6. Relación de fincas y subindicadores.

5.6.1. Análisis de componentes principales (ACP)

Con el objetivo de determinar la proporción de variación y aporte de los subindicadores a los tres primeros componentes principales (CP), fue realizado un análisis de componentes principales (ACP). Según el ACP, los subindicadores que aportaron más a la variación en el primer componente (CP-1) fueron los indicadores salud del suelo y cultivo, riesgo económico, relevo generacional, enfoque manejo agroecosistemas y diversificación de producción con aporte al CP-1 del 69.2 % (Cuadro 6). Los subindicadores superficie de producción para autoconsumo, satisfacción de necesidades básicas e inclusión social contribuyeron el 46.9 % de variación al CP-2 (Cuadro 6). Así mismo, los subindicadores aceptabilidad del sistema productivo y el manejo de biodiversidad sumaron el 43.90 % para el CP-3 con el 27.04 % y 16.81 %, respectivamente (Cuadro 6).

Los subindicadores de resiliencia manejo de la biodiversidad (0.16 %) e inclusión social (0.64 %) en el CP-1, riesgo generacional (0.36 %) en el CP-2, riesgo económico (0.04 %) y superficie de producción para autoconsumo (0.36 %) fueron los que proporcionaron menos variación en los tres primeros CP (Cuadro 6).

Cuadro 6. Información sobre los tres primeros componentes principales (CP) en 14 subíndicadores de resiliencia evaluados en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.

Subindicador	CP-1 (%)	CP-2 (%)	CP-3 (%)
Salud del Suelo y Cultivo	16.81	1.69	2.25
Riesgo Económico	16.00	1.69	0.04
Relevo Generacional	15.21	0.36	4.41
Enfoque Manejo Agroecosistemas	11.56	2.89	7.29
Divers. de Producción	9.61	1.00	4.00
Rentabilidad Finca	9.00	10.89	1.21
Ingreso Neto Mensual	6.25	9.61	9.00
Riesgo de Erosión	5.29	6.76	8.41
Aceptabilidad Sistema Producción	5.29	2.56	27.04
Satisfacción Nec. Básicas	1.96	13.69	16.00
Sup. de Prod. Autoconsumo	1.69	20.25	0.36
Conocim. Tecnol. y CE	1.00	8.41	1.69
Inclusión Social	0.64	12.96	1.21
Manejo de Biodiversidad	0.16	6.76	16.81
Varianza	5.13	3.84	1.99
Varianza (%)	0.37	0.27	0.14
Varianza Acumulada (%)	37	64	78

Pla (1986), describe que:

El análisis de componente principal (ACP) genera nuevas variables que representan la información original, además reducen la dimensión, y discriminan variables correlacionadas y de menor aporte a la variación total.

Judez (1989), menciona que:

Lo que facilita el estudio de las relaciones existentes entre las variables y determinan las variables responsables de la variación.

Villardón (2002), menciona que:

El análisis de componente principal radica en encontrar transformaciones ortogonales de las variables originales para conseguir un nuevo conjunto de variables denominadas componente principal, y que aíslen la mayor parte de la variabilidad de los datos.

El análisis de componente principal (ACP) con los tres primeros componentes principales aislaron el 78 % con valores de CP-1=37 %, CP2=27 % y CP-3=14 % (Cuadro 5). En la Figura 7, se muestra la asociación entre los sistemas o unidades de producción y los subindicadores evaluados en las mismas.

Con un 37 % de variación en el componente principal uno (CP-1), los sistemas de producción de Buena Vista, El Bosque, El Ciprés, estuvieron relacionadas a los subindicadores de resiliencia satisfacción de las necesidades básicas, ingreso neto mensual, salud del suelo y cultivo. San Martín y El Carmen, mostraron afinidad a los subindicadores relevo generacional y la aceptabilidad de sistemas de producción (Figura 7).

Los sistemas productivos Las Mandarinas y La Limonaria, se relacionaron con la superficie de producción de autoconsumo, rentabilidad de la finca, conocimiento tecnológico y conciencia ecológica, riesgo de erosión y la diversidad de la producción. De igual manera, El Parral presentó correspondencia a los subindicadores riesgo económico, enfoque y manejo de agroecosistema e inclusión social (Figura 7). Por otro lado, el componente principal dos (CP-2) con el 27 % de la variación separó a los sistemas productivos Las Mandarinas, La Limonaria, El Bosque, Buena Vista y El Ciprés de El Parral y El Carmen.

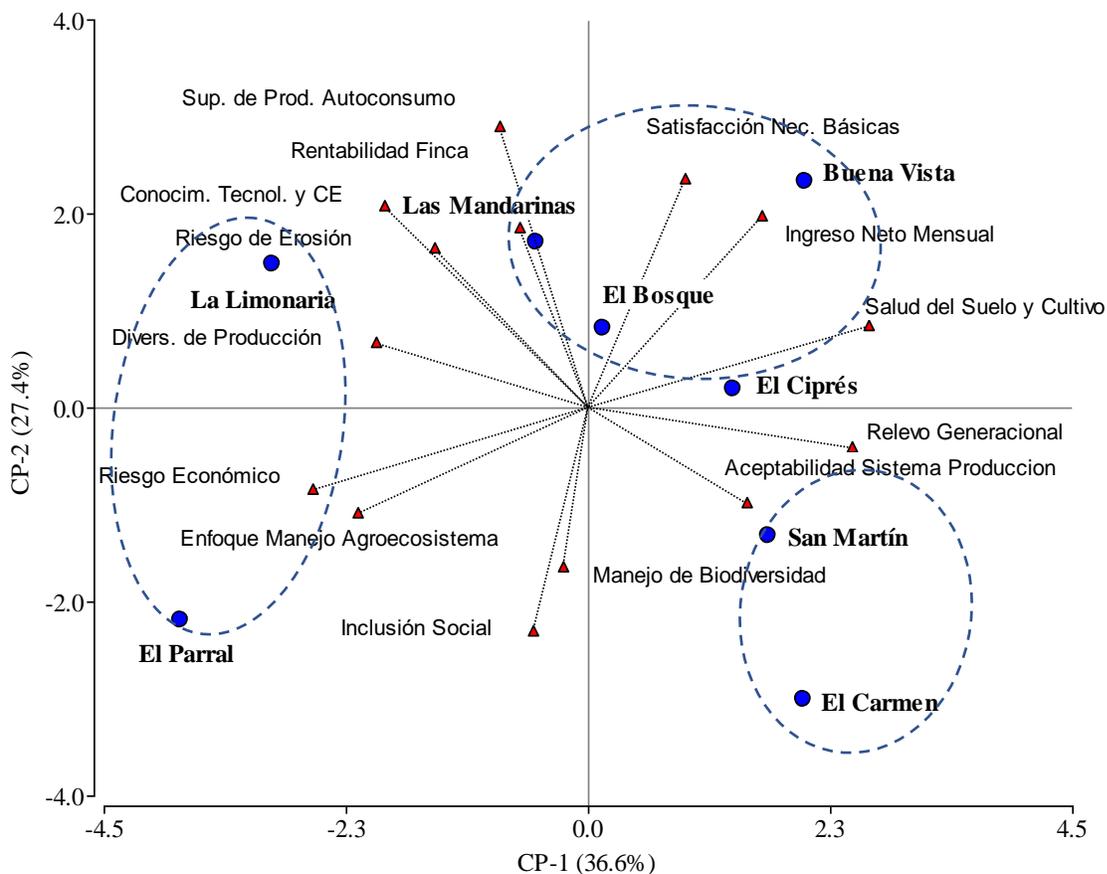


Figura 7. Dispersión bidimensional de los 14 subindicadores de resiliencia evaluados en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Matriz y Estelí.

5.6.2. Análisis de agrupamiento (AA)

A través de la distancia de Gower y la metodología de Ward fueron con formados los grupos mediante el análisis de agrupamiento (AA). Los sistemas productivos El Parral y la Limonaria se correlacionaron, y al igual que Las Mandarinas, El Bosque, El Ciprés y Buena Vista estuvieron asociadas a los subindicadores respectivos en los cuadrantes. Los sistemas productivos San Martín y El Carmen manifestaron relación, y se diferenciaron de las otras unidades de producción (Figura 8).

La relación de los sistemas productivos mediante los CP-1 y CP-2 y con una variación del 64 % (Figura 7), también fueron corroborados con el Análisis de Agrupamiento (AA) o Cluster (Figura 8).

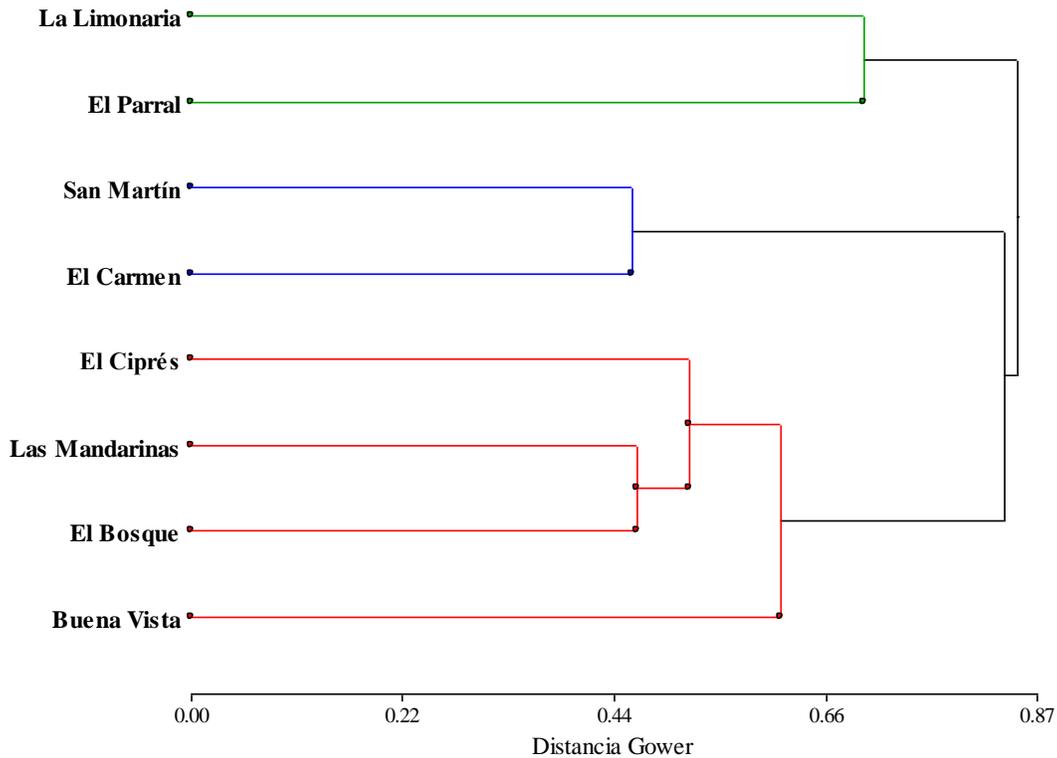


Figura 8. Relación de ocho sistemas de producción de café (*Coffea arábica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

Según Santana (1991), el análisis de agrupamiento abarca muchas técnicas que agrupan y relacionan un conjunto de individuos y son conocidos como taxonomía numérica. Una de las metodologías más usada en el análisis de agrupamiento, es la jerarquía mediante Ward y sus respectivas distancias (p. 1). Pardo y Del Campo (2007) y Balzarini *et al.*, (2015), agregan que esta metodología une en cada paso de agregación las dos clases que incrementen lo menos posible la inercia intraclase (p. 234). El árbol o dendrograma que resume el procedimiento de clasificación permite ver la estructura de clases de los individuos que son objeto de análisis.

Mediante la distancia de Spearman y la metodología de Ward fueron conformadas correlaciones entre los diferentes indicadores para conformar grupos a través del análisis de agrupamiento.

En cuanto a los subindicadores, la inclusión social, enfoque y manejo del agroecosistema y el riesgo económico mostraron correlación. La superficie de producción para autoconsumo, rentabilidad de la finca y conocimiento tecnológico y conciencia ecológica mostraron relación. Del mismo modo, la satisfacción de las necesidades básicas, ingreso mensual, manejo de la biodiversidad y la aceptabilidad del sistema de producción (Figura 9).

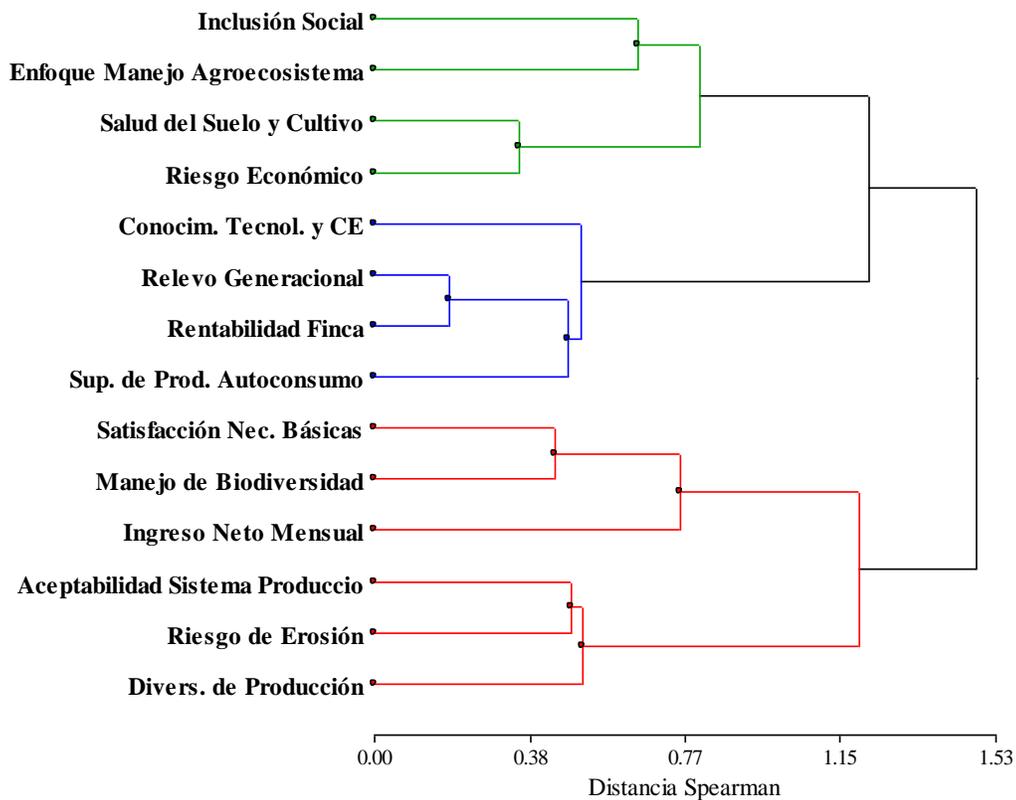


Figura 9. Relación de 14 subindicadores de resiliencia en ocho sistemas de producción de café (*Coffea arábica* L.) en las comunidades de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí.

VI. CONCLUSIONES.

- ✓ El índice de resiliencia económica (IK) muestra al sistema productivo La Limonaria con el mayor rango óptimo. Todos los sistemas productivos mostraron índice de resiliencia ecológica (IE) en rango medio. Los sistemas productivos Buena Vista y El Cipres presentaron el mayor rango óptimo en el índice de resiliencia sociocultural (ISc).
- ✓ En el índice de resiliencia general (IRg) no se detectó sistemas productivos con alto índice de valor, debido a que todas las unidades productivas obtuvieron puntuaciones medias. Sin embargo, La Limonaria (2.89) y Buena Vista (2.71) presentaron la puntuación más alta, ubicándose como las más resiliente.
- ✓ Se propusieron 27 prácticas agroecológicas los sistemas productivos, éstas involucran acciones de manejo a corto y mediano plazo y dirigidas principalmente a aumentar y fortalecer la biodiversidad (vegetal y animal), con el fin de contribuir con el incremento de los niveles de los indicadores económicos y ecológicos.

VII. RECOMENDACIONES.

- ✓ Los sistemas productivos con índice de resiliencia económica (IK) que presentaron rango mínimo deben mejorar en tener diversificación en la producción y ventas, mayores vías de comercialización, menos dependencia de insumos, con el fin de contribuir en aumentar los niveles de los indicadores más bajos.
- ✓ Realizar las practicas agroecológicas tales son manejo de sombra, cobertura vegetal del suelo, obras de conservación de suelos y agua, diversificación de cultivos y árboles frutales recomendadas, utilización de productos orgánicos y biopreparados, en todos los sistemas productivos para mejorar índices de valor de resiliencia ecológica (IE).
- ✓ Para mejorar el índice de resiliencia general (IRg) y alcanzar el rango óptimo, cada sistema evaluado deben ejecutar las prácticas agroecológicas recomendadas a corto, mediano y largo plazo.
- ✓ Fortalecer a los productores mediante capacitaciones para la adopción de prácticas agroecológicas que contribuyan al rescate de la biodiversidad, para contrarrestar los efectos negativos del cambio climático. Sistematizar indicadores ambientales que permitan determinar la vulnerabilidad de los sistemas productivos y su relación con los ecosistemas naturales, así como evaluar medidas de adaptación.

VIII. LITERATURA CITADA.

- Altieri, M. A; Nicholls, C. I. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales (en línea). *Manejo Integrado de Plaga y Agroecología* (64):17-24. Consultado 25 may. 2019. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7543>
- Altieri, M. A; Nicholls, C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistema* 16 (1): 3–12.
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). 2018. Cultivando resiliencia frente al cambio climático lecciones aprendidas para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en américa latina y el caribe. Madrid, España. 95 p.
- Bolsa Agropecuaria de Nicaragua, S.A (BAGSA). 2019. Exportaciones de café oro en Nicaragua (en línea, sitio web). Consultado el 21 de jun. 2019. Disponible en <https://bagsa.com.ni/exportaciones-de-cafe-oro-en-nicaragua/#>
- Barahona Mejía, V.; Garmendia, Y.; Villalta Pineda, K.; Aguilar Garcia, J. (2022). Efectos del Cambio climático en Centroamérica. En R: *Iberoamericada de Bioeconomía y Cambio Climático*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua. Vol. 8, núm. 16,2022. Consultado 22 ene 2023. Disponible en; <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943529010/3943529010.pdf>
- Balzarini, M., Bruno S., Córdoba M. & Teich I. (2015). "Herramientas en el análisis estadístico multivariado." *Córdoba, Argentina*.

Blandón, V. M. A; Zeledón, L. F, J. 2019. Evaluación de la resiliencia de cuatro sistemas de producción diversificados en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Nueva Segovia, Madriz y Estelí, Nicaragua, 2018-2019. Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 76 p.

Café y clima. (2016). La adaptación al cambio climático en la producción de café: Una guía paso a paso para apoyar a los productores de café en la adaptación al cambio climático Consultado el 27 de oct. 2023. Disponible en https://toolbox.coffeeandclimate.org/wp-content/uploads/cc-step-by-step-guide-for-climate-change-adaptation-in-coffee-production_SPANISH.pdf

Canet, G; Soto, C. (2016). La Situación y Tendencias de la Producción de Café en América Latina y El Caribe: Panorama general de la caficultura en Latinoamérica. San José: C. R.: IICA. 126 p.

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE). 2015. Sensibilidad y adaptación del café al cambio climático en Centroamérica: CafAdapt. Consultado el 27 de oct. 2023. Costa Rica. 45 p.

Centro de Información e Innovación - La Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (CII-ASDENIC). 2018. Recuperado el 15 de febrero de 2018, de ASDENIC: <http://www.asdenic.org/wp-content/uploads/2016/02/agroecologia.pdf>

Equipo editorial, Etecé. 2023. "Necesidades Básicas". Para: *Enciclopedia Humanidades*. Argentina. Consultado: 20 may. 2023. Disponible en: <https://humanidades.com/necesidades-basicas/>.

Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Ganadería (FAO). 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. Consultado 25 may. 2023. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>

Fórum Cultural del Café (Forúmcafé). 2016. Café origen Nicaragua. Fórum Cultural del Café (66):6-12. Consultado el 02 mar. 2016. Disponible en: http://www.forumdelcafe.com/system/files/flipping_book/revista_66/index.html

Hincapié G, E. Ramírez O, F. A. 2010. Avances técnicos: Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. Chichina, Caldenas, Colombia. 8 p.

Hernandez, O (2022). El efecto más impensado del cambio climatico. Consultado 25 enero 2023. Disponible en <https://www.iadb.org/es/mejorandovidas/el-efecto-mas-impensado-del-cambio-climatico#:~:text=El%20aumento%20global%20de%20temperatura,antes%20no%20era%20factible%20cultivarlo>.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Consejo Salvadoreño del Café (CSC) , Unión Europea (UE), Catholic Relief Services (CRS). 2020. Guia Práctica de Caficultura. San Salvador. 78 p. Consultado 24 de mayo 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/13191>

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI (INIDE). 2013. Características del departamento de Madriz (en línea). Managua, Nicaragua. CENAGRO-Atlas Agropecuario. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://www.inide.gob.ni/docu/cenagro/perfiles/20%20Madriz.pdf>

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI (INIDE). 2007. Nicaragua: Estimaciones y Proyecciones de Población Nacional (en línea). Revisión 2007. 65 p. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://www.inide.gob.ni/docu/cenagro/perfiles/05%20Nueva%20Segovia.pdf>

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI (INIDE); Ministerio Agropecuario y Forestal, NI (MAGFOR). 2013. Información estadística del sector agropecuario, estructura agraria municipal, uso potencial del suelo, uso del agua en la agricultura por municipio. IV Censo Nacional Agropecuario. Tomo 13 departamento de Nueva Segovia.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI (INIDE); Ministerio Agropecuario y Forestal, NI (MAGFOR). 2013. Información estadística del sector agropecuario, estructura agraria municipal, uso potencial del suelo, uso del agua en la agricultura por municipio. IV Censo Nacional Agropecuario. Tomo 9 departamento de Madriz.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI (INIDE); Ministerio Agropecuario y Forestal, NI (MAGFOR). 2013. Información estadística del sector agropecuario, estructura agraria municipal, uso potencial del suelo, uso del agua en la agricultura por municipio. IV Censo Nacional Agropecuario. Tomo 5 departamento de Estelí.

Jiménez-Barbosa, W. G; De La Portilla, E; Basante, A. Y; Zuñiga, L. A; Zambrano, D. F; rojas, J. S; Delgado, R. A. 2019. Relevo Generacional para la continuidad de Producción Cafetera Familiar. Caso Municipio De Albán, Nariño-Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Sociales, vol. 10, núm. 1, pp. 67-92, 2019. Consultado el 07 de jun. 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4978/497860840005/html/>

Judez, A. L. (1989). Técnicas de análisis de datos multidimensionales. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. *Sria. Gral. Técnica. Madrid, España.*

Labrador, J; González, V. (2013). Resiliencia y agricultura ecológica en España. En: Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Medellín, Colombia. P. 149-157.

- Ly, k. (2017). Diversificación en la Producción de Café de Especialidad: El Caso Agrícola y Económico. Consultado 25 junio 2023. Disponible en: <https://perfectdailygrind.com/es/2017/06/05/diversificacion-en-la-produccion-de-cafe-de-especialidad-el-caso-agricola-y-economico/>
- Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. Mundiprensa, GIRA, UNAM, México D.F.
- Márquez, FR; Julca, AM. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en quillabamba pp 12.
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). 2013. El café en Nicaragua. Programa Nacional de Fomento a la Producción Sostenible de Café Árabe. Consultado 28 de marzo 2014. Disponible en: <https://silo.tips/download/el-cafe-en-nicaragua>
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2006. Guía para la Elaboración de Planes de Finca. 32 p.
- Molina, C. 2021. La inclusión social, un compromiso a largo plazo. Consultado el 06 de jun. 2023. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/la-inclusion-social-un-compromiso-largo-plazo#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20inclusi%C3%B3n%20social,es%20lo%20mismo%20que%20igualdad.>
- Morán Centeno, J. C., & Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1). Disponible en <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Nicholls, C. I; Altieri, M. A; Henao, A; Montalba, R; Talavera E. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. 1 ed. REDAGRES. Lima, Peru. 61 p.

- Nicholls, C; Ríos, L; Altieri, M. 2013. Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Medellín, Colombia, s.e. 218 p.
- Nicholls, C. I; Altieri, M. A. 2013. Agroecología y Cambio Climático Metodologías para Evaluar la Resiliencia Socio-ecológica en Comunidades Rurales. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. Agroecología 8 (1): 7–20. Lima
- Pardo, C. E., & Del Campo, P. C. (2007). Combinación de métodos factoriales y de análisis de conglomerados en R: el paquete FactoClass. *Revista colombiana de estadística*, 30(2), 231-245.
- Perrachón, J. (2011). Relevo Generacional en predios ganaderos del Uruguay. (Tesis de maestría). Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Pla L. E., 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Monografía No. 27. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), Programa Regional de desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., 93 pp.
- Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura (PROMECAFE). 2011. Café y cambio climático (en línea). Boletín PROMECAFE. Guatemala, Guatemala. N° 127. Consultado el 25 may. 2019. <https://promecafe.net/documents/Boletines/boletin127.pdf>
- Ruelas-Monjardín, L. C., Nava-Tablada, M. E., Cervantes, J., & Barradas, V. L. (2014). Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y bosques*, 20(3), 27-40. Consultado el 25 enero 2023. Disponible en https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&scioq=Madera+y+bosques&q=La+ura+C.+Ruelas-Monjard%C3%ADn&btnG=

- Salazar, D., García, L., Rodríguez, H., Calero, A., Morales, M., y Valverde, L. (2017) Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega. Managua, Nicaragua: UNA.
- Salazar, L. G, E; Alemán, Z. S, R. (2020). El Café en Nicaragua. Managua, Nicaragua: UNAM. 61 p. Consultado el 25 de oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.unan.edu.ni/14500/1/14500.pdf>
- Santana, Ó. F. (1991). El análisis de cluster: aplicación, interpretación y validación. *Papers: revista de sociologia*, (37), 65-76.
- Sarandón, S. J; Zuluaga, M. S; Cieza, R; Gómez, C; Janjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19-28.
- Sarandón, S. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414. Consultado julio 2022. Disponible en <https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/10/SARANDON-cap-20-Sustentabilidad.pdf>
- Sarandón, S; Flores, C. (2014). *AGROECOLOGÍA: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (en línea). La Plata, D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 466 p. Consultado 25 nov. 2018. Disponible en <http://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/05/Libro-de-Agorecolog%C3%ADa-Santiago-Sarand%C3%B3n-2014.pdf>
- Sarandón, S; Flores, C. (2009). *AGROECOLOGÍA: Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica* (en línea). La Plata, D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 4: 19-28 p. Consultado 25 marzo. 2022. Disponible en https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/28.pdf.

The University of Vermont (2020). Resumen de investigación Agroecología y Medios de vida en los sistemas de café globales: Fincas diversas y multifuncionales como claves para la sustentabilidad. Consultado el 22 de oct. 2023. Disponible en https://www.uvm.edu/agroecology/wp-content/uploads/2021/03/cafe-y-diversificacion_resumen-de-investigacion_2020.pdf

Villardón, J. L. V. (2002). Análisis de componentes principales. *Cataluña: UOC, Departamento de Estadística*, 32.

Vázquez, L. L. 2005. Experiencia de Cubana en el manejo agroecológico de plagas en cafeto y avances en broca del café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57. ISBN 970-9712-17-9.

IX. ANEXOS.

Anexo 1. Ficha de levantamiento de información en sistemas productivos de café.

Nombre del investigador:
Finca:
Coordenadas:
Altitud:

Nombre del productor:
Fecha:
Código:

Verificación del proceso

Paso	Actividad	Check
Planificación general	Se verifica el proceso metodológico	
Objetivos	El productor identifica y determina los objetivos de la aplicación metodológica	
Entrevista con el productor	A través de un dialogo ameno se extrae toda la información pertinente determinar los valores de los indicadores	
Caracterización de la finca	Se toman datos básicos de la finca, tipo de manejo, particularidades, características generales, etc.	
Evaluación de los indicadores	Se evalúan los indicadores según los rangos seleccionados, en zona de muestreo escogida y en el número de repeticiones estimadas	
Análisis visual de la finca	Identificar fortalezas, debilidades visualmente y anotar cualquier aspecto importante	

Anexo 2. Escalas para determinar los Indicadores Económicos con sus características y valores correspondientes.

Formas de obtener la información:

DIMENSIÓN ECONÓMICA		Índice	Valor
	A- Indicadores económicos		
A1- Diversificación de la producción	Más de 9 productos	4	
	7 a 9 productos	3	
	3 a 5 productos	2	
	2 a 3 productos	1	
	Menos de 2 productos	0	
A2-Superficie de producción de autoconsumo	Más de 1 ha	4	
	0.5 a 1 ha	3	
	0.3 a 0.5 ha	2	
	0.1 a 0.3 ha	1	
	≤ 0.1 ha	0	
A3-Ingreso neto mensual por grupo	Más de 1000	4	
	700 a 800	3	
	600 a 700	2	
	500 a 600	1	
	≤ 500	0	
	Riesgo económico		
C1- Diversificación para la venta	6 o más productos	4	
	4 a 5 productos	3	
	3 productos	2	
	2 productos	1	
	1 producto	0	
C2-Numero de vías de comercialización	5 o más canales	4	
	4 canales	3	
	3 canales	2	
	2 canales	1	
	1 canal	0	
C3-Dependencia de insumos externos	0 a 20% de insumos ext.	4	
	20 a 40% de insumos ext.	3	
	40 a 60% de insumos ext.	2	
	60 a 80% de insumos ext.	1	
	80 a 100% de insumos ext.	0	
C4- Origen de los ingresos reportados	100% de los ingresos reportados provienen de actividades agropecuarias y en menor proporción por negocios adicionales o trabajos asalariados	4	
	80% a actividades agropecuarias 20% a negocios adicionales o trabajos asalariados	3	
	50% actividades agropecuarias, 50% negocios adicionales o trabajos asalariados	2	
	40% actividades agropecuarias generan ingresos 60% negocios adicionales, trabajos asalariados, etc.	1	
	≥80% de los ingresos reportados provienen de negocios o trabajos asalariados no ligados al sistema de producción	0	

Anexo 2. Continuación...

DIMENSIÓN ECONÓMICA		Índice	Valor
	Rentabilidad de la finca		
D1- Rendimiento promedio en pergamino seco	Más de 25 qq/ha	4	
	De 20.1 a 25 qq/ha	3	
	De 15.1 a 20 qq/ha	2	
	De 10.1 a 15 qq/ha	1	
	Menos de 10qq/ha	0	
D2- Aceptabilidad del rendimiento	Óptimo, >95% del promedio local	4	
	Aceptable, 86-95% del promedio local	3	
	Regular, 71-85% del promedio local	2	
	Bajo, 60-70% del promedio local	1	
	Muy bajo, <60% del promedio local	0	

(E): A través de la entrevista con el productor

(C): Medición directa en campo con uso de metodologías predeterminadas

(E y C): A través de la entrevista con el productor, pero verificado por el investigador a través de la observación y/o medición directa en campo

Anexo 3. Escalas para determinar los Indicadores Ecológicos con sus características y valores correspondientes.

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
	Enfoque de manejo de la finca		
E1-Manejo de la cobertura vegetal	100% de cobertura	4	
	75 a 99% de cobertura	3	
	50 a 75% de cobertura	2	
	25 a 50% de cobertura	1	
	<25% de cobertura	0	
E2-Diversificación de cultivos	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural	4	
	Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos	3	
	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos	2	
	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones	1	
	Monocultivo	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
E3- Diversidad genética de variedades de café	Más de 5 variedades y ninguna domina más del 50% de un plantío	4	
	Más de 5 variedades, pero una domina al menos 50% de los plantíos	3	
	Entre 3 y 5 variedades, al menos una domina más 50% de los plantíos	2	
	2 variedades, una de ellas domina más del 50% de los plantíos	1	
	Una sola variedad	0	
E4- Vegetación natural	> 6% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.	4	
	Entre 4.1-6% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.	3	
	Entre 2-4 % del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.	2	
	Menos del 2% de la finca es vegetación natural, en forma de corredores y concentrada en una sola parte de la finca.	1	
	No hay áreas naturales en el agroecosistema.	0	
E5- Aprovechamiento de recursos locales	90-100% uso de recursos locales (Madera, controladores biológicos, plantas medicinales, etc.) en la parcela	4	
	Utilización entre 70-90% de recursos locales	3	
	Utilización entre 40-70% de recursos locales (madera principalmente)	2	
	Utilización entre 20-40% de recursos locales	1	
	No se aprovechan los recursos de la parcela	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
E6- Sistemas de manejo	Orgánico diversificado, con mucho uso de insumos biológicos	4	
	En transición a orgánico, con sustitución de insumos	3	
	Mixto	2	
	Usa productos biológicos de vez en cuando, poco diversificado, depende de los agroquímicos	1	
	Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos	0	
Riesgo de erosión			
B1-Pendiente predominante	0 al 5% pendiente	4	
	5 al 15% pendiente	3	
	15 al 30% pendiente	2	
	30 al 45% pendiente	1	
	Mayor al 45% pendiente	0	
B2-Cobertura vegetal	100% de cobertura	4	
	75 a 99% de cobertura	3	
	50 a 75% de cobertura	2	
	25 a 50% de cobertura	1	
	0 a 25% de cobertura	0	
B3-Orientacion de los surcos	Curvas de nivel o terraza	4	
	Surcos perpendiculares a la pendiente	3	
	Surcos orientados 60° con respecto a la pendiente	2	
	Surcos orientados 30° con respecto a la pendiente	1	
	Surcos paralelos a la pendiente	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
B4- Control de la erosión	Ausencia de erosión	4	
	Entre el 5 y el 20% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y se observa erosión laminar incipiente en el horizonte A.	3	
	Entre el 5 y el 20% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre 25 y 50% del horizonte A se ha perdido.	2	
	Entre el 20 y el 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 50 al 75% del horizonte A se ha perdido.	1	
	Más del 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 75 al 100% del horizonte A se ha perdido.	0	
B5- Prácticas de conservación de suelo y agua	Más de 6 prácticas de las X registradas en la región	4	
	Entre 4 y 6 prácticas realizadas	3	
	Entre 2 y 4 prácticas	2	
	Entre 1 y 2	1	
	No realiza obras de CSA	0	
Salud del suelo y del cultivo			
F1- Infiltración del agua en el suelo	≤0.5-2 cm/H	4	
	De 3 a 5 cm/h	3	
	De 6 a 12 cm/h	2	
	De 13 a 25 cm/h	1	
	>25 cm/h	0	
F2- Profundidad del suelo	>1.5 m	4	
	0.90 - 1 m	3	
	0.80 m	2	
	0.60 - 0.50 m	1	
	≤0.50	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
F3- Actividad biológica	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices, artrópodos y otro tipo de invertebrados, hay presencia de hongos y MO en distintos grados de descomposición	4	
	Presencia de lombrices, artrópodos y diversidad de otros invertebrados	3	
	Se ven algunas lombrices, hay presencia de insectos y hongos	2	
	No se observan lombrices, sin embargo, hay presencia de actividad de insectos y hongos	1	
	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedes, etc.)	0	
F4- Salud del cultivo	Planta sana	4	
	3% del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades (roya, mancha de hierro, ojo de gallo, pellejillo, etc.), plagas (broca, minador, cochinilla) o desbalances nutricionales	3	
	10% del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades (roya, mancha de hierro, ojo de gallo, pellejillo, etc.), plagas (broca, minador, cochinilla) o desbalances nutricionales	2	
	30% del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades (roya, mancha de hierro, ojo de gallo, pellejillo, etc.), plagas (broca, minador, cochinilla) o desbalances nutricionales	1	
	60% del área foliar con presencia de signos y/o síntomas de enfermedades (roya, mancha de hierro, ojo de gallo, pellejillo, etc.), plagas (broca, minador, cochinilla) o desbalances nutricionales	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
F5- Nivel de sombra	50-60%	4	
	40-50%	3	
	30-40%	2	
	20-30%	1	
	<20%	0	
F6- Competencia por arvenses	1 - 20% de cobertura	4	
	20-30% de cobertura	3	
	30-50% de cobertura	2	
	50-70% de cobertura	1	
	>70% de cobertura	0	
Manejo de la biodiversidad			
G1-Biodiversidad temporal	Incorpora abonos verdes y siembra o renueva diversos cultivos (árboles, anuales, bianuales) en la parcela de café en cada año como mínimo	4	
	Siembra diversos cultivos en la parcela como musáceas, gramíneas, árboles de servicios múltiples, etc.	3	
	Predomina el café en la parcela, se observan algunas especies principalmente árboles perennes de servicios múltiples	2	
	El cultivo de café predomina en la parcela, se observan algunos parches dispersos en la misma formada por vegetación principalmente perennes	1	
	El café predomina como monocultivo	0	
G2-Biodiversidad espacial	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural	4	
	Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos	3	
	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos	2	
	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones	1	
	Monocultivo	0	

Anexo 3. Continuación...

DIMENSIÓN ECOLÓGICA		Índice	Valor
G3- Árboles de sombra	> 70 árboles/ha	4	
	50-70 árboles/ha	3	
	30-50 árboles/ha	2	
	15-30 árboles/ha	1	
	< 15 árboles/ha	0	
G4- Número de especies vegetales	>50 especies observadas	4	
	40-50 especies	3	
	30-40 especies	2	
	20-30 especies	1	
	< 20 especies observadas	0	
G5- Número de especies animales	>5 especies observadas	4	

Anexo 4. Escalas para determinar los Indicadores Socioculturales con sus características y valores correspondientes.

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL		Índice	Valor
	Satisfacción de las necesidades básicas		
H1-Vivienda	De material terminada. Muy buena	4	
	De material terminada. Buena	3	
	Regular. Sin terminar o deteriorada	2	
	Mala. Sin terminar, deteriorada, piso de tierra	1	
	Muy mala	0	
H2- Acceso a la educación	Acceso a educación superior y/o cursos de capacitación	4	
	Acceso a escuela secundaria	3	
	Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones	2	
	Acceso a la escuela primaria	1	
	Sin acceso a la educación	0	
H3- Acceso a la salud y cobertura sanitaria	Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructuras adecuadas	4	
	Centro sanitario con personal temporario medianamente equipado	3	
	Centro sanitario mal equipado y personal temporario	2	
	Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo	1	
	Sin centro sanitario	0	

Anexo 4. Continuación...

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL		Índice	Valor
H4-Servicios	Instalaciones completas de agua, luz y teléfono cercano	4	
	Instalación de agua y luz	3	
	Instalación de luz y agua de pozo	2	
	Sin instalación de luz y agua de pozo cercano	1	
	Sin luz y sin fuente agua cercana	0	
H5- Cultura culinaria	>80% de los alimentos consumidos son producidos en la finca	4	
	60-80% de los alimentos consumidos son producidos en la finca, el resto se compra a vecinos y mercados locales	3	
	60-80% de los alimentos consumidos son comprados a vecinos y mercados locales, en la finca se producen solamente algunas frutas, hortalizas y especias	2	
	90% de los alimentos consumidos en la finca son comprados a vecinos y mercados locales	1	
	100% de todos los alimentos se compran mercados y/o supermercados	0	
Aceptabilidad del sistema de producción			
Aceptabilidad del sistema de producción	Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad, aunque esta le reporte más ingresos	4	
	Está contento, pero antes le iba mucho mejor	3	
	No está del todo satisfecho. Se queja porque es lo único que sabe hacer	2	
	Poco satisfecho con esta forma de vida, anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad	1	
	Esta desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más, está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción	0	

Anexo 4. Continuación...

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL		Índice	Valor
	Inclusión social		
I1-Integración social	Muy alta	4	
	Alta	3	
	Media	2	
	Baja	1	
	Nula	0	
I2- Participación de la mujer en la gestión y manejo del agroecosistema	Componente fundamental del desarrollo administra y gestiona recursos en los sistemas de producción	4	
	Interviene en la toma de decisiones a manera de sugerencias y opiniones; aporta con su fuerza laboral en algunas actividades, recibe apoyo de los sistemas de producción	3	
	Representa buena parte de la mano de obra utilizada en la finca, pero no interviene en la gestión de la unidad de producción	2	
	Representa una pequeña parte de la mano de obra utilizada	1	
	Poca o nula intervención, ni en las actividades de producción ni en la gestión de la finca	0	
I3-Relaciones externas	Relaciones con instituciones públicas o privadas	4	
	Relaciones con realidades colectivas locales	3	
	Participación en las realidades colectivas locales	2	
	Medios de comunicación	1	
	Relación con los consumidores	0	

Anexo 4. Continuación...

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL		Índice	Valor
I4- Cooperativas u organizaciones para la comercialización de productos	Existencia de 3 o más cooperativas en la zona que acopian la producción, regulan, incentivan y mejoran los canales de comercialización	4	
	Existen entre 1 y 2 cooperativas que acopian la producción, regulan y mejoran los canales de comercialización	3	
	Organizaciones normalizadas entre productores de la zona a fin de promover la producción y comercialización de uno o más rubros	2	
	Pequeñas asociaciones entre productores a fin de mejorar acceso a créditos, caminos y divulgación de conocimientos a fin de mejorar la producción entre los vecinos	1	
	No existe ningún tipo de organización o cooperativa entre los productores que incentive, mejore y regule el proceso de producción y comercialización	0	
	Conocimiento tecnológico y conciencia ecológica		
J1-Conciencia ecológica	Tiene conocimientos sobre el manejo agroecológico de la finca y los aplica	4	
	Maneja ciertos principios de ecologías como reducen en la finca uso de agroquímicos más practicas conservacionistas	3	
	Ha escuchado que el manejo agroecológico integral de la finca ayuda a mejorar su sistema, pero no lo aplica	2	
	No conoce de ecología ni percibe las consecuencias que pueden estar perjudicando al medio ambiente	1	
	Realiza una práctica agresiva al medio por causa del desconocimiento de estas	0	

Anexo 4. Continuación...

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL		Índice	Valor
J2- Capacitaciones	Participación en escuelas de campo, recibe constante asesoramiento y asistencia técnica (verbal y escrita) en pro de mejorar su sistema	4	
	Recibe asistencia técnica de vez en cuando	3	
	Utiliza libros, guías y manuales para comprender y mejorar su sistema	2	
	Pone en práctica la información divulgada por sus vecinos en cuanto a nuevas estrategias de manejo combinado con su experiencia personal	1	
	No recibe capacitaciones ni considera las experiencias ajenas de sus vecinos, utiliza sus propios conocimientos sin importar la situación presente	0	
	Relevo generacional		
J1- Relevo generacional	≥90% del núcleo familiar trabajando en la finca	4	
	70-89% del núcleo familiar trabajando en la finca	3	
	50-70% del núcleo familiar trabajando en la finca	2	
	25-49% del núcleo familiar trabajando en la finca	1	
	0-20% del núcleo familiar trabajando en la finca	0	