

**Impacto de las variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros  
de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta**

Joyce Smith Rojas Alonso

Asesor

I.A, Msc, PhD. Jorge Armando Fonseca Carreño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias Agrarias Pecuarias y de Medio Ambiente ECAPMA

Maestría en Agronegocios

2026

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a todos los productores de café del departamento del Meta, especialmente a aquellos que, con valentía y determinación, han decidido transformar sus cultivos ilícitos en cafetales, creyendo firmemente que el café es una alternativa digna, sostenible y con futuro. Su esfuerzo y compromiso son ejemplo de resiliencia y esperanza para nuestra región.

### **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a mi director de tesis, Jorge Armando Fonseca, por su constante disposición, orientación académica y acompañamiento en cada etapa de esta investigación.

A los productores de café de las seis fincas participantes, quienes con generosidad y confianza compartieron su tiempo y valiosa información, haciendo posible este trabajo.

A mi esposo, Mario, por su apoyo incondicional y motivación constante. Finalmente, a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	12
Planteamiento del Problema .....	14
Justificación .....	15
Objetivos.....	17
Marco Conceptual y Teórico.....	18
Factores del Cambio Climático que Contribuyen al Deterioro de la Fertilidad del Suelo en los Cafetales.....	30
Impacto Actual del Deterioro de la Fertilidad del Suelo en la Productividad de los Cafetales.	33
Condiciones Edafoclimáticas del Cultivo del Café.....	37
Metodología .....	39
Resultados.....	53
Caracterización y tipificación de los agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas.....	54
Estructura Agroecológica Principal -EAP.....	58
Evaluación de los Efectos de las Variables Climáticas (Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa) sobre la Productividad del Cultivo de Café en los Municipios de Lejanías y Mesetas.....	71
Análisis Climático del Municipio de Lejanías .....	71
Datos Climáticos Mesetas .....	74
Comparación Climática Entre Lejanías y Mesetas (2018–2024).....	77
Relación Entre las Variables Climáticas y la Productividad de los Cafetales en Lejanías y Mesetas .....	80

Análisis de correlación entre variables climáticas y productividad.....	82
Determinación del efecto de las condiciones edáficas sobre la productividad de la caficultura en los municipios de Lejanías y Mesetas.....	91
Resultados de estudios de Suelos para Lejanías.....	91
Análisis temporal de las condiciones edáficas de la finca El Jardín (2018–2025) .....	98
Triangulación entre condiciones edáficas y prácticas agrícolas .....	101
1. Fertilización y manejo nutricional.....	101
2. Conservación de suelos y cobertura vegetal .....	102
3. Rotación de cultivos .....	102
4. Acidez del suelo y manejo de enmiendas.....	103
5. Asistencia técnica y análisis de suelo .....	103
Análisis de la triangulación.....	103
Relación Edafoproductiva.....	104
Conclusiones.....	107
Recomendaciones .....	109
Referencias Bibliográficas .....	111
Apéndices.....	126

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Fases de Desarrollo del Cafeto y Factores Determinantes</i> .....	37
<b>Tabla 2</b> <i>Impactos de los Factores Climáticos Sobre el Cultivo de Café en Colombia</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Escala Valorativa de la EAP</i> .....	48
<b>Tabla 4</b> <i>Resumen por Finca y Componente</i> .....	57
<b>Tabla 5</b> <i>Cuadro Comparativo de Caracterización de las Fincas Evaluadas</i> .....	65
<b>Tabla 6</b> <i>Estructura Agroecológica Principal (EAP) de las Seis Fincas</i> .....	67
<b>Tabla 7</b> <i>Precipitación Máxima (mm)</i> .....	78
<b>Tabla 8</b> <i>Temperatura Máxima Mensual (°C)</i> .....	78
<b>Tabla 9</b> <i>Humedad Relativa Máxima (%)</i> .....	79
<b>Tabla 10</b> <i>Comparación General</i> .....	79
<b>Tabla 11</b> <i>Correlación de Spearman Entre Variables Climáticas y Productividad del Café pergamino seco (kg/ha) en las Fincas Cafeteras (2020–2024)</i> .....	84
<b>Tabla 12</b> <i>Consolidado de los Resultados de Estudios de Suelos de Lejanías</i> .....	91
<b>Tabla 13</b> <i>Análisis de las Condiciones Edáficas - Fincas de Lejanías</i> .....	92
<b>Tabla 14</b> <i>Consolidado de los Resultados de Estudios de Suelos de Mesetas</i> .....	93
<b>Tabla 15</b> <i>Análisis de las Condiciones Edáficas - Fincas de Mesetas</i> .....	94
<b>Tabla 16</b> <i>Clasificación de Propiedades Edáficas por Finca (2025)</i> .....	95
<b>Tabla 17</b> <i>Matriz de Interpretación Edafoproductiva (2020–2024)</i> .....	104

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Clasificación de las Propiedades Químicas del Suelo para Café</i> .....	51
<b>Figura 2</b> <i>Desempeño de los Agroecosistemas Cafeteros en Siete Componentes Funcionales</i> ...	55
<b>Figura 3</b> <i>Variables por Finca Agrupadas en Siete Componentes de Caracterización Agroecosistémica</i> .....	56
<b>Figura 4</b> <i>Delimitación de la Finca El Rubí (Mesetas, Meta)</i> .....	59
<b>Figura 5</b> <i>Perfil Topográfico de la Finca El Rubí (Mesetas, Meta)</i> .....	59
<b>Figura 6</b> <i>Delimitación de la Finca La Siberia (Mesetas, Meta)</i> .....	60
<b>Figura 7</b> <i>Perfil Topográfico de la Finca La Siberia (Mesetas, Meta)</i> .....	60
<b>Figura 8</b> <i>Delimitación de la Finca La Esmeralda (Mesetas, Meta)</i> .....	61
<b>Figura 9</b> <i>Perfil Topográfico de la Finca La Esmeralda (Mesetas, Meta)</i> .....	61
<b>Figura 10</b> <i>Delimitación de la Finca La Esmeralda (Lejanías, Meta)</i> .....	62
<b>Figura 11</b> <i>Perfil topográfico de La Finca La Esmeralda (Lejanías, Meta)</i> .....	62
<b>Figura 12</b> <i>Delimitación del área cafetera de la Finca La Libertad (Lejanías, Meta)</i> .....	63
<b>Figura 13</b> <i>Perfil Topográfico del Área Cafetera de la Finca La Libertad (Lejanías, Meta)</i> .....	63
<b>Figura 14</b> <i>Delimitación de la Finca El Jardín (Lejanías, Meta)</i> .....	64
<b>Figura 15</b> <i>Perfil Topográfico del Área Cafetera de la Finca El Jardín (Lejanías, Meta)</i> .....	64
<b>Figura 16</b> <i>Gráfico Radar Comparativo de las Fincas según Componentes de la EAP</i> .....	68
<b>Figura 17</b> <i>Precipitación Máxima (mm)</i> .....	72
<b>Figura 18</b> <i>Temperatura Max (°C)</i> .....	72
<b>Figura 19</b> <i>Humedad Relativa Máxima (%)</i> :.....	73
<b>Figura 20</b> <i>Análisis Gráfica Combinada (Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa)</i> ....	74

<b>Figura 21</b> <i>Precipitación Máxima (mm)</i> .....	75
<b>Figura 22</b> <i>Análisis de Temperatura Máxima (°C) – Mesetas</i> .....	75
<b>Figura 23</b> <i>Análisis de Humedad Relativa Máxima (%) – Mesetas</i> .....	76
<b>Figura 24</b> <i>Análisis de Gráfica Combinada: Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa</i> .	76
<b>Figura 25</b> <i>Valores Múltiples por Finca</i> .....	85
<b>Figura 26</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática</i> .....	86
<b>Figura 27</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática Finca la Siberia</i> .....	86
<b>Figura 28</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática finca la Esmeralada (Mesetas)</i> .....	87
<b>Figura 29</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática Finca la Libertad</i> .....	88
<b>Figura 30</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática Finca el jardín</i> .....	88
<b>Figura 31</b> <i>Coefficiente Spearman (<math>\rho</math>), Valor p, por Variable Climática Finca la Esmeralda</i> .....	89
<b>Figura 32</b> <i>Comparación de las Fincas de Lejanías con el Estándar de la FNC</i> .....	96
<b>Figura 33</b> <i>Comparación de las Fincas de Mesetas con el Estándar de la FNC</i> .....	97
<b>Figura 34</b> <i>Evolución de Parámetros del Suelo – Finca el Jardín, (2018-2025)</i> .....	99

## **Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> Encuesta de Caracterización Aplicada a los Productores de Café .....	126
<b>Apéndice B</b> Criterios de Evaluación de la Estructura Agroecológica Principal (EAP).....	129
<b>Apéndice C</b> Resultados de Estudios de Suelos 2025 .....	131
<b>Apéndice D</b> Tablas en Excel que Soportan la Investigación.....	134

## Resumen

La caficultura en Lejanías y Mesetas (Meta) es estratégica para la economía y el tejido social regional, aunque enfrenta desafíos por variabilidad climática, deterioro de suelos y baja adopción de prácticas sostenibles. Este estudio analizó el impacto de variables agroclimáticas (precipitación, temperatura, humedad relativa) y condiciones edáficas sobre la productividad de seis fincas de *Coffea arabica* (variedades Cenicafé 1 y Castillo). Bajo un enfoque mixto y aplicado, la investigación se estructuró en tres fases. La primera fase de caracterización, tipificación de agroecosistemas y análisis de la estructura agroecológica principal (conectividad y diversidad). Una segunda fase de análisis climático para el periodo 2018-2024 mediante el uso de datos del IDEAM y Agrosavia, aplicando el coeficiente de Spearman para correlacionar clima y productividad (kg/ha). La tercera fase de análisis edáfico conformada por la evaluación de parámetros fisicoquímicos en puntos georreferenciados durante el 2025. Los resultados revelaron una marcada heterogeneidad: Lejanías presentó mayores extremos hídricos, mientras que Mesetas mostró un régimen pluviométrico alternante. Los suelos evidenciaron acidez elevada (pH 4,4–5,3) y deficiencias nutricionales que limitan el rendimiento. Estadísticamente, solo en la finca El Rubí se halló una correlación negativa significativa entre temperatura y productividad ( $\rho = -0,90$ ;  $p < 0,05$ ); en las demás, las asociaciones fueron bajas, sugiriendo una influencia climática supeditada al contexto local. En síntesis, la productividad cafetera depende de una interacción compleja de factores edafoclimáticos con variaciones espaciales. Se recomienda implementar planes de manejo adaptativos, monitoreo climático predial y estrategias nutricionales específicas para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad del sistema caficultor del sector.

**Palabras clave:** Caficultura; variabilidad climática; suelo; agroecosistemas

## Abstract

Coffee farming in Lejanías and Mesetas (Meta) is strategic for the regional economy and social fabric; however, it faces challenges related to climate variability, soil degradation, and low adoption of sustainable practices. This study analyzed the impact of agroclimatic variables (precipitation, temperature, relative humidity) and edaphic conditions on the productivity of six *Coffea arabica* farms (Cenicafé 1 and Castillo varieties). Using a mixed and applied approach, the research was structured in three phases. The first phase involved characterization, agroecosystem typification, and analysis of the main agroecological structure (connectivity and diversity). The second phase consisted of climate analysis for the 2018–2024 period using data from IDEAM and Agrosavia, applying Spearman's coefficient to correlate climate variables with productivity (kg/ha). The third phase comprised soil analysis, including the evaluation of physicochemical parameters at georeferenced points during 2025. The results revealed marked heterogeneity: Lejanías showed greater hydric extremes, while Mesetas exhibited an alternating rainfall regime. The soils showed high acidity (pH 4.4–5.3) and nutritional deficiencies that limit yields. Statistically, only the El Rubí farm showed a significant negative correlation between temperature and productivity ( $\rho = -0.90$ ;  $p < 0.05$ ); in the remaining farms, associations were weak, suggesting that climatic influence is conditioned by local context. In summary, coffee productivity depends on a complex interaction of edaphoclimatic factors with spatial variations. The implementation of adaptive management plans, farm-level climate monitoring, and site-specific nutritional strategies is recommended to strengthen the resilience and sustainability of the coffee-growing system in the area.

**Keywords:** Coffee farming; climate variability; soil; agroecosystems

## Introducción

La caficultura colombiana, además de representar un pilar económico nacional, constituye un sistema socioproductivo con profundas implicaciones ecológicas, culturales y territoriales. En departamentos como el Meta, especialmente en municipios como Lejanías y Mesetas, el cultivo del café (*Coffea arabica*) ha cobrado importancia creciente no solo como renglón productivo, sino como alternativa sostenible para la economía campesina y la consolidación de procesos de desarrollo rural. Sin embargo, este sistema enfrenta desafíos cada vez más complejos derivados del cambio climático, la variabilidad climática, los mercados globales y las condiciones edáficas locales, entre otros.

Las alteraciones en los regímenes de precipitación, el incremento en la frecuencia de eventos extremos y las limitaciones nutricionales de los suelos representan factores determinantes que afectan directamente la productividad y la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. En este contexto, se hace necesario un análisis integral que permita comprender las dinámicas entre las variables agroclimáticas y edáficas y su efecto en la productividad del café.

La presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto de las variables agroclimáticas y edáficas sobre la productividad de agroecosistemas cafeteros en los municipios de Lejanías y Mesetas. Para ello, se plantea una metodología dividida en tres fases: i) caracterización y tipificación de las fincas cafeteras mediante encuestas a productores, ii) evaluación del efecto de la precipitación, temperatura y humedad relativa sobre la productividad del café, y iii) análisis comparativo de la fertilidad de los suelos, contrastando los resultados con los rangos recomendados por la Federación Nacional de Cafeteros. Este estudio busca generar conocimiento aplicable para los productores, investigadores y tomadores de decisiones,

aportando al fortalecimiento de los sistemas cafeteros del piedemonte llanero desde una perspectiva agroecológica y climáticamente resiliente.

## Planteamiento del Problema

La caficultura en los municipios de Lejanías y Mesetas es fundamental para la economía de familias rurales. Sin embargo, enfrenta desafíos que amenazan su sostenibilidad, principalmente la variabilidad climática, la degradación de los suelos y la vulnerabilidad económica de los productores.

El cambio climático con sus diferentes manifestaciones ha alterado los patrones de lluvia y temperatura, afectando el desarrollo del cultivo de café en sus dinámicas fisiológicas y productivas, además de exacerbar la incidencia y severidad de enfermedades y plagas, (IDEAM, 2023).

En este mismo sentido la degradación de suelos por prácticas agrícolas intensivas y deforestación ha reducido tanto su fertilidad como sus condiciones físicas y microbiológicas que también limitan su productividad y aumenta los costos de producción (Corpoica, 2021).

Estos y otros aspectos tecnológicos y de mercados aumentan la vulnerabilidad económica de los productores, ante la fluctuación de precios y el alza de costos, ha reducido sus ingresos, poniendo en riesgo la rentabilidad de la actividad (Federación Nacional de Cafeteros, 2023).

A pesar de estos problemas, son escasos los estudios integrales que analicen la interacción entre clima, suelos y estructura agroecológica de los sistemas cafeteros, siendo más frecuentes investigaciones se han centrado en aspectos técnicos y económicos, limitando la formulación de estrategias holísticas.

## Justificación

El café (*Coffea arabica*) es uno de los cultivos más emblemáticos del país, pues representa una importante fuente de ingresos para miles de familias campesinas, además de estar articulado a procesos socioculturales, económicos y ecológicos en los territorios rurales. Sin embargo, su cultivo enfrenta crecientes desafíos como la variabilidad climática, donde factores como la temperatura, la precipitación y la humedad relativa influyen significativamente en el desarrollo del cafeto y en la funcionalidad de los agroecosistemas cafeteros, además de otros factores que generan el deterioro de los suelos. Diversos estudios advierten que el cambio climático está modificando las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo, que compromete tanto la cantidad como la calidad del grano (Bunn et al., 2014). En consecuencia, resulta prioritario analizar estos factores desde una perspectiva territorial y productiva.

La presente investigación responde a la creciente necesidad de comprender los factores que afectan la productividad del café, particularmente en zonas emergentes como los municipios de Lejanías y Mesetas, en el departamento del Meta. En este marco, el primer objetivo específico, caracterizar y tipificar los agroecosistemas cafeteros de Lejanías y Mesetas, parte del reconocimiento de que cada sistema posee condiciones particulares que determinan su sostenibilidad. Identificar esas características es clave para orientar estrategias de manejo más resilientes. Estudios previos han demostrado que la integración de prácticas agroforestales puede mejorar la adaptación al cambio climático, al proporcionar sombra, regulación hídrica y mayor diversidad biológica (Jha et al., 2014).

El segundo objetivo evaluó el efecto de las variables climáticas sobre la productividad, evidenciando que la temperatura y la precipitación no solo inciden directamente en el rendimiento del café, sino que también afectan su interacción con plagas y enfermedades, como

la roya (Avelino et al., 2012). Adicionalmente, las alteraciones en las temporadas de cosecha influyen en la rentabilidad del cultivo y en la estabilidad económica de los productores. En este sentido, un análisis multivariable que articule información climática y productiva permitirá entender de forma más precisa estos impactos.

El tercer objetivo, analizó las condiciones edáficas y su relación con la productividad, responde a la importancia del suelo como factor determinante en la salud y vigorosidad de los cafetos. La composición fisicoquímica del suelo, su capacidad de retención de agua y su nivel de fertilidad influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes y, por ende, en el desempeño de los cultivos (Delgado-Vargas et al., 2022). En regiones como el Meta, donde existe alta heterogeneidad edáfica, comprender estas dinámicas resulta esencial para diseñar prácticas agrícolas sostenibles que maximicen la producción y reduzcan impactos ambientales (Bravo-Monroy et al., 2016).

De este modo, la investigación no solo adquiere relevancia científica y técnica, sino también un profundo valor social, al ofrecer insumos para la toma de decisiones de los caficultores locales. La propuesta metodológica integra enfoques cuantitativos y cualitativos, lo cual permite una comprensión holística de las interacciones entre clima, suelo y productividad, brindando herramientas concretas para el fortalecimiento de la caficultura en el piedemonte llanero.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el impacto de las variables agroclimáticas sobre la productividad de la caficultura en agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar y tipificar los agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta.

Evaluar el efecto de las variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad relativa) sobre la productividad del cultivo de café en los municipios de Lejanías y Mesetas.

Determinar el efecto de las condiciones edáficas sobre la productividad de la caficultura en estos municipios

## Marco Conceptual y Teórico

**Los agroecosistemas** son sistemas ecológicos que han sido modificados por la actividad humana para la producción agrícola. Estos sistemas integran componentes bióticos y abióticos, incluyendo el suelo, el agua, las plantas, los animales y los microorganismos, en un contexto que también abarca factores sociales y económicos (Albaladejo-García, 2023).

A diferencia de los ecosistemas naturales, los agroecosistemas son diseñados y gestionados para maximizar la producción de alimentos y otros recursos, mientras que buscan mantener la sostenibilidad y la salud del medio ambiente (Restrepo et al., 2022). Una característica esencial de los agroecosistemas es su capacidad para albergar biodiversidad. Por ejemplo, los agroecosistemas de café en Colombia han demostrado ser hábitats para una variedad de especies de aves, lo que resalta su potencial para contribuir a la conservación de la fauna silvestre (Restrepo et al., 2022).

La diversidad de cultivos y prácticas agrícolas dentro de estos sistemas puede mejorar la resiliencia frente a plagas y enfermedades, así como aumentar la productividad a largo plazo (Casillas-González et al., 2022). Los agroecosistemas también son fundamentales para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. La agricultura familiar, que a menudo se basa en agroecosistemas sostenibles, juega un papel crucial en la provisión de alimentos y en el sustento de comunidades rurales (Flota, 2024; Mendoza, 2024). Estos sistemas no solo producen alimentos, sino que también ofrecen servicios ecosistémicos, como la regulación del ciclo del agua y la mejora de la calidad del suelo, que son vitales para la sostenibilidad ambiental (Ávalos & Chavero, 2020; Bouzo & Astegiano, 2018).

Sin embargo, los agroecosistemas enfrentan desafíos significativos, como la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y el impacto del cambio climático. La implementación de

prácticas agroecológicas, que promueven la sostenibilidad y la conservación de recursos, se ha propuesto como una estrategia efectiva para abordar estos problemas (Martínez-Sánchez et al., 2018; Zaidiza et al., 2019). Estas prácticas incluyen la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la conservación de hábitats naturales dentro de los paisajes agrícolas (Carreño, 2023) Los agroecosistemas son sistemas complejos que integran la producción agrícola con la conservación del medio ambiente. Su gestión adecuada es esencial para garantizar la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la resiliencia de las comunidades rurales frente a los desafíos ambientales actuales.

**La Agrobiodiversidad** desempeña un papel crucial en la fertilidad del suelo, la polinización de cultivos y el control biológico de plagas, lo que a su vez impacta la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas, incluidos los cafetales (Brenes, 2024; Villarreyna et al., 2020). En los cafetales, la biodiversidad se manifiesta no solo en la variedad de especies de café cultivadas, sino también en la flora y fauna asociadas que coexisten en el agroecosistema que se manejan bajo sombra, donde se conservan árboles nativos, estos pueden albergar una rica diversidad de especies, lo que contribuye a la estabilidad del ecosistema y la regulación de plagas (Brenes, 2024; Villarreyna et al., 2020). La presencia de una alta biodiversidad en estos sistemas puede mejorar la fertilidad del suelo al promover la actividad microbiana y la división de materia orgánica, lo que es esencial para mantener la salud del suelo y su capacidad productiva (Pardo-Plaza et al., 2019).

Sin embargo, la agrobiodiversidad enfrenta serias amenazas debido al cambio climático y a las prácticas agrícolas insostenibles. El deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales, causado por el cambio climático, puede llevar a una disminución de la biodiversidad, lo que a su vez afecta la productividad del sector cafetero (Montaño-Roldan, 2023; Amico & Pellat, 2018).

Por ejemplo, el aumento de temperaturas y la variabilidad en las precipitaciones pueden alterar los hábitats de las especies que dependen de los cafetales, afectando la polinización y el control biológico de plagas (Montaño-Roldan, 2023; Amico & Pellat, 2018). La pérdida de biodiversidad no solo tiene implicaciones ecológicas, sino que también repercute en la economía de las comunidades que dependen del café como fuente de ingresos.

La disminución de la biodiversidad puede resultar en una menor resiliencia de los cultivos frente a enfermedades y plagas, lo que puede llevar a pérdidas económicas significativas para los productores (Amico & Pellat, 2018).

La biodiversidad es un componente esencial para la salud y la productividad de los agroecosistemas, incluidos los cafetales. La conservación de la biodiversidad no solo es vital para el mantenimiento de la fertilidad del suelo, sino que también es fundamental para la sostenibilidad y la resiliencia del sector cafetero frente a los desafíos del cambio climático.

**La Agroecología** es un enfoque integral que combina la ciencia y la práctica agrícola con un fuerte componente social y político, orientado a la sostenibilidad ambiental y la justicia social en la producción de alimentos. Se considera una disciplina que estudia los sistemas agropecuarios desde una perspectiva ecológica, integrando principios biológicos y sistémicos para promover la salud del suelo, la biodiversidad y el bienestar humano. (Cuesta, 2024; Altieri & Nicholls, 2021; Dussi & Flores, 2018).

Desde su conceptualización, la agroecología ha emergido como una alternativa necesaria frente a las prácticas agrícolas convencionales que dependen en gran medida de agroquímicos y monocultivos, lo cual ha llevado a una degradación significativa de los ecosistemas (Dussi & Flores, 2018; Carreño et al., 2019). La producción agroecológica se fundamenta en prácticas que diseñan sistemas agrícolas resilientes, favoreciendo la diversidad biológica y los ciclos naturales

(Abreu et al., 2012; Altieri & Nicholls, 2021; Molina-Murillo et al., 2017). Esto incluye técnicas como la rotación de cultivos, el uso de coberturas vegetales y el control biológico de plagas, que no solo contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente, sino que también promueven la seguridad y soberanía alimentaria (Molina-Murillo et al., 2017; Cuesta, 2024).

*La caracterización y tipificación de agroecosistemas* constituye un paso esencial para comprender la diversidad productiva y sociocultural de los territorios rurales. Según (Fonseca Carreño et al., 2018), este proceso permite identificar las diferencias en cuanto a prácticas agrícolas, uso del suelo, dinámicas socioeconómicas y condiciones ambientales, lo cual facilita establecer categorías comparativas entre las fincas.

**La Estructura Agroecológica Principal (EAP)** es un concepto introducido por León-Sicard (2018) que aborda la planificación del uso de la tierra en agroecosistemas, integrando aspectos culturales y ambientales. Este énfasis en la relación ecosistema-cultura permite considerar cómo las prácticas agroecológicas pueden mejorar la resiliencia, la producción y la diversidad dentro del contexto agronómico (Leguizamó et al., 2017; León-Sicard et al., 2018). La EAP se define como una estructura disipativa que puede ser llevada a cabo tanto en el interior como en el exterior de las fincas, facilitando un enfoque holístico para la gestión agrícola (León-Sicard et al., 2018).

La EAP se basa en la evaluación de múltiples factores que influyen en el agroecosistema, incluidas las dinámicas de interacciones entre diferentes componentes biológicos y ambientales. Este enfoque se complementa con metodologías específicas que permiten una mejor evaluación de la agrobiodiversidad, crucial para la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de los recursos en los agroecosistemas (Leguizamó et al., 2020; Leguizamó, 2018). La EAP, al permitir la identificación y cuantificación de corredores de manejo interno y externo, facilita el uso

estratégico de la vegetación natural como parte integral del sistema agrícola, lo que puede optimizar tanto la producción como la conservación de la diversidad biológica (León-Sicard et al., 2018).

A través de la implementación de la EAP, se fomentan prácticas agrarias que no solo buscan maximizar la producción, sino que también consideran la ecología del entorno y la cultura local de las comunidades agrícolas (Leguizamó et al., 2017; Leguizamó, 2018). De esta manera, la EAP no solo se presenta como una herramienta técnica para la planificación del uso de la tierra, sino también como un medio para promover el desarrollo sostenible y la resiliencia en contextos vulnerables a cambios ambientales y económicos (Leguizamó et al., 2020). Su metodología se expresa en un marco conceptual que interconecta teoría y práctica, sugiriendo pasos claros en la gestión de recursos y la implementación de medidas concretas que pueden adaptarse a las características específicas de cada agroecosistema (Leguizamó, 2018).

**El cambio climático** es un fenómeno global que se define como el "cambio previsible en el clima terrestre provocado por la acción humana que da lugar al efecto invernadero y al calentamiento global" (Seguido et al., 2021). Este fenómeno tiene impactos significativos en diversas regiones del mundo, como se evidencia en Sudamérica, donde se han identificado múltiples evidencias locales que contribuyen al entendimiento de sus efectos (Reyes-García et al., 2022). En este contexto, la adaptación al cambio climático se ha convertido en una necesidad crítica, especialmente en entornos urbanos, donde las ciudades juegan un papel vital tanto en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como en la adaptación a los impactos palpables del cambio climático a nivel local y regional. En este contexto, se requiere una evaluación sistemática y una implementación efectiva de políticas y estrategias que fomenten la resiliencia urbana (Rodríguez-Moreno et al., 2021; Enríquez-Prado et al., 2022). En

el ámbito de la salud, el cambio climático tiene efectos directos e indirectos, como el aumento de fenómenos atmosféricos extremos, la escasez de alimentos y agua, y sus implicaciones en la salud de las poblaciones, como se evidencia en El Salvador (Sorto, 2020). En el sector agrícola, la adaptación al cambio climático es crucial para mitigar los impactos en la producción de alimentos, especialmente en pequeñas extensiones de cultivos en regiones andinas de Colombia (Rodríguez et al., 2018).

**Variabilidad climática** se refiere a las fluctuaciones naturales en el clima de una región a lo largo del tiempo, que pueden manifestarse en cambios en la temperatura, aceleración y otros parámetros climáticos. Estas variaciones pueden ser de corta o larga duración y son influenciadas por diversos factores, incluyendo fenómenos atmosféricos como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la Oscilación Decadal del Pacífico (DOP). (González et al., 2022; Ochoa et al., 2022).

Un aspecto importante de la variabilidad climática es que se diferencia del cambio climático, que implica cambios a largo plazo en el clima global o regional debido a factores como el aumento de gases de efecto invernadero. Mientras que el cambio climático se refiere a tendencias a largo plazo, la variabilidad climática puede incluir patrones estacionales y eventos extremos que ocurren en períodos más cortos (Ochoa et al., 2022; Dimas, 2024). Por ejemplo, un estudio realizado en el cantón Chillanes, Ecuador, evidencia que la variabilidad climática afecta significativamente la agricultura en zonas rurales, sugiriendo que se deben buscar estrategias de adaptación, como la diversificación de cultivos más tolerantes (Verdezoto-Mendoza et al., 2021). Asimismo, la investigación sobre la variabilidad climática en la cuenca del río Chalpi Grande en Ecuador destacó que la variabilidad climática puede ser analizada mediante la determinación de anomalías en las variables climáticas, lo que permite entender mejor su impacto en los ecosistemas y las actividades humanas (Rengifo & Ochoa, 2023).

La variabilidad climática puede influir en la planificación hídrica y la gestión de recursos naturales. Por ejemplo, en el departamento del Casanare, Colombia, se ha observado que la variabilidad climática está dominada por la interacción océano-atmósfera, lo que afecta la disponibilidad de agua y, por ende, la agricultura y otras actividades económicas (Ruiz-Ochoa, 2023). Esto resalta la importancia de considerar la variabilidad climática en la toma de decisiones y en la formulación de políticas para la gestión sostenible de los recursos.

La variabilidad climática es un fenómeno natural que puede tener efectos significativos en los ecosistemas y las actividades humanas. Comprender sus patrones y causas es esencial para desarrollar estrategias de adaptación y mitigación que permitan enfrentar sus impactos.

**La mitigación** se refiere a las acciones y estrategias implementadas para reducir o limitar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, con el objetivo de disminuir la magnitud del cambio climático y sus efectos adversos. Este enfoque es fundamental para abordar la crisis climática actual, ya que busca atacar las causas del cambio climático en lugar de solo adaptarse a sus efectos (Mendiondo, 2023; Pérez & Zúniga-González, 2021). Una de las principales estrategias de mitigación incluye la transición hacia fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, que permiten reducir la dependencia de combustibles fósiles, responsables de una gran parte de las emisiones de CO<sup>2</sup> (Pérez & Zúniga-González, 2021), la implementación de prácticas sostenibles en la agricultura y la silvicultura, como la reforestación y la agricultura de conservación, también contribuye a la mitigación al aumentar la captura de carbono y mejorar la salud del suelo (Daza & Castañeda, 2019).

La mitigación no solo se centra en la reducción de emisiones, sino que también incluye el desarrollo de políticas y marcos regulatorios que promuevan la sostenibilidad y la resiliencia climática. Esto implica la colaboración entre gobiernos, empresas y la sociedad civil para crear

un entorno propicio para la implementación de medidas efectivas (Pérez & Zúñiga-González, 2021).

La mitigación es un enfoque integral que abarca una variedad de estrategias y acciones destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas sostenibles. La combinación de tecnología, educación y políticas adecuadas es esencial para enfrentar los desafíos que presenta el cambio climático y asegurar un futuro sostenible.

**La Adaptación de la agricultura a la variabilidad y el cambio climático** es un desafío crítico que requiere la implementación de estrategias efectivas para mitigar sus efectos y promover la resiliencia de los sistemas agrícolas. Los cambios en el clima, incluyendo alteraciones en temperaturas y patrones de precipitación, impactan significativamente la producción agrícola, especialmente en regiones vulnerables como América Latina y el Caribe (García, 2023).

La agroecología puede jugar un papel clave en este contexto, ya que promueve prácticas que no solo mejoran la producción alimentaria, sino que también aumentan la resiliencia frente a condiciones climáticas adversas (Conde et al., 2022). En Perú, se destaca que la agroecología puede contribuir tanto a la adaptación como a la mitigación de los efectos del cambio climático, al conseguir un equilibrio entre la producción alimentaria y la conservación del medio ambiente (Chazarin et al., 2014). Esta aproximación fomenta técnicas como la rotación de cultivos y la conservación del suelo, que son vitales para aumentar la capacidad de los agroecosistemas de responder a las perturbaciones climáticas (Pleguezuelo et al., 2017).

**La resiliencia de los agroecosistemas** es un concepto clave en el contexto del cambio climático, ya que se refiere a la capacidad de estos sistemas para recuperarse de perturbaciones externas y adaptarse a las condiciones cambiantes. La resiliencia no solo implica mantener la

producción agrícola en condiciones adversas, sino también conservar la biodiversidad, proteger los recursos naturales y garantizar la seguridad alimentaria en el futuro (Altieri et al., 2015; Vignola et al., 2015).

**La resiliencia a la variabilidad climática** es un aspecto crítico que involucra la capacidad de estos sistemas para adaptarse y recuperarse de las perturbaciones ambientales generadas por cambios climáticos. La variabilidad climática puede manifestarse a través de fenómenos como sequías, lluvias extremas y fluctuaciones de temperatura que afectan la producción agrícola y la seguridad alimentaria en diversas regiones, particularmente en aquellas con sistemas vulnerables y de dependencia de recursos hídricos (Verdezoto-Mendoza et al., 2021).

**La agroforestería.** La agroforestería se presenta como una práctica agrícola sostenible que combina la producción de cultivos y la conservación de árboles y arbustos en el mismo espacio, uno de los beneficios más destacados de la agroforestería es el aumento de la biodiversidad. Las plantaciones de café y cacao en sistemas agroforestales permiten la coexistencia de diferentes especies vegetales, lo que favorece un hábitat para diversos organismos y promueve la polinización y el control biológico de plagas (González-Zamora et al. 2016; Bisseleua et al., 2009). Esta mayor diversidad contribuye a la resiliencia del sistema agrícola frente a enfermedades y cambios climáticos adversos, como se evidenció en estudios que subrayaron que la diversificación de la sombra en las plantaciones de cacao mejora la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema (Bisseleua et al., 2009).

Asimismo, la agroforestería ayuda a la conservación del suelo y la mejora de su fertilidad. La presencia de árboles en los cafetales y cacaotales contribuye a la estabilidad del suelo a través de la reducción de la erosión y la mejora de la estructura del suelo (Jiang et al.,

2017; Garedew et al., 2019). Investigaciones han mostrado que los sistemas agroforestales permiten una mejor retención de agua y nutrientes en el suelo, lo cual es crucial en un contexto de cambios en los patrones de precipitaciones asociados con el cambio climático (Tsharntke et al., 2011; Martínez et al., 2024).

**La Producción Tropical Sostenible** se refiere a un enfoque de producción agrícola que busca maximizar la productividad y la rentabilidad en las regiones tropicales, al mismo tiempo que se minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente y se promueve la equidad social. Este concepto abarca prácticas que son respetuosas con el ecosistema, que conservan la biodiversidad y que utilizan los recursos de manera eficiente (Cristóbal et al., 2019).

Uno de los aspectos clave de la producción tropical sostenible es la integración de sistemas agroforestales, que combinan cultivos agrícolas con árboles y otras plantas perennes. Estos sistemas no solo mejoran la fertilidad del suelo y la retención de agua, sino que también proporcionan hábitats para la fauna y contribuyen a la mitigación del cambio climático al aumentar la captura de carbono (Delgado et al., 2021). Por ejemplo, el uso de especies como *Leucaena leucocephala* en sistemas de producción ganadera ha demostrado ser beneficioso para la sostenibilidad, al mejorar la calidad del forraje y la salud del suelo (Cristóbal et al., 2019).

La producción sostenible también se relaciona con la diversificación de cultivos, que puede aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a plagas y enfermedades, así como a cambios climáticos. La investigación ha demostrado que los sistemas de producción que incorporan una mayor diversidad de cultivos son más capaces de adaptarse a las variaciones climáticas y las fluctuaciones del mercado (Reina, 2024). La producción de cultivos mixtos de Musáceas en sistemas agroecológicos ha mostrado beneficios significativos en términos de sostenibilidad y resiliencia (Reina, 2024).

**Sustentabilidad** se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este concepto abarca tres dimensiones fundamentales: la social, la económica y la ambiental, que deben estar en equilibrio para lograr un desarrollo sostenible (De Aguiar et al., 2023).

La sustentabilidad constituye un enfoque integral que reconoce la interdependencia entre el bienestar económico, la equidad social y la protección del medio ambiente, tal como lo plantean Taco et al. (2021). Bajo esta perspectiva, las prácticas agrícolas sostenibles no solo favorecen la conservación de recursos naturales como la salud del suelo y la disponibilidad de agua, sino que también generan efectos positivos en las comunidades rurales al mejorar su calidad de vida y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas. En este sentido, Estrada (2024) destaca que la adopción de estrategias productivas sostenibles contribuye simultáneamente a la estabilidad ecológica, al bienestar social y a la viabilidad económica a largo plazo.

Para la evaluación de la sostenibilidad agropecuaria, existen metodologías que permiten medir de forma integral estas dimensiones, como el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), que facilitan el análisis dinámico y participativo de los sistemas agrarios y la identificación de estrategias de mejora. Además, se incluyen métodos para estimar la huella de carbono y la huella hídrica, que aportan una visión ambiental precisa para adecuar las actividades productivas a estándares internacionales y promover el uso eficiente de recursos hídricos en la agricultura (Fonseca Carreño et al., 2018).

La participación comunitaria es esencial para el éxito de las iniciativas de sustentabilidad, ya que fomenta un sentido de pertenencia y responsabilidad hacia el entorno (Aquino & Flores, 2023). Sin embargo, a pesar de la creciente conciencia sobre la importancia de la sustentabilidad,

todavía existen retos significativos. La falta de consenso sobre lo que constituye la sustentabilidad, así como la dificultad para implementar prácticas sostenibles en diferentes contextos, son obstáculos que deben ser superados (De Luna-Dávila, 2023). La presión económica y la búsqueda de beneficios a corto plazo a menudo entran en conflicto con los objetivos de sustentabilidad a largo plazo (Cattaneo et al., 2022).

La sustentabilidad es un concepto integral que abarca dimensiones sociales, económicas y ambientales. Su implementación requiere un enfoque colaborativo y multidisciplinario que considere las necesidades y perspectivas de todas las partes interesadas. La búsqueda de un equilibrio entre estos tres pilares es esencial para garantizar un futuro viable y equitativo para las generaciones presentes y futuras.

Un estudio sobre la agricultura familiar en Colombia destacó cómo la agrobiodiversidad puede ser un pilar para la sustentabilidad, al proporcionar alimentos y recursos de manera sostenible (Estrada, 2024). Desde una perspectiva económica, la sustentabilidad implica la creación de sistemas que no solo sean rentables, sino que también generan beneficios sociales y ambientales. Esto incluye la promoción de prácticas empresariales responsables que consideran el impacto de sus operaciones en la comunidad y el medio ambiente (López & Tittor, 2019). Por ejemplo, las empresas que adoptan políticas de responsabilidad social corporativa (RSC) a menudo buscan equilibrar sus objetivos económicos con el bienestar social y ambiental (Espinoza, 2023).

De igual manera, en la línea de instrumentos metodológicos robustos para la evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas, el estudio de Fonseca-Carreño y colaboradores (2016), empleó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) para valorar el desempeño productivo,

ambiental y financiero de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del río Cormechoque (Boyacá). Esta metodología incluyó la caracterización de componentes bióticos, tecnológicos y socioeconómicos mediante seis criterios de evaluación y quince indicadores categorizados en una escala del 1 al 5. Los resultados evidenciaron que el nivel de sustentabilidad está íntimamente vinculado a la capacidad cultural de las familias rurales para incorporar prácticas agrícolas eficientes, mantener biodiversidad y generar cohesión en torno a la actividad agropecuaria.

De acuerdo con Fonseca Carreño et al. (2018), los agroecosistemas sostenibles se caracterizan por integrar el manejo ecológico de los recursos con procesos de participación social, generando sistemas productivos más resilientes y capaces de enfrentar los retos de la variabilidad climática y la degradación edáfica. Este enfoque resulta clave para la caficultura del piedemonte llanero, donde los desafíos ambientales y sociales exigen estrategias de manejo integral que fortalezcan la sostenibilidad a largo plazo.

### **Factores del Cambio Climático que Contribuyen al Deterioro de la Fertilidad del Suelo en los Cafetales.**

**La fertilidad del suelo** se define como la capacidad que posee un suelo para suministrar de manera adecuada los nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal y, simultáneamente, mantener su estructura y el funcionamiento saludable del ecosistema. Esta propiedad es esencial para la producción agrícola y está condicionada por diversos factores, tales como la composición química del suelo, el contenido de materia orgánica, la actividad biológica y las prácticas de manejo implementadas por los agricultores (Centeno & Jiménez-Martínez, 2024). Entre estos factores, la materia orgánica se destaca como un componente clave, dado que no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de

retención de agua y favorece la actividad biológica, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema edáfico (Guzmán et al., 2019).

La materia orgánica se descompone en el suelo, liberando nutrientes que son asimilados por las plantas. Por ejemplo, un estudio en agroecosistemas de café en Nicaragua mostró que la incorporación de materia orgánica a través de prácticas de manejo adecuadas contribuye a mantener altos niveles de fertilidad del suelo (Centeno & Jiménez-Martínez, 2024). La fertilidad del suelo también puede verse afectada por la aplicación de fertilizantes. Un enfoque adecuado en la fertilización, que considere el análisis del suelo y los requerimientos específicos de los cultivos, puede mejorar significativamente el rendimiento agrícola. En un estudio realizado en Viotá, Colombia, se demostró que la dosificación precisa de fertilizantes incrementó el peso de los racimos de plátano en comparación con métodos de fertilización tradicionales (Silva-Arero et al., 2022). Esto resalta la importancia de diseñar planos de fertilización que se basen en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos puede llevar a la degradación de la fertilidad del suelo a largo plazo, afectando negativamente la salud del ecosistema (Olán et al., 2020). Por ello, se han propuesto prácticas agroecológicas, como el uso de abonos verdes y la rotación de cultivos, que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo de manera sostenible. Por ejemplo, el uso de leguminosas como abono verde no solo aporta nitrógeno al suelo, sino que también mejora su estructura y biodiversidad (Ube et al., 2024).

La gestión adecuada de la fertilidad del suelo es esencial para afrontar los desafíos del cambio climático. Prácticas como la agricultura de conservación, que incluye la reducción de la labranza y la cobertura del suelo, pueden ayudar a mantener la fertilidad y la salud del suelo, al tiempo que se mejora la resiliencia de los agroecosistemas (Nishikawa et al., 2023).

Para comprender los principales factores del cambio climático que contribuyen al deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales, es crucial considerar la interacción entre el cambio climático y la salud del suelo en estos sistemas agrícolas. Diversos estudios han abordado cómo el cambio climático afecta la fertilidad del suelo y la producción de café en diferentes regiones.

El aumento de fenómenos atmosféricos extremos, como sequías e inundaciones, provocadas por el cambio climático, puede alterar la estructura del suelo y disminuir su capacidad para retener nutrientes esenciales para las plantas, lo que afecta directamente la fertilidad del suelo en los cafetales (Sorto, 2020).

Además, el exceso de contaminación atmosférica derivada del cambio climático puede tener efectos negativos en la salud del suelo al alterar su composición química y biológica, lo que repercute en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Sorto, 2020). La pérdida de biodiversidad y carbono del suelo debido a los impactos antrópicos y al cambio climático puede resultar en alteraciones de los ciclos del carbono y en la funcionalidad de los ecosistemas, lo que contribuye al deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales (Muñoz- Rojas et al., 2021). Asimismo, la intensificación de la erosión del suelo causada por eventos climáticos extremos, como lluvias intensas, puede disminuir la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, lo que afecta la productividad de los cultivos, incluidos los cafetales (Robles et al., 2022).

Además, la deforestación para uso agrícola y el cambio de uso del suelo, agravados por el cambio climático, pueden contribuir a la degradación de la fertilidad del suelo en los cafetales, afectando la calidad y rendimiento de los cultivos (Medina & Castillo, 2020).

El cambio climático afecta la fertilidad del suelo en los cafetales a través de fenómenos atmosféricos extremos, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y carbono del suelo, la

erosión del suelo y los cambios en las estaciones de lluvia y temperatura. Estos factores interactúan de manera compleja y contribuyen al deterioro de la fertilidad del suelo, lo que representa un desafío para la producción sostenible de café en un contexto de cambio climático.

### **Impacto Actual del Deterioro de la Fertilidad del Suelo en la Productividad de los Cafetales.**

El deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales debido al cambio climático tiene un impacto significativo en la productividad de los cultivos de café. La disminución de la fertilidad del suelo en los cafetales puede estar relacionada con varios factores derivados del cambio climático, como se evidencia en la investigación sobre dinámicas de nitrógeno y retención de nitrato en sistemas agroforestales de *Coffea arabica* en Costa Rica Harmand et al. (2007). La fertilización excesiva con nitrógeno, un factor clave para la producción de café, puede provocar la lixiviación de nitrato en plantaciones altamente fertilizadas, lo que afecta la calidad del suelo y la productividad de los cafetales. Además, la disminución de la fertilidad del suelo en los cafetales debido a la continua explotación agrícola puede resultar en una disminución de la producción de café, como se observa en estudios que destacan la disminución de la fertilidad del suelo en propiedades físicas y químicas en tierras de café Arábica en Indonesia (Manfarizah, 2024).

La degradación de la fertilidad del suelo, tanto en términos físicos como químicos, puede afectar negativamente la capacidad del suelo para sostener la producción de café. Las alteraciones de las propiedades químicas y biológicas del suelo debido al monocultivo a largo plazo, como se observa en investigaciones sobre el impacto del monocultivo a largo plazo en las propiedades químicas del suelo y las comunidades microbianas en plantaciones de café, pueden contribuir al deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales (Zhao et al., 2018). La

disminución del pH del suelo, la reducción del contenido de materia orgánica y el aumento de la conductividad eléctrica son consecuencias del monocultivo a largo plazo que pueden afectar la productividad de los cafetales.

El deterioro de la fertilidad del suelo en los cafetales debido al cambio climático puede tener un impacto negativo en la productividad de los cultivos de café. La lixiviación de nutrientes, la degradación de la fertilidad del suelo por la explotación agrícola continua y el impacto del monocultivo a largo plazo son factores clave que contribuyen a la disminución de la productividad de los cafetales en un contexto de cambio climático.

**Caficultura**, el café (*Coffea arabica*) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, con una historia rica y variada que ha dejado una huella significativa en la cultura y la economía de muchas regiones. El café es una bebida habitualmente consumida en todo el mundo y ha sido un producto histórico social que ha trascendido en la identidad cultural de diversas poblaciones (Alvarenga et al. 2014). La producción de café ha sido un pilar económico para muchos países, generando divisas y empleos que sustentan a pequeños productores en regiones tropicales y subtropicales (Santiago-Santiago et al., 2020). La historia del café está estrechamente ligada a la geografía y la evolución de las prácticas agrícolas en diferentes regiones.

El café es originario de Etiopía (África), específicamente de la región de Kaffa, de donde deriva su nombre. La historia del café se remonta a siglos atrás, donde se cuenta que, en Etiopía, un pastor observó que sus cabras se volvieron más enérgicas después de consumir los frutos rojos de cierta planta. Este descubrimiento condujo a la introducción del café como una bebida estimulante que se expandió por todo el mundo árabe y posteriormente a Europa y otras regiones. El café pertenece a la familia Rubiaceas y al género *Coffea*. Las especies que tienen mayor importancia económica son el café arábigo y Robusta (Plazaola Safrián, 2019).

Existen alrededor de 124 especies de café en el mundo, pertenecientes al género *Coffea*. Estas especies se distribuyen en diferentes regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo, siendo las más conocidas y cultivadas *Coffea arabica* (café arábico) y *Coffea canephora* (café robusta). Estas dos especies son las más comunes en la producción comercial de café debido a sus características de sabor, aroma y adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo. El 80% del café se produce en Brasil siendo el mayor productor de café en la actualidad, seguido por Vietnam y Colombia, el restante 20% se produce en Centro América (Plazaola Safrián, K. M., 2019).

El café es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, con América Latina representando cerca del 60% de la producción global, liderada por Brasil como principal productor y exportador. La región mantiene una tradición cafetera fuerte, con consumo creciente y tendencias hacia cafés especiales y sostenibles que responden a cambios en el mercado y la demanda (Informe mercado café América Latina, 2025).

En Latinoamérica, los países caficultores enfrentan desafíos como el cambio climático, plagas y fluctuaciones de precios. Brasil y Colombia destacan en producción, pero también en la búsqueda de innovación y sostenibilidad para mantener la competitividad y la calidad. El consumo interno crece, y emergen nuevas formas de café y consumo en cafeterías especializadas (EFE, 2025).

En Colombia, la Federación Nacional de Cafeteros reportó una producción de 14,79 millones de sacos en los últimos 12 meses, cifra histórica en casi tres décadas, con incrementos en exportaciones y productividad. Aunque las zonas tradicionales como Antioquia, Caldas y Nariño siguen siendo el eje productivo, departamentos emergentes como Meta comienzan a consolidarse como importantes áreas con potencial para crecimiento sostenible, diversificación

regional y socioeconómica, además de impulsar prácticas agroecológicas y cadenas de valor para pequeños y medianos productores (Federación Nacional de Cafeteros, 2025).

En el contexto del Meta, la caficultura contribuye significativamente al desarrollo socioeconómico de la región, donde muchos habitantes dependen directamente de esta actividad para su sustento. Además, el café no solo es un producto agrícola significativo, sino que también se entrelaza con aspectos culturales y sociales de las comunidades cafetaleras (Sanabria-Gómez & Caro-Moreno, 2020).

Desde una perspectiva histórica, el progreso tecnológico en la caficultura colombiana ha sido un factor clave en el aumento de la productividad y la sostenibilidad de esta actividad. La Federación Nacional de Cafeteros ha desempeñado un rol crucial al difundir conocimientos y prácticas innovadoras que han mejorado las técnicas de cultivo y la calidad del café en el Meta (Sanabria-Gómez & Caro-Moreno, 2020).

Sin embargo, la caficultura en el Departamento del Meta también enfrenta diversos desafíos. Uno de estos desafíos incluye la necesidad de adoptar prácticas sostenibles que protejan la biodiversidad local y aseguren la calidad del suelo. Estudios han destacado la relevancia de integrar sistemas agroecológicos que fomenten la conservación de especies nativas y promuevan la biodiversidad en las fincas cafeteras (Perea-Gómez et al., 2024). Además, el contexto socioeconómico y las políticas públicas son fundamentales para el desarrollo de la caficultura en la región. La implementación de políticas que apoyen tanto a productores grandes como pequeños es esencial para fortalecer la competitividad local en un mercado global cada vez más exigente (Torres-Flórez et al., 2024).

## Condiciones Edafoclimáticas del Cultivo del Café

En el contexto colombiano, la caficultura se ha consolidado como un sistema productivo estratégico que integra dimensiones edafoclimáticas, tecnológicas y socioculturales. De acuerdo con Arcila (2025), el desarrollo del cafeto está condicionado por factores agroecológicos que determinan la dinámica de crecimiento y la productividad a lo largo de su ciclo de vida. Las fases vegetativas y reproductivas ocurren de manera secuencial y, posteriormente, se superponen, generando una alta dependencia de variables como la disponibilidad hídrica, la fertilidad del suelo, la temperatura y la humedad relativa. La comprensión de estas fases permite no solo orientar prácticas de manejo más eficientes, sino también identificar los momentos críticos en los que el cultivo es más sensible a variaciones ambientales. En la Tabla 1 se presentan las principales fases de desarrollo del cafeto y los factores determinantes adaptados de Arcila (2025).

**Tabla 1**

*Fases de Desarrollo del Cafeto y Factores Determinantes*

Fase	Descripción	Factores Determinantes
Desarrollo vegetativo inicial	Comprende germinación ( $\approx 2$ meses), almácigo (5–6 meses) y establecimiento en campo hasta la primera floración ( $\approx 11$ –14 meses).	Disponibilidad de agua, fertilidad inicial del suelo, pH adecuado (5,5–6,0), temperatura moderada (20–25 °C).
Desarrollo reproductivo	Inicia con la primera floración; desde entonces vegetativo y reproductivo. Incluye formación de flores, cuajado y llenado de frutos.	Fotoperiodo, alternancia de sequía y lluvia, disponibilidad de nutrientes (P, K, Ca, Mg), control de plagas y enfermedades.
Sistema radical	Raíces absorbentes concentradas en los primeros 30 cm del suelo; extensión radial de hasta 1,5 m alrededor del tallo.	Alta sensibilidad a acidez extrema ( $< \text{pH } 5,0$ ), saturación de Al ( $> 60\%$ ), bajo contenido de MO; requiere buena aireación y drenaje.
Maduración y cosecha	Frutos pasan de verde a rojo en 6–8 meses tras la floración, según variedad y condiciones climáticas.	Distribución de lluvias, temperatura (óptimo 18–23 °C), humedad relativa alta

		(>80 %) favorece floración, pero aumenta riesgo de roya y broca.
Senescencia	A partir de los 6–8 años disminuye la productividad; se recomienda renovación vía soca o resiembra.	Intensidad de manejo (fertilización, podas, control fitosanitario).
Factores abióticos clave	El rendimiento depende de la interacción suelo-clima.	Precipitaciones regulares para llenado de grano, períodos secos cortos para inducir floración, suelos con CIC >20 meq/100 gr de suelo, MO $\geq$ 3 %, saturación de bases >50 %.

*Nota:* Adaptado de *Arcila, J. (2025)*

Las condiciones climáticas ejercen una influencia directa sobre el crecimiento, la floración y el rendimiento del café. De acuerdo con Jaramillo Robledo (2018), factores como la temperatura, la precipitación, los excesos hídricos y los fenómenos asociados a El Niño y La Niña, generan impactos directos e indirectos en la fisiología de la planta y en los rendimientos, tal como se sintetiza en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Impactos de los Factores Climáticos Sobre el Cultivo de Café en Colombia*

Factor Climático	Impactos Directos en el Café	Impactos Indirectos
Altas temperaturas (>30 °C)	Disminuyen la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo; pueden inducir aborto floral y acelerar la maduración del grano, reduciendo calidad	Mayor susceptibilidad a plagas (ej. broca del café) y enfermedades
Deficiencia de lluvias (El Niño)	Reducción de floración, estrés hídrico y mortalidad de plantas jóvenes	Disminución de rendimientos, debilitamiento del sistema radicular, mayor vulnerabilidad a plagas
Excesos de lluvia (La Niña)	Caída de frutos por golpes de agua o viento; saturación hídrica que afecta raíces	Erosión de suelos, deslaves y proliferación de enfermedades fungosas (ej. roya, antracnosis)
Heladas y granizo	Daños físicos en ramas, hojas y frutos; necrosis en tejidos	Pérdida de área productiva, retraso en ciclos productivos
Vientos fuertes	Desgaje de ramas, deshidratación de hojas y flores	Incremento en la erosión de suelos y pérdida de cobertura

*Nota.* Adaptado de *Jaramillo Robledo (2018)*.

## Metodología

La investigación se realizó con enfoque aplicado, metodología mixta (cuantitativa y cualitativa), orientada al análisis de la relación entre variables agroclimáticas, condiciones edáficas y productividad del cultivo de café en los municipios de Lejanías y Mesetas (Meta) en la subregión del Piedemonte Llanero.

### Ubicación Geográfica del Área de Estudio

Este estudio se desarrolló en el Piedemonte Llanero del departamento del Meta, en los municipios de Lejanías y Mesetas. Esta zona de transición entre la Cordillera Oriental y las llanuras presenta altitudes entre 300 y 3.500 m s.n.m., con temperaturas medias cercanas a 23-30 °C. En términos pluviométricos, el Piedemonte Llanero se caracteriza por un régimen bimodal de lluvias, con acumulados anuales que en sectores pueden superar los 3.000 mm (Gestión Documental IDEAM, 21 de enero de 2025). Además, los suelos predominantes provienen de materiales sedimentarios y aluviales, lo que le otorga un potencial agrícola considerable, especialmente cuando se combina con manejo técnico adecuado.

En esta fase se realizó la georreferenciación de las fincas mediante Google Earth Pro, lo que permitió delimitar las áreas cafeteras y obtener perfiles topográficos detallados. Esta información constituye la base para diferenciar condiciones de altitud, pendiente y uso del suelo, variables que se relacionan estrechamente con la productividad, el manejo agronómico y la conservación ambiental.

**Municipio de Mesetas.** Ubicado en el occidente del departamento del Meta (3°23' N, 74°02' O), el municipio abarca una extensión aproximada de 2.448 km<sup>2</sup> y comprende tres de las fincas incluidas en este estudio:

**Finca El Rubí: Vereda Alto Andes.** La finca El Rubí, de propiedad del señor Leonardo Leiton Grajales, se localiza en la vereda Alto Andes, municipio de Mesetas, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.3423430 N, -74.1318134 W, con una altitud de 815 m s.n.m. Este predio cuenta con una extensión total de 17,75 hectáreas, caracterizándose por un uso del suelo diversificado que integra actividades agrícolas, pecuarias y de conservación ambiental.

Dentro de la superficie total, dos hectáreas están destinadas al cultivo de café, lo que representa aproximadamente el 11% del área del predio, reflejando una producción cafetera de mediana escala en el contexto del sistema productivo de la finca.

Adicionalmente, otras dos hectáreas se dedican a la producción agrícola de otros cultivos, mientras que 7 hectáreas corresponden a uso pecuario, orientado al manejo ganadero o de especies menores. Destaca la presencia de 6,7 hectáreas de área de reserva ambiental, destinadas a la protección de la cobertura boscosa y conservación de los recursos naturales, que representan cerca del 38% del área total de la finca.

**Finca La Siberia: Vereda Alto Andes.** La finca La Siberia, de propiedad del señor Fernando de Jesús Arango Paniagua, se encuentra ubicada en la vereda Alto Andes, municipio de Mesetas, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.3431379 N, -74.1337225 W, con una altitud de 783 m s.n.m. Este predio cuenta con una extensión total de 10,5 hectáreas, presentando un esquema de uso del suelo orientado principalmente a actividades pecuarias y caficultura, complementadas con áreas de conservación.

Dentro de la superficie total, dos hectáreas están dedicadas al cultivo de café, que representa aproximadamente el 19% del área total de la finca, lo que evidencia una producción cafetera de pequeña a mediana escala en el contexto del predio.

Adicionalmente seis hectáreas se destinan al uso pecuario, principalmente ganadería

extensiva o manejo de especies menores, consolidándose como la actividad predominante en términos de superficie. La finca dispone también de 2,5 hectáreas de área de reserva ambiental orientadas a la protección de recursos naturales y conservación de la cobertura vegetal. No se registran áreas agrícolas dedicadas a otros cultivos diferentes al café.

**Finca La Esmeralda: Vereda Las Brumas.** La finca La Esmeralda, de propiedad del señor Jorge Eliecer Leyton, se ubica en la vereda Las Brumas, municipio de Mesetas, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.3443656 N, -74.1366937 W, con una altitud de 820 m s.n.m. Este predio cuenta con una extensión total de seis hectáreas, presentando un uso del suelo orientado principalmente a la actividad pecuaria y, en menor medida, a la producción cafetera.

Dentro de la superficie total, una hectárea se dedica al cultivo de café, representando aproximadamente el 17% del área total de la finca, lo que evidencia una producción cafetera de pequeña escala en el contexto de este sistema productivo.

Adicionalmente cinco hectáreas están destinadas al uso pecuario, principalmente para actividades ganaderas, configurándose como la actividad predominante en términos de superficie utilizada. No se registran áreas agrícolas destinadas a otros cultivos ni áreas de reserva ambiental dentro del predio.

**Municipio de Lejanías.** Ubicado a 128 km de Villavicencio, este municipio presenta una topografía heterogénea que abarca desde los pisos térmicos cálidos (por debajo de 1.000 m s. n. m.) hasta zonas de páramo (por encima de 3.000 m s. n. m.), lo que se traduce en una amplia diversidad climática y ecológica. En su territorio se localizan las otras tres fincas objeto de estudio.

**Finca La Esmeralda: Vereda Lusitania.** La finca La Esmeralda, de propiedad del señor Francisco Hoyos, se ubica en la vereda Lusitania, jurisdicción del municipio de Lejanías, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.574296, -7400011, con una altitud de 875 m.s.n.m. El predio tiene una extensión total de 11,5 hectáreas, configurándose como una unidad productiva con un uso diversificado del suelo.

En esta finca 3,5 hectáreas se encuentran destinadas al cultivo de café, representando aproximadamente el 30% del área total, lo que evidencia la importancia de la caficultura como actividad productiva principal, en combinación con otros usos del terreno.

Adicionalmente, la finca cuenta con dos hectáreas orientadas a actividades agrícolas diferentes al café, tres hectáreas destinadas al uso pecuario, principalmente al manejo de ganadería o especies menores, y tres hectáreas reservadas como área de conservación ambiental, que cumplen funciones de preservación de la cobertura vegetal y protección de recursos naturales.

**Finca La Libertad: Vereda Guarumal.** La finca La Libertad, de propiedad de la señora Suldery Loaiza, se encuentra ubicada en la vereda Guarumal, municipio de Lejanías, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.5144210 N, -74.1013090 W, con una altitud de 1289 m s.n.m. Este predio cuenta con una extensión total de 21 hectáreas, configurándose como una unidad productiva de gran tamaño en comparación con las otras fincas estudiadas.

De la superficie total, 3 hectáreas están destinadas al cultivo de café, lo que representa aproximadamente el 14% del área total, reflejando un sistema productivo mixto en el que la caficultura convive con otras actividades. La actividad pecuaria ocupa una proporción predominante del predio, con 16 hectáreas orientadas principalmente a la ganadería extensiva o semiestabulada.

**Finca El Jardín: Vereda Naranjal.** La finca El Jardín, propiedad de Iván Darío Vega, se localiza en la vereda Naranjal, municipio de Lejanías, departamento del Meta, en las coordenadas geográficas 3.5455706 N, -74.0661496 W, con una altitud de 909 m s.n.m. El predio tiene una superficie total de 2 hectáreas, de las cuales el 100% del área efectiva (2 hectáreas) está dedicada al cultivo de café, consolidando a esta actividad como el eje productivo fundamental de la finca.

Adicionalmente, se reporta una pequeña área pecuaria de 0,01 hectáreas, destinada al manejo de animales en pequeña escala, mientras que no se registran superficies agrícolas dedicadas a otros cultivos ni zonas de reserva ambiental dentro del predio.

La selección de estos dos municipios responde a su relevancia en la caficultura del Meta, en un contexto de transición hacia economías sostenibles, donde el café se ha consolidado como alternativa frente a los cultivos ilícitos y como motor del desarrollo socioeconómico local.

El diseño metodológico se organizó en tres fases secuenciales e integradas, que corresponden a los objetivos específicos planteados.

**Fase 1. Caracterización y tipificación de los agroecosistemas cafeteros.** Esta fase tuvo como objetivo identificar, clasificar y describir los agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas, a partir de información integral recolectada directamente con los productores, mediante un enfoque ecosistémico y participativo.

Diseño y aplicación de encuestas estructuradas: Con el fin de complementar la caracterización de los agroecosistemas cafeteros, se diseñó y aplicó un instrumento estructurado de encuesta dirigido a productores de café de los municipios de Lejanías y Mesetas (Meta). La selección de los participantes se realizó bajo un criterio de muestreo por conveniencia, considerando la accesibilidad a las fincas y la representatividad territorial respecto a las

condiciones productivas y socioambientales de la región.

El cuestionario se estructuró en seis dimensiones analíticas:

1. **Ecofisiológica:** incluyó variables relacionadas con altitud, pendiente, disponibilidad de fuentes hídricas, cobertura vegetal, tipos de sombrero y especies acompañantes del cultivo.
2. **Biótica:** orientada a identificar la diversidad de especies arbóreas, avifauna, insectos y otros componentes de la biodiversidad presentes en cada agroecosistema.
3. **Sociocultural:** abordó la historia productiva del predio, el sistema de tenencia de la tierra, el nivel de organización comunitaria, la transmisión de saberes y las prácticas ancestrales vinculadas al cultivo de café.
4. **Económica:** recopiló información sobre costos de producción, ingresos derivados de la cafcultura, estrategias de diversificación, uso de insumos externos, comercialización y acceso a programas institucionales o certificaciones.
5. **Climática:** evaluó la percepción de los productores frente a la variabilidad climática, los eventos extremos (sequías, lluvias intensas) y las medidas de adaptación aplicadas localmente.
6. **Capital humano:** incluyó variables sobre nivel educativo, roles familiares en la producción, disponibilidad de mano de obra, participación femenina y procesos de relevo generacional.

Para homogenizar las respuestas y facilitar el análisis comparativo, se empleó una escala de valoración tipo Likert de 0 a 5, en la cual 0 correspondió a una condición inexistente o

indeseable, mientras que 5 representó la mejor condición posible en el contexto agroecológico y socioproductivo de la región.

El análisis de la información se desarrolló mediante estadística descriptiva, identificando tendencias y distribuciones de frecuencia en cada dimensión. Posteriormente, se calcularon promedios ponderados por finca y por dimensión, lo que permitió establecer patrones de desempeño comunes y diferenciales. Estos resultados se integraron con los indicadores de productividad y con las características edafoclimáticas, con el fin de generar una visión holística de la relación entre factores ambientales, sociales y productivos.

La representación gráfica de los resultados se realizó principalmente a través de gráficas radiales, que facilitaron la comparación multivariable de cada finca en las seis dimensiones analizadas, y de gráficas de barras, que permitieron contrastar de manera puntual las fortalezas y limitaciones identificadas en los agroecosistemas cafeteros evaluados.

**Estudio de la Estructura Agroecológica Principal (EAP).** Paralelo a la aplicación de encuestas, se realizó un levantamiento de información en campo bajo un enfoque agroecológico, con el fin de evaluar la Estructura Agroecológica Principal (EAP) de cada agroecosistema cafetero. La EAP se concibe como el conjunto de elementos naturales y seminaturales que sostienen la funcionalidad ecológica de los paisajes productivos, garantizando procesos esenciales como la conectividad biológica.

El propósito de la evaluación fue determinar el grado de integración ecológica y sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros, identificando fortalezas y limitaciones en la configuración de la EAP, así como su incidencia en la resiliencia frente a la variabilidad climática.

Se consideraron los siguientes elementos estructurales:

- Corredores biológicos: franjas de vegetación que conectan fragmentos de bosque o sistemas productivos, favoreciendo el flujo genético y el movimiento de fauna.
- Cercas vivas: barreras vegetales utilizadas como linderos o protección, que aportan servicios ecosistémicos (sombra, hábitat, control de erosión).
- Franjas de conservación: áreas destinadas a la protección de cuerpos de agua, nacederos y suelos frágiles.
- Cuerpos de agua: quebradas, caños, nacederos o reservorios presentes en la finca.
- Barreras naturales: elementos de topografía o vegetación que protegen frente a erosión o vientos.
- Áreas de policultivo: espacios con diversidad de especies cultivadas o asociadas al café, que aportan heterogeneidad y resiliencia productiva.

La información se recolectó mediante observación directa y registro georreferenciado de cada componente, complementada con entrevistas al productor para validar prácticas de conservación implementadas. Se utilizó una ficha de campo (Ver apéndice B) en la que cada elemento fue descrito en cuanto a:

- Presencia o ausencia.
- Extensión aproximada (m o ha).
- Estado de conservación (escala de 0 a 5, donde 0 corresponde a ausencia y 5 a excelente condición).
- Funcionalidad ecológica percibida (ej. conectividad, protección hídrica, hábitat).

Cada finca fue valorada a partir de criterios estandarizados, donde a cada componente se le asignó un puntaje en una escala de 0 a 10, en función de su nivel de cumplimiento.

Posteriormente, los valores fueron integrados mediante la siguiente fórmula:

$$EAP = CEEP + ECE + DCE + DCI + ECI + US + MA + PO + PC + CA$$

donde:

- CEEP: Conexión con la Estructura Ecológica Principal.
- ECE: Extensión de los Conectores Externos.
- DCE: Diversidad de Conectores Externos.
- DCI: Diversidad de Conectores Internos.
- ECI: Extensión de Conectores Internos.
- US: Uso del Suelo.
- MA: Mano de Obra.
- OP: Otras Prácticas.
- PC: Prácticas de Conservación.
- CA: Capacidad de Acción.

La valoración de cada componente de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) se realizó mediante la asignación de puntajes, los cuales fueron consolidados en una matriz comparativa por finca. Posteriormente, los resultados se representaron en gráficas radiales, lo que permitió identificar patrones diferenciales en la configuración agroecológica y distinguir aquellas fincas con mayor grado de integración frente a las que presentan un menor desarrollo de los componentes. Para facilitar la interpretación de estos resultados, en la Tabla 3, el desempeño de la EAP se expresó en una escala colorimétrica, en la cual cada color corresponde a un rango

de cumplimiento previamente definido, evidenciando de manera clara el nivel de robustez o fragilidad de cada agroecosistema.

### Tabla 3

#### *Escala Valorativa de la EAP*

Interpretación de la EAP	Valor Numérico
Fuertemente desarrollada	4,0 – 5,0
Moderadamente desarrollada	3,0 – 4,0
Ligeramente desarrollada	2,0 – 3,0
Débilmente desarrollada, con potencial cultural para complementarla	1,0 – 2,0
Sin estructura o con estructura débilmente desarrollada	< 1,0

*Nota:* Tomado de Fonseca (2024).

Se realizó la georreferenciación de cada finca mediante dispositivos GPS, y se integró esta información en *Google Earth Pro*. Esto con el fin de construir los mapas temáticos que representaron la ubicación de las fincas y la relación altitudinal

**Fase 2. Evaluación del efecto de las variables climáticas sobre la productividad.** En esta fase se estableció la relación entre las condiciones climáticas y los niveles de productividad del café en las fincas estudiadas.

Para el análisis de las variables climáticas se recopilaron series temporales mensuales correspondientes al periodo 2018–2024, que incluyeron precipitaciones máximas (mm), temperatura máxima (°C) y humedad relativa máxima (%). La información se obtuvo de las estaciones meteorológicas más cercanas, administradas por el IDEAM y la Red Climática de Agrosavia (ver Apéndice D).

Con el propósito de homogenizar la información, se realizó una depuración inicial consistente en:

- Estandarización de las unidades (mm para precipitación, °C para temperatura y % para humedad relativa).
- Cálculo de promedios y máximos mensuales.
- Posteriormente, se generaron series históricas acumuladas y gráficas comparativas, lo que permitió identificar tendencias interanuales y patrones estacionales en cada municipio.

La representación gráfica incluyó series de líneas para cada variable, gráficas combinadas (precipitación, temperatura y humedad) que ilustran su interacción en el tiempo y tablas comparativas que resumen los valores extremos y tendencias principales.

Análisis estadístico de correlación: Se aplicaron análisis de correlación de Spearman entre las variables climáticas y la productividad de café pergamino seco kg/ha, con el fin de identificar los factores que presentan mayor incidencia sobre el rendimiento.

Para evaluar la incidencia de las variables climáticas sobre la productividad (kg/ha), se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ), el cual mide la fuerza y dirección de la relación monotónica entre dos variables, calculado con la fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

donde:

- $d_i$  = diferencia entre los rangos de cada par de observaciones (rango de X – rango de Y).
- $n$  = número de observaciones.

Los valores de  $\rho$  se interpretan de la siguiente manera:

- $\rho = +1$ : Correlación positiva perfecta.

- $\rho = -1$ : Correlación negativa perfecta.
- $\rho \approx 0$ : No existe correlación monótona.
- Magnitud de la correlación: baja ( $|\rho| 0,1-0,3$ ), moderada ( $|\rho| 0,4-0,6$ ) y fuerte ( $|\rho| 0,7-1,0$ ).

El nivel de significancia estadística se determinó mediante el *valor p*, considerando una probabilidad de error de  $\alpha = 0,05$  (95 % de confianza). Un valor  $p < 0,05$  indica que la correlación observada es estadísticamente significativa.

**Fase 3. Análisis edáfico y relación con la productividad.** Esta fase se enfocó en evaluar el estado actual de los suelos y su influencia en la productividad cafetera de las seis fincas estudiadas.

Caracterización edáfica: Para identificar el impacto de las condiciones del suelo sobre la productividad cafetera, se realizó un análisis integral de los parámetros físicos y químicos en las seis fincas objeto de estudio. Las variables analizadas incluyeron pH, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases, acidez intercambiable (AI), macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B), determinados a partir de muestras tomadas en 2025 en puntos georreferenciados dentro de cada predio. Con el fin de interpretar adecuadamente estos resultados, se utilizaron como marco de referencia los rangos de clasificación definidos por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y Cenicafé para suelos cafeteros andisoles. Dichos rangos permiten categorizar cada parámetro en niveles bajo, medio y alto, de acuerdo con su influencia sobre la fertilidad y la productividad cafetera.

**Figura 1***Clasificación de las Propiedades Químicas del Suelo para Café*

Propiedad del suelo	Bajo	Medio	Alto
pH	< 5,0	5,5 – 5,5	> 5,5
Materia orgánica, %	< 8,0	8,0 – 16,0	> 16
Nitrógeno, %	< 0,34	0,34 – 0,58	> 0,58
Fósforo, mg.kg <sup>-1</sup>	< 10	10,0 – 20,0	> 20,0
Potasio, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	< 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4
Calcio, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
Magnesio, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	< 0,6	0,6 – 0,9	> 0,9
Azufre, mg.kg <sup>-1</sup>	< 6,0	6,0 – 12,0	> 12,0
Aluminio, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	< 1,0		> 1,0
CICE, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	< 3,0	3,0 – 6,0	> 6,0

Los métodos empleados para los rangos establecidos corresponden a:

- pH: Potenciométrico en relación suelo:agua 1:1 (p/p)
- Materia orgánica: Walkley Black y determinación por colorimetría a 485 nm
- Nitrógeno total: Kjeldahl
- Fósforo: Extracción con Bray II y determinación por Bray – Kurtz colorimétrica a 660 nm
- Potasio, calcio y magnesio: Extracción con NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH=7,0 y determinación por Espectrofotómetro de absorción atómica-EAA.
- Azufre: Extracción con fosfato de calcio monohidratado 0,008 M y determinación turbidimétrica a 420 nm
- Aluminio: Extracción con KCl 1N y determinación por EAA
- CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva, determinado por la suma de cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio y aluminio)

Tabla 3. Clasificación de las propiedades químicas del suelo para café, en la etapa de producción. Adaptado de Sadeghian (2008a).

*Nota:* Tomado del *Manual del Cafetero Colombiano: Investigación y Tecnología para la Sostenibilidad de la Caficultura. Tomo 2, Cenicafé (2013).*

En particular, se destaca que la finca El Jardín cuenta con datos históricos de análisis de suelos en los años 2018, 2022 y 2025, lo que permitió realizar una evaluación multitemporal para identificar tendencias de mejora o degradación de la fertilidad edáfica. Esta comparación longitudinal se apoyó con gráficos descriptivos.

Estos resultados se relacionaron directamente con la productividad promedio del cultivo expresada en kg/ha de café pergamino seco, evidenciando una posible correspondencia entre deficiencias nutricionales, elevada saturación de aluminio y reducción de rendimientos.

**Triangulación con prácticas agrícolas.** Con el fin de interpretar de manera integral la relación entre la fertilidad del suelo y el manejo productivo, se realizó una triangulación entre:

1. Resultados de laboratorio → parámetros edáficos como pH, materia orgánica, CIC, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Zn, B, S, entre

otros).

2. Encuestas a productores → información relacionada con prácticas de fertilización, uso de enmiendas, conservación de suelos y rotación de cultivos.

3. Observaciones de campo (EAP) → registros sobre coberturas, arreglos de sombrío y prácticas de conservación implementadas.

La triangulación se realizó de manera descriptiva y analítica, es decir, contrastando directamente las prácticas reportadas y observadas con los valores obtenidos en los análisis de suelo. Esto permitió identificar:

- Coincidencias, cuando las prácticas de fertilización, conservación o rotación se reflejaron en parámetros edáficos más equilibrados.
- Tensiones, cuando pese a la aplicación de prácticas sostenibles persistían deficiencias o limitaciones en nutrientes, pH o capacidad de intercambio catiónico.

Este enfoque permitió reconocer la medida en que las prácticas de manejo adoptadas por los caficultores están contribuyendo (o no) a la sostenibilidad de los suelos y a la productividad cafetera.

**Relación edafoproductiva:** Se estableció un análisis cualitativo entre la fertilidad del suelo y los niveles de productividad (kg/ha), construyendo una matriz de interpretación para identificar limitaciones y fortalezas de cada finca.

## Resultados

Se seleccionaron seis fincas ubicadas en los municipios de Lejanías y Mesetas, que representan diferentes escalas y modelos de producción en los que la caficultura se integra con actividades pecuarias, agrícolas y de conservación ambiental. La caracterización detallada de estas fincas permite identificar patrones de uso del suelo, niveles de especialización cafetera, constituyéndose en un insumo esencial para el análisis descriptivo, estadístico y geoespacial de las variables agroclimáticas y edáficas que inciden en la productividad y rentabilidad de los sistemas cafeteros del territorio de estudio.

Este análisis constituye la base para comprender las características productivas y ambientales que enmarcan la dinámica cafetera en el territorio de estudio y servirá como insumo fundamental para el análisis de la influencia de las variables agroclimáticas y edáficas en la productividad de cada finca.

En este marco, se desarrollaron tres evaluaciones fundamentales: (i) la caracterización y tipificación de los agroecosistemas cafeteros de Lejanías y Mesetas, mediante la identificación de componentes ecológicos, socioculturales, económicos, tecnológicos, climáticos y humanos; (ii) la evaluación del efecto de las variables climáticas, precipitación, temperatura y humedad relativa sobre la productividad del cultivo de café; y (iii) la determinación del impacto de las condiciones edáficas en la productividad, con base en análisis físico químicos comparados frente a los rangos de referencia establecidos para suelos cafeteros. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de estas evaluaciones, los cuales permiten comprender integralmente los factores biofísicos y de manejo que condicionan el desempeño productivo de los agroecosistemas cafeteros en los municipios estudiados.

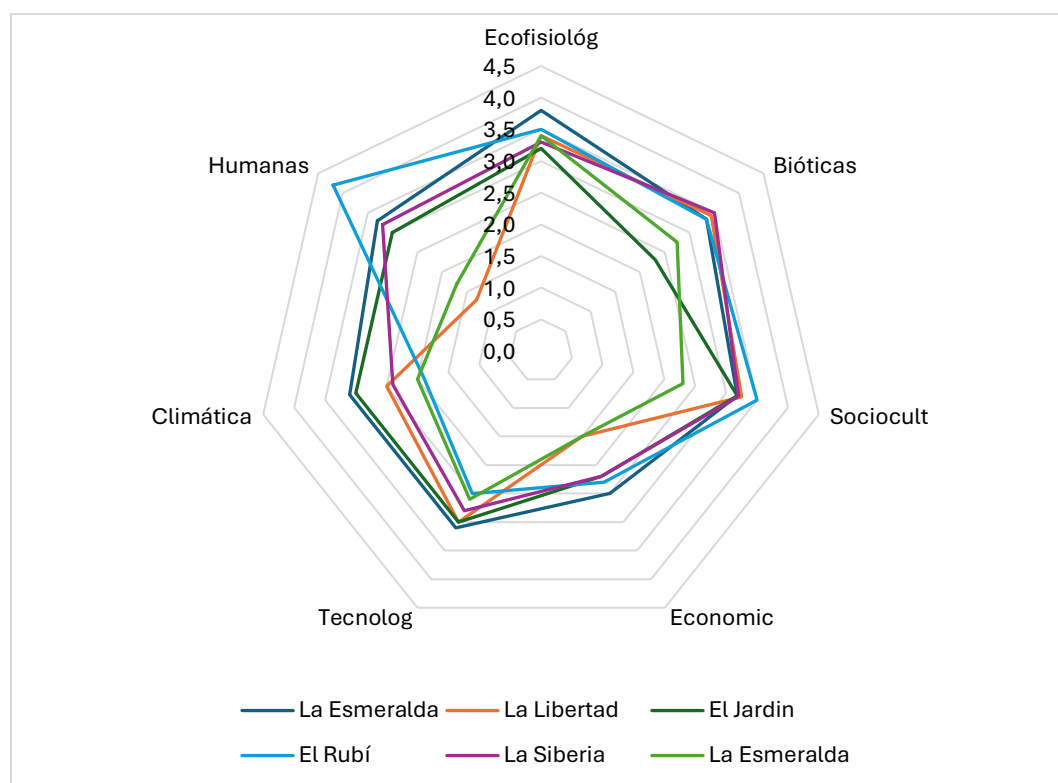
## **Caracterización y tipificación de los agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas**

En cumplimiento del primer objetivo específico, orientado a caracterizar y tipificar los agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas, se diseñó y aplicó un instrumento de recolección de información mediante encuesta semiestructurada a los productores seleccionados (Ver Apéndice A). Esta encuesta permitió evaluar un conjunto de variables agrupadas en siete componentes clave: ecofisiológicos, bióticos, socioculturales, económicos, tecnológicos, climáticos y humanos, cuyas calificaciones se consignaron en una escala estandarizada que facilitó la comparación entre fincas.

Cada componente fue calificado en una escala estandarizada de 0 a 5, donde 0 representa una condición inexistente o indeseable, mientras que 5 corresponde a la mejor condición posible dentro del contexto de la región (Ver figura 2). Este esquema de valoración permitió contrastar el desempeño de cada finca respecto a las demás, evidenciando con claridad fortalezas y limitaciones en cada dimensión.

**Figura 2**

*Desempeño de los Agroecosistemas Cafeteros en Siete Componentes Funcionales*



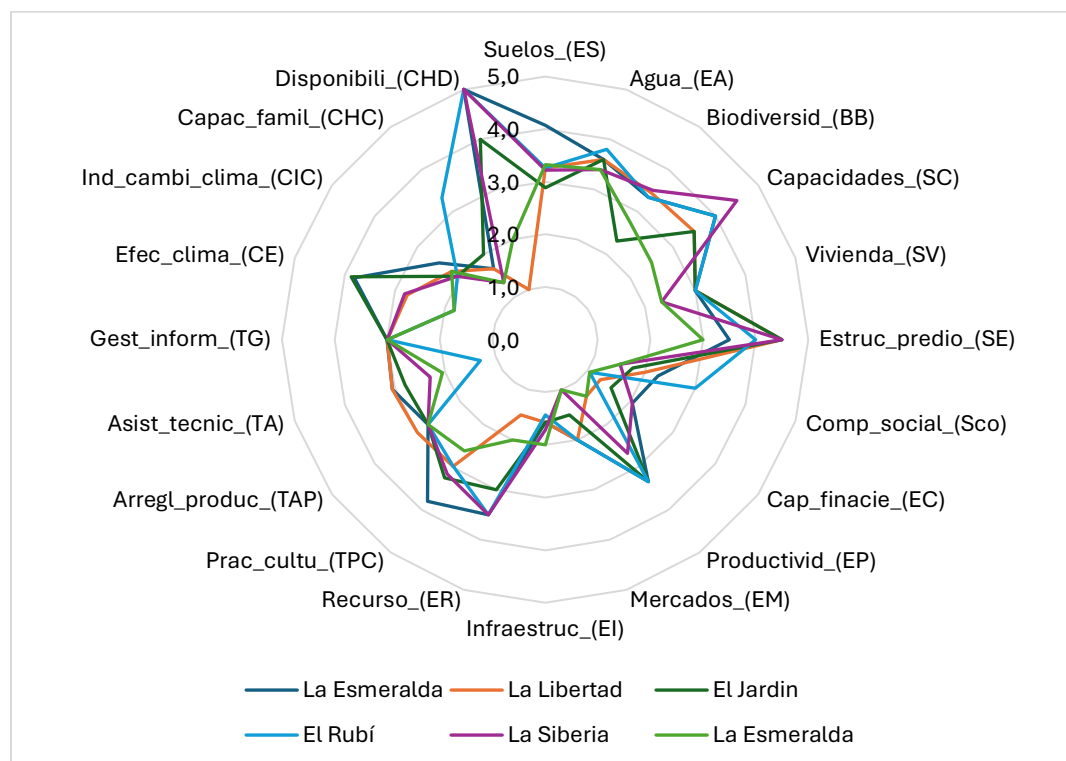
*Nota:* Gráfico de radar que resume el comportamiento de cada finca evaluada según los componentes: ecofisiológico, biótico, sociocultural, económico, tecnológico, climático y humano. Se destacan altos puntajes en los componentes naturales (ecofisiológico y biótico), mientras que los componentes humano y económico presentan mayores limitaciones.

La figura 2 sintetiza el desempeño global de las seis fincas en los siete componentes principales. En este gráfico se observa que los valores más altos ( $\geq 4$  en promedio) se concentran en los componentes ecofisiológicos y bióticos, lo que refleja condiciones naturales relativamente favorables para el cultivo de café (variedades Cenicafé 1 y Castillo). En contraste, los componentes económico y humano presentan puntuaciones más bajas ( $\leq 3$ ), indicando limitaciones en capital financiero, infraestructura y disponibilidad de mano de obra calificada. Particularmente, la finca El Rubí alcanza un puntaje destacado en el componente humano ( $\geq 4$ ),

evidenciando mayor disponibilidad de fuerza laboral y cohesión familiar, mientras que la finca La Esmeralda (Lejanías) sobresale en el componente tecnológico ( $\geq 4,5$ ), reflejando acceso a asistencia técnica y adopción de innovaciones.

### Figura 3

*Variables por Finca Agrupadas en Siete Componentes de Caracterización Agroecosistémica*



*Nota:* Gráfico de radar que representa 20 variables específicas organizadas por componente (suelo, agua, biodiversidad, estructura predial, capacidades técnicas, prácticas culturales, asistencia técnica, infraestructura, recursos económicos, entre otras). Permite identificar contrastes entre fincas en aspectos clave para la resiliencia y sostenibilidad.

La figura 3 detalla los resultados de 20 variables específicas organizadas dentro de los siete componentes. Allí se observa que, aunque los valores ecofisiológicos y bióticos mantienen puntajes medios-altos (3,5–4,5), existen marcadas diferencias en aspectos económicos, tecnológicos y humanos. Por ejemplo, las fincas La Esmeralda (Mesetas) presenta puntuaciones

bajas (<2,5) en capacidad financiera, infraestructura y organización social, lo que la sitúa como la finca con mayores restricciones. Por su parte, El Rubí y La Esmeralda (Lejanías) mantienen puntajes más altos en variables relacionadas con prácticas culturales, capacidades y asistencia técnicas (>4), mostrando mayor resiliencia y sostenibilidad relativa frente a las demás fincas. El componente tecnológico refleja también disparidades relevantes, con valores más altos en *La Esmeralda (Lejanías)* y *El Rubí*, que contrastan con el bajo desempeño en *La Esmeralda (Mesetas)* y *El Jardín*. Este panorama evidencia la importancia de fortalecer el acceso a asistencia técnica, innovación productiva y recursos económicos que contribuyan a mejorar la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas productivos.

**Tabla 4**

*Resumen por Finca y Componente*

Finca	Ecofisiológicos	Biótico	Sociocultural	Económico	Tecnológico	Climático	Humano
La Esmeralda (Lejanías)	Alto	Medio-Alto	Medio	Bajo-Medio	Alto	Medio-Alto	Medio
La Libertad	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio-Alto	Bajo	Medio	Medio	Bajo
El Jardín	Medio	Medio	Medio-Bajo	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Bajo-Medio
El Rubí	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto
La Siberia	Medio	Medio-Alto	Bajo	Bajo-Medio	Medio	Medio	Bajo
La Esmeralda (Mesetas)	Medio	Bajo-Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

*Nota:* “Alto” corresponde a valores promedio  $\geq 3,5$ . “Medio-Alto” entre 3,0 y 3,4. “Medio” entre 2,5 y 2,9. “Medio-Bajo” entre 2,0 y 2,4. “Bajo”  $\leq 1,9$ .

El análisis integral de los componentes evaluados permitió identificar particularidades en cada finca. *La Esmeralda (Lejanías)* presenta fortalezas en aspectos ecofisiológicos y

tecnológicos, con niveles aceptables en componentes humanos, mientras que evidencia restricciones económicas. *La Libertad* muestra un perfil intermedio, con condiciones ambientales favorables y limitaciones en capacidad financiera y tecnológica. *El Jardín* destaca por prácticas culturales estables, pero con deficiencias en infraestructura y organización social. *El Rubí* posee una alta disponibilidad de recursos humanos y desempeño intermedio en los demás componentes, siendo el componente climático su principal limitante. *La Siberia* se caracteriza por condiciones edáficas favorables, aunque sus restricciones socioculturales y económicas pueden limitar el desarrollo productivo. Finalmente, *La Esmeralda (Mesetas)* evidencia el menor desempeño global, especialmente en componentes económicos, tecnológicos y humanos, lo que refleja una situación de mayor vulnerabilidad productiva y social.

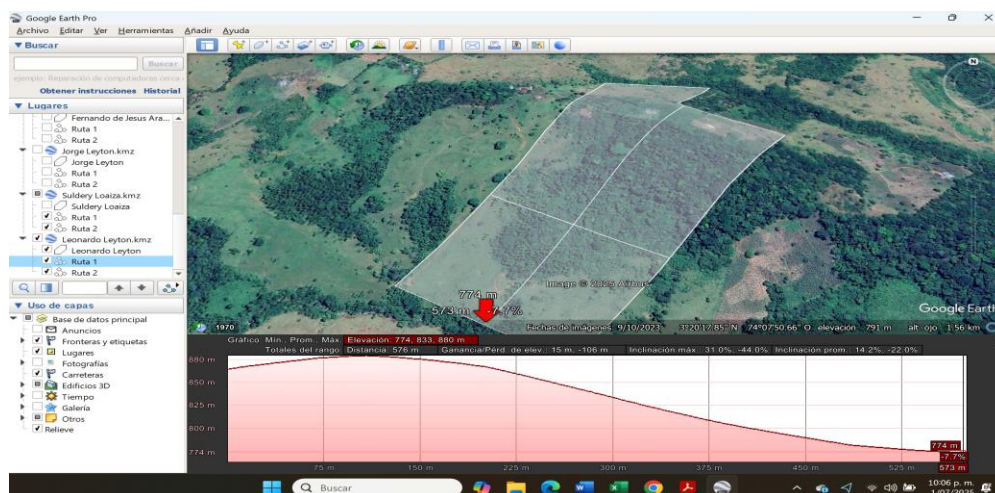
### **Estructura Agroecológica Principal -EAP**

La Estructura Agroecológica Principal (EAP) se evaluó como un indicador integral del grado de sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Como parte de la metodología, se realizó la georreferenciación de las seis fincas objeto de estudio mediante Google Earth Pro, lo que permitió delimitar con precisión las áreas en cultivo de café, identificar las pendientes y rangos altitudinales, y generar insumos cartográficos para la caracterización espacial de cada agroecosistema. Esta información geoespacial se integró posteriormente con la valoración de los componentes estructurales y funcionales de la EAP, fortaleciendo el análisis de la configuración agroecológica y el potencial productivo de las fincas.

A continuación, se presentan las delimitaciones geoespaciales y los perfiles topográficos correspondientes a cada finca:

## Figura 4

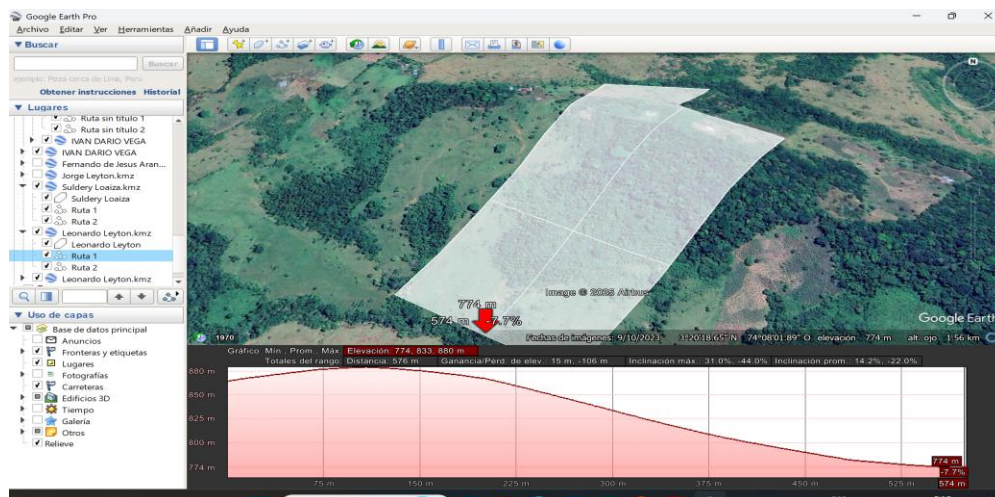
### Delimitación de la Finca El Rubí (Mesetas, Meta)



*Nota:* Área cafetera de la Finca El Rubí, vereda Alto Andes, municipio de Mesetas. El polígono delimitado mediante Google Earth Pro como parte del proceso de caracterización espacial del agroecosistema analizado.

## Figura 5

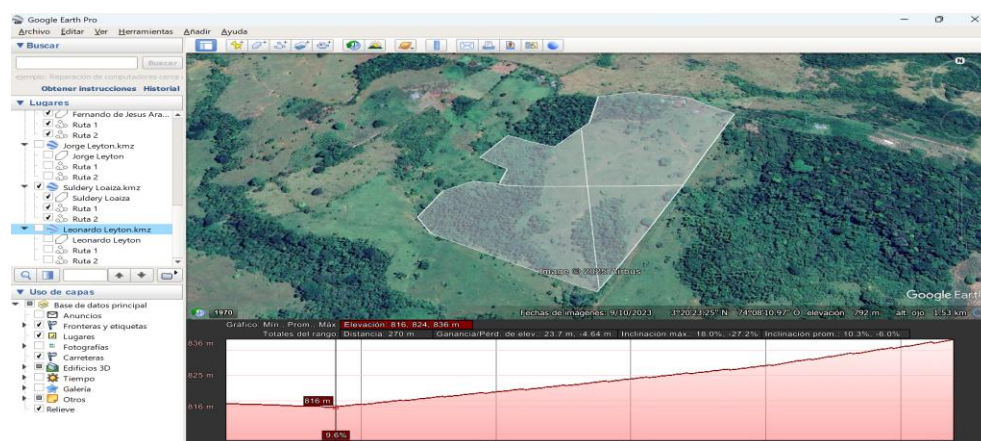
### Perfil Topográfico de la Finca El Rubí (Mesetas, Meta)



*Nota:* Perfil altitudinal de la Finca El Rubí. Se observa un rango de elevación entre 815 y 844 m.s.n.m., con pendientes variables que alcanzan hasta un 44%, lo cual representa un reto para las labores de manejo agronómico y conservación del suelo.

## Figura 6

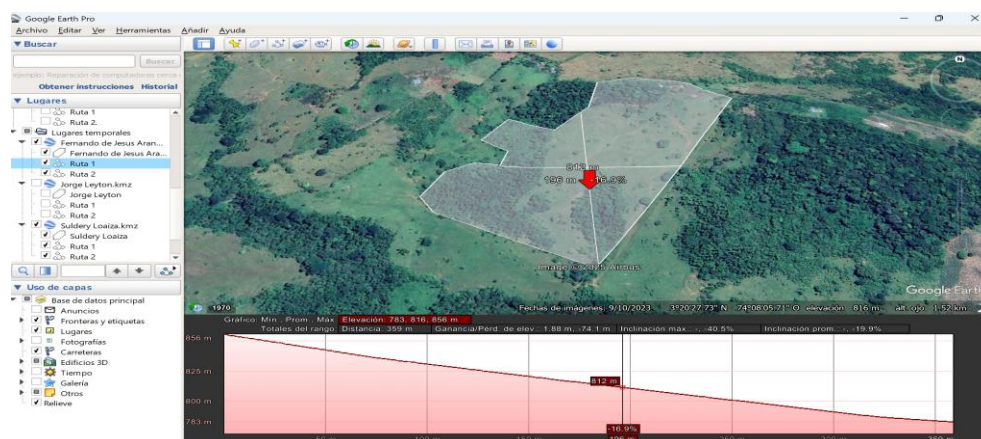
### Delimitación de la Finca La Siberia (Mesetas, Meta)



*Nota.* Área cultivada en café en la Finca La Siberia, vereda Alto Andes, municipio de Mesetas. El polígono fue trazado mediante Google Earth Pro como parte de la caracterización espacial de los agroecosistemas evaluados en el estudio.

## Figura 7

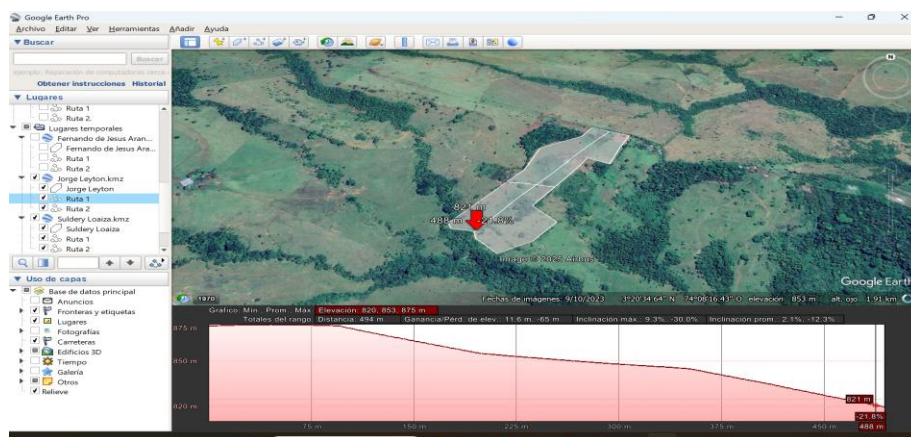
### Perfil Topográfico de la Finca La Siberia (Mesetas, Meta)



*Nota:* Perfil altitudinal de la Finca La Siberia, obtenido mediante Google Earth Pro. Se observa un rango de elevación entre 783 y 856 m.s.n.m., con pendientes máximas del 40,5% y una inclinación promedio del 19,9%, aspectos que inciden directamente en el manejo del cultivo y la conservación de suelos.

## Figura 8

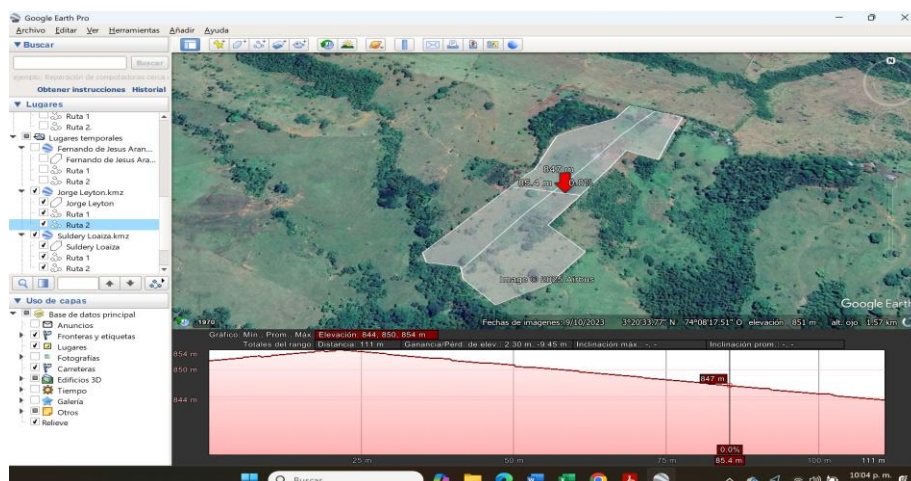
### *Delimitación de la Finca La Esmeralda (Mesetas, Meta)*



*Nota:* Delimitación geoespacial del área en cultivo de café de la Finca La Esmeralda, municipio de Mesetas. El polígono fue generado con Google Earth Pro como parte del proceso de caracterización espacial del agroecosistema analizado.

## Figura 9

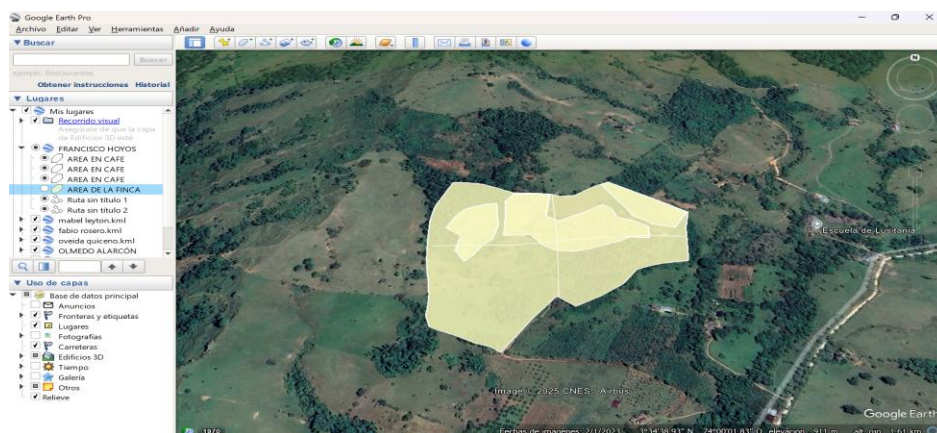
### *Perfil Topográfico de la Finca La Esmeralda (Mesetas, Meta)*



*Nota:* perfil de elevación de la Finca La Esmeralda. Se observa un rango altitudinal entre 844 y 856 m s.n.m. con inclinaciones moderadas, lo que puede incidir en la escorrentía superficial, la erosión del suelo y el manejo agronómico del cultivo.

**Figura 10**

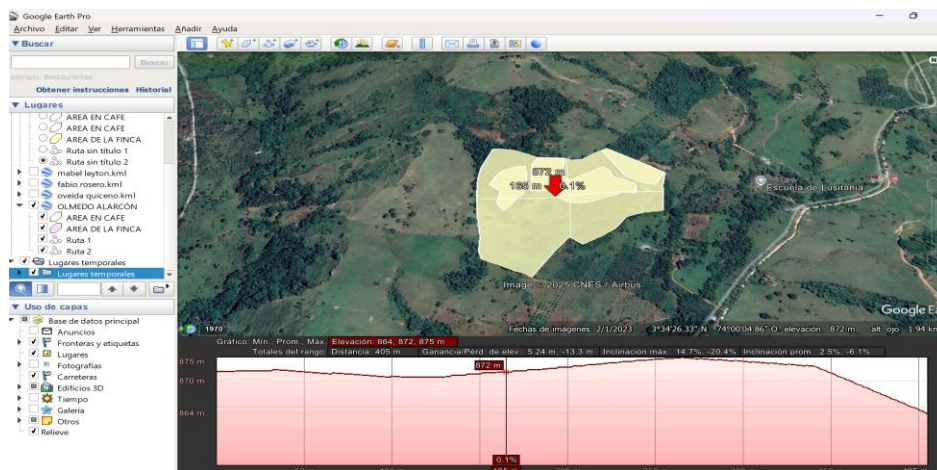
*Delimitación de la Finca La Esmeralda (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Representación geoespacial de la Finca La Esmeralda, vereda Lusitania, municipio de Lejanías. Delimitación realizada mediante polígono en Google Earth Google Pro como parte del proceso de caracterización espacial del agroecosistema analizado.

**Figura 11**

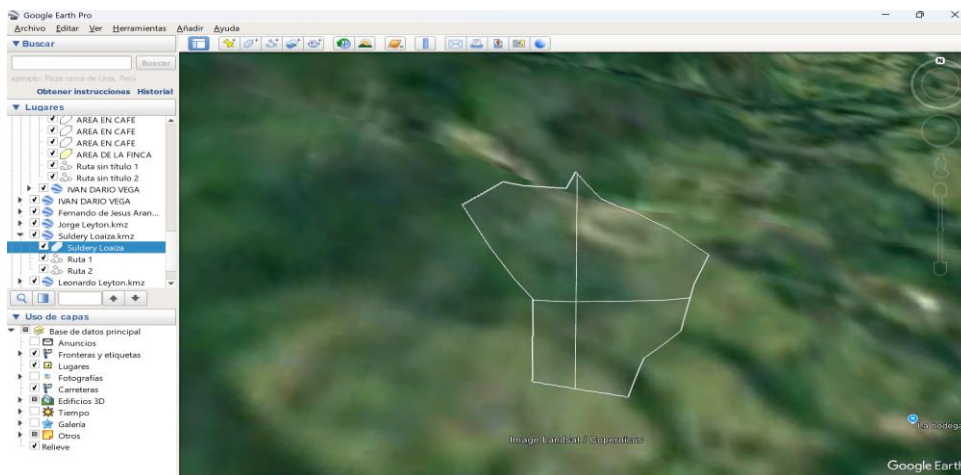
*Perfil Topográfico de La Finca La Esmeralda (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Perfil altitudinal generado en Google Earth Pro para la Finca La Esmeralda. El gráfico muestra una distancia de 405 m, con una altitud máxima de 875 m y mínima de 864 m, presentando una pendiente máxima del 20.4%.

**Figura 12**

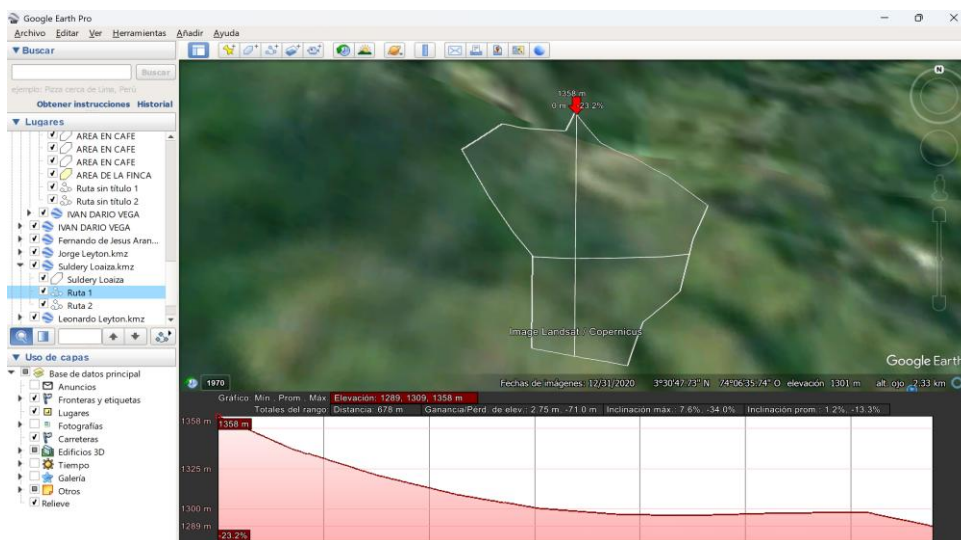
*Delimitación del Área Cafetera de la Finca La Libertad (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Área en cultivo de café de la Finca La Libertad, localizada en la vereda Guarumal, municipio de Lejanías. El polígono fue trazado mediante Google Earth Pro como parte de la caracterización espacial del agroecosistema objeto de estudio.

**Figura 13**

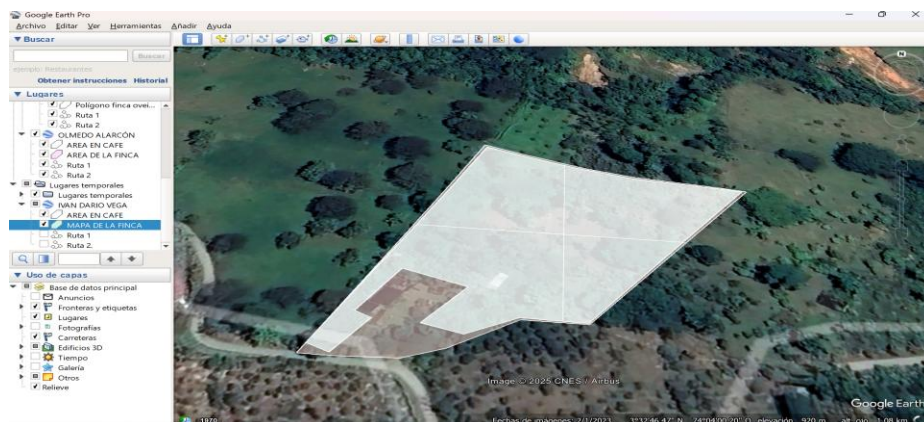
*Perfil Topográfico del Área Cafetera de la Finca La Libertad (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Perfil altitudinal generado en Google Earth Pro a lo largo de un transecto representativo en la Finca La Libertad. Se observa una elevación entre 1289 y 1358 m.s.n.m., con una pendiente máxima de 34%.

## Figura 14

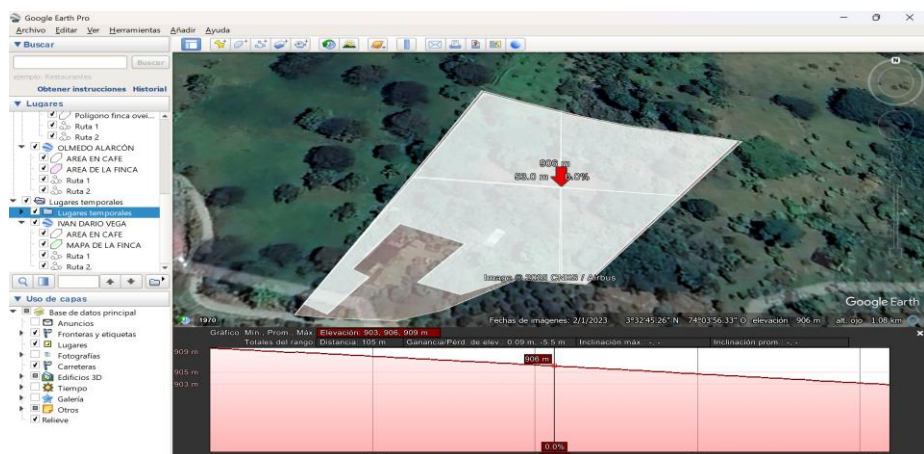
### *Delimitación de la Finca El Jardín (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Área de la Finca El Jardín, ubicada en la vereda Naranjal, municipio de Lejanías. El polígono fue trazado mediante Google Earth Pro como parte del proceso de caracterización espacial del agroecosistema analizado.

## Figura 15

### *Perfil Topográfico del Área Cafetera de la Finca El Jardín (Lejanías, Meta)*



*Nota:* Perfil altitudinal generado en Google Earth Pro para la Finca El Jardín. Se registra una elevación promedio de 909 m.s.n.m., con una pendiente mínima, lo que representa una topografía relativamente plana, favorable para actividades agrícolas mecanizadas y labores de recolección manual.

La delimitación geoespacial y la caracterización topográfica de las fincas resultan fundamentales para comprender las condiciones físicas que enmarcan la caficultura en Lejanías y Mesetas. Esta información permite diferenciar a las unidades productivas en términos de altitud, pendiente, área efectiva de café, proporción de reserva y grado de fragmentación del uso del suelo, factores que inciden directamente en la productividad, la sostenibilidad y el manejo agronómico.

El trabajo de georreferenciación no solo permitió delimitar espacialmente las áreas cafeteras, sino también diferenciar la base biofísica de cada finca y relacionarla con aspectos productivos, climáticos y de manejo. Esta información constituye un insumo clave para la valoración de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) y para orientar recomendaciones específicas de conservación de suelos, manejo del cultivo y estrategias de adaptación al cambio climático.

**Tabla 5**

*Cuadro Comparativo de Caracterización de las Fincas Evaluadas*

Finca	Vereda	Municipio	Propietario	Área Total (Ha)	Área Café (Ha)	Área Agrícola (Ha)	Área Pecuaria (Ha)	Área Reserva (Ha)	Coordenadas
La Esmeralda	Lusitania	Lejanías	Francisco Hoyos	11,5	3,5	2	3	3	3.574296, -7400011
La Libertad	Guarumal	Lejanías	Suldery Loaiza	21	3	0	16	2	3.5144210, -74.1013090
El Jardín	Naranjal	Lejanías	Iván Darío Vega	2	2	0	0,01	0	3.5455706, -74.0661496
El Rubí	Alto Andes	Mesetas	Leonardo Leiton Grajales	17,75	2	2	7	6,7	3.3423430, -74.1318134
La Siberia	Alto Andes	Mesetas	Fernando de Jesús Arango Paniagua	10,5	2	0	6	2,5	3.3431379, -74.1337225
La Esmeralda	Las Brumas	Mesetas	Jorge Eliecer Leyton	6	1	0	5	0	3.3443656, -74.1366937

En la Tabla 5, se observa que el área promedio de las fincas evaluadas es de 11,62 ha, siendo La Libertad la de mayor extensión (21 ha) y El Jardín la de menor tamaño (2 ha). En cuanto a la proporción de superficie destinada al cultivo de café, El Jardín presenta el 100% de su área efectiva, seguido por La Esmeralda (Lejanías). Las fincas que cuentan con áreas de reserva son La Esmeralda (Lejanías), La Libertad, El Rubí y La Siberia, mientras que carecen de ellas El Jardín y La Esmeralda (Mesetas) Asimismo, las actividades pecuarias predominan en La Libertad y La Siberia.

Cada finca fue valorada a partir de los criterios que conforman la EAP, los primeros cinco de tipo ecosistémico (relativo a la estructura y función de los agroecosistemas) y los segundos cinco de tipo cultural (que refieren a las capacidades e intencionalidades de la familia campesina para el manejo de su agroecosistema). Estos diez criterios que determinan la EAP están estandarizados, donde a cada componente se le asignó un puntaje en una escala de 0 a 10, en función de su nivel de cumplimiento (Ver apéndice B). Posteriormente, los valores fueron integrados mediante la siguiente fórmula:

$$EAP = CEEP + ECE + DCE + DCI + ECI + US + MA + PO + PC + CA$$

Posteriormente, los valores se integraron en un índice total por finca, lo que permitió analizar la conectividad ecológica, el manejo del uso del suelo, la diversidad de conectores y la capacidad de acción como factores determinantes para la sostenibilidad agroecológica. Para facilitar su interpretación, los resultados se presentan en una escala colorimétrica (ver Tabla 3) y la representación gráfica de radar que muestran el desempeño comparativo de las seis fincas.

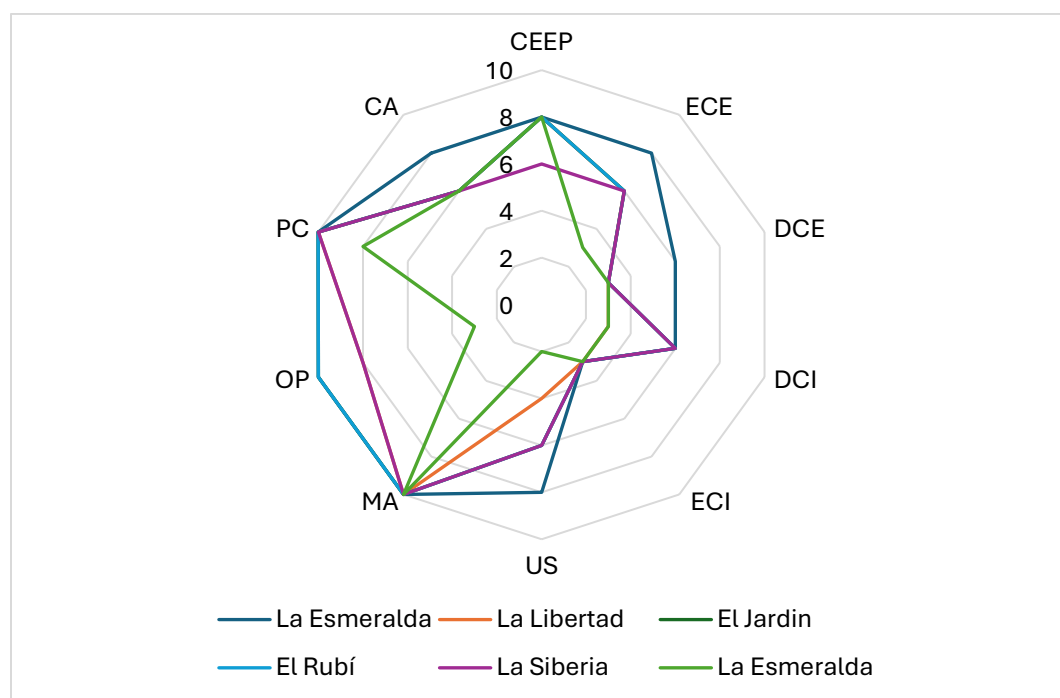
**Tabla 6***Estructura Agroecológica Principal (EAP) de las seis fincas*

Finca	CEEP	ECE	DCE	DCI	ECI	US	MA	OP	PC	CA	EAP (0-100)	EAP (0-5)	Interpretación
La Esmeralda (Lejanías)	8	8	6	6	3	8	10	10	10	8	77	3,85	Moderadamente desarrollada
La Libertad	8	6	3	3	3	4	10	8	10	6	61	3,05	Moderadamente desarrollada
El Jardín	8	6	3	6	3	6	10	10	10	6	68	3,4	Moderadamente desarrollada
El Rubí	8	6	3	6	3	6	10	10	10	6	68	3,4	Moderadamente desarrollada
La Siberia	6	6	3	6	3	6	10	8	10	6	64	3,2	Moderadamente desarrollada
La Esmeralda (Mesetas)	8	3	3	3	3	2	10	3	8	6	49	2,45	Ligeramente desarrollada

*Nota:* CEEP (Conexión con la Estructura Ecológica Principal), ECE (Extensión de los Conectores Externos), DCE (Diversidad de Conectores Externos) DCI (Diversidad de Conectores Internos) ECI ( ) US (Uso de Suelo) MA (Mano de Obra) OP (Otras Prácticas) PC (Prácticas de Conservación) CA (Capacidad de Acción). La EAP total corresponde a la suma de los valores asignados a cada criterio.

**Figura 16**

*Comparativo de las Fincas según Componentes de la EAP*



A partir de la evidencia presentada en la Tabla 6 y la Figura 16, se realiza a continuación el análisis del comportamiento de las fincas desde la perspectiva de la EAP y sus implicaciones ecosistémicas y culturales.

En la finca La Esmeralda (Lejanías), que alcanzó un EAP total de 77, se evidencian condiciones altamente favorables para la sostenibilidad agroecológica. Su buen desempeño se explica por la alta conectividad externa (CEEP=8, ECE=8), que garantiza interacción con corredores y coberturas cercanas, además de unas prácticas de conservación del suelo sobresalientes (PCS=10). A esto se suma un uso del suelo favorable a la agrobiodiversidad (US=8) y una capacidad de acción elevada (CA=8), factores que en conjunto la convierten en la finca con mayor potencial para consolidar estrategias agroecológicas integradas.

En contraste, La Libertad obtuvo un EAP total de 61, asociado a una conectividad media-baja en componentes externos e internos (ECE=6, DCE=3, DCI=3). El uso del suelo refleja

condiciones menos propicias para la agrobiodiversidad (US=4); sin embargo, se destacan prácticas de conservación sólidas (PCS=10) y una capacidad de acción organizativa y técnica adecuada (CA=6). Estos elementos compensan parcialmente sus limitaciones estructurales y le permiten mantener un desempeño aceptable.

La finca El Jardín, con un EAP total de 68, combina una buena conectividad externa (CEEP=8) con una conectividad interna media (ECI=6). Sus prácticas de conservación (PCS=10) reflejan un manejo responsable del recurso suelo, y la capacidad de acción intermedia (CA=6) le confiere equilibrio en la gestión agroecológica. Este balance explica su posición dentro del rango medio-alto en comparación con las demás fincas.

Con un perfil muy similar, El Rubí alcanzó también un EAP total de 68. Su puntaje se fundamenta en la alta conservación de suelos (PCS=10) y un uso del suelo favorable a la agrobiodiversidad (US=6). No obstante, presenta limitaciones en la diversidad de conectores externos (DCE=3), lo que restringe su potencial de conectividad ecológica. Aun así, su buen manejo de prácticas y cobertura le otorgan un potencial agroecológico competitivo.

La finca La Siberia obtuvo un EAP total de 64. Su conectividad externa e interna es media (CEEP=6; ECI=6), con coberturas intermedias que favorecen la agrobiodiversidad (US=6). Sobresale el manejo de conservación (PCS=10), aunque su capacidad de acción es intermedia (CA=6). Este conjunto de características refleja un potencial de mejora, particularmente en el fortalecimiento de la diversidad de conectores y en estrategias de integración agroecológica.

Por último, La Esmeralda (Mesetas) registró el EAP más bajo, con un total de 49. Sus principales limitaciones se encuentran en la conectividad externa e interna (ECE=3, DCE=3, DCI=3), así como en un uso del suelo poco favorable a la biodiversidad (US=2). Aunque cuenta

con prácticas de manejo aceptables (PCS=8) y una capacidad de acción básica (CA=6), estas no logran compensar sus restricciones estructurales. Este desempeño la posiciona como una finca que requiere intervenciones prioritarias en materia de conectividad ecológica y diversificación productiva.

Los resultados evidencian una heterogeneidad importante entre las fincas analizadas. *La Esmeralda (Lejanías)* destaca como el agroecosistema con la EAP más robusta, gracias a su alta conectividad, manejo integral del suelo y buena capacidad de acción. En contraste, *La Esmeralda (Mesetas)* presenta las mayores limitaciones, asociadas a baja conectividad estructural y menor cobertura favorable a la biodiversidad. En términos generales, la mayoría de las fincas exhiben prácticas adecuadas de conservación de suelos, lo que constituye una fortaleza común, mientras que la diversidad y continuidad de los conectores ecológicos son áreas prioritarias de mejora. Estas diferencias reflejan el potencial diverso de cada unidad productiva para avanzar en procesos de transición agroecológica y en estrategias de manejo sostenible del paisaje.

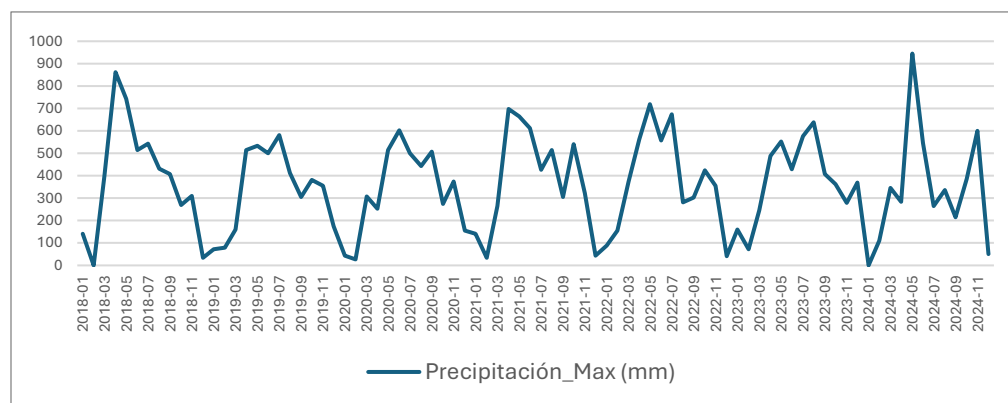
## **Evaluación de los Efectos de las Variables Climáticas (Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa) sobre la Productividad del Cultivo de Café en los Municipios de Lejanías y Mesetas.**

Para atender el segundo objetivo específico, se evaluó la relación entre las variables climáticas y la productividad del café en las fincas estudiadas. Se recopilieron series temporales de precipitación, temperatura y humedad relativa correspondientes al período 2018–2024, provenientes de estaciones del IDEAM y de la Red Climática de Agrosavia. Estos datos fueron procesados para identificar patrones estacionales, tendencias interanuales y eventos extremos, los cuales se contrastaron con la productividad registrada en cada finca, permitiendo establecer la influencia de las condiciones climáticas sobre el rendimiento del cultivo.

Las gráficas presentadas a continuación ilustran la dinámica de cada variable climática en cada municipio. El análisis de estos datos facilita la interpretación de los periodos críticos de exceso o déficit hídrico, así como de las fluctuaciones térmicas y de humedad, factores que influyen directamente en la floración, el desarrollo de frutos y la incidencia de plagas y enfermedades en los sistemas cafetaleros.

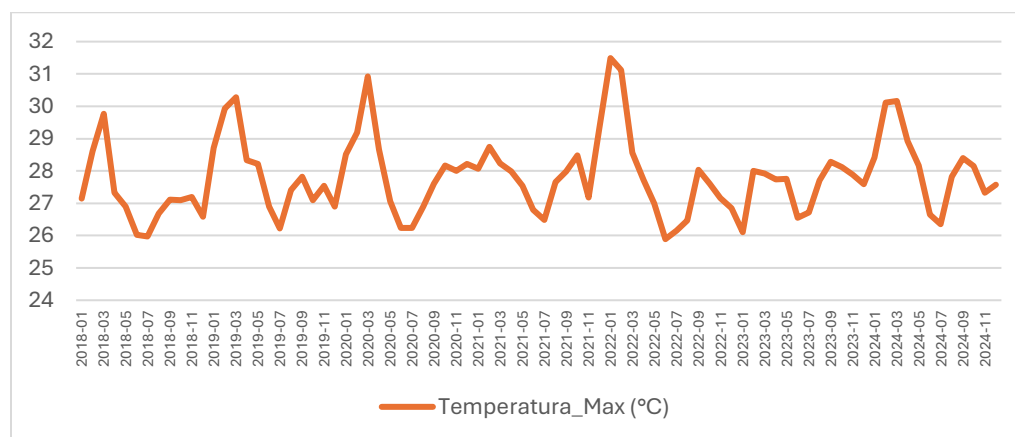
### **Análisis Climático del Municipio de Lejanías**

Las series climáticas analizadas para el municipio de Lejanías en el periodo 2018-2024 reflejan una marcada variabilidad interanual y estacional de la precipitación, acompañada de una relativa estabilidad térmica y altos niveles de humedad relativa.

**Figura 17***Precipitación Máxima (mm)*

La serie temporal muestra una alta variabilidad mensual, con valores que oscilan desde cerca de 0 mm hasta picos que superan los 900 mm.

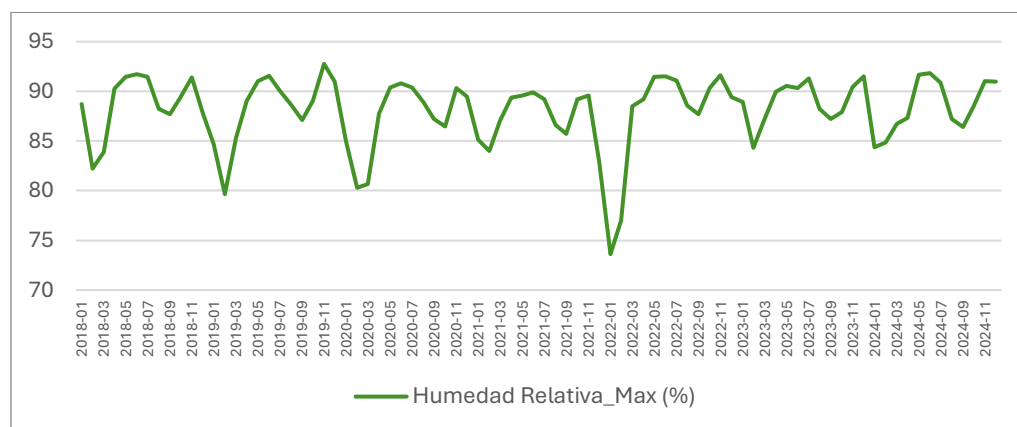
Se observa una marcada estacionalidad en las precipitaciones, con ciclos anuales que presentan un incremento significativo de lluvias seguido de una disminución. Entre los años 2022 y 2024, se registró un aumento en la frecuencia de lluvias intensas, caracterizando un patrón de mayor variabilidad interanual. Además, los períodos secos se prolongan, contrastando con los máximos de precipitación, lo que refleja un régimen bimodal con claras diferencias entre las estaciones húmedas y secas.

**Figura 18***Temperatura Max (°C)*

La temperatura se mantiene estable a lo largo del periodo analizado, presentando oscilaciones suaves que oscilan principalmente entre 25 °C y 30 °C. No se registran picos extremos ni descensos pronunciados, lo que indica un régimen térmico sin fluctuaciones interanuales significativas.

### Figura 19

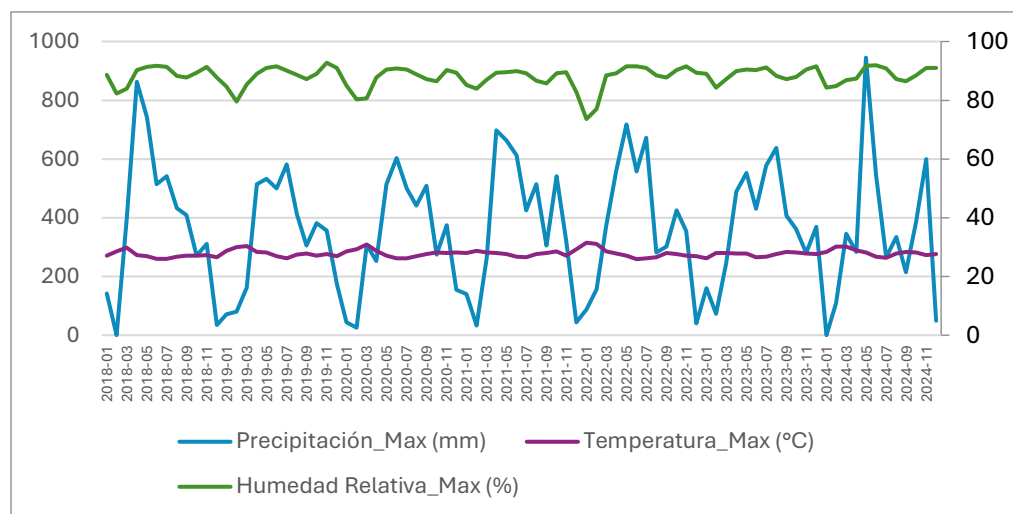
*Humedad Relativa Máxima (%):*



La humedad relativa se mantiene en valores elevados a lo largo del periodo analizado, fluctuando mayormente entre 80% y 95%. Aunque se registraron algunos descensos puntuales hacia rangos de 75% a 80% durante los años 2021 y 2022, predominan los niveles altos durante la mayor parte del tiempo. Estas variaciones moderadas de la humedad relativa siguen generalmente el patrón estacional de la precipitación, lo que indica una relación estrecha entre ambos factores climáticos.

**Figura 20**

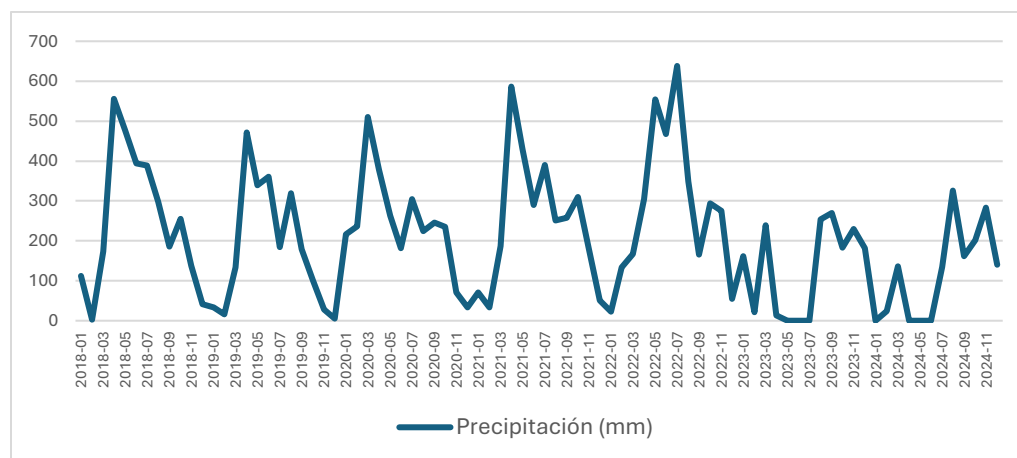
*Análisis de la Gráfica Combinada (Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa)*



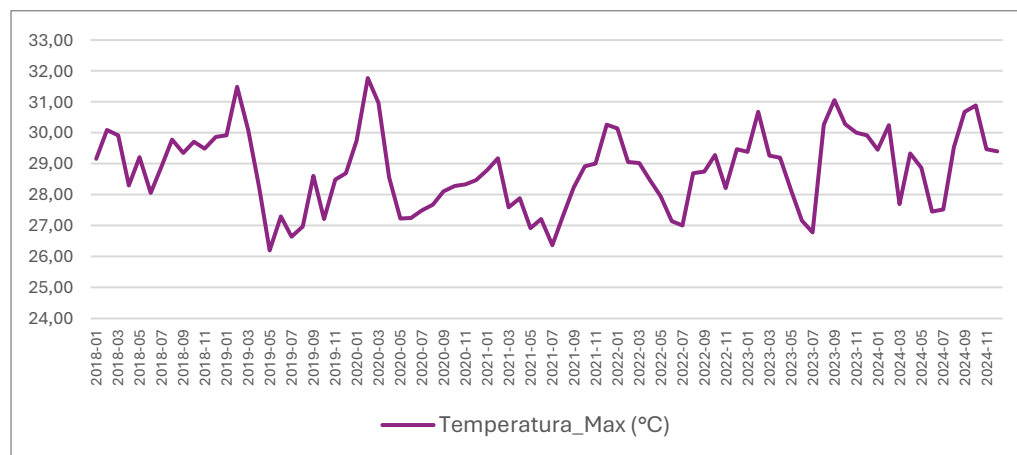
La serie climática de Lejanías evidencia un patrón estacional claro de precipitación alta y baja, mientras que temperatura y humedad relativa se mantienen en rangos relativamente constantes, con menor amplitud de variación que las lluvias.

### Datos Climáticos Mesetas

Las series climáticas analizadas para el municipio de Mesetas en el periodo 2018-2024 reflejan una marcada variabilidad interanual y estacional de la precipitación, junto con rangos relativamente estables de temperatura y altos niveles de humedad relativa. Este patrón genera un contexto de riesgo agroclimático que requiere estrategias de manejo integral para la caficultura local, orientadas a mitigar tanto el exceso hídrico como los períodos secos prolongados.

**Figura 21****Precipitación Máxima (mm)**

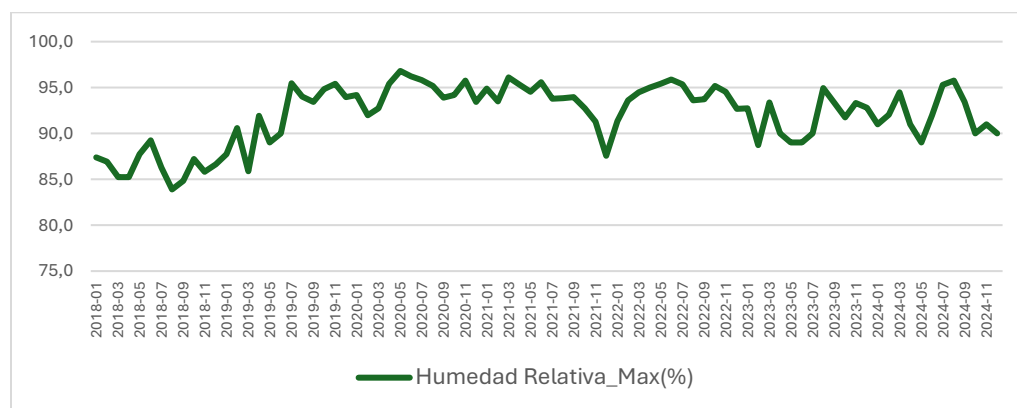
Los registros mensuales de recepción muestran una variabilidad considerable, con valores mínimos cercanos a 0 mm y picos que alcanzan entre 600 y 650 mm. Se observa una estacionalidad marcada, con ciclos anuales bien definidos de incremento y reducción de lluvias. El año 2022 se destacó por tener el período de mayor intensidad de precipitaciones. A partir de 2023, las lluvias tenderán a ser menos abundantes y más intermitentes, alternando meses lluviosos con meses casi secos, reflejando un patrón de alta variabilidad interanual y alternancia de extremos hídricos.

**Figura 22****Análisis de Temperatura Máxima (°C) – Mesetas**

La temperatura muestra una estabilidad significativa durante el período analizado, manteniéndose dentro de un rango estrecho sin registrar picos máximos ni descensos relevantes. Las fluctuaciones mensuales son mínimas y prácticamente constantes año tras año, lo que indica un régimen térmico estable.

**Figura 23**

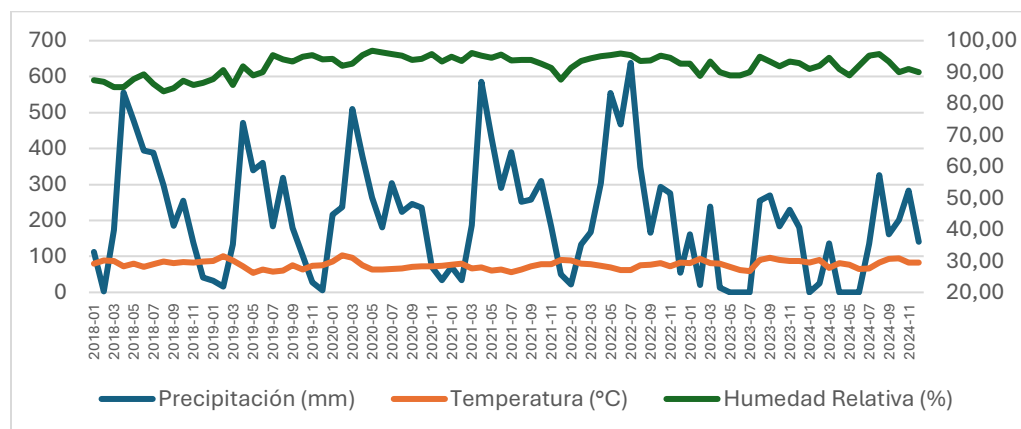
*Análisis de Humedad Relativa Máxima (%) – Mesetas*



La humedad relativa presenta valores altos y estables a lo largo del periodo estudiado, fluctuando generalmente entre 80% y 90%, con pocas variaciones notorias. Este comportamiento se mantiene consistente año tras año, acompañando los periodos más lluviosos con leves incrementos de humedad.

**Figura 24**

*Análisis de la Gráfica Combinada (Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa)*



La serie de Mesetas muestra que la precipitación es la variable más fluctuante, mientras que la temperatura y la humedad relativa permanecen con rangos estables y menor amplitud. Este comportamiento revela una clara estacionalidad de lluvias y un patrón térmico y de humedad más uniforme.

### **Comparación Climática Entre Lejanías y Mesetas (2018–2024)**

El comportamiento climático es un factor determinante en la dinámica productiva de los agroecosistemas cafeteros. A continuación, se presenta un análisis comparativo entre los dos municipios. La comparación se basa en tres variables climáticas clave: precipitación máxima mensual (mm), temperatura máxima mensual (°C) y humedad relativa máxima (%).

El análisis busca identificar patrones de variabilidad climática, extremos meteorológicos y tendencias recientes, con el fin de comprender mejor las condiciones agroclimáticas diferenciales que enfrentan los sistemas productivos en ambos municipios. A partir de tablas resumen, se destacan los rangos de valores observados, la estacionalidad, los eventos extremos y las tendencias generales, permitiendo evidenciar la mayor intensidad de eventos hídricos en Lejanías y la mayor regularidad de las lluvias en Mesetas, junto con la estabilidad térmica y los altos niveles de humedad relativa comunes a ambos territorios.

**Tabla 7***Precipitación Máxima (mm)*

Aspecto	Lejanías	Mesetas
Rango de valores	~0 mm a >900 mm	~0 mm a ~650 mm
Estacionalidad	Muy marcada, con ciclos de lluvias extremas	Muy marcada, con picos algo más moderados
Variabilidad interanual	Alta, con incremento de lluvias intensas 2022-24	Alta, con lluvias intermitentes y frecuentes
Picos extremos destacados	Picos que superan los 900 mm en varios años	Máximos alrededor de 600–650 mm (2022)
Tendencia reciente	Aumento de frecuencia de lluvias intensas	Disminución relativa de lluvias en 2023-24

*Nota:* Ambos municipios presentan alta variabilidad, pero Lejanías exhibe picos más extremos de precipitación, mientras que Mesetas muestra alternancia de meses lluviosos con secos de forma más regular en los últimos años.

**Tabla 8***Temperatura Máxima Mensual (°C)*

Aspecto	Lejanías	Mesetas
Rango de valores	~25–30 °C	Rango estable (sin datos exactos pero muy constantes)
Variabilidad mensual	Baja	Muy baja
Picos extremos	No se observan	No se observan
Tendencia reciente	Estabilidad sostenida	Estabilidad sostenida

*Nota:* Ambos municipios presentan temperaturas estables durante todo el periodo, con mínimas oscilaciones interanuales.

**Tabla 9***Humedad Relativa Máxima (%)*

Aspecto	Lejanías	Mesetas
Rango de valores	~75–95%	~80–90%
Variabilidad mensual	Moderada, con descensos puntuales	Muy baja
Picos extremos	Algunos descensos a ~75–80% en 2021–2022	No se registran descensos relevantes
Tendencia reciente	Predominio de humedad alta con leves fluctuaciones	Predominio constante de humedad elevada

*Nota:* La humedad relativa es elevada en ambos casos, pero Lejanías muestra descensos ocasionales más marcados, mientras que Mesetas mantiene valores más uniformes.

**Tabla 10***Comparación General*

Variable	Lejanías	Mesetas
Precipitación	Más extremos, con picos superiores a 900 mm	Picos moderados (~650 mm), lluvias más intermitentes
Temperatura	Estable y moderada	Estable y moderada
Humedad	Elevada con variaciones puntuales	Elevada y más constante

Lejanías presenta una mayor magnitud de extremos hídricos, mientras que Mesetas muestra un régimen de lluvias alternantes con menor intensidad máxima. En ambos municipios, la temperatura se mantiene estable y la humedad relativa es elevada

## **Relación Entre las Variables Climáticas y la Productividad de los Cafetales en Lejanías y Mesetas**

Durante el periodo 2018–2024, los municipios de Lejanías y Mesetas, en el departamento del Meta, han experimentado una marcada variabilidad climática que puede incidir directamente sobre la productividad de los agroecosistemas cafeteros. Esta variabilidad se manifiesta principalmente en los patrones de precipitación, estabilidad térmica y altos niveles de humedad relativa, configurando un escenario de riesgo climático persistente para los sistemas productivos locales (Viguera et al., 2019; Rojas et al., 2020).

En Lejanías, se evidencian periodos de precipitación que superan los 900 mm en ciertos meses, seguidos de fases prolongadas de sequía. Esta oscilación en la disponibilidad hídrica tiene un impacto significativo sobre el cultivo de café. Por un lado, el exceso de lluvias favorece la aparición de enfermedades fungosas como la roya del café (*Hemileia vastatrix*), al crear condiciones de alta humedad y saturación del suelo que dificultan la floración y reducen la eficiencia en el llenado del grano (Rojas et al., 2020; Bacca et al., 2021). Por otro lado, los periodos de déficit hídrico generan estrés en etapas clave del desarrollo fenológico del cultivo, comprometiendo la formación de tejidos, la maduración uniforme de los frutos y la calidad final de la cosecha (Molina et al., 2022).

Adicionalmente, la humedad relativa elevada y constante, unida a temperaturas estables entre 25 °C y 30 °C, crea un ambiente favorable para la persistencia de plagas y enfermedades que requieren un monitoreo y manejo fitosanitario intensivo. Si bien la temperatura moderada contribuye a mitigar el estrés térmico severo, también puede acelerar el metabolismo de las plantas, intensificando la demanda hídrica en condiciones de escasez (Caycedo & Castillo, 2022).

En Mesetas, la situación climática también presenta retos considerables, aunque de naturaleza distinta. La precipitación tiende a ser más intermitente y los máximos no alcanzan los extremos observados en Lejanías (aproximadamente 650 mm). Esta alternancia frecuente entre meses lluviosos y secos genera un patrón recurrente de estrés hídrico, con implicaciones negativas sobre la acumulación de humedad edáfica, la disponibilidad de agua para el cultivo y la sincronización de las fases productivas del cafeto (Reyna et al., 2022). La irregularidad en la distribución de lluvias compromete no solo el rendimiento potencial, sino también la calidad física y organoléptica del grano, afectando su competitividad en mercados especializados (Molina et al., 2022).

Ambos municipios comparten características climáticas críticas, tales como:

- Elevada variabilidad interanual e intraanual de la precipitación, que requiere estrategias de conservación de agua y diseño de sistemas de drenaje y cosecha de lluvia.
- Alta humedad relativa durante todo el año, lo que incrementa el riesgo de enfermedades foliares y demanda un manejo integrado que incluya podas, ventilación de los lotes y aplicaciones preventivas de productos biológicos o químicos.
- Temperaturas relativamente estables, que favorecen el cultivo bajo sombra, pero que no mitigan los efectos negativos derivados de la irregularidad hídrica (Jiménez & Carvajal-Campos, 2021).

En este contexto, la gestión adecuada del recurso hídrico se convierte en un eje central de la sostenibilidad productiva. Estudios recientes destacan la necesidad de implementar tecnologías como el riego por goteo, el uso de mulching, coberturas vegetales y microorganismos benéficos que mejoren la retención de humedad en el suelo (Cohen-Manrique et al., 2020; Avendaño et al.,

2019). Al igual que la adopción de variedades de café resistentes al estrés hídrico y a enfermedades climáticamente inducidas se perfila como una estrategia clave de adaptación (Jiménez & Carvajal-Campos, 2021).

Por otro lado, el incremento en la presión de enfermedades y plagas obliga a asumir un enfoque agroecológico adaptativo, en el que la innovación, la transferencia de conocimiento y el fortalecimiento de capacidades locales sean elementos fundamentales para garantizar la resiliencia de los sistemas productivos cafeteros frente al cambio climático (Jarma-Orozco et al., 2023).

Con el propósito de profundizar en lo expuesto anteriormente, se realizará un análisis de correlación entre las variables climáticas y la a productividad, considerando el periodo comprendido entre 2020 y 2024.

### Análisis de correlación entre variables climáticas y productividad

Para determinar la fuerza y dirección de la relación entre la productividad de café pergamino seco (kg/ha) (ver apéndice D. Tablas en Excel)

y las variables climáticas evaluadas (precipitación acumulada, temperatura promedio y humedad relativa promedio) se utilizó el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* ( $\rho$ ), propuesto por Charles Spearman en 1904.

Este método es una prueba no paramétrica, apropiada cuando:

1. El tamaño muestral es reducido (en este estudio,  $n = 5$  años por finca).
2. No se puede asumir normalidad en la distribución de los datos.
3. La relación entre variables puede no ser estrictamente lineal, pero sí monótona (aumenta o disminuye de manera consistente).

El coeficiente de Spearman mide la asociación entre dos variables a partir de sus rangos, y se calcula mediante la fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

donde:

- $d_i$  = diferencia entre los rangos de cada par de observaciones (rango de X – rango de Y).
- $n$  = número de observaciones.

Los valores de  $\rho$  se interpretan de la siguiente manera:

- $\rho = +1$ : Correlación positiva perfecta.
- $\rho = -1$ : Correlación negativa perfecta.
- $\rho \approx 0$ : No existe correlación monótona.

- Magnitud de la correlación: baja ( $|\rho| 0,1-0,3$ ), moderada ( $|\rho| 0,4-0,6$ ) y fuerte ( $|\rho| 0,7-1,0$ ).

El nivel de significancia estadística se determinó mediante el *valor p*, considerando una probabilidad de error de  $\alpha = 0,05$  (95 % de confianza). Un valor  $p < 0,05$  indica que la correlación observada es estadísticamente significativa.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a nivel global como individual

**Tabla 11**

*Correlación de Spearman entre Variables Climáticas y Productividad de Café Pergamino Seco (kg/ha) en las Fincas Cafeteras (2020–2024)*

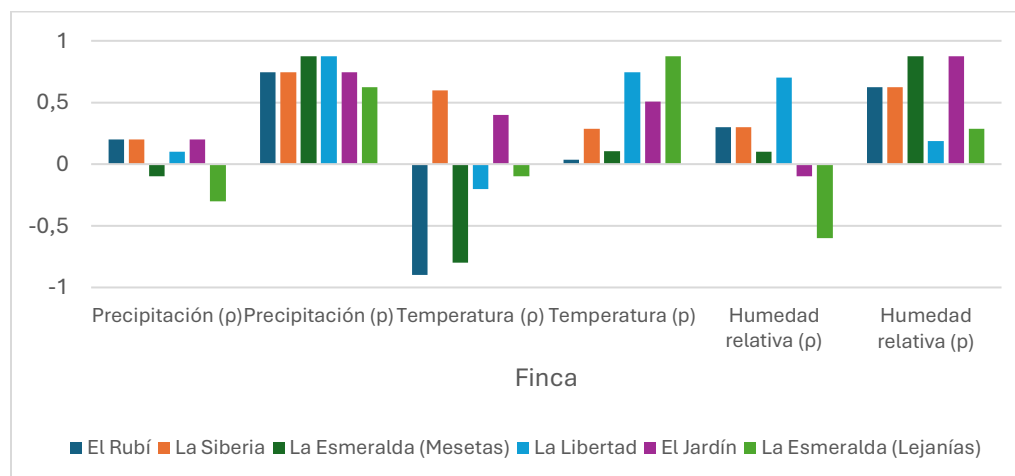
Finca	Variable climática	Coef. Spearman ( $\rho$ )	Valor p	Interpretación
El Rubí	Precipitación	0,20	0,747	Correlación muy baja, no significativa
	Temperatura	-0,90	0,037	Correlación negativa fuerte y significativa ( $p < 0,05$ )
	Humedad relativa	0,30	0,624	Correlación baja, no significativa
La Siberia	Precipitación	0,20	0,747	Correlación muy baja, no significativa
	Temperatura	0,60	0,285	Correlación moderada positiva, no significativa
	Humedad relativa	0,30	0,624	Correlación baja, no significativa
La Esmeralda (Mesetas)	Precipitación	-0,10	0,873	Correlación despreciable, no significativa
	Temperatura	-0,80	0,104	Correlación negativa fuerte, no significativa
	Humedad relativa	0,10	0,873	Correlación despreciable, no significativa

Finca	Variable climática	Coef. Spearman ( $\rho$ )	Valor p	Interpretación
La Libertad	Precipitación	0,10	0,873	Correlación despreciable, no significativa
	Temperatura	-0,20	0,747	Correlación baja negativa, no significativa
	Humedad relativa	0,70	0,188	Correlación moderada positiva, no significativa
El Jardín	Precipitación	0,20	0,747	Correlación muy baja, no significativa
	Temperatura	0,40	0,505	Correlación baja-moderada positiva, no significativa
	Humedad relativa	-0,10	0,873	Correlación despreciable negativa, no significativa
La Esmeralda (Lejanías)	Precipitación	-0,30	0,624	Correlación baja negativa, no significativa
	Temperatura	-0,10	0,873	Correlación despreciable negativa, no significativa
	Humedad relativa	-0,60	0,285	Correlación moderada negativa, no significativa

*Nota:* En negrilla se destaca la única correlación estadísticamente significativa encontrada ( $p < 0,05$ ).

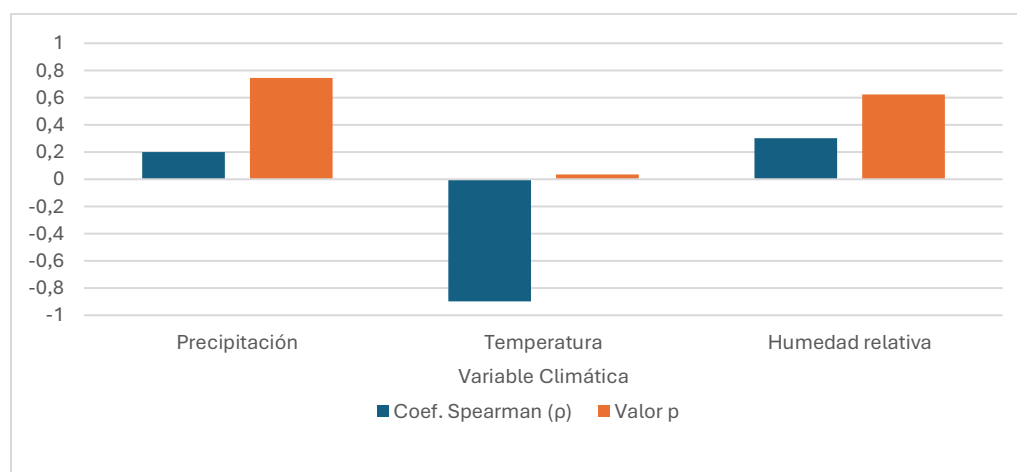
## Figura 25

*Valores Múltiples por Finca*



**Figura 26**

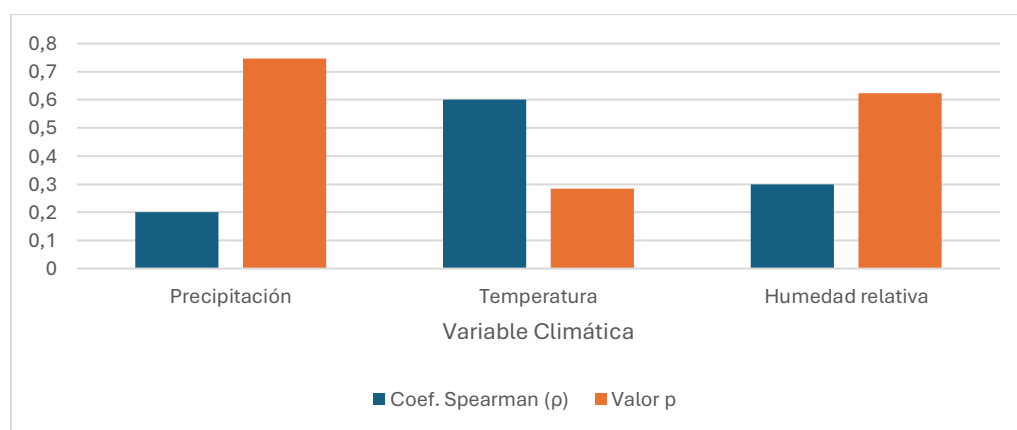
*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática*



Para la Finca El Rubí, la correlación de Spearman muestra una relación negativa fuerte y estadísticamente significativa entre la temperatura promedio (noviembre–junio) y la productividad de café pergamino seco por hectárea ( $\rho = -0,90$ ;  $p = 0,037$ ). Esto indica que incrementos en la temperatura durante el periodo crítico del cultivo se asocian con reducciones en el rendimiento. La precipitación ( $\rho = 0,20$ ;  $p = 0,747$ ) y la humedad relativa ( $\rho = 0,30$ ;  $p = 0,624$ ) presentan correlaciones bajas y no significativas, lo que sugiere que en esta finca estos factores no ejercen una influencia determinante sobre la productividad en el periodo estudiado.

**Figura 27**

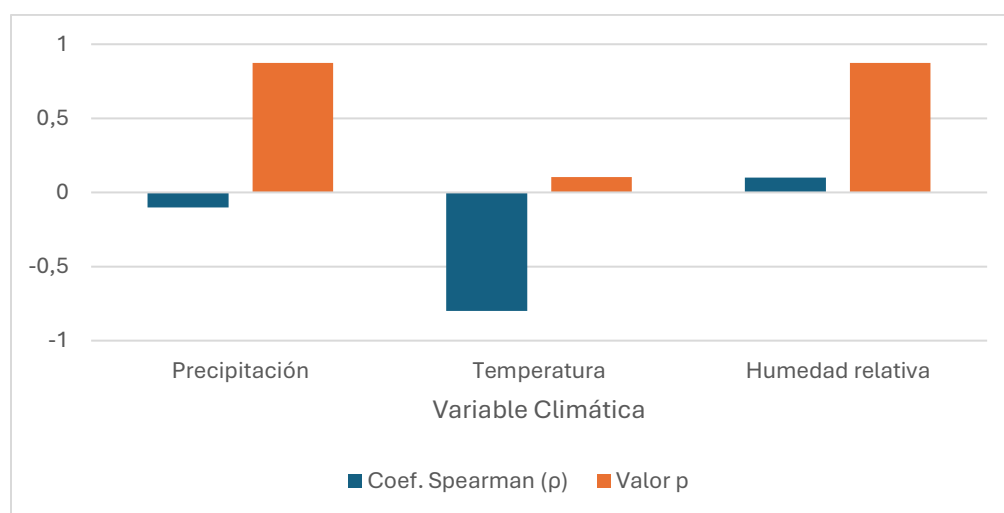
*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática Finca la Siberia*



En la Finca La Siberia no se registran correlaciones estadísticamente significativas. La temperatura muestra una correlación positiva moderada ( $\rho = 0,60$ ;  $p = 0,285$ ) que, aunque no significativa, podría indicar una tendencia a que temperaturas más altas en el periodo noviembre–junio se asocien con mayores rendimientos. La precipitación ( $\rho = 0,20$ ;  $p = 0,747$ ) y la humedad relativa ( $\rho = 0,30$ ;  $p = 0,624$ ) tienen correlaciones bajas y no significativas.

### Figura 28

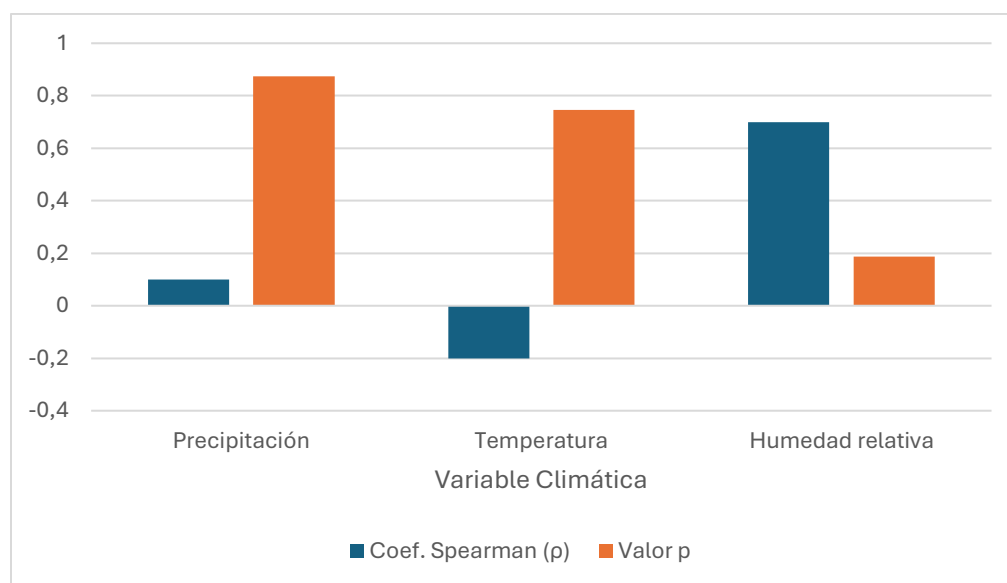
*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática Finca la Esmeralada (Mesetas)*



En la finca la Esmeralda ninguna variable climática presenta una correlación significativa con la productividad. La temperatura muestra una correlación negativa fuerte ( $\rho = -0,80$ ;  $p = 0,104$ ), pero sin significancia estadística, lo que sugiere una posible relación inversa que no puede confirmarse con los datos disponibles. La precipitación ( $\rho = -0,10$ ) y la humedad relativa ( $\rho = 0,10$ ) presentan correlaciones muy bajas y no significativas.

**Figura 29**

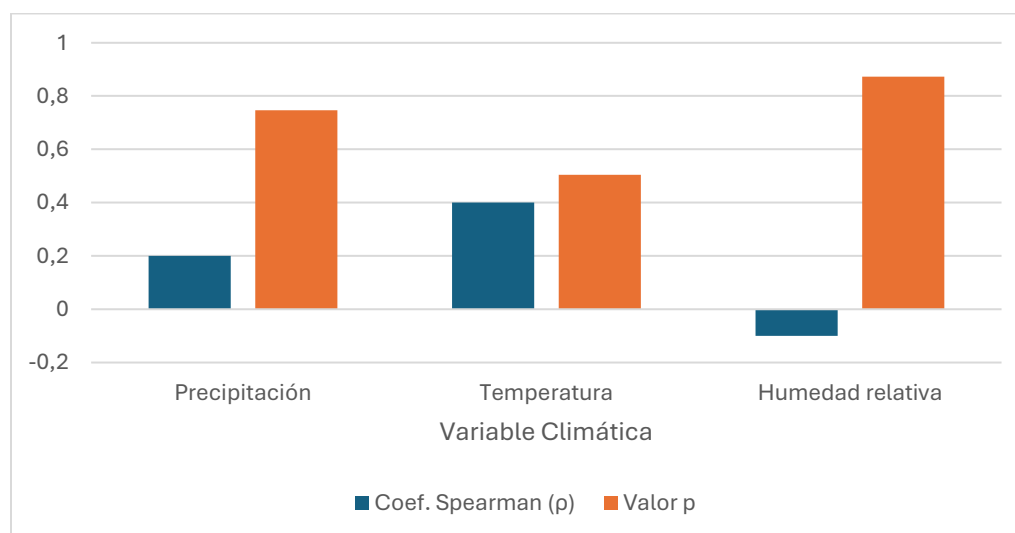
*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática Finca la Libertad*



En la finca La Libertad no se observan correlaciones significativas. La humedad relativa presenta la correlación más alta ( $\rho = 0,70$ ;  $p = 0,188$ ), de tipo positiva y moderada, pero sin alcanzar significancia estadística. La precipitación ( $\rho = 0,10$ ) y la temperatura ( $\rho = -0,20$ ) muestran correlaciones muy bajas.

**Figura 30**

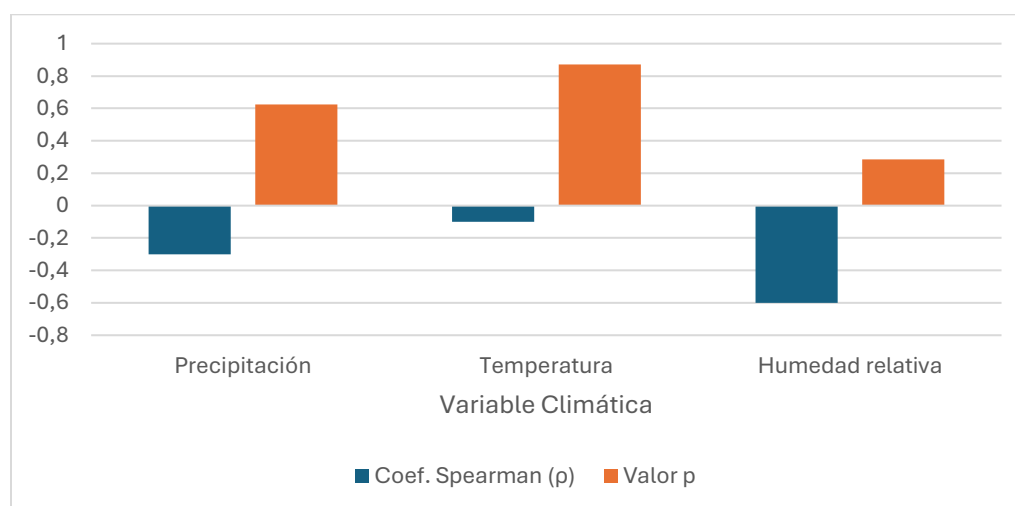
*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática Finca el jardín*



En la Finca el Jardín los valores de Spearman no indican asociaciones significativas. La temperatura ( $\rho = 0,40$ ;  $p = 0,505$ ) muestra una correlación positiva baja, mientras que la precipitación ( $\rho = 0,20$ ) y la humedad relativa ( $\rho = -0,10$ ) no evidencian una relación relevante con el rendimiento.

### Figura 31

*Coeficiente Spearman ( $\rho$ ), Valor p, por Variable Climática Finca la Esmeralda*



En la finca La Esmeralda (Lejanías) No se identifican correlaciones estadísticamente significativas. La humedad relativa muestra una correlación negativa moderada ( $\rho = -0,60$ ;  $p = 0,285$ ), lo que podría sugerir que aumentos en este parámetro se asocian con menores rendimientos, aunque la falta de significancia estadística impide confirmar esta relación. La precipitación ( $\rho = -0,30$ ) y la temperatura ( $\rho = -0,10$ ) presentan correlaciones bajas.

En el conjunto de las seis fincas evaluadas, la temperatura promedio durante el periodo noviembre-junio emerge como la variable con mayor magnitud de correlación (positiva o negativa) respecto a la productividad, aunque solo en la Finca El Rubí la relación fue estadísticamente significativa ( $\rho = -0,90$ ;  $p = 0,037$ ). Este resultado indica que, al menos en

algunos contextos locales, aumentos en la temperatura durante el periodo crítico del cultivo pueden estar asociados con reducciones notables en el rendimiento.

La precipitación y la humedad relativa mostraron, en general, correlaciones bajas o moderadas, sin significancia estadística, lo que sugiere que su influencia sobre la productividad puede estar modulada por otros factores no analizados en este estudio, como el manejo agronómico, las características edáficas o la edad del cultivo.

## **Determinación del efecto de las condiciones edáficas sobre la productividad de la caficultura en los municipios de Lejanías y Mesetas**

El tercer objetivo específico se orientó a analizar la influencia de los atributos físicos y químicos del suelo sobre la productividad cafetera en las fincas seleccionadas de los municipios de Lejanías y Mesetas (Meta). Para ello, se emplearon los resultados obtenidos en la caracterización edáfica realizada en 2025, en la que se evaluaron parámetros como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo, aluminio y bases de cambio (Ver apéndice C. *Resultados de estudios de suelo 2025*). Con el fin de interpretar adecuadamente estos resultados, se contrastaron con los rangos de referencia establecidos por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) - Cenicafé, que constituyen un estándar técnico para evaluar la fertilidad de los suelos en sistemas cafeteros. Dichos parámetros permiten clasificar los valores obtenidos en niveles bajo, medio o alto, de acuerdo con su incidencia en la disponibilidad de nutrientes y en la productividad del café. En las siguientes páginas se presenta la clasificación de referencia (Figura 13) y la comparación con los resultados edáficos, lo que permite identificar las limitaciones y potencialidades de cada finca, así como establecer la relación entre sus atributos edáficos y los niveles de productividad alcanzados.

### **Resultados de estudios de Suelos para Lejanías**

**Tabla 12**

*Consolidado de los Resultados de Estudios de Suelos de Lejanías*

	Parámetro	La Esmeralda	La libertad	El Jardín
1	pH	4,7	5,3	4,4
3	C	1,16	2,55	2,03
3	M.O.	2	4,4	3,5
4	C/N	11,6	11,59	11,28
5	NT	0,1	0,22	0,18
6	P	9,3	9,3	6,9

7	Al	3,8	0,8	6,2
8	CIC	23,5	30	30
9	BT	1,63	4,21	1,83
10	Ca	0,8	3,2	1,2
11	Mg	0,4	0,6	0,4
12	K	0,35	0,29	0,22
13	Na	0,08	0,12	0,01
14	Cu	2,2	3	1,4
15	Fe	228,75	483,75	172,5
16	Mn	153,75	163,75	17,5
17	Zn	1,5	1,5	0,3
18	B	0,48	0,07	1,5
19	S	2,26	4,78	4,78

**Tabla 13***Análisis de las Condiciones Edáficas - Fincas de Lejanías*

Parámetro	Observación General
pH	Todas las fincas presentan suelos ácidos. El pH más adecuado lo tiene La Libertad (5.3), mientras que El Jardín (4.4) muestra condiciones más limitantes para la disponibilidad de nutrientes.
Materia Orgánica (MO)	Buen contenido general. La Libertad (4.4%) es el mejor balanceado, lo cual favorece la retención de nutrientes y la actividad biológica del suelo.
Relación C/N	Óptima en todas (entre 11.28 y 11.6), lo que favorece una mineralización eficiente del nitrógeno.
Nitrógeno Total (NT)	Bajo en todas las fincas, aunque La Libertad (0.22%) muestra un valor relativamente mejor. Es necesario un plan de fertilización nitrogenada.
Fósforo (P)	Buen nivel general (6.9 a 9.3 ppm), especialmente en La Esmeralda y La Libertad, lo cual mejora la floración y formación de frutos.
Aluminio Intercambiable (Al)	Críticamente alto en El Jardín (6.2 meq/100 gr de suelo), lo que puede afectar el desarrollo radicular. La Libertad (0.8) tiene mejores condiciones.
CIC	Alta en todas las fincas (23.5 - 30), lo cual indica buena capacidad del suelo para retener nutrientes. Muy positivo para la fertilidad.

Bases Totales (BT)	La Libertad (4.21 meq/100 gr de suelo) tiene mayor reserva de nutrientes, mientras que La Esmeralda (1.63) y El Jardín (1.83) presentan deficiencias.
Ca, Mg, K, Na	Valores bajos en general, excepto La Libertad que muestra una mejor reserva de calcio y magnesio. Se requiere suplementación en El Jardín.
Micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B)	- Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) son abundantes en todas las fincas, especialmente en La Libertad. - Zinc y Boro son muy bajos en El Jardín, lo que puede afectar la sanidad y floración del café.
Azufre (S)	Suficiente en todas las fincas (2.26 - 4.78 ppm), lo que contribuye a la síntesis de proteínas y defensa vegetal.

**Tabla 14**

*Consolidado de los Resultados de Estudios de Suelos de Mesetas*

Parámetro		El Rubi	La Siberia	La Esmeralda
1	pH	4,4	4,5	4,8
3	C	1,68	1,45	1,91
3	M.O.	2,9	2,50%	3,3
4	C/N	11,2	11,15	11,24
5	NT	0,15	0,13	0,17
6	P	1,9	1,5	0,7
7	Al	7,2	6,4	6
8	CIC	26,5	16,5	23,5
9	BT	1,12	0,55	0,74
10	Ca	0,7	0,4	0,4
11	Mg	0,3	0,1	0,2
12	K	0,1	0,04	0,1
13	Na	0,02	0,01	0,04
14	Cu	2,6	1,5	2,2
15	Fe	85	48,75	90
16	Mn	8,75	3,75	2,5

Parámetro	El Rubi	La Siberia	La Esmeralda
17 Zn	0,2	0,3	0,4
18 B	0,07	0,07	0,16
19 S	27,63	4,78	9,45

**Tabla 15***Análisis de las Condiciones Edáficas - Fincas de Mesetas*

Parámetro	Observación General
pH	Todos los suelos son ácidos (4.4 - 4.8). El Rubí presenta el valor más bajo, lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes como P, Ca y Mg. La Esmeralda, con pH 4.8, ofrece mejores condiciones para la asimilación nutrimental.
Materia Orgánica (MO)	Los tres suelos tienen MO entre 2.5% y 3.3%, clasificados como moderadamente adecuados para café. La Esmeralda destaca con 3.3%, lo cual favorece la actividad microbiana y la retención de nutrientes.
Relación C/N	Muy equilibrada (11.15 a 11.24), lo que indica una buena descomposición de la materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno.
Nitrógeno Total (NT)	Bajo en todas las fincas (0.13% - 0.17%), lo cual puede limitar el crecimiento vegetal. Requiere manejo con fertilización nitrogenada.
Fósforo (P)	Deficiente en La Esmeralda (0.7 ppm), mientras que El Rubí tiene mejor disponibilidad (1.9 ppm). Esto puede impactar la floración y producción de frutos.
Aluminio Intercambiable (Al)	Niveles elevados en todos los casos, especialmente en El Rubí (7.2 meq/100 gr de suelo), lo que puede generar toxicidad y afectar el desarrollo radicular del café.
CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)	Muy buena capacidad de retención de nutrientes, especialmente en El Rubí (26.5) y La Esmeralda (23.5). La Siberia tiene un valor menor (16.5) pero aún aceptable.
Bases Totales (BT)	Valores bajos (0.55 - 1.12 meq/100 gr de suelo), lo cual confirma baja fertilidad natural. Es necesario suplementar con calcio, magnesio y potasio.

Parámetro	Observación General
Calcio, Magnesio y Potasio (Ca, Mg, K)	En todos los casos, son bajos, especialmente en La Siberia. La disponibilidad es mayor en El Rubí, lo cual favorece su potencial productivo.
Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B)	- Hierro (Fe): Alto en todas las fincas, particularmente en La Esmeralda (90 ppm). - Manganeso (Mn): Alto en El Rubí (8.75 ppm), lo cual puede ser tóxico en suelos ácidos. - Boro (B): Deficiente en La Siberia y El Rubí (0.07 ppm). - Zinc (Zn): Bajo en todas, especialmente en El Rubí.
Azufre (S)	Valor muy alto en El Rubí (27.63 ppm), lo que puede estar asociado a fuentes volcánicas o prácticas de fertilización.

**Tabla 16***Clasificación de Propiedades Edáficas por Finca (2025)*

Parámetro	El Rubí	La Siberia	La Esmeralda (Mesetas)	La Esmeralda (Lejanías)	La Libertad	El Jardín
pH	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
(Materia Orgánica)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
CICE	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Nitrógeno (N)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Fósforo (P)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Potasio (K)	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Calcio (Ca)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio
Magnesio (Mg)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo

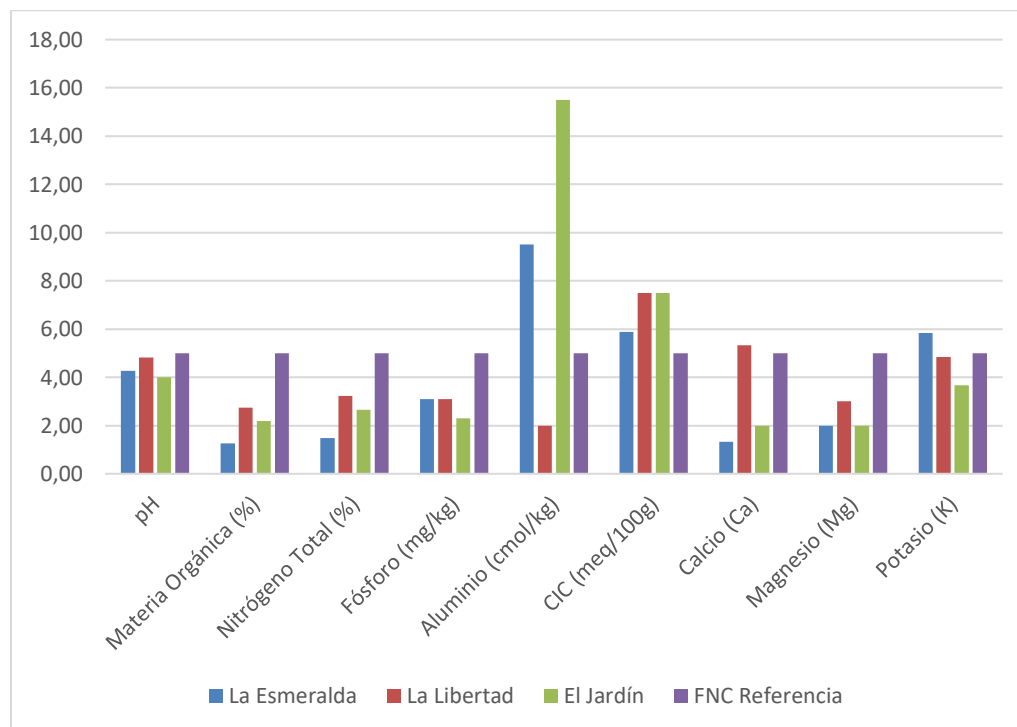
*Nota:* La clasificación de los parámetros edáficos se realizó con base en los rangos de referencia establecidos por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) - Cenicafé. Los niveles se agrupan en tres categorías: Bajo, Medio y Alto, considerando referencias aproximadas de la *figura 1*.

*Clasificación de las propiedades químicas del suelo para café en etapa de producción.* Los resultados corresponden al análisis de suelos realizado en el año 2025 como parte del estudio de caracterización de agroecosistemas cafeteros en los municipios de Mesetas y Lejanías (Meta).

Con el fin de facilitar la interpretación de las condiciones edáficas, se construyeron gráficas de radar por municipio, en las que se contrastan los resultados de las fincas con los rangos de referencia establecidos por la FNC. Este tipo de representación permite visualizar de manera comparativa los déficits y fortalezas en parámetros críticos como pH, materia orgánica, fósforo, calcio y potasio, destacando las brechas que deben ser atendidas mediante planes de manejo edáfico.

### Figura 32

*Comparación de las Fincas de Lejanías con el Estándar de la FNC.*

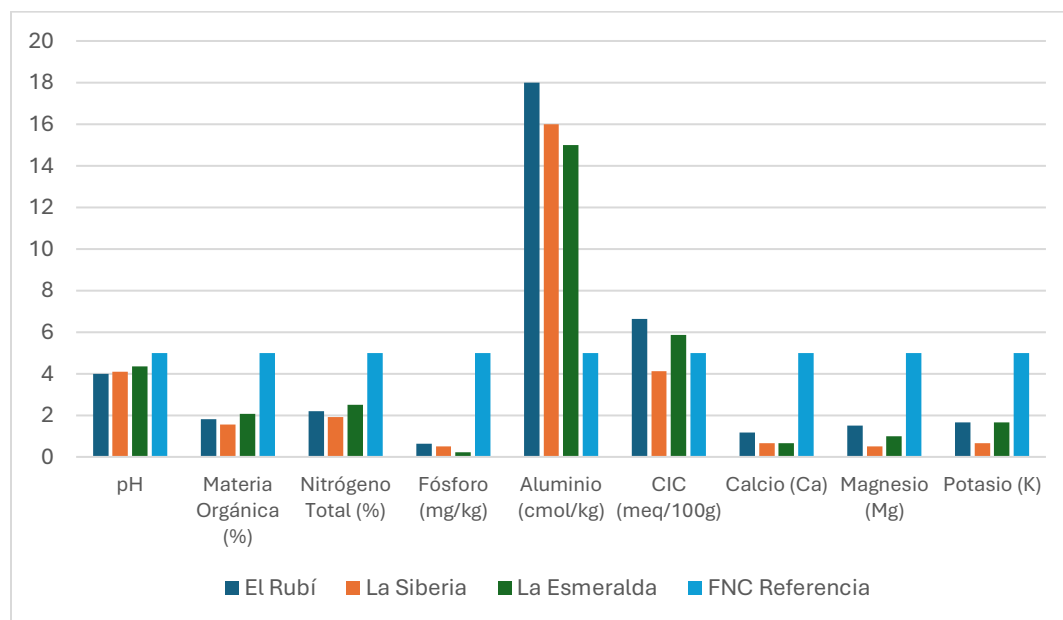


Las fincas de Lejanías (La Esmeralda, La Libertad y El Jardín) muestran un comportamiento heterogéneo frente a los valores de referencia de la FNC.

- La Libertad es la finca más balanceada, destacándose porque su pH y contenido de calcio se acercan al rango medio-alto recomendado por la FNC. Además, su CIC supera ampliamente el estándar, lo que implica buena capacidad de retención de nutrientes. Sin embargo, mantiene deficiencias en fósforo y nitrógeno, al igual que las demás fincas del municipio.
- La Esmeralda (Lejanías) evidencia limitaciones marcadas en bases de cambio (Ca, Mg y K), además de bajos niveles de fósforo. Aunque su CIC es adecuada, el contraste con la línea de la FNC revela una brecha importante en parámetros críticos para la productividad.
- El Jardín presenta las condiciones más restrictivas: pH muy bajo, alta acidez (Al) y deficiencia severa de fósforo y boro. El radar muestra claramente su distancia respecto a la línea de referencia de la FNC, lo que indica necesidad urgente de encalado y suplementación nutricional.

### Figura 33

*Comparación de las Fincas de Mesetas con el Estándar de la FNC.*



Las fincas de Mesetas (El Rubí, La Siberia y La Esmeralda) exhiben también una marcada separación respecto a los valores de referencia de la FNC.

- El Rubí sobresale por sus niveles relativamente mejores de fósforo y CIC, que se ubican cerca del estándar. No obstante, el exceso de aluminio y la acidez marcada lo alejan de las condiciones óptimas para el café.
- La Siberia refleja las mayores limitaciones: baja CIC, escaso fósforo y bajos niveles de bases de cambio. El gráfico evidencia su amplia distancia respecto a la línea de referencia de la FNC en casi todos los parámetros, salvo en la relación C/N, que es aceptable.
- La Esmeralda (Mesetas) presenta mejores contenidos de materia orgánica y un pH relativamente menos ácido (4,8), pero sufre de una deficiencia crítica en fósforo y azufre, lo que limita el desarrollo reproductivo del café.

Al observar las gráficas, se evidencia que ninguna finca alcanza los valores de referencia de la FNC en parámetros como fósforo, nitrógeno y materia orgánica, lo que confirma una limitación estructural en la fertilidad de los suelos de la región. Únicamente en la CIC se superan los niveles de referencia, lo que refleja una buena capacidad de intercambio catiónico, aunque insuficiente si no se garantiza la reposición de nutrientes. Este contraste entre las curvas de cada finca y la línea de referencia de la FNC subraya la brecha existente entre el estado actual del suelo y las condiciones óptimas para la caficultura sostenible.

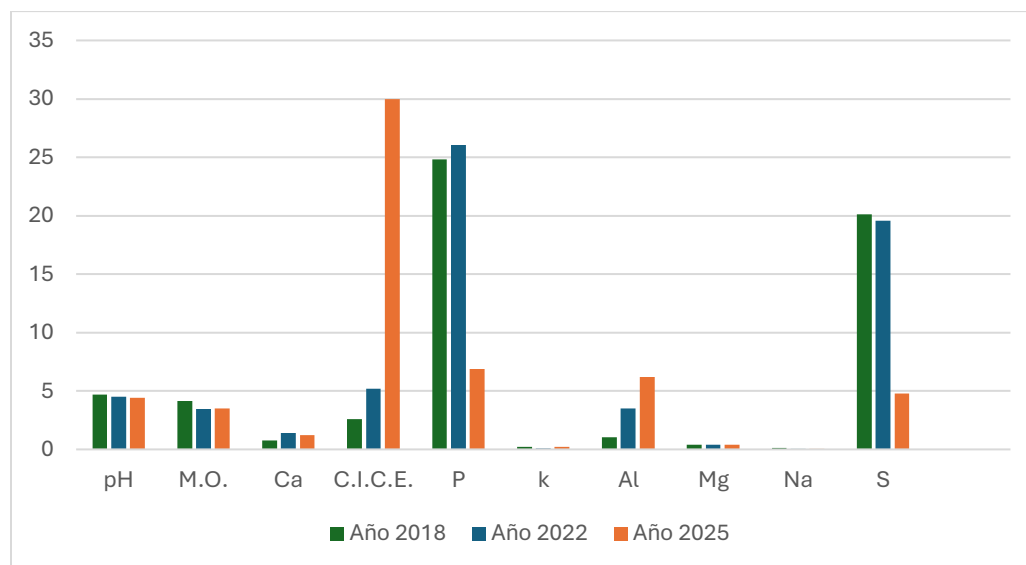
#### **Análisis temporal de las condiciones edáficas de la finca El Jardín (2018–2025)**

De las seis Fincas seleccionadas para este estudio, la finca *El Jardín* constituye el único caso con disponibilidad de análisis de suelo realizados en tres momentos distintos (2018, 2022 y

2025), lo cual permite efectuar un seguimiento temporal de las principales variables edáficas y su posible relación con las prácticas agrícolas y la productividad cafetera.

### Figura 34

*Evolución de Parámetros del Suelo – Finca el Jardín, (2018-2025)*



Los resultados muestran una tendencia progresiva hacia la acidificación del suelo, evidenciada en la disminución constante del pH de 4,71 (2018) a 4,4 (2025). Esta condición ácida, si bien es característica de muchos suelos cafeteros del piedemonte llanero, puede afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales y favorecer la solubilidad del aluminio, como se confirma en este caso. El contenido de aluminio intercambiable aumentó significativamente, pasando de 1,05 cmol/kg en 2018 a 6,2 cmol/kg en 2025, lo cual representa un nivel potencialmente tóxico para las raíces del café y un factor limitante para el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes.

La materia orgánica (M.O.) disminuyó entre 2018 (4,14%) y 2022 (3,46%), aunque presentó una leve recuperación en 2025 (3,5%). Esta variable, fundamental para la fertilidad y la estructura del suelo, indica una tendencia a la pérdida de calidad edáfica que podría estar asociada a una baja incorporación de residuos orgánicos o a una cobertura vegetal insuficiente.

El contenido de fósforo (P) mostró una disminución drástica en 2025 (6,9 ppm) frente a los años anteriores (24,81 ppm en 2018 y 26,06 ppm en 2022), lo que sugiere una posible extracción continua sin reposición adecuada. Esta pérdida representa una limitación crítica para el desarrollo reproductivo del cafeto, ya que el fósforo es clave en los procesos de floración y llenado del grano.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico efectiva (C.I.C.E.), se observó un incremento considerable: de 2,59 cmol/kg en 2018 a 30 cmol/kg en 2025. Este cambio, aunque positivo en términos de capacidad de retención de nutrientes, requiere ser revisado cuidadosamente, pues el salto podría deberse a un cambio metodológico en los análisis o al efecto de prácticas correctivas específicas no registradas.

Otras variables como el potasio (K) y el azufre (S) también mostraron comportamientos relevantes. El potasio, tras una caída en 2022 (0,09 cmol/kg), se recuperó parcialmente en 2025 (0,22 cmol/kg), lo que podría estar asociado a ajustes recientes en la fertilización. El azufre, por su parte, se redujo de 20,11 ppm (2018) a 4,78 ppm (2025), lo que refleja una pérdida importante en un nutriente esencial para la síntesis de proteínas y la eficiencia del nitrógeno.

Finalmente, los niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg) se mantuvieron en rangos aceptables, aunque el calcio mostró un aumento entre 2018 y 2022 (de 0,78 a 1,39 cmol/kg) seguido de una ligera disminución en 2025 (1,2 cmol/kg), lo cual podría estar vinculado a la aplicación intermitente de enmiendas calcáreas.

Los datos de la finca *El Jardín* evidencian un proceso de desequilibrio progresivo en la fertilidad del suelo, caracterizado por acidificación, acumulación de aluminio y pérdida de nutrientes estratégicos como fósforo, azufre y materia orgánica. Este análisis subraya la importancia de implementar planes de manejo edáfico más sostenidos, orientados al

mejoramiento de la calidad del suelo y a la recuperación de su capacidad productiva, especialmente mediante prácticas agroecológicas y uso racional de fertilizantes.

### **Triangulación entre condiciones edáficas y prácticas agrícolas**

El análisis cruzado entre los parámetros edáficos y las prácticas agrícolas implementadas en las seis fincas cafeteras objeto de estudio permite identificar coincidencias y tensiones entre el estado nutricional del suelo y el manejo productivo. Esta triangulación busca evidenciar en qué medida las decisiones agronómicas están contribuyendo al sostenimiento de la fertilidad edáfica, la mitigación de problemáticas como la acidez y el manejo sostenible del cultivo.

#### **1. Fertilización y manejo nutricional**

La mayoría de las fincas encuestadas (5 de 6) reportan el uso de una combinación de cales, biofertilizantes y abonos orgánicos. Las fincas La Libertad, El Jardín, El Rubí y La Siberia complementan su manejo con el uso de fertilizantes químicos, mientras que La Esmeralda (Lejanías) manifiesta no utilizar insumos de síntesis por su orientación agroecológica.

A pesar de estas prácticas, los resultados edáficos evidencian valores bajos de nutrientes esenciales como fósforo (P) y potasio (K) en la mayoría de las fincas, especialmente en El Rubí (P: 1,9 mg/kg; K: 0,1 cmol/kg) y La Esmeralda – Mesetas on P: 0,7 mg/kg, lo que sugiere una deficiente reposición de nutrientes extraídos por el cultivo.

Por otro lado, se observa una correlación entre la frecuencia de fertilización química y el contenido de bases de cambio: La Libertad (Ca: 3,2; Mg: 0,6) muestra mejores niveles, mientras que La Esmeralda presenta valores muy bajos (Ca: 0,8; Mg: 0,4), reflejando posibles deficiencias relacionadas con su no uso de fertilizantes de síntesis.

El contenido de materia orgánica (MO) varía considerablemente, con valores altos en La Libertad (4,4%) y El Jardín (3,5%), ambos con manejo mixto de fertilización. En contraste, La

Esmeralda -(2%) y La Siberia (2,5%) presentan menores concentraciones, lo cual podría vincularse a la calidad del compostaje, frecuencia de incorporación de residuos o dinámica climática.

## **2. Conservación de suelos y cobertura vegetal**

Todas las fincas indican contar con cobertura vegetal permanente, ya sea natural o inducida, y prácticas de sombrero con especies maderables, en arreglos como 10x10, 12x10 o 12x15 metros. Esta cobertura constante favorece la estabilidad estructural y conservación de humedad, y se refleja en valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) superiores a 23 meq/100 gr de suelo en la mayoría de los casos, alcanzando 30 meq/100 gr de suelo en La Libertad y El Jardín.

No obstante, en la finca La Siberia, a pesar de reportarse prácticas adecuadas de conservación, se observa una baja CIC de 16,5 meq/100 gr de suelo. Esta condición podría estar asociada a una menor presencia de arcillas de alta actividad o a la pérdida de materia orgánica ocasionada por procesos de erosión o lixiviación. De acuerdo con Rosales et al. (2017), las arcillas de alta actividad, como la montmorillonita, presentan una elevada capacidad de retención de cationes, mientras que aquellas de baja actividad, como la illita o la caolinita, poseen una CIC considerablemente menor. Por su parte, Monterola y Ráez (2023) advierten que la pérdida de cobertura vegetal y la erosión hídrica favorecen la degradación de la materia orgánica del suelo, lo cual impacta negativamente su fertilidad al disminuir tanto el contenido de nutrientes como la capacidad de retención catiónica.

## **3. Rotación de cultivos**

Solo La Libertad reporta realizar rotación cada 4 a 6 años, mientras que las otras fincas no practican rotación, lo cual puede limitar la renovación biológica y nutricional del suelo. Esto

se refleja en niveles bajos de micronutrientes como B, Zn y S, especialmente en El Rubí (B: 0,07 mg/kg; S: 27,63 mg/kg) y La Esmeralda --Lejanías (S: 2,26 mg/kg).

#### **4. Acidez del suelo y manejo de enmiendas**

La acidez edáfica es una constante en las fincas de Mesetas (pH entre 4,4 y 4,8), con alta presencia de aluminio intercambiable (Al entre 6 y 7,2 meq/100 gr de suelo), a pesar del uso declarado de cal. Esto sugiere que la dosis, frecuencia o tipo de enmienda utilizada no está siendo suficiente para neutralizar la acidez. En contraste, La Libertad presenta el pH más alto del conjunto (5,3) y el nivel más bajo de Al (0,8), lo que indica una gestión más efectiva de corrección de acidez.

#### **5. Asistencia técnica y análisis de suelo**

En general, las fincas reportan realizar análisis de suelo con relativa regularidad (cada 2 años), con excepción de El Rubí, que indica no hacerlo, y La Siberia, donde se afirma que "se realizó hace muchos años". Esta diferencia se manifiesta en los resultados: La Libertad y El Jardín, con seguimiento técnico frecuente, tienen suelos más equilibrados, mientras que La Esmeralda - Mesetas y El Rubí presentan deficiencias marcadas en nutrientes y mayor acidez.

#### **Análisis de la triangulación**

- Existe una buena disposición hacia prácticas sostenibles, como el compostaje, la cobertura vegetal y el uso de bioinsumos, pero estas no siempre se traducen en mejoras edáficas, debido a limitaciones en rotación de cultivos, ajustes técnicos y reposición efectiva de nutrientes.
- La Libertad presenta el manejo más integral, con rotación, asistencia técnica activa, enmiendas efectivas y fertilización diversificada, lo cual se refleja en sus suelos balanceados.

- La Esmeralda (Lejanías), con enfoque orgánico, muestra carencias que evidencian la necesidad de fortalecer el manejo nutricional y técnico.
- La Esmeralda (Mesetas) evidencia bajos niveles de fósforo, bases y azufre, lo que exige acciones correctivas urgentes para mejorar la productividad.
- El Rubí y La Siberia muestran prácticas intermedias, pero con deficiencias en la corrección de acidez y balance de nutrientes, lo cual debe ser abordado mediante planes específicos de fertilización, calificación y monitoreo continuo.

### Relación Edafoproductiva

Con el propósito de establecer relaciones entre la fertilidad del suelo y la productividad cafetera, se llevó a cabo un análisis entre los parámetros edáficos caracterizados en 2025 y los registros históricos de productividad obtenidos entre 2020 y 2024. Inicialmente se construyó una matriz comparativa que integró indicadores clave de fertilidad química (pH, materia orgánica, fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico –CIC–, contenido de aluminio, potasio, calcio y magnesio) con los valores promedio anuales de producción total por finca.

Posteriormente, se incorporó el dato de área en producción de cada unidad, permitiendo ajustar la productividad por hectárea (kg/ha/año) como indicador estandarizado de eficiencia técnica.

### Tabla 17

*Matriz de Interpretación Edafoproductiva (2020–2024)*

Finca	Prom. Prod. Ajustada (kg/ha/año)	Fortalezas Edáficas	Limitaciones Edáficas	Interpretación Técnica
El Rubí	998.5	CIC alta (26.5 cmol/kg) MO adecuada (2.9%)	pH muy ácido (4.4) P extremadamente bajo (1.9 ppm) Al alto (7.2 cmol/kg)	A pesar de sus condiciones ácidas y baja fertilidad, el manejo técnico parece compensar, mostrando buen desempeño gracias a prácticas de fertilización puntual y alta CIC.

La Siberia	837.4	pH relativamente mejor (4.5) K y Mg en niveles aceptables en contexto pobre	CIC baja (16.5 cmol/kg) MO baja (2.5%) P muy bajo (1.5 ppm) Al elevado	Aunque el suelo presenta restricciones importantes, especialmente en capacidad de retención, se alcanzan resultados aceptables, posiblemente por buen control cultural y nutricional.
La Esmeralda – Mesetas	701.2	MO relativamente alta (3.3%) pH menos ácido (4.8)	P extremadamente bajo (0.7 ppm) Al tóxico (6.0 cmol/kg) baja CIC (23.5 cmol/kg)	Su eficiencia técnica en una hectárea parece ser la clave del desempeño. El suelo impone fuertes restricciones, pero se manejan con precisión.
La Libertad	578.7	pH ideal (5.3) MO muy alta (4.4%) P suficiente (9.3 ppm) Al muy bajo (0.8 cmol/kg) CIC alta (30 cmol/kg)	Ninguna crítica grave	Tiene las mejores condiciones edáficas. Su productividad puede aumentar aún más con mejoras en la gestión técnica y recolección.
La Esmeralda – Lejanías	482.2	CIC moderada (23.5) P suficiente (9.3 ppm)	MO muy baja (2.0%) pH ácido (4.7) Al alto (3.8 cmol/kg)	Aunque tiene fósforo disponible, el bajo contenido de materia orgánica y la acidez del suelo limitan la eficiencia. Requiere manejo orgánico intensificado.
El Jardín	443.1	MO buena (3.5%) CIC alta (30 cmol/kg)	pH muy ácido (4.4) Al muy alto (6.2 cmol/kg) P bajo (6.9 ppm)	A pesar de contar con buena reserva y estructura química, la acidez y toxicidad de Al afectan la eficiencia. Requiere encalado y mejor nutrición.

Las fincas con mayor productividad, como El Rubí y La Siberia, no necesariamente poseen los mejores suelos, lo que evidencia el papel decisivo del manejo técnico y agronómico en el rendimiento cafetero. La Libertad se destaca por su fertilidad edáfica, aunque su nivel de productividad revela un margen de mejora en prácticas de cosecha o en el manejo de la nutrición. Un aspecto crítico identificado es la toxicidad por aluminio, con valores superiores a 2 cmol/kg en cinco de las seis fincas, situación que requiere correcciones mediante enmiendas calcáreas.

Asimismo, la disponibilidad de fósforo es críticamente baja en casi todas las fincas del municipio de Mesetas, lo que demanda intervenciones urgentes para garantizar una adecuada floración y desarrollo del grano. Finalmente, la materia orgánica se presenta como un factor limitante en al menos tres predios, La Esmeralda (Lejanías), La Siberia y El Rubí, restringiendo la fertilidad natural y la sostenibilidad de los agroecosistemas.

## Conclusiones

El presente estudio evaluó la influencia de variables agroclimáticas y edáficas sobre la productividad cafetera en seis fincas representativas de los municipios de Lejanías y Mesetas (Meta), aplicando un enfoque integral que incluyó la caracterización agroecológica, el análisis climático y la evaluación de la fertilidad del suelo. Los hallazgos permiten responder a los objetivos planteados de la siguiente manera:

Se identificaron diferencias estructurales y funcionales entre fincas, con mayor complejidad ecológica y conectividad en aquellas que implementan prácticas agroecológicas (mayor cobertura vegetal, corredores biológicos y conservación de fuentes hídricas), frente a sistemas más simplificados y vulnerables a procesos de degradación.

La comparación climática entre municipios mostró que Lejanías presenta mayor frecuencia de extremos hídricos, mientras que Mesetas mantiene un régimen más estable, con lluvias intermitentes y picos moderados. Las temperaturas se mantuvieron estables en ambos casos, y la humedad relativa fue elevada, aunque con variaciones puntuales en Lejanías. El análisis de correlación de Spearman reveló que, en el conjunto de fincas evaluadas, solo la temperatura promedio (noviembre–junio) en la finca El Rubí presentó una correlación negativa fuerte y estadísticamente significativa con la productividad ( $\rho = -0,90$ ;  $p = 0,037$ ), lo que sugiere que aumentos en la temperatura durante este periodo podrían reducir los rendimientos. Las demás asociaciones entre variables climáticas y productividad no fueron significativas, aunque se identificaron tendencias que justifican estudios con series de tiempo más amplias.

Se encontró que la productividad tiende a ser mayor en fincas con pH moderado, baja saturación de aluminio, adecuada capacidad de intercambio catiónico (CIC) y mayor contenido de materia orgánica. Limitaciones en fósforo, potasio y materia orgánica, junto con baja CIC, se

asociaron con menores rendimientos, lo que confirma la importancia de la fertilidad del suelo como factor estratégico para la producción cafetera.

La integración de la información edáfica y productiva evidenció que las fincas con manejo integral del suelo (corrección de acidez, fertilización balanceada y conservación de materia orgánica) registraron mayores rendimientos acumulados. La baja CIC observada en algunos predios, como La Siberia, a pesar de buenas prácticas de conservación, puede explicarse por factores intrínsecos del suelo (baja proporción de arcillas de alta actividad) o pérdida de materia orgánica por erosión.

Los resultados indican que la variabilidad en la productividad cafetera de la zona de estudio responde a una interacción compleja entre las condiciones climáticas y edáficas, donde la temperatura en periodos críticos y la fertilidad del suelo emergen como factores clave a considerar en estrategias de manejo.

## Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización agroecológica, el análisis climático, la evaluación edáfica y el análisis de correlación de Spearman, se proponen las siguientes acciones para fortalecer la sostenibilidad y productividad cafetera en los municipios de Lejanías y Mesetas (Meta):

Implementar programas de fertilización basados en análisis periódicos de suelos, priorizando la corrección de deficiencias de fósforo y potasio y el mantenimiento de la materia orgánica.

Aplicar enmiendas como cal agrícola en predios con pH ácido y alta saturación de aluminio, favoreciendo un ambiente radicular óptimo.

Fomentar el uso de abonos orgánicos (compost, lombricompuesto, estiércol bien manejado) y coberturas vegetales para mejorar la CIC y reducir la pérdida de nutrientes.

Considerando que en la finca El Rubí la temperatura promedio mostró correlación negativa y significativa con la productividad, se recomienda evaluar la implementación de prácticas de mitigación térmica, como el aumento de sombra arbórea en periodos críticos (noviembre–junio).

Vincular el calendario de labores (floración, fertilización, manejo fitosanitario) a la estacionalidad climática identificada en cada municipio.

Construir y mantener barreras vivas, terrazas y sistemas de drenaje controlado para evitar erosión y pérdida de materia orgánica, especialmente en predios con alta pendiente o lluvias intensas.

Proteger las fuentes hídricas y corredores biológicos, favoreciendo la conectividad ecológica y la regulación microclimática.

Instalar estaciones meteorológicas o sensores básicos para registrar precipitación, temperatura y humedad relativa, generando datos propios para la toma de decisiones. Capacitar a los caficultores en interpretación de pronósticos y su relación con la productividad.

Desarrollar procesos de formación continua en manejo agroecológico, nutrición del café y adaptación climática, con énfasis en fincas de menor rendimiento.

Promover intercambios de experiencias entre productores de fincas con mejores indicadores productivos y de conservación.

Extender el análisis de correlación y regresión a series históricas más amplias, considerando el rezago temporal de las variables climáticas sobre la producción.

Incorporar variables adicionales como variedad de café, edad de los lotes, manejo de sombra y prácticas fitosanitarias, para obtener modelos más explicativos.

### Referencias Bibliográficas

- Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E., & López-Vargas, L. H. (2019). Agroecological Practices as Contribution to the Sustainability of Agroecosystems. Case Study of Sumapaz Province. *Ciencia Y Agricultura*, 16(2), 39-55. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9139>
- Albaladejo-García, JA, Zabala, J. Á., Rodríguez-Valero, MI, Alcon, F., & Martínez-Paz, JM (2023). Percepción social de la calidad estética del paisaje agrícola mediterráneo: los frutales en floración de la región de murcia. *Información Técnica Económica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2023.006>
- Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. (2021). Perspectiva agroecológica en el antropoceno. *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), 133-138. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a16>
- Alvarenga, NA, Viay, Q., Rios, F., Martínez, M., & Olivas, F. (2014). Incidencia y distribución de hongos filamentosos durante el proceso de beneficio húmedo del café. *Steviana*, 6(0). [https://doi.org/10.56152/stevianafacenv6a2\\_2014](https://doi.org/10.56152/stevianafacenv6a2_2014)
- De Aguiar, P. C. B., De Moura Pires, M., Profice, C. C., & Bruno, N. L. (2023). Comunidade de Atalaia, Canavieiras, Bahia, Brasil: uma análise sob a ótica da sustentabilidade ambiental. *Interações (Campo Grande)*, 133-151. <https://doi.org/10.20435/inter.v24i1.3721>
- Amico, A. L. and Pellat, F. P. (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: la roya del cafeto en chiapas. *Madera y Bosques*, 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401914>
- Arcila Pulgarín, J. (2025). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En *Sistemas de producción de café en Colombia (Capítulo 2)*. Cenicafé. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>

- Aquino, M. L. B. and Flores, J. Á. H. (2023). Discursos de sustentabilidad y áreas verdes urbanas: programa de certificación de edificaciones sustentables. *Sociedad Y Ambiente*, (26), 1-25. <https://doi.org/10.31840/sya.vi26.2659>
- Ávalos, H. C. and Chavero, E. L. (2020). La multifuncionalidad de agroecosistemas en la cuenca del río cuitzmala, jalisco, méxico. *Agricultura Sociedad Y Desarrollo*, 16(4), 513-537. <https://revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/1280/565>
- Avelino, J., Romero-Gurdián, A., Cruz-Cuellar, HF, y DeClerck, F. (2012). El contexto y la escala del paisaje impactan de manera diferencial en la roya de la hoja del café, la broca del café y los nematodos agalladores del café. *Aplicaciones ecológicas*, 22(2), 584-596. <https://doi.org/10.1890/11-0869.1>
- Avendaño, J. E. L., Rodríguez, J. C., Gallardo, J. Á. M., Jiménez, R. L., & Valdés, T. D. (2019). Uso de fao-56 y cintilómetro para estimar la evapotranspiración de sorgo (*sorghum bicolor* l.) y sus componentes: evaporación del suelo y transpiración de la planta. *Revista Terra Latinoamericana*, 37(2), 141. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.393>
- Bacca, T., Delgado-Gualmatán, W. L., Burbano, T. C. L., & Gutiérrez, Y. (2021). Efecto de la altitud y del sombrío del café sobre la infestación por *hypothenemus hampei* (coleoptera: curculionidae: scolytinae) en nariño, colombia. *Boletín Científico Centro De Museos Museo De Historia Natural*, 25(2), 43-58. <https://doi.org/10.17151/bccm.2021.25.2.3>
- Cohen-Manrique, C. S., Burbano-Bustos, A. F., Ordosgoitia, R. D. S., & Merlano-Porto, R. H. (2020). Control de riego en cultivos de ahuyama en sincelejo, sucre (colombia) gestionados a través del internet de las cosas. *Información Tecnológica*, 31(5), 79-88. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000500079>

- Barton, JR (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista De Geografía Norte Grande*, (43). <https://doi.org/10.4067/s0718-34022009000200001>
- Bisseleua, D. H. B., Missoup, A. D., & Vidal, S. (2009). Biodiversity conservation, ecosystem functioning, and economic incentives under cocoa agroforestry intensification. *Conservation Biology*, 23(5), 1176-1184. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19765036/>
- Bolívar-Sierra, A. F. and Suescun-Ospina, S. (2021). Cerdos a campo abierto, herramienta de transformación productiva para suelos de altillanura colombiana. *Orinoquia*, 25(2), 59-70. <https://doi.org/10.22579/20112629.708>
- Bouzo, CA y Astegiano, E. (2018). Efectos de diferentes agroecosistemas en la dinámica de nitrógeno, fósforo y potasio en un cultivo de tomate. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 3(5), 907-924. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i5.1383>
- Bravo-Monroy, L., Potts, SG, y Tzanopoulos, J. (2016). Factores que influyen en las decisiones de los agricultores a la hora de adoptar prácticas de gestión del café orgánico o convencional. *Food Policy*, 58, 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.003>
- Bunn, C., Läderach, P., Rivera, OO, y Kirschke, D. (2014). Una taza amarga: perfil del cambio climático en la producción mundial de café arábica y robusta. *Cambio climático*, 129(1-2), 89-101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, JP, García-Alonso, F., & Cruz, E. dl C. dl (2019). Comunicación del cambio climático y generación de capacidades adaptativas entre los agricultores del trópico subhúmedo. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1627-1639. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1795>

- Casillas-González, A. C., Pérez-Camacho, M. N., García-López, M., Cátedra-Cerón, M. M., Capote, C., Martín-Jiménez, I., & Villanueva, A. J. (2022). Estrategias de bioeconomía circular. un análisis comparativo a nivel europeo. *Informacion Tecnica Economica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2022.016>
- Chazarin, F., Locatelli, B., & Garay-Rodríguez, M. (2014). Mitigación en la selva, adaptación en la sierra y la costa: ¿oportunidades perdidas de sinergias frente al cambio climático en Perú. *Ambiente Y Desarrollo*, 18(35), 95. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd18-35.msas>
- Fonseca-Carreño, N. E., Salamanca-Merchan, J. D., & Vega-Baquero, Z. Y. (2019). La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. Una revisión. *Temas Agrarios*, 24(2), 96-107. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1356>
- Cattaneo, C. A., Bocchicchio, A. M., & Candelino, E. (2022). Heterogeneización agroalimentaria y sustentabilidad: complejidades manifiestas para una interpretación en clave organizacional. *Revista Internacional De Organizaciones*, (28), 63-83. <https://doi.org/10.17345/rio28.63-83>
- Colín Dimas, D., Montes de Oca Hernández, A., & Pérez Sánchez, J. M. (2024). Resiliencias para preservar semillas nativas de milpas mazahuas ante la variabilidad climática en contextos de sustentabilidad. *Textual*, (82), 1-26. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2023.82.10>
- Cristóbal, C. V., Hernández, P. A. M., Díaz, E. C., Vásquez, R. P., García, J. M. P., & Del Pozo Rodríguez, P. P. (2019). *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT ESPECIE CLAVE PARA UNA PRODUCCIÓN BOVINA SOSTENIBLE EN EL TRÓPICO. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 22(2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.2707>

- Daza, D. S. C., & Castañeda, H. J. A. (2019). Sinergias mitigación - adaptación al cambio climático en sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), de Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(1). <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32537>
- De Luna-Dávila, R. (2023). Resiliencia y planeación municipal del agua potable 2020 (Nuevo León). *Vinculatégica EFAN*, 9(5), 34-49. <https://doi.org/10.29105/vtga9.5-419>
- Dussi, M. and Flores, L. B. (2018). Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. *Inter Disciplina*, 6(14), 129. <https://doi.org/10.22201/ceiach.24485705e.2018.14.63384>
- Enríquez-Prado, M., Mendoza-Saltos, M. F., & Palma-Macías, G. R. (2022). Taxonomía verde como estrategia de financiamiento climático: una mirada a latinoamérica. 593 Digital Publisher CEIT, 7(6-1), 368-380. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.6-1.1543>
- Delgado-Vargas, IA, Leonel, HF, Molina-Moreno, Á. A., Chávez, NO, & Paz, PAP (2022). Etnoedafología como proceso integrador entre academia y saberes campesinos en el sistema productivo del café (<i>coffea arabica</i> l.) del suroccidente colombiano. *Ciencias Agrarias*, 13(10), 1013-1030. <https://doi.org/10.4236/as.2022.1310062>
- Farfán-Valencia, F. (2021). La caficultura bajo sombra para el departamento de huila. *Aplicación De Ciencia Tecnología E Innovación en El Cultivo Del Café Ajustado a Las Condiciones Particulares Del Huila: Vol. 2.*, 96-123. [https://doi.org/10.38141/10791/0008\\_4](https://doi.org/10.38141/10791/0008_4)
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2025). Informe mensual de cifras cafeteras: período marzo 2024-febrero 2025. de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>
- Fonseca Carreño, N. E., Palacios Yepes, E., & Leyva, J. L. (2023). Evaluación de sistemas agroecológicos orientados a la sustentabilidad de la agricultura familiar campesina en la

provincia de sumapaz. Pensamiento Udecino, 7(1), 18-34.  
<https://doi.org/10.36436/23824905.546>

Fonseca Carreño, J. A., Páez Barón, E. M., & Corredor Camargo, E. S. . (2018). Metodologías para la estimación de sostenibilidad agropecuaria. Sello Editorial UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586516501>

Fuentes Figueroa, TR, Delvalle Calderón, R. Á., Narváez Campana, W., Valverde Lucio, A., & García Cabrera, JM (2023). Caracterización socio productiva de los sistemas cafetaleros, parroquia el anegado cantón jipijapa-ecuador. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 7(3), 76-85. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v7.n3.2023.76-85>

Garbarino Mendiondo, PA (2023). La educación para el cambio climático como herramienta de mitigación. Investigación educativa de la MLS, 7(1). <https://doi.org/10.29314/mlser.v7i1.1015>

García-Bonilla, D. A., Rodríguez-Guevara, E. G., & Pineda-Ospina, D. L. (2023). Dimensiones de análisis de los estándares voluntarios de sostenibilidad en el comercio internacional agroindustrial. Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación, 13(2), 233-246. <https://doi.org/10.19053/20278306.v13.n2.2023.16830>

Garedew, K. F., Bekite, K. T., & Deffere, D. (2019). Carbon sequestration in coffee agroforestry of barbere district, bale zone, southeastern ethiopia: implications for climate change mitigation. Journal of Resources Development and Management. <https://doi.org/10.7176/jrdm/60-01>

González, A. N., González, F. M. C., & González, O. N. (2022). Propuesta de indicadores de variabilidad climática con datos mensuales aplicado a climas cálidos en zonas costeras de México. Revista Bio Ciencias, 9. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1173>

- González-Zamora, A., Esperón-Rodríguez, M., y Barradas, VL (2016). Bosque mesófilo de montaña y cafetales de sombra: Una comparación de la biodiversidad arbórea en el centro de Veracruz, México. *Forest Systems*, 25 (1), e055. <https://doi.org/10.5424/fs/2016251-07538>
- Sanabria-Gómez, S. A., & Caro-Moreno, J. C. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: el rol de la Federación Nacional de Cafeteros. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 88, 223-241. <https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2624>
- Guzmán, S. D. G., Bautista-Montealegre, L. G., & Bolaños-Benavides, M. M. (2019). Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de cuatro municipios de Cundinamarca (Colombia) para la producción de plátano. *Revista U D C A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1192>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (21 de enero de 2025) Respuesta a solicitud de datos meteorológicos para estudio de maestría - Estaciones de Lejanías y Mesetas, Meta [Correo electrónico]
- Informes de Expertos. (2011). Mercado Latinoamericano de Café, Tamaño e Informe 2025-2034 . <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-del-cafe>
- Jha, S., Bacon, CM, Philpott, SM, Méndez, VE, Läderach, P., & Rice, RA (2014). Café de sombra: actualización sobre un refugio en desaparición para la biodiversidad. *BioScience*, 64(5), 416-428. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu038>
- Jaramillo Robledo, Á. (2018). El clima de la caficultura en Colombia (80 años de ciencia para la caficultura colombiana). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Cenicafé. <https://www.cenicafe.org/es/publications/libroClima.pdf>

- Jarma-Orozco, A., González, A. R. A., Jaraba-Navas, J. d. D., Rodríguez-Páez, L. A., Caballero, E. C., Guzmán-Castro, J. C., & Gomez, N. (2023). Recursos fitogenéticos nativos de la región de la mojana: una poderosa estrategia de resiliencia de los pequeños productores para mejorar la productividad ante los efectos de la variabilidad climática. *Naturaleza Y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (7). <https://doi.org/10.53010/nys7.02>
- Jiang, X. J., Liu, W., Wu, J., Wang, P., Liu, C., & Yuan, Z. (2017). Land degradation controlled and mitigated by rubber-based agroforestry systems through optimizing soil physical conditions and water supply mechanisms: a case study in xishuangbanna, china. *Land Degradation & Development*, 28(7), 2277-2289. <https://doi.org/10.1002/ldr.2757>
- Jiménez, V. M. and Carvajal-Campos, P. (2021). Ingeniería genética contra estrés abiótico en cultivos neotropicales: osmolitos, factores de transcripción y crispr/cas9. *Revista Colombiana De Biotecnología*, 23(2), 47-66. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n2.88487>
- Landaburu Mendoza, J. R., Guillin Llanos, X. M., Pulla Gómez, C. E., & Rodríguez Tubay, M. L. (2024). Efecto del sector agropecuario en el crecimiento económico. caso ecuatoriano. *Religación*, 9(40), e2401182. <https://doi.org/10.46652/rgn.v9i40.1182>
- Leguízamo, J. A. C., Sicard, T. L., & Calderon, J. J. T. (2020). Metodologías para la evaluación de la agrobiodiversidad en sistemas agrícolas: <https://doi.org/10.19053/9789586603812>
- Leguízamo, J. A. C. (2018). Avances conceptuales y metodológicos para la construcción de la estructura agroecológica principal (eap) de los agroecosistemas.. <https://doi.org/10.19053/9789586602853>
- Leguízamo, J. A. C., Toro, J., Martínez-Bernal, L. F., & León-Sicard, T. E. (2017). La estructura agroecológica principal (eap): novedosa herramienta para planeación del uso de la tierra en

- agroecosistemas. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 11(2), 441-449.  
<https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7350>
- León Sicard, T. (2021). *Estructura Agroecológica Principal de los Agroecosistemas: Perspectivas Teóricas y Prácticas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Pdf.
- León-Sicard, T. E., Toro, J., Martínez-Bernal, L. F., & Leguizamón, J. A. C. (2018). The main agroecological structure (mas) of the agroecosystems: concept, methodology and applications. <https://doi.org/10.20944/preprints201803.0006.v2>
- López, V. T. and Titor, A. (2019). Contradicciones en torno a las innovaciones y certificaciones en el sector de la bioenergía en Argentina. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, (26), 87-110.  
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.26.2019.3896>
- Martínez-Sánchez, E. T., Cardona-Romero, M., Rivera-Páez, F. A., Cárdenas, J. E. P., & Castañón-Villa, G. J. (2018). Contribution of agroecosystems to the conservation of bird diversity in the department of Caldas. *Revista Facultad Nacional De Agronomía*, 71(2), 8445-8457.  
<https://doi.org/10.15446/rfna.v71n2.66113>
- Martínez, H., Andrade, S. A. L. d., Santos, R. H. S., Baptistella, J. L. C., & Mazzafera, P. (2024). Agronomic practices toward coffee sustainability: a review. *Scientia Agricola*, 81.  
<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2022-0277>
- Méndez Flota, D. L., Ruiz Sánchez, E., González Moreno, A., Latournerie Moreno, L., Suárez Jiménez, D., & Flota Bañuelos, C. (2024). Insectos parasitoides asociados al agroecosistema de maíz criollo en Yucatán. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28(Especial).  
<https://doi.org/10.53897/revaia.24.28.15>

- Montaño-Roldan, V. L., Ortiz Caicedo, P. L., Gonzales Vega, A. A., Álava Vélez, C. E., & Chica Tambaco, A. J. (2023). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en Perú. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(2), 34-42. <https://doi.org/10.56183/iberotec.v3i2.630>
- Molina-Murillo, S. A., Barrientos, G. A., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madriz-Martínez, M., ... & Váldez, S. (2017). ¿son las fincas agroecológicas resilientes? algunos resultados utilizando la herramienta sharp-fao en Costa Rica. *Revista Ingeniería*, 27(2), 25. <https://doi.org/10.15517/ri.v27i2.27859>
- Monterola, FP y Ráez, LEL (2023). Impactos de la deforestación y erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol - Amazonas. *Cátedra Villarreal Posgrado*, 2(1), 17-29. <https://doi.org/10.24039/rcvp2023211674>
- Centeno, J. C. M., & Jiménez-Martínez, E. (2024). Macrofauna edáfica en agroecosistemas de *Coffea arabica* L., en Tepec-Xomolth, Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 57626. <https://doi.org/10.15517/am.2024.57626>
- Nishikawa, M., Cárdenas, F. R., & Marín-Gómez, M. (2023). Análisis del ADN ambiental en la determinación de la fertilidad del suelo agrícola en la provincia de Loja. *Revista InGenio*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v6i1.558>
- Ochoa Murillo, LT (2023). La caficultura en el departamento Antioquia y su compromiso con el medio ambiente. <https://doi.org/10.58373/obscga.021>
- Ochoa, M., Vargas-Corredor, Y. A., Orduz-Amaya, L. P., & Torres-Corredor, J. S. (2022). Variabilidad climática en la planificación hídrica de la cuenca del río Cravo Sur (Casanare, Colombia). *Información Tecnológica*, 33(4), 117-124. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000400117>

- Olán, J. J. O., Valenzuela, W. M., López, E. G., Estrada, M. C., & Carrillo-Ávila, E. (2020). Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1259-1271. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2202>
- Pardo-Plaza, Y. J., Gómez, J. E. P., & Cantero, M. (2019). Biomasa microbiana y respiración basal del suelo bajo sistemas agroforestales con cultivos de café. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1144>
- Pérez, J. A. M., & Zúniga-Gonzalez, C. A. (2021). Necesidades de investigación y transferencia de tecnologías sobre cambio climático en Nicaragua: una oportunidad en la bioeconomía. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7(13), 1518-1543. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11270>
- Pleguezuelo, C. R. R., Martínez, J. R. F., Rodríguez, B. C., Ruíz, B. G., Tejero, I. F. G., & Zuazo, V. H. D. (2017). Efecto de técnicas de agricultura de conservación en la respiración del suelo en plantaciones de almendro en la región mediterránea (se, españa). *M+A. Revista Electrónica De Medioambiente*, 18(2). <https://doi.org/10.5209/mare.58370>
- Pita, Y. X., Botia Rodríguez, B. Y., & Fonseca Carreño, J. A. (2018). Caracterización y Tipificación de los Atributos Ecosistémicos de la Agricultura Familiar Campesina en la Microcuenca del Rio Cormechoque (Boyacá). *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 9(2), 49-62. <https://doi.org/10.22490/21456453.2134>
- Redacción América (EFE). (2025, 27 de marzo). Del campo a la taza: el mundo del café en América Latina. EFE. <https://efe.com/economia/2025-03-27/mundo-cafe-america-latina/>
- Rengifo, CAG y Ochoa, SD (2023). Variabilidad climática en la cuenca hidrográfica del río Chalpi grande en Napo-Ecuador. *Enfoque UTE*, 14(1). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.872>

- Reina, A. M. V., Avila, F. A. S., Aviles, D. F. V., & Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Indicadores biológicos de resiliencia en sistemas de producción mixtos y monocultivos de musáceas. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18(8), e05925. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-024>
- Reyes-García, V., Ávila, JVDC y Caviedes, J. (2022). Evidencias locales del cambio climático y sus impactos: ejemplos desde sudamérica. *Antropologías Del Sur*, 9(17), 103-120. <https://doi.org/10.25074/rantros.v9i17.2317>
- Reyna, J. A., Henríquez, F., & Mora, D. (2022). Diseño de una planta solar fotovoltaica y la influencia de los datos climáticos en la producción de energía. *I+D Tecnológico*, 18(1), 82-99. <https://doi.org/10.33412/idt.v18.1.3476>
- Rodríguez-Moreno, V. M., Medina-García, G., Padilla, G. D., Corral, J. A. R., Ávalos, J. E., & Ruvalcaba, J. E. M. (2021). ¿por qué México es un país altamente vulnerable al cambio climático?. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (25), 45-57. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2819>
- Rojas, E. M., Chávez, S., Veneros, J., Ortiz, E. A. D., Santillán, T. S., & García, L. (2020). Efectos del cambio climático en fincas cafetaleras: una revisión bibliográfica con énfasis en Perú. *Apuntes Universitarios*, 11(1), 55-71. <https://doi.org/10.17162/au.v11i1.547>
- Rodríguez, JJN, Rodríguez, JCC, Carreño, DMC y Ferreira, OM (2018). Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana. *Rev. Iberoam. Bioeconomía. Cambio Clim.*, 4(7), 824-833. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6309>
- Romero, A. M. M., Ostos-Triana, M. E., Buenaventura-Baron, M. S., & Argüelles-Cárdenas, J. (2020). Caracterización y tipificación socioeconómica en productores de cultivos

transitorios ubicados en piedemonte y altillanura plana. Orinoquia, 24(1), 113-127.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.596>

Rosales, AP, Spínola, AG, Montoya, RB, Mendoza, TMH, Peña, MAV, & González, AR (2017).  
Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (agtu+n).  
Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 8(1), 171-177.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.80>

Ruiz-Ochoa, MA, Torres-Corredor, JS, Vargas-Corredor, YA y Orduz-Amaya, LP (2023).  
Variabilidad climática (precipitación, temperatura y humedad relativa) para la gestión hídrica  
del departamento del casanare, colombia. Información Tecnológica, 34(5), 47-60.  
<https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000500047>

Santiago-Santiago, AK, Arana-Coronado, Ó. A., Brambila-Paz, J. d. J., Gardea, JAM y Montes,  
MS (2020). Evaluación financiera con metodología de opciones reales de inversión para  
producción y venta de café orgánico. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 11(3), 493-  
505. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.1877>

Sánchez Brenes, R. and Monge Meza, J. (2024). Diversidad de mamíferos silvestres en  
agroecosistemas con café, rincón de mora, san ramón, alajuela, costa rica.. Acta Zoológica  
Mexicana (N.S.), 1-23. <https://doi.org/10.21829/azm.2024.4012592>

Seguido, Á. FM, Campo, B., & Colomer, JC (2021). Percepción del cambio climático en alumnado  
de 4º del grado en educación primaria (universidad de valencia, españa) a partir de la  
información de los medios de comunicación. Revista Electrónica Interuniversitaria De  
Formación Del Profesorado, 24(1). <https://doi.org/10.6018/reifop.393631>

- Silva-Arero, E. A., Cardona, W. A., Benavides, M. M. B., & Morales-Osorno, H. (2022). Inyección de nutrientes: una técnica eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano (musa aab. *Agronomía Mesoamericana*, 48192. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48192>
- Sorto, EJP (2020). Impacto del cambio climático en la salud de el salvador. *Crea Ciencia Revista Científica*, 12(2), 64-78. (PDF) Impacto del cambio climático en la salud de El Salvador
- Taco, RP, Borjas-Ventura, R., Alvarado-Huamán, L., Castro-Cépero, V. y Otiniano, AJ (2021). Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: una revisión sistemática de las metodologías empleadas para su evaluación. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 24(1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.3292>
- Torres-Flórez, D., Sanpedro, M. A. V., & Baquero, L. G. M. (2024). Factores que inciden en el desempeño de la competitividad en el departamento del meta - colombia. *Cuadernos Latinoamericanos De Administración*, 20(38). <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.4254>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., ... & Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - a review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>
- Valdivia Espinoza, LA, Valdivia Ruiz, LA, Julca Otiniano, AM, Ruiz Aguilar, C., & González Manrique de Lara, TF (2023). Sustentabilidad económica de las concesiones forestales del departamento huánuco, Perú. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 27(1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.5063>
- Verdezoto-Mendoza, F. P., Allaica, J. C. M., Serrano-Castro, A., & Verdezoto-del-Salto, L. F. (2021). Evaluación de la variabilidad climática en el cantón chillanes mediante los

parámetros de la precipitación y la temperatura. AlfaPublicaciones, 3(4.1), 70-84.  
<https://doi.org/10.33262/ap.v3i4.1.125>

Velásquez-Restrepo, S., Giraldo-Amaya, M., Saavedra-Porras, S., & Díaz-Nieto, J. F. (2022). Avifauna asociada a bosques nativos inmersos en agroecosistemas de aguacate hass en caldas y risaralda (colombia). *Biota Colombiana*, 24(1), e1070.  
<https://doi.org/10.21068/2539200x.1070>

Ube, J. L. V., Benavides, O. o. P., Zambrano, J. P. U., & Ávila, F. A. S. (2024). Diversidad y función de las Micorrizas Arbusculares en un agroecosistema sostenible del humedal Abras de Mantequilla. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(4), 1-14. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i4.1114>

Villarreyna, R. A., Avelino, J., & Cerda, R. (2020). Adaptación basada en ecosistemas: efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía Mesoamericana*, 499-516. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37591>

Vista de Manual del cafetero colombiano: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. *Libros y Manuales*. (s. f.).  
[https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/libros\\_manuales/article/view/841/1033](https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/libros_manuales/article/view/841/1033)

Viguera, B., Alpízar, F., Harvey, C. A., Martínez-Rodríguez, M. R., Saborío-Rodríguez, M., & Contreras, L. (2019). Percepciones de cambio climático y respuestas adaptativas de pequeños agricultores en dos paisajes guatemaltecos. *Agronomía Mesoamericana*, 313-331.  
<https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33938>

# Apéndices

## Apéndice A Encuesta de Caracterización Aplicada a los Productores de Café

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS  
Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

**IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO**

Propietario: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_  
 Nombre de la finca: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_  
 Altura (msnm): \_\_\_\_\_ Coordenadas N: \_\_\_\_\_ W: \_\_\_\_\_  
 Área total finca (ha): \_\_\_\_\_ Área cultivada en café: \_\_\_\_\_ Área Agrícola: \_\_\_\_\_ Área Pecuaría: \_\_\_\_\_  
 Área reserva \_\_\_\_\_ Uso actual del suelo: \_\_\_\_\_

**I. CATEGORÍA ECOFISIOLÓGICA**  
**Componente suelos**

1. ¿La topografía de la finca es?  
 1. Con pendientes superiores al 20%  
 2. Con pendientes del 10% al 20%  
 3. Con pendientes del 5% al 10%  
 4. Con pendientes menores del 5%  
 5. Totalmente plana

2. ¿Cuál es el grado de erosión en la finca es?  
 1. Erosión superior al 20%  
 2. Erosión del 10% al 20%  
 3. Erosión entre 5% al 10%  
 4. Erosión menor del 5%  
 5. No hay erosión

3. ¿Cuál es el pH de suelo?  
 1. Inferior a 4.0  
 2. Entre 4.0 y 5.0  
 3. Mayor de 7.0  
 4. Entre 5.0 al 5.9  
 5. Entre 6.0 a 6.9

4. ¿Cuál es la textura del suelo de la finca?  
 1. Suelo arenoso  
 2. Suelo arcilloso  
 3. Suelo arcillo arenoso  
 4. Suelo franco arenoso  
 5. Suelo franco arcilloso  
 6. Suelo franco  
 7. Otro cual \_\_\_\_\_

5. Marque cuál de las siguientes prácticas implementa en la finca.  

1. Uso de residuos de cosecha	Méjora Puntaje
1. Rotación de cultivos	1 1.0
1. Maneja cultivos intercalados	2 2.0
	3 3.0
	4 4.0
	5 5.0

1. Cultivos asociados  
 1. Cultivos con cobertura vegetal  
 1. Siembra en curvas de nivel o franjas  
 1. Esparcir estiércoles de producción pecuaria

6. ¿El suelo posee algún tipo de cobertura vegetal?  
 0. Nunca  
 1. Casi nunca  
 2. Algunas veces  
 3. Casi siempre  
 4. Siempre

7. ¿Qué tipo de Cobertura?  
 1. Cobertura vegetal espontánea  
 1. Cobertura vegetal artificial  
 1. Cobertura vegetal muerta  
 1. Leguminosas  
 1. Gramíneas

8. ¿Con que frecuencia emplea fertilizantes de síntesis química?  
 1. Muy frecuente  
 2. Ocasionalmente  
 3. Casi nunca  
 5. Nunca porque soy orgánico

**Componente aguas**

9. Marque cuál de las siguientes fuentes de agua tiene en la finca.  

1. Reservoirio	Méjora Puntaje
1. Pozo profundo	1 1.0
1. Laguna	2 2.0
1. Río, quebrada	3 3.0
1. X. Otra cual _____	4 4.0
	5 5.0

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS  
Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

10. ¿La cantidad de agua que almacena en su finca es suficiente para la temporada seca?  
 0. No almacena  
 1. Insuficiente para la temporada seca  
 2. Suficiente para la temporada seca  
 3. Más de la que se requiere para la temporada seca

11. ¿A qué distancia está la fuente de agua más cercana a la finca?  
 1. Mas de un kilometro  
 2. Menos de 500 metros  
 3. Menos de 200 metros  
 4. Menos de 100 metros  
 5. Menos de 50 metros

12. ¿Cuántas fuentes de agua (nacedores, ríos, quebradas, reservorio, boca toma etc.) posee su finca?  
 0. Ninguna  
 1. Una fuente de agua  
 2. Entre 2 y 3  
 3. Entre 4 y 5  
 4. Más de 5

13. ¿Cuál es la fuente de agua para consumo humano posee la finca?  
 1. Reservoirio  
 1. Río quebrada o lago  
 1. Aljibe o nacedero  
 1. Acueducto veredal  
 X. Otra fuente. Cual \_\_\_\_\_

**II. CATEGORÍA BIOTICA**  
**Componente Biodiversidad**

14. Marque cuál de las siguientes acciones realiza para la protección de las abejas.  

1. Promueve plantas que produzcan flores	Méjora Puntaje
1. Posee zonas de bosque	1 1.0
1. Posee colmenas de abejas dentro del predio	2 2.0
1. Hace un uso racional de insumos químicos	3 3.0
1. X. Otra Cual _____	4 4.0
	5 5.0

15. ¿Conserve en su finca semillas de cultivos o forestales?  
 0. No conserva ninguna  
 1. Menos de 3 especies  
 2. De 3 a 5 especies  
 3. De 6 a 10 especies  
 5. Más de 10 especies

16. ¿Ha observado la presencia de fauna silvestre (aves, mamíferos, insectos beneficios) en sus cafetales? ¿Cuáles principalmente?  
 1. Muy frecuentemente  
 2. Frecuentemente  
 3. Ocasionalmente  
 4. Casi nunca  
 5. Nunca

17. ¿A su finca o región llegan animales migratorios?  
 1. No llegan  
 2. Si llegan algunas veces  
 3. Si llegan con mucha frecuencia

18. Marque cuál de las siguientes alternativas usa para ahuyentar aves y roedores de los cultivos.  

1. Venenos o alarmas sonoras	Méjora Puntaje
1. Coloca espantapájaros	1 1.0
1. Emplea armas de pólvora	2 2.0
1. Coloca barreras físicas	3 3.0
1. Emplea armas manuales	4 4.0
1. No hace control	5 5.0
1. X. Otra cual _____	

19. ¿De dónde obtiene la semillas o material vegetal para el cultivo?  
 0. Se compra en almacenes especializados  
 1. Una parte pequeña se obtiene de la finca  
 2. Se obtiene de fincas vecinas o de la región  
 5. Toda se obtiene de la misma finca  
 X. Otra cual \_\_\_\_\_

20. Marque las áreas de protección que posee su finca  

1. Zonas de Bosque nativo	Méjora Puntaje
1. Rondas de protección de fuentes de agua	1 1.0
1. Áreas de conservación	2 2.0
	3 3.0
	4 4.0
	5 5.0

---

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS  
Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

1. Bosque maderable  
 2. Cercas vivas  
 X. Otra fuente. Cual \_\_\_\_\_

21. Marque los tipos de ganado que posee en su finca.  
 1. Ganado caballar  
 1. Ovinos  
 1. Ganado doble propósito  
 1. Ganado de leche especializada  
 1. Ganado de carne  
 X. Otro cual \_\_\_\_\_

**III. CATEGORÍA SOCIOCULTURAL**  
**Componente Capacidades**

22. ¿Es feliz con su trabajo en el campo?  
 0. No soy feliz  
 1. Algunas veces soy feliz  
 3. Ocasionalmente soy feliz  
 4. Siempre soy feliz  
 5. Soy muy feliz

23. ¿De la información recibida en las capacitaciones, cuanto de ello ha implementado en su finca?  
 0. Nada  
 1. Muy poco  
 2. Alguna parte  
 3. Una buena parte  
 4. Gran parte  
 5. La totalidad

24. ¿Cuál es la principal limitante que le impide implementar lo recibido en las capacitaciones.  
 1. Escasos recursos económicos  
 2. Disponibilidad de tiempo  
 3. Insuficiente conocimiento técnico  
 4. Insuficiente infraestructura tecnológica  
 5. Tecnología inadecuada para la finca  
 X. Otra cual \_\_\_\_\_

25. De las capacitaciones recibidas sobre cambio climático, ¿qué tanto estaría dispuesto a implementar en su finca?  
 0. No he recibido capacitación  
 1. Muy poco

2. Algunas cosas  
 3. Una buena parte  
 4. La mayoría  
 5. Todo

**Componente vivienda.**

26. ¿De acuerdo con las necesidades y número de integrantes de su hogar, el tamaño de su vivienda es?  
 1. Insuficiente  
 3. Adecuada  
 5. Mas grande de lo requerido

27. ¿Los materiales con los cuales está construida su vivienda son?  
 1. Tapia pisada, piso rustico  
 2. Adobe, teja de barro y piso rústico  
 3. ladrillo, teja de asbesto y pisos de cerámica  
 X. Otro cual \_\_\_\_\_

28. ¿Marque los servicios públicos que posee en su vivienda?  

1. Energía	Méjora Puntaje
1. Acueducto	1 1.0
1. Alcantarillado	2 2.0
1. Gas domiciliario	3 3.0
1. Internet	4 4.0
1. X. Otro Cual _____	5 5.0

**Componente Estructura del predio**

29. ¿De su finca usted es?  
 1. Arrendatario  
 3. Asociado  
 4. Propietario  
 5. Propietario y toma en arriendo otras tierras  
 X. Otra cual \_\_\_\_\_

30. ¿Cuántos años lleva viviendo en la finca?  
 1. Menos de un año  
 2. De 1 a 5 años  
 4. De 5 a 10 años  
 5. Mas de 10 años

**Componente Competencias**

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS  
Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

31. ¿Sabe que es el manejo agroecológico de cultivos y su importancia?  
 1. Conozco algo sobre el tema  
 3. Conozco el tema y su importancia  
 5. Lo uso en la finca

32. ¿Ha recibido capacitación o información sobre efectos de cambio climático en la caficultura?  
 0. Nunca  
 1. Algunas veces  
 3. Varias veces  
 5. Me he capacitado en cambio climático

33. Marque el mayor nivel de formación académica que ha cursado el jefe del núcleo familiar  
 0. Analfabeta  
 1. Primaria sin terminar  
 2. Primaria terminada  
 3. Bachillerato sin terminar  
 4. Bachillerato terminado  
 4. Universidad sin terminar  
 5. Posgrados  
 X. Otra cual \_\_\_\_\_

34. ¿A cuántas organizaciones sociales o de productores pertenece?  
 0. Ninguna  
 2. Entre 1 y 2  
 4. Entre 3 y 4  
 5. Mas de 5  
 X. Otra cual \_\_\_\_\_

**IV. CATEGORÍA ECONÓMICA**  
**Componente Capacidad financiera**

35. ¿De los insumos agrícolas que emplean que cantidad se compran?  
 0. Todos los insumos se compran  
 2. Casi todos los insumos se compran  
 4. Cerca de la mitad de los insumos se compran  
 5. Muy pocos insumos se compran  
 X. Otro. Cual \_\_\_\_\_

36. Marque las opciones de las cuales provienen los ingresos de la familia.  

1. Jornales en otras fincas	Méjora Puntaje
1. Actividades comerciales	1 1.0
1. Ingresos por venta de productos	2 2.0
1. Actividades de la finca	3 3.0
1. Transporte	4 4.0
1. X. Otra cual _____	5 5.0

37. Marque las opciones de donde provienen los recursos para las actividades cafetera.  

1. Negocios	Méjora Puntaje
1. Créditos	1 1.0
1. Salarios	2 2.0
1. Ingresos agropecuarios	3 3.0
1. X. Otros cual _____	4 4.0
	5 5.0

38. Marque las opciones de donde obtiene crédito para la actividad cafetera.  
 1. Con bancos  
 1. Con vecinos o amigos  
 1. Con familiares  
 1. Cooperativas  
 X. Otros cual \_\_\_\_\_

**Componente Productividad**

39. ¿Comparando el nivel de producción de su finca con respecto a sus vecinos la suya es?  
 1. Menor  
 3. Igual  
 4. Mayor  
 5. Muy superior

40. ¿La cantidad de café en su finca es?  
 1. Menor que la de los vecinos  
 3. Igual a la de los vecinos  
 5. Superior a la de los vecinos

41. Marque cuáles de los siguientes procesos postcosecha realiza en su finca.  

1. Selección o clasificación	Méjora Puntaje
1. Beneficio	1 1.0
1. Tostado	2 2.0
1. Empaque individual	3 3.0
1. Embalaje	4 4.0
	5 5.0

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
**MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS**  
 Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
 INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

42. Marque cuáles son sus canales de comercialización

1. Vende directamente a plaza de mercado	2	2,0
2. Mercados de cadena	2	2,0
3. Mediante asociaciones o cooperativas	4	4,0
4. Vende directamente al consumidor final	4	4,0
5. Otra cual	4	4,0

43. ¿Con cuántas organizaciones (asociaciones) comercializa su producción cafetera?

0. Ninguna  
 1. Una organización  
 2. Entre dos y tres organizaciones  
 3. Mas de tres organizaciones

**Componente Infraestructura**

44. ¿De acuerdo con su localización y forma de acceso su finca está?

1. No tiene vías de acceso, solo caminos de herradura.	2	2,0
2. Localizada sobre vías terciarias	2	2,0
3. Localizada sobre vías secundarias	4	4,0
4. Localizada sobre la vía principal	4	4,0
5. Otra cual	4	4,0

45. Marque cuáles de los siguientes herramientas o equipos posee en su finca.

1. Equipos totalmente manuales	2	2,0
2. Equipos parcialmente motorizados	2	2,0
3. Equipos totalmente motorizados	4	4,0
4. Equipos Automatizados	4	4,0
5. Otra cual	4	4,0

46. ¿La forma de transportar los productos desde el lote o cultivo hasta el sitio de acopio es?

1. Humano  
 2. Animal  
 3. Automotor  
 4. Otro cual

47. Marque cuáles de los siguientes implementos posee o equipos posee en la finca

1. Azadones, palas, picas etc.	2	2,0
2. Yunta de bueyes o animales de tiro	4	4,0
3. Guadaña, fumigadoras, estacionarias	4	4,0
4. Tractor arados o rastrillos	4	4,0
5. Otro. Cual	4	4,0

48. ¿En periodo de escasas de lluvias aplica riego a los cultivos?

0. No aplica riego  
 1. Ocasionalmente  
 2. Riego mensual  
 3. Riego quincenal  
 4. Riego Semanal

49. ¿Cuál es el principal sistema de riego que posee en la finca?

0. No posee sistema de riego  
 1. Riego por canales  
 2. Riego por gravedad  
 3. Riego por aspersión  
 4. Riego por goteo  
 5. Otra cual

50. Para el procesamiento del café, marque cuáles de las siguientes instalaciones posee en la finca

0. No posee ninguna  
 1. Posee bodegas  
 2. Posee maquinaria manual  
 3. Posee maquinaria motorizada  
 4. Posee maquinaria automatizada  
 5. Equipo para transformación o adecuación de alimentos

**Componente Recursos**

51. ¿La mano de obra para las actividades agropecuarias de su finca proviene de?

1. Toda se contrata con personal externo  
 2. La mayoría se contrata con personal externo  
 3. Cerca de la mitad proviene de la familia  
 4. La mayoría proviene de los integrantes de la familia  
 5. Otra cual

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
**MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS**  
 Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
 INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

52. Marque el origen de la mano de obra para las actividades de la finca.

1. Adultos de la tercera edad	2	2,0
2. Adolescentes	2	2,0
3. Menores	4	4,0
4. Adultos	4	4,0
5. Adultos jóvenes	4	4,0

**CATEGORÍA AGRÍCOLA**  
**Varietades de Café**

53. ¿Cuál es la variedad principal de café que cultiva en mayor área?

1. Cenicafé 1  
 2. Colombia  
 3. Castillo  
 4. Otro. Cual

54. ¿Cuál es la densidad de siembra que utiliza (aproximadamente, número de plantas por hectárea o por unidad de área)?

0. No posee  
 1. 1000  
 2. 1200  
 3. 1400  
 4. 1600  
 5. 1800  
 6. 2000  
 7. 2200  
 8. 2400  
 9. 2600  
 10. 2800  
 11. 3000  
 12. 3200  
 13. 3400  
 14. 3600  
 15. 3800  
 16. 4000  
 17. 4200  
 18. 4400  
 19. 4600  
 20. 4800  
 21. 5000  
 22. 5200  
 23. 5400  
 24. 5600  
 25. 5800  
 26. 6000  
 27. 6200  
 28. 6400  
 29. 6600  
 30. 6800  
 31. 7000  
 32. 7200  
 33. 7400  
 34. 7600  
 35. 7800  
 36. 8000  
 37. 8200  
 38. 8400  
 39. 8600  
 40. 8800  
 41. 9000  
 42. 9200  
 43. 9400  
 44. 9600  
 45. 9800  
 46. 10000  
 47. 10200  
 48. 10400  
 49. 10600  
 50. 10800  
 51. 11000  
 52. 11200  
 53. 11400  
 54. 11600  
 55. 11800  
 56. 12000  
 57. 12200  
 58. 12400  
 59. 12600  
 60. 12800  
 61. 13000  
 62. 13200  
 63. 13400  
 64. 13600  
 65. 13800  
 66. 14000  
 67. 14200  
 68. 14400  
 69. 14600  
 70. 14800  
 71. 15000  
 72. 15200  
 73. 15400  
 74. 15600  
 75. 15800  
 76. 16000  
 77. 16200  
 78. 16400  
 79. 16600  
 80. 16800  
 81. 17000  
 82. 17200  
 83. 17400  
 84. 17600  
 85. 17800  
 86. 18000  
 87. 18200  
 88. 18400  
 89. 18600  
 90. 18800  
 91. 19000  
 92. 19200  
 93. 19400  
 94. 19600  
 95. 19800  
 96. 20000  
 97. 20200  
 98. 20400  
 99. 20600  
 100. 20800  
 101. 21000  
 102. 21200  
 103. 21400  
 104. 21600  
 105. 21800  
 106. 22000  
 107. 22200  
 108. 22400  
 109. 22600  
 110. 22800  
 111. 23000  
 112. 23200  
 113. 23400  
 114. 23600  
 115. 23800  
 116. 24000  
 117. 24200  
 118. 24400  
 119. 24600  
 120. 24800  
 121. 25000  
 122. 25200  
 123. 25400  
 124. 25600  
 125. 25800  
 126. 26000  
 127. 26200  
 128. 26400  
 129. 26600  
 130. 26800  
 131. 27000  
 132. 27200  
 133. 27400  
 134. 27600  
 135. 27800  
 136. 28000  
 137. 28200  
 138. 28400  
 139. 28600  
 140. 28800  
 141. 29000  
 142. 29200  
 143. 29400  
 144. 29600  
 145. 29800  
 146. 30000  
 147. 30200  
 148. 30400  
 149. 30600  
 150. 30800  
 151. 31000  
 152. 31200  
 153. 31400  
 154. 31600  
 155. 31800  
 156. 32000  
 157. 32200  
 158. 32400  
 159. 32600  
 160. 32800  
 161. 33000  
 162. 33200  
 163. 33400  
 164. 33600  
 165. 33800  
 166. 34000  
 167. 34200  
 168. 34400  
 169. 34600  
 170. 34800  
 171. 35000  
 172. 35200  
 173. 35400  
 174. 35600  
 175. 35800  
 176. 36000  
 177. 36200  
 178. 36400  
 179. 36600  
 180. 36800  
 181. 37000  
 182. 37200  
 183. 37400  
 184. 37600  
 185. 37800  
 186. 38000  
 187. 38200  
 188. 38400  
 189. 38600  
 190. 38800  
 191. 39000  
 192. 39200  
 193. 39400  
 194. 39600  
 195. 39800  
 196. 40000  
 197. 40200  
 198. 40400  
 199. 40600  
 200. 40800  
 201. 41000  
 202. 41200  
 203. 41400  
 204. 41600  
 205. 41800  
 206. 42000  
 207. 42200  
 208. 42400  
 209. 42600  
 210. 42800  
 211. 43000  
 212. 43200  
 213. 43400  
 214. 43600  
 215. 43800  
 216. 44000  
 217. 44200  
 218. 44400  
 219. 44600  
 220. 44800  
 221. 45000  
 222. 45200  
 223. 45400  
 224. 45600  
 225. 45800  
 226. 46000  
 227. 46200  
 228. 46400  
 229. 46600  
 230. 46800  
 231. 47000  
 232. 47200  
 233. 47400  
 234. 47600  
 235. 47800  
 236. 48000  
 237. 48200  
 238. 48400  
 239. 48600  
 240. 48800  
 241. 49000  
 242. 49200  
 243. 49400  
 244. 49600  
 245. 49800  
 246. 50000  
 247. 50200  
 248. 50400  
 249. 50600  
 250. 50800  
 251. 51000  
 252. 51200  
 253. 51400  
 254. 51600  
 255. 51800  
 256. 52000  
 257. 52200  
 258. 52400  
 259. 52600  
 260. 52800  
 261. 53000  
 262. 53200  
 263. 53400  
 264. 53600  
 265. 53800  
 266. 54000  
 267. 54200  
 268. 54400  
 269. 54600  
 270. 54800  
 271. 55000  
 272. 55200  
 273. 55400  
 274. 55600  
 275. 55800  
 276. 56000  
 277. 56200  
 278. 56400  
 279. 56600  
 280. 56800  
 281. 57000  
 282. 57200  
 283. 57400  
 284. 57600  
 285. 57800  
 286. 58000  
 287. 58200  
 288. 58400  
 289. 58600  
 290. 58800  
 291. 59000  
 292. 59200  
 293. 59400  
 294. 59600  
 295. 59800  
 296. 60000  
 297. 60200  
 298. 60400  
 299. 60600  
 300. 60800  
 301. 61000  
 302. 61200  
 303. 61400  
 304. 61600  
 305. 61800  
 306. 62000  
 307. 62200  
 308. 62400  
 309. 62600  
 310. 62800  
 311. 63000  
 312. 63200  
 313. 63400  
 314. 63600  
 315. 63800  
 316. 64000  
 317. 64200  
 318. 64400  
 319. 64600  
 320. 64800  
 321. 65000  
 322. 65200  
 323. 65400  
 324. 65600  
 325. 65800  
 326. 66000  
 327. 66200  
 328. 66400  
 329. 66600  
 330. 66800  
 331. 67000  
 332. 67200  
 333. 67400  
 334. 67600  
 335. 67800  
 336. 68000  
 337. 68200  
 338. 68400  
 339. 68600  
 340. 68800  
 341. 69000  
 342. 69200  
 343. 69400  
 344. 69600  
 345. 69800  
 346. 70000  
 347. 70200  
 348. 70400  
 349. 70600  
 350. 70800  
 351. 71000  
 352. 71200  
 353. 71400  
 354. 71600  
 355. 71800  
 356. 72000  
 357. 72200  
 358. 72400  
 359. 72600  
 360. 72800  
 361. 73000  
 362. 73200  
 363. 73400  
 364. 73600  
 365. 73800  
 366. 74000  
 367. 74200  
 368. 74400  
 369. 74600  
 370. 74800  
 371. 75000  
 372. 75200  
 373. 75400  
 374. 75600  
 375. 75800  
 376. 76000  
 377. 76200  
 378. 76400  
 379. 76600  
 380. 76800  
 381. 77000  
 382. 77200  
 383. 77400  
 384. 77600  
 385. 77800  
 386. 78000  
 387. 78200  
 388. 78400  
 389. 78600  
 390. 78800  
 391. 79000  
 392. 79200  
 393. 79400  
 394. 79600  
 395. 79800  
 396. 80000  
 397. 80200  
 398. 80400  
 399. 80600  
 400. 80800  
 401. 81000  
 402. 81200  
 403. 81400  
 404. 81600  
 405. 81800  
 406. 82000  
 407. 82200  
 408. 82400  
 409. 82600  
 410. 82800  
 411. 83000  
 412. 83200  
 413. 83400  
 414. 83600  
 415. 83800  
 416. 84000  
 417. 84200  
 418. 84400  
 419. 84600  
 420. 84800  
 421. 85000  
 422. 85200  
 423. 85400  
 424. 85600  
 425. 85800  
 426. 86000  
 427. 86200  
 428. 86400  
 429. 86600  
 430. 86800  
 431. 87000  
 432. 87200  
 433. 87400  
 434. 87600  
 435. 87800  
 436. 88000  
 437. 88200  
 438. 88400  
 439. 88600  
 440. 88800  
 441. 89000  
 442. 89200  
 443. 89400  
 444. 89600  
 445. 89800  
 446. 90000  
 447. 90200  
 448. 90400  
 449. 90600  
 450. 90800  
 451. 91000  
 452. 91200  
 453. 91400  
 454. 91600  
 455. 91800  
 456. 92000  
 457. 92200  
 458. 92400  
 459. 92600  
 460. 92800  
 461. 93000  
 462. 93200  
 463. 93400  
 464. 93600  
 465. 93800  
 466. 94000  
 467. 94200  
 468. 94400  
 469. 94600  
 470. 94800  
 471. 95000  
 472. 95200  
 473. 95400  
 474. 95600  
 475. 95800  
 476. 96000  
 477. 96200  
 478. 96400  
 479. 96600  
 480. 96800  
 481. 97000  
 482. 97200  
 483. 97400  
 484. 97600  
 485. 97800  
 486. 98000  
 487. 98200  
 488. 98400  
 489. 98600  
 490. 98800  
 491. 99000  
 492. 99200  
 493. 99400  
 494. 99600  
 495. 99800  
 496. 100000

55. ¿Cómo obtuvo las plántulas de café que sembró?

1. Vivero propio  
 2. Vivero comercial  
 3. Donación  
 4. Otro (especifique):

56. Realiza Prácticas de sombrero en su cultivo de café

0. Si  
 1. No

57. Si respondió sí, ¿qué tipo de árboles utiliza para el sombrero?

1. Servicio  
 2. Maderables  
 3. Frutales

**Componente Prácticas culturales**

60. ¿Cuál es el destino que le da a los residuos de cosecha en su finca?

0. Se queman  
 1. Se dejan en el mismo lote  
 2. Se aplica directamente a otros cultivos  
 3. Se composta para abono orgánico  
 4. Otras cual

61. ¿Qué método usa para el control de malezas en su finca?

1. Uso de herbicidas  
 2. Control con azadón  
 3. Uso de guadaña o machete  
 4. Manejo manual (con la mano)  
 5. Uso de coberturas nobles  
 6. Otra cual

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
**MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS**  
 Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
 INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

62. ¿Cuál es el método de preparación del suelo usa con mayor frecuencia en su finca?

1. Rotivo  
 2. Arado de disco, rastrillo  
 3. Arado de bueyes  
 4. Arado de cincel  
 5. Moto azada  
 6. Otro cual

63. ¿Para la aplicación de agroquímicos, el nivel de protección que usa los trabajadores es?

0. Ninguna protección  
 1. Escasa protección  
 2. Algunas veces se usan protección  
 3. Todos los elementos de protección

64. ¿Cuál es el método control de plagas y enfermedades?

1. Químico  
 2. Orgánico y químico al tiempo  
 3. Etológico (trampas)  
 4. Solamente orgánico  
 5. Otro cual

65. ¿Cuál es la estrategia para el manejo de plagas en los potrerros?

0. No realiza ningún control  
 1. Realiza control químico  
 2. Realiza control combinado (químico, físico etc.)  
 3. Realiza control físico y biológico  
 4. Realiza control biológico  
 5. Otro cual

66. ¿Con que frecuencia emplea plaguicidas en la finca?

1. Muy frecuente  
 2. Ocasionalmente  
 3. Casi nunca  
 4. Nunca

67. Marque los tipos de fertilizantes que usa en su finca.

1. Químicos	2	2,0
2. Cafes	2	2,0
3. Biofertilizantes	4	4,0

68. ¿El modelo de producción de café es principalmente de tipo?

1. Uso intensivo de químicos  
 2. Uso de químicos y algunas prácticas sostenibles  
 3. Uso de orgánicos y químicos  
 4. Agroecología u orgánica  
 5. Otro

**Componente Arrreglos productivos**

69. ¿Cuál sistema de producción predomina en su finca?

1. Monocultivos (un solo cultivo o especie)  
 2. Cultivo en franjas o relevos  
 3. Policultivos  
 4. Otro, Cual

70. ¿Cuál es la actividad productiva de la finca?

1. Forestal  
 2. Solamente cafetera  
 3. Agropecuaria  
 4. Otro, Cual

71. ¿Realiza rotación de los cultivos en la finca?

0. Nunca realiza  
 1. Cada 4 a 6 años  
 2. Cada 2 a 3 años  
 3. Cada año  
 4. Cada semestre

72. Marque los arreglos productivos que posee en su finca

1. Cultivos mixtos	2	2,0
2. Cultivos intercalados	2	2,0
3. Cultivos en relevo	4	4,0
4. Cultivo asociado	4	4,0
5. Monocultivo	4	4,0
6. Otro Cual	4	4,0

**Componente Asistencia técnica**

73. ¿Con que frecuencia realiza análisis de suelos?

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
**MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS**  
 Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"  
 INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

74. ¿Qué tipo de análisis de laboratorio se realiza en la finca?

0. Ninguno  
 1. Solo análisis de suelos  
 2. Suelos, aguas y foliar  
 3. Suelos, aguas, foliar, microbiológico y otros

75. Marque el origen de donde recibe asistencia técnica o asesoría.

1. Vendedores y/o almacenes	2	2,0
2. Sena, Universidad y otros	2	2,0
3. Asistencia particular	4	4,0
4. Municipio (EPSEA)	4	4,0
5. Otra cual	4	4,0

76. ¿Con que frecuencia recibe visitas o indicaciones de asistencia técnica?

0. Nunca  
 1. Casi nunca  
 2. De vez en cuando  
 3. Una vez al mes  
 4. Varias veces al mes  
 5. Otra, cual

**Componente Manejo de Información**

77. ¿En qué forma se llevan los registros de producción, aplicaciones y demás actividades de la finca?

0. No se llevan registros  
 1. En la memoria del agricultor  
 2. En un cuaderno u otro documento  
 3. Sistematizada en computador  
 4. Otra cual

**VI. CATEGORÍA CLIMÁTICA**  
**Componente efectos sobre la cafeicultura**

78. ¿Los cambios en el clima le han obligado a modificar las fechas de siembra y manejo del cultivo?

1. Si, se han cambiado drásticamente  
 2. Si, ligeros cambios  
 3. No sea ha realizado cambios  
 4. Otro cual

79. ¿En qué época hace las labores del cultivo?

1. Época de lluvias  
 2. En periodo seco  
 3. Todo en año

80. Marque cuáles son los efectos del cambio climático.

1. Exceso de sol	2	2,0
2. Presencia de heladas	2	2,0
3. Exceso de lluvia	2	2,0
4. Vientos fuertes	4	4,0
5. Fuertes periodos secos	4	4,0
6. No sietes el cambio climático	4	4,0
7. Otra cual	4	4,0

81. Marque las fuentes de información que consulta sobre el clima.

1. IDEAM	2	2,0
2. Emisoras	2	2,0
3. Estaciones climatológicas	4	4,0
4. Almanaca Bristol	4	4,0
5. Otras cual	4	4,0

**Componente Indicadores de cambio**

82. Marque cuales cree que con los principales indicadores del cambio en el clima

1. Frecuencia e intensidad de lluvias	2	2,0
2. Cambios bruscos de temperatura	2	2,0
3. Aumento de plagas y enfermedades	4	4,0
4. Disminución de rendimiento de cultivos	4	4,0
5. Periodos secos prolongados	4	4,0
6. Otra cual	4	4,0

83. ¿En los últimos años ha cambiado el clima de la región?

1. Ha cambiado drásticamente  
 2. Ha cambiado moderadamente  
 3. No ha cambiado  
 4. Ha cambiado muy poco

	UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
	MAESTRIA EN AGRONEGOCIOS
	Proyecto: "Análisis del impacto de variables agroclimáticas en la productividad de agroecosistemas cafeteros de los municipios de Lejanías y Mesetas en el departamento del Meta"

INSTRUMENTO DE DIAGNOSTICO CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

5. No ha cambiado  
 x. Cuáles son los principales cambios \_\_\_\_\_

**84. ¿Marque cuál de los siguientes eventos cree que son causantes del cambio climático?**

- |  | Marca | Puntaje |
|--|-------|---------|
| <input type="checkbox"/> 1. Deforestación          | 2     | 0,8     |
| <input type="checkbox"/> 1. Contaminación          | 2     | 1,6     |
| <input type="checkbox"/> 1. Quemas                 | 3     | 1,2     |
| <input type="checkbox"/> 1. Agricultura industrial | 4     | 3,2     |
| <input type="checkbox"/> 1. Uso de pesticidas      | 5     | 4,2     |
| <input type="checkbox"/> 1. Designios de Dios      | 6     | 5,0     |

**85. Marque que tipo de indicadores usa para predecir en comportamiento del clima (tiempo)**

- |   | Marca | Puntaje |
|---|-------|---------|
| <input type="checkbox"/> 1. Biológico         | 1     | 1,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Atmosférico       | 2     | 2,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Astronómico       | 3     | 3,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Almanaque Bristol | 4     | 4,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Cabañuelas        | 5     | 5,0     |
| <input type="checkbox"/> x. Otros cual _____  |       |         |

**86. Cuál de los siguientes indicadores biológicos le ayudan a predecir el clima.**

- |   | Marca | Puntaje |
|---|-------|---------|
| <input type="checkbox"/> 1. Mayor presencia de insectos                 | 1     | 1,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Menor presencia de insectos                 | 2     | 2,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Mayor presencia de aves                     | 3     | 3,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Menor presencia de aves                     | 4     | 4,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Comportamiento diferente de insectos o aves | 5     | 5,0     |
| <input type="checkbox"/> x. Otra cual _____                             |       |         |

**87. Marque cuál de los siguientes indicadores atmosféricos le ayudan a predecir el clima.**

- |   | Marca | Puntaje |
|---|-------|---------|
| <input type="checkbox"/> 1. Altas temperaturas durante el día | 1     | 0,8     |
| <input type="checkbox"/> 1. Presencia de nubes a baja altitud | 2     | 1,6     |
| <input type="checkbox"/> 1. Nubes viniendo del oriente        | 3     | 2,4     |
| <input type="checkbox"/> 1. Arreboles                         | 4     | 3,2     |
| <input type="checkbox"/> 1. Noche con bajas temperaturas      | 5     | 4,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Nubes quietas y amontonadas       | 6     | 5,0     |

**88. Marque cuál de los siguientes indicadores astronómicos le ayudan a predecir el clima**

- |   | Marca | Puntaje |
|---|-------|---------|
| <input type="checkbox"/> 1. Cambio de fase lunar            | 1     | 1,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Luna con color o forma especial | 2     | 2,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Intensidad del brillo solar     | 3     | 3,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Fases lunares                   | 4     | 4,0     |
| <input type="checkbox"/> 1. Época de invierno o verano      | 5     | 5,0     |

- x. Otro cual \_\_\_\_\_

**VII. CATEGORÍA CAPITAL HUMANO**

**Componente capacidades del núcleo familiar**

**89. ¿Cuál es la cantidad de integrantes de su núcleo familiar?**

1. Menos de 3  
 3. Entre 4 y 5  
 5. Más de 5  
 x. Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**90. Marque el tipo de integrantes que hay en su núcleo familiar.**

1. Adultos mayores  
 1. Adultos  
 1. Mujeres embarazadas o lactantes  
 1. Jóvenes  
 1. Niños

**91. ¿Cuál es el mayor nivel de formación alcanzado por algún integrante del núcleo familiar?**

1. Analfabeta  
 2. Solamente primaria  
 3. Bachilleres  
 4. Profesionales  
 5. Posgraduado  
 x. Otro cual \_\_\_\_\_

**92. ¿En general el estado de salud de los integrantes del núcleo familiar es?**

1. Deteriorada  
 2. Aceptable  
 4. Bueno  
 5. Excelente

**Componente disponibilidad**

**93. ¿La mano de obra para las actividades en el cultivo de café de su finca proviene de?**

1. toda se contrata con personal externo  
 2. la mayoría se contrata con personal externo  
 4. cerca de la mitad proviene de la familia  
 5. la mayoría proviene de los integrantes de la familia  
 x. Otro. Cual \_\_\_\_\_

[https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEjajBLZtrQAAAAAAAAAAAAa\\_a6GhwxUM1g3NEtaUDBSMkgwSIQ3NVpQUUJWMDZRS4u](https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEjajBLZtrQAAAAAAAAAAAAa_a6GhwxUM1g3NEtaUDBSMkgwSIQ3NVpQUUJWMDZRS4u)

## Apéndice B Criterios de Evaluación de la Estructura Agroecológica Principal (EAP)

Criterio	Descripción	Categorías de evaluación	Valor
CEEP	Relaciones de la finca con los fragmentos cercanos de vegetación natural y cuerpos de agua	Conexión con la EEP muy alta	10
		Conexión con la EEP alta	8
		Conexión con la EEP media	6
		Conexión con la EEP baja	3
		Conexión con la EEP muy baja	0
Criterio	Descripción	Categorías de evaluación	Valor
Extensión de Conectores Externos (ECE)	El porcentaje de la extensión lineal de conectores de vegetación (cañadas, fragmentos, cercas vivas, cortinas rompe vientos y/o setos) en el total del perímetro de la finca. Se evalúa como la relación entre los conectores con vegetación del perímetro con respecto al total del mismo.	Perímetro continuo: 75%-100%	10
		Perímetro moderadamente continuo: 50%-75%	8
		Perímetro discontinuo: 25%-50%	6
		Perímetro fuertemente discontinuo: 12%-25%	3
		Perímetro extremadamente discontinuo: <12%	0
Criterio	Descripción	Categorías de evaluación	Valor
Extensión de Conectores Internos (ECI)	Porcentaje de extensión lineal de conectores de vegetación sobre el total de la longitud de las divisiones internas de la finca que separan las diferentes áreas productivas.	Muy alta: 75 -100	10
		Alta: 50% - 75%	8
		Mediana: 25% - 50%	6
		Baja: 12% - 25%	3
		Muy baja: <12%	0
Criterio	Descripción	Categorías de evaluación	Valor
Diversidad de conectores externos (DCE) y de conectores internos (DCI)	Promedio de la riqueza de especies y de la estratificación de hileras: $(RCE + EsCE) / 2$ y $(RCI + EsCI) / 2$	Conectores con muy alta riqueza y estratificación Promedio entre 9 y 10.	10
		Conectores con alta riqueza y estratificación Promedio entre 7 y 8.	8
		Conectores con mediana riqueza y estratificación Promedio entre 5 y 6.	6
		Conectores con baja riqueza y estratificación Promedio entre 3 y 4.	3
		Conectores con muy baja riqueza y estratificación Promedio menor que 2.	0
Usos del suelo(US)	Favorables a la agrobiodiversidad en cobertura total	El 100% de la finca está utilizada con policultivos o coberturas arbóreas en sistemas silvopastoriles, agroforestales u otros (herbazales, matorrales, arbustales)	10
	Favorables a la agrobiodiversidad en cobertura muy alta	Entre el 75% y el 99% de la finca está utilizada con policultivos o coberturas arbóreas en sistemas silvopastoriles, agroforestales u otros (herbazales, matorrales, arbustales)	8
	Favorables a la agrobiodiversidad en cobertura media alta	Entre el 50% y el 74% de la finca está utilizada con policultivos o coberturas arbóreas en sistemas silvopastoriles, agroforestales u otros (herbazales, matorrales, arbustales)	6
	Favorables a la agrobiodiversidad en cobertura baja	Entre el 25% y el 49% de la finca está utilizada con policultivos o coberturas arbóreas en sistemas silvopastoriles, agroforestales u otros (herbazales, matorrales, arbustales)	4
	Favorables a la agrobiodiversidad en cobertura muy baja	Entre el 12% y el 24% de la finca está utilizada con policultivos o coberturas arbóreas en sistemas silvopastoriles, agroforestales u otros (herbazales, matorrales, arbustales)	2

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categorías de evaluación</b>	<b>Valor</b>
	Desfavorables a la agrobiodiversidad en cobertura muy alta	La finca se utiliza principalmente en un tipo de cobertura (monocultivos o praderas)	0
<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categorías de evaluación</b>	<b>Valor</b>
<b>Prácticas de conservación de suelos (PCS)</b>	Métodos de control de erosión, aumento de la fertilidad, sistemas de riego	Erosión débil (laminar) o sin evidencias en el 90 -100% de la superficie de la finca. Uso de por lo menos tres o más métodos de control de erosión (zanjas de desviación, andenes, terrazas, coberturas muertas, residuos de cosechas, protección de taludes). Análisis periódicos de suelos. Uso adecuado de materiales orgánicos. Riego controlado.	10
		Erosión débil a ligera (laminar) entre el 70 - 89% de la superficie de la finca. Uso de dos o tres métodos de control de erosión. Análisis anuales de suelos. Uso adecuado de materia orgánica. Riego controlado.	8
		Erosión ligera a moderada (laminar, surcos) entre el 50 - 69% de la superficie de la finca. Uso de por lo menos un método de control de erosión. Análisis ocasionales de suelos. Poco uso de materia orgánica. Riego controlado.	6
		Erosión fuerte (laminar, surcos, calvas, solifluxión) en el 30 - 59% de la superficie de la finca. No usa métodos de control de erosión o análisis de suelos. Bajo uso de materia orgánica. Riego inadecuado.	3
		Erosión fuerte a severa (laminar, surcos, calvas, cárcavas, solifluxión) en más del 60% de la superficie de la finca. No usa métodos de control de erosión, análisis de suelos o materia orgánica. Riego inadecuado	0

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categorías de evaluación</b>	<b>Valor</b>
Capacidad de acción (CA)	Capacidad financiera, Capacidad logística, Capacidad de gestión y Acceso a Asistencia técnica y capacitación	Muy alto nivel de capacidad de acción: el agroecosistema posee muy altos niveles en todos los factores de capacidad de acción para implementar la EAP	10
		Alto nivel de capacidad de acción: el agroecosistema posee de altos a muy altos niveles en todos o por lo menos en tres de los factores de capacidad de acción para implementar la EAP	8
		Medio nivel de capacidad de acción: el agroecosistema posee medios a altos niveles en todos o por lo menos en tres de los factores de capacidad de acción para implementar la EAP	6
		Bajo nivel de capacidad de acción: el agroecosistema posee bajos niveles en por lo menos tres de los factores de capacidad de acción para implementar la EAP	3
		Muy bajo nivel de capacidad de acción: el agroecosistema posee bajos a muy bajos niveles en todos los factores de capacidad de acción para implementar la EAP.	0

## Apéndice C Resultados de Estudios de Suelos 2025

### Resultados de suelos de las fincas de Lejanías

Laboratorio de suelos		<b>LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS</b>												
Laboratorio de suelos		<b>RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS</b>												
NIT. 17350824-5		Teléfono: 316 4727041												
Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora		Villavicencio, Meta												
SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS												FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: FRANCISCO HOYOS		FINCA: ESMERALDA										28	6	25
VEREDA: LUSITANIA		MUNICIPIO: LEJANIAS				DEPTO: META						FECHA ENTREGA		
No. LABORATORIO: 476		MUESTRA: L - CAFÉ										3	7	25
Textura	pH	C	M. O.	C/N	N.T.	P	Al	RELACION DE CATIONES						
	1: 1	%	%	%	%	ppm	meq/100g	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K			
FArA	4,7	1,16	2,00	11,60	0,10	9,30	3,80	2,00	2,29	1,14	3,43			
	Muy fuer. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00			
					N	B	A	B	B	B	B			

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	23,5	1,63	0,80	0,40	0,35	0,08	3,40	1,70	1,49	0,34	69,98	6,94
Rango Adecuado			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	N	B	B	B	B	B	A	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	2,20	228,75	153,75	1,50	0,48	2,26
Rango Adecuado	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	N	A	A	B	N	B

Laboratorio de suelos		<b>LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS</b>												
Laboratorio de suelos		<b>RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS</b>												
NIT. 17350824-5		Teléfono: 316 4727041												
Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora		Villavicencio, Meta												
SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS												FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: IVAN DARIO VEGA		FINCA:										28	6	25
VEREDA: NARANJAL		MUNICIPIO: LEJANIAS				DEPTO: META						FECHA ENTREGA		
No. LABORATORIO: 475		MUESTRA: L - CAFÉ										4	7	25
Textura	pH	C	M. O.	C/N	N.T.	P	Al	RELACION DE CATIONES						
	1: 1	%	%	%	%	ppm	meq/100g	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K			
FArA	4,4	2,03	3,50	11,28	0,18	6,90	6,20	3,00	5,45	1,82	7,27			
	Ext. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00			
					N	B	A	N	B	B	B			

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	30,0	1,83	1,20	0,40	0,22	0,01	4,00	1,33	0,73	0,03	77,21	6,10
Rango Adecuado			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	N	B	B	B	B	B	A	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	1,40	172,50	17,50	0,30	1,50	4,78
Rango Adecuado	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	N	A	N	B	A	B

Laboratorio de suelos		<b>LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS</b>										
Laboratorio de suelos		<b>RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS</b>										
Laboratorio de suelos		NIT. 17350824-5										
Laboratorio de suelos		Teléfono: 316 4727041										
Laboratorio de suelos		Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora										
Laboratorio de suelos		Villavicencio, Meta										
SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS										FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: SULDERY LOAIZA					FINCA: LIBERTAD					28   6   25		
VEREDA: GUARUMAL			MUNICIPIO: LEJANIAS			DEPTO: META				FECHA ENTREGA		
No. LABORATORIO: 477			MUESTRA: L - CAFÉ					4   7   25				
Textura	pH	C	M. O.	C/N	N.T.	P	Al	RELACION DE CATIONES				
	1: 1	%	%	%	%	ppm	meq/100g	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
FArA	5,3	2,55	4,40	11,59	0,22	9,30	0,80	5,33	11,03	2,07	13,10	
	Fuert. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00	
					A	B	N	N	B	B	B	
PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	30,0	4,21	3,20	0,60	0,29	0,12	10,67	2,00	0,97	0,40	15,97	14,03
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			N	B	N	N	B	B	B	B	B	B
PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES - Partes por Millón (ppm)											
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S						
Resultado Análisis	3,00	483,75	163,75	1,50	0,07	4,78						
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00						
Calificación	N	A	A	B	B	B						

## Resultados de suelos de las fincas de Mesetas

Laboratorio de suelos		<b>LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS</b>										
Laboratorio de suelos		<b>RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS</b>										
Laboratorio de suelos		NIT. 17350824-5										
Laboratorio de suelos		Teléfono: 316 4727041										
Laboratorio de suelos		Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora										
Laboratorio de suelos		Villavicencio, Meta										
SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS										FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: LEONARDO LEYTON GRAJALES					FINCA: EL RUBI					4   7   25		
VEREDA: ALTO ANDES			MUNICIPIO: MESETAS			DEPTO: META				FECHA ENTREGA		
No. LABORATORIO: 483			MUESTRA: L - 1.5 HaS					11   7   25				
Textura	pH	C	M. O.	C/N	N.T.	P	Al	RELACION DE CATIONES				
	1: 1	%	%	%	%	ppm	meq/100g	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
FAr	4,4	1,68	2,90	11,20	0,15	1,90	7,20	2,33	7,00	3,00	10,00	
	Ext. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00	
					N	B	A	B	B	B	B	
PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	26,5	1,12	0,70	0,30	0,10	0,02	2,64	1,13	0,38	0,08	86,54	4,23
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	B	B	B	A	B
PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES - Partes por Millón (ppm)											
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S						
Resultado Análisis	2,60	85,00	8,75	0,20	0,07	27,63						
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00						
Calificación	N	N	B	B	B	A						



**LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS**  
**RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS**

NIT. 17350824-5

Teléfono: 316 4727041

Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora  
Villavicencio, Meta

SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS			FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: JORGE ELIECER LEYTON		FINCA: LA ESMERALDA		4   7   25	
VEREDA: LAS BRUMAS		MUNICIPIO: MESETAS		DEPTO: META	
No. LABORATORIO: 482		MUESTRA: L - 1 Ha		11   7   25	

Textura	pH 1: 1	C %	M. O. %	C/N %	N.T. %	P ppm	Al meq/100g	RELACION DE CATIONES			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
FAr	4,8	1,91	3,30	11,24	0,17	0,70	6,00	2,00	4,00	2,00	6,00
	Muy fuert. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00
					N	B	A	B	B	B	B

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	23,5	0,74	0,40	0,20	0,10	0,04	1,70	0,85	0,43	0,17	89,02	3,15
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	B	B	B	A	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	2,20	90,00	2,50	0,40	0,16	9,45
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	N	N	B	B	B	B



**LABORATORIO DE SUELOS TERRALLANOS**  
**RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS**

NIT. 17350824-5

Teléfono: 316 4727041

Kilómetro 2 vía Aeropuerto - Vereda La Aurora  
Villavicencio, Meta

SOLICITANTE: JOYCE SMITH ROJAS			FECHA RECIBO		
PROPIETARIO: FERNADO DE JESUS ARANGO		FINCA: LA SIBERIA		4   7   25	
VEREDA: ALTO ANDES		MUNICIPIO: MESETAS		DEPTO: META	
No. LABORATORIO: 484		MUESTRA: L - 1,0 Ha		11   7   25	

Textura	pH 1: 1	C %	M. O. %	C/N %	N.T. %	P ppm	Al meq/100g	RELACION DE CATIONES			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
FAr	4,5	1,45	2,50	11,15	0,13	1,50	6,40	4,00	10,00	2,50	12,50
	Ext. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00
					N	B	A	N	B	B	B

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAI	STB
Resultado Análisis	16,5	0,55	0,40	0,10	0,04	0,01	2,42	0,61	0,24	0,06	92,09	3,33
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	50,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	B	B	B	A	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	1,50	48,75	3,75	0,30	0,07	4,78
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	N	N	B	B	B	B

**Apéndice D** Tablas en Excel que Soportan la Investigación

*Enlace:* [https://drive.google.com/drive/folders/1xdEG-lvyaSAIZJCo1m83vBG506C9t8rl?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1xdEG-lvyaSAIZJCo1m83vBG506C9t8rl?usp=drive_link)