



**ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD FUNCIONAL VEGETAL EN EL CULTIVO DE  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BAJO SISTEMAS CONVENCIONALES Y EN  
CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA, EN EL MUNICIPIO DE ANDES, COLOMBIA.**

**ELIZABETH VÁSQUEZ BEDOYA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DOCTORADO EN AGROECOLOGIA  
MEDELLIN**

**2020**

**ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD FUNCIONAL VEGETAL EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) BAJO SISTEMAS CONVENCIONALES Y EN CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA, EN EL MUNICIPIO DE ANDES, COLOMBIA.**

**ELIZABETH VÁSQUEZ BEDOYA**

**Ingeniera Agrónoma**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
DOCTORA EN AGROECOLOGÍA**

**TUTORA**

**SARA MARÍA MÁRQUEZ GIRÓN Dra. en Agroecología**

**COMITÉ TUTORIAL**

**SARA MARÍA MÁRQUEZ GIRÓN Dra. en Agroecología**

**FRANCISCO JOSÉ MOLINA PÉREZ Doctor en Ingeniería Química y Ambiental**

**JAIME DE JESÚS CALLE OSORNO Doctor en control Microbiológico, Biología Celular**

**GRUPOS DE INVESTIGACIÓN - GISAS**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DOCTORADO EN AGROECOLOGÍA**

**MEDELLÍN**

**2020**

# HOJA DE ACEPTACION

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

**MEDELLIN**

**2020**

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme vida y ánimos para terminar.*

*A mi hermano... que donde quiera que este fue mi mentor para comenzar este objetivo.*

*A mi familia por su paciencia y apoyo.*

*A mi chiquita hermosa Emiliana, por la paciencia que me tiene al ver a la Má pegada del pc.*

*A Yoni Chavarría por su apoyo.*

*A la profesora Sara María, por ser la calma después de la tormenta, por acogerme y hacerme ver que si se podía.*

## AGRADECIMIENTOS

Dar gracias a Dios por permitirme llegar hasta aquí.

A mi familia por el apoyo y paciencia.

A mi tutora, y madre académica Sara María Márquez por su apoyo, acompañamiento y formación.

Al comité tutorial, Sara María Márquez, Jaime Calle, y Francisco Molina, por su apoyo en este trayecto.

A los productores de café del Corregimiento Santa Rita, Municipio de Andes, Jhony, Nelly, Laura, Javier, Iván, Herney, Albeiro, Ricardo, José Ovidio, Ofelia, Benicio, Fabio y Jaime, por permitir trabajar en sus hogares, y abrirnos las puertas de sus casas en cada visita.

Al grupo de investigación GISAS, y proyectos BUPPE universidad de Antioquia, gracias a ellos se logró realizar el trabajo de campo.

A Nayla Robaina, compañera y amiga de trabajo de campo.

***Y a todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron presentes en mi formación, mil y mil gracias!!***

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	6
INDICE DE TABLAS .....	12
INDICE DE GRÁFICAS.....	15
RESUMEN GENERAL .....	18
PALABRAS CLAVE .....	19
GENERAL ABSTRACT .....	19
KEYWORDS: .....	21
INTRODUCCION .....	22
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	29
HIPÓTESIS.....	29
OBJETIVO GENERAL.....	29
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
1.    CAPITULO I. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	30

<b>1.1 Generalidades del café</b>	<b>30</b>
1.1.1 Broca del café ( <i>Hypothenemus hampei</i> )	31
<b>1.2 Sistemas de producción de café</b>	<b>31</b>
1.2.1. A libre exposición solar	32
1.2.2. Sistemas agroforestales	32
1.2.3. Café especial.	33
<b>1.3 Teoría de sistemas</b>	<b>33</b>
1.3.1. Clasificación de los sistemas	34
1.3.2. Ecosistemas - Agroecosistemas -Sistemas de producción	35
1.3.3. Sistemas de producción de café en Colombia	36
<b>1.4 Caracterización y tipificación de sistemas</b>	<b>37</b>
1.4.1. Guía de la caracterización del sistema.	38
<b>1.5. Sostenibilidad</b>	<b>39</b>
<b>1.6. Biodiversidad</b>	<b>40</b>
1.6.1. La naturaleza y función de la biodiversidad	42
1.6.2. Biodiversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de insectos en agroecosistemas	44
1.6.3. Los servicios ambientales de la biodiversidad	45
1.6.4. Clasificación de biodiversidad	46
<b>1.7. Interrelaciones</b>	<b>49</b>
1.7.1. Interacciones árbol – suelo - cultivo	52
1.7.2. Interacciones positivas.	53
1.7.3. Interacciones negativas	53
<b>1.8. Diseños agroecológicos</b>	<b>54</b>
<b>1.9. Zona de estudio</b>	<b>55</b>
<b>1.10. Metodología Propuesta</b>	<b>59</b>
<b>1.11. Caracterización y tipificación</b>	<b>60</b>

<b>1.12. Caracterización de la biodiversidad, metodología de (Vázquez et al. 2014).</b>	<b>61</b>
<b>1.13. Evaluación de incidencia y severidad de broca (H.hampei F)</b>	<b>65</b>
<b>1.14. Análisis de interacciones dentro de los sistemas productivos.</b>	<b>67</b>
<b>1.15. Diseño de la propuesta agroecológica</b>	<b>67</b>
<b>2. CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN, TIPIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN 13 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ (COFFEACOFFEA ARABICA L.) EN CUATRO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ANDES, SUROESTE ANTIOQUEÑO. ....</b>	<b>69</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>69</b>
<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>70</b>
<b>2.1. INTRODUCCION</b>	<b>70</b>
<b>2.2. METODOLOGÍA</b>	<b>73</b>
2.2.1 Descripción de la zona de estudio	73
2.2.2 Grupo de trabajo.	75
<b>2.3 ETAPAS DE DESARROLLO DE LA METODOLOGIA</b>	<b>77</b>
Fases de trabajo	79
<b>2.4 RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>80</b>
2.4.1 CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	80
2.4.2 TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	92
2.4.3 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD	96
<b>2.5 CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>

<b>3</b>	<b>CAPITULO III. EVALUACIÓN RÁPIDA DE BIODIVERSIDAD EN 14 FINCAS PRODUCTORAS DE CAFÉ, MUNICIPIO DE ANDES, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.</b>	<b>117</b>
	<b>RESUMEN</b>	<b>117</b>
<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>117</b>
<b>3.2.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>122</b>
3.2.1.	Descripción de la zona de estudio	122
3.2.2.	Evaluación de biodiversidad	123
<b>3.4.</b>	<b>RESULTADOS DISCUSION</b>	<b>128</b>
<b>3.5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>142</b>
<b>4</b>	<b>EVALUAR LAS INTERRELACIONES EXISTENTES ENTRE EL CULTIVO DEL CAFÉ (. ARABICA L.) Y LA BROCA EN TRES FORMAS DE MANEJO DE LOS SISTEMAS CULTIVADOS.</b>	<b>145</b>
<b>4.2</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>145</b>
	<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>145</b>
<b>4.3</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>145</b>
<b>4.4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>154</b>
4.4.1	Áreas de estudio	154
4.4.2	Visitas a las fincas	155
4.4.3	Socialización de propuesta de evaluación de broca - Medición de porcentaje de broca en el árbol - Medición de porcentaje de broca en el suelo	156
4.4.4	Evaluación de variables relacionadas con la presencia de broca en el cultivo	157
<b>4.5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>160</b>
<b>4.6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>168</b>

<b>5</b>	<b>DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION AGROECOLÓGICO DE CAFÉ (COFFEA ARABICA L.), EN CUATRO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ANDES, SUROESTE ANTIOQUEÑO. ....</b>	<b>169</b>
	<b>5.2 RESUMEN</b>	<b>169</b>
	<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>169</b>
	<b>5.3 INTRODUCCION</b>	<b>169</b>
	De igual manera se pueden clasificar teniendo en cuenta el número de árboles como se expresa en la tabla 21.	172
	<b>5.4 METODOLOGIA</b>	<b>179</b>
	5.4.1 Grupo de trabajo.	180
	5.4.2 Descripción de la zona de estudio	180
	5.4.3 Capacitación en contextualización sobre agroecología, biodiversidad funcional, funciones de las plantas y diseños de sistemas.	181
	5.4.4 Propuesta participativa para la selección de plantas en el diseño y validación con los agricultores.	183
	5.4.5 Propuesta de prácticas agroecológicas a implementar en los sistemas de producción en proceso de conversión.	186
	5.4.6 Propuesta de diseño de un sistema de café agroecológico participativo por grupos definidos en la tipificación.	189
	5.4.7 Capacitación en contextualización sobre agroecología, biodiversidad funcional, funciones de las plantas y diseños de sistemas.	191
	5.4.8 Propuesta participativa de plantas a incluir en el diseño.	191
	5.4.9 Propuesta de prácticas agroecológicas a implementar en el diseño.	196
	5.4.10 Plantas y prácticas agroecológicas que se deben implementar por cada uno de los grupos de productores según validación	200
	<b>5.5 Diseño participativo agroecológico para el cultivo de café.</b>	<b>206</b>
	<b>5.6 CONCLUSIONES</b>	<b>213</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>214</b>

<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>216</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>243</b>
	<b>Anexo 1. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Adopción de prácticas para el manejo y control de la broca del café</b>	<b>243</b>
	<b>Anexo 2. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Antioquia. Adopción de prácticas para el manejo y del suelo.</b>	<b>244</b>
	<b>Anexo 3. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Plantas para la diversificación.</b>	<b>245</b>
	<b>Anexo 4. Formato de evaluación de broca (Hypothenemus hampei F) en campo.</b>	<b>249</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad productiva (Bpro) en las fincas. ....	61
<b>Tabla 2.</b> Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (Baux) en las fincas. ....	62
<b>Tabla 3.</b> Indicadores de elementos y manejo de la biodiversidad asociada (Basoc) que habitan naturalmente en las fincas. ....	63
<b>Tabla 4.</b> Indicadores de elementos de manejo de la biodiversidad introducida (Bintr) en las fincas. ....	64
<b>Tabla 5.</b> Transformación del porcentaje de CMBF y DIBF a su equivalente en grado de complejidad. (Vázquez et al. 2014) .....	65
<b>Tabla 6.</b> Evaluación cualitativa de las dimensiones en los sistemas cafeteros. ....	80
<b>Tabla 7.</b> Puntos críticos y porcentaje de prioridad para cada dimensión de la caracterización del grupo de caficultores del municipio de Andes .....	98
<b>Tabla 8.</b> Indicadores seleccionados por dimensión para la caracterización ambiental, sociocultural, económica y tecnológica, del grupo de caficultores del municipio de Andes .....	106
<b>Tabla 9.</b> Resultados de la evaluación de indicadores por dimensión, para la caracterización del grupo de productores de café del corregimiento Santa Rita del municipio de Andes. ....	107
<b>Tabla 10.</b> Resultados de los indicadores evaluados y ponderación para la caracterización sociocultural, ambiental, económica y tecnológica por tipologías de manejo. ....	112
<b>Tabla 11.</b> Evaluación rápida de biodiversidad propuesta por Vázquez y Matienzo (2010). ....	123
<b>Tabla 12.</b> Escala de clasificación de la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad del sistema de producción evaluado, propuesto por Vázquez y Matienzo (2010), y el modificado para el estudio de caso. ....	127
<b>Tabla 13.</b> Escala de clasificación de la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad, así como del sistema de producción o finca, adecuado para el estudio de caso. ....	128

<b>Tabla 14.</b> Resultados de la evaluación de biodiversidad en 14 sistemas de producción en el Municipio de Andes Antioquia. ....	129
<b>Tabla 15.</b> Resultados de la evaluación de biodiversidad en 14 sistemas de producción en el Municipio de Andes Antioquia. ....	158
<b>Tabla 16.</b> Manejo de las arvenses en los sistemas de producción. ....	159
<b>Tabla 17.</b> Porcentaje de infestación de broca, en árbol y suelo. ....	160
<b>Tabla 18.</b> Variables relacionadas para evaluación de interrelaciones. ....	161
<b>Tabla 19.</b> Diferencias entre grupos 5-7 y 12-2. ....	164
<b>Tabla 20.</b> Diferencias entre grupos 5-7 y 12-2. ....	165
<b>Tabla 21.</b> Definición de sistema de café bajo sombra según el número de árboles. ....	172
<b>Tabla 22.</b> Porcentaje de sombrío para el café según el número de horas de brillo solar del entorno. ....	173
<b>Tabla 23.</b> Plantas que se pueden establecer en sistemas agroecológicos sostenibles. ....	183
<b>Tabla 24.</b> Prácticas agroecológicas que se deben implementar en el sistema productivo. ....	186
<b>Tabla 25.</b> Capacitaciones realizadas a los productores para el diseño participativo. ....	191
<b>Tabla 26.</b> Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 1 - Sistema multidiverso. ....	191
<b>Tabla 27.</b> Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión. ....	193
<b>Tabla 28.</b> Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica. ....	194
<b>Tabla 29.</b> Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 1 - Sistema multidiverso. ....	196
<b>Tabla 30.</b> Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión. ....	196

**Tabla 31.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica.... 197

**Tabla 32.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 1 - Sistema multidiverso..... 197

**Tabla 33.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión. .... 198

**Tabla 34.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo de plagas y enfermedades para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica. .... 199

## INDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Principios agroecológicos para el diseño de sistemas agroecológicos. (Tomado de Altieri y Nicholls 2007).....	55
<b>Gráfica 2.</b> Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política. ....	57
<b>Gráfica 3.</b> Diagrama de flujo de la metodología empleada en la investigación.....	60
<b>Gráfica 4.</b> Mapa de localización del sitio de investigación.....	74
<b>Gráfica 5.</b> Porcentaje de participación de los caficultores en la caracterización en cuatro veredas del municipio de Andes.....	76
<b>Gráfica 6.</b> Grupo de trabajo participante de la caracterización de las veredas del municipio de Andes. ....	77
<b>Gráfica 7.</b> Descripción de la metodología utilizada.....	78
<b>Gráfica 8.</b> Evaluación de los 13 sistemas de producción de café mediante el análisis de correspondencia múltiple.....	83
<b>Gráfica 9.</b> Comportamiento de las variables de la dimensión ambiental, en las fincas evaluadas de los sistemas de producción de café.....	85
<b>Gráfica 10.</b> Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión ambiental de los sistemas de producción. ....	86
<b>Gráfica 11.</b> Comportamiento de las variables de la dimensión económica, en las fincas evaluadas de los 13 sistemas de producción de café.....	87
<b>Gráfica 12.</b> Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión económica de los sistemas de producción. ....	88
<b>Gráfica 13.</b> Comportamiento de los individuos de la dimensión productiva, en las fincas evaluadas de los sistemas 13 de producción de café.....	89
<b>Gráfica 14.</b> Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión productiva de los sistemas de producción. ....	90
<b>Gráfica 15.</b> Comportamiento de los individuos de la dimensión sociodemográfica, en las fincas evaluadas de los 13 sistemas de producción de café. ....	91
<b>Gráfica 16.</b> Tipificación de 13 sistemas de producción de café.....	92

<b>Figura 17.</b> Grupo 1 - Sistema multidiverso de producción de café .....	93
<b>Figura 18.</b> Grupo 2. Sistema de producción de café en etapa media de conversión agroecológica.....	94
<b>Figura 19.</b> Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica .....	95
<b>Gráfica 20.</b> Talleres de evaluación de sostenibilidad.....	97
<b>Gráfica 21.</b> Porcentajes de prioridad de la dimensión ambiental.....	99
<b>Gráfica 22.</b> Porcentajes de prioridad de la dimensión sociocultural .....	100
<b>Gráfica 23.</b> Porcentajes de prioridad de la dimensión económica .....	101
<b>Gráfica 24.</b> Porcentajes de prioridad de la dimensión tecnológica. ....	101
<b>Gráfica 25.</b> Evaluación de sostenibilidad de los tres grupos de productores encontrados en la caracterización y tipificación de los sistemas.....	113
<b>Gráfica 26.</b> Mapa de localización de la zona de estudio.....	123
<b>Gráfica 27.</b> Gráfica radial de la clasificación de biodiversidad evaluada en 14 sistemas de producción de café en el municipio de Andes Ant.....	130
<b>Gráfica 28.</b> Biodiversidad productiva. ....	133
<b>Gráfica 29.</b> Biodiversidad auxiliar. ....	135
<b>Gráfica 30.</b> Biodiversidad funcional. ....	136
<b>Gráfica 31.</b> Biodiversidad introducida funcional.....	138
<b>Gráfica 32.</b> Biodiversidad nociva. ....	140
<b>Gráfica 33.</b> Función de los componentes de biodiversidad y estrategias para mejorar. ....	142
<b>Gráfica 34.</b> Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política. ....	155
<b>Gráfica 35.</b> Representación plana de la nube de variables. ....	162
<b>Gráfica 36.</b> Representación plana de la nube de individuos.....	163
<b>Gráfica 37.</b> Representación plana de la nube de modalidades. ....	166

<b>Gráfica 38.</b> Principios agroecológicos para el diseño de sistemas agroecológicos. (Tomado de Altieri y Nicholls 2007).....	176
<b>Gráfica 39.</b> Metodología de intervención. ....	179
<b>Gráfica 40.</b> Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política. ....	181
<b>Gráfica 41.</b> Tipos de biodiversidad. Fuente Vázquez 2015. ....	182
<b>Gráfica 42.</b> Diagrama de sistemas de café agroforestal complejo. Fuente: Farfán (2014).....	190
<b>Gráfica 43.</b> Diseño participativo del grupo 1 sistema multidiverso.....	202
<b>Gráfica 44.</b> Diseño participativo del grupo 2 sistema en etapa media de conversión agroecológica. ....	204
<b>Gráfica 45.</b> Diseño participativo del grupo 2 Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica .....	206
<b>Gráfica 46.</b> Propuesta de diseño basado en enfoque de sistemas.....	209
<b>Gráfica 47.</b> Distribución de los arreglos vegetales en el sistema de producción de café diversificado.....	210

## RESUMEN GENERAL

**Antecedentes:** La caficultura en Colombia ha venido presentando problemas por la pérdida de importancia económica ligada a varios factores, como los sistemas intensivos de producción de café, fundamentados en monocultivos con alta dependencia de la aplicación de agroquímicos, principalmente para el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)). En algunos predios el sistema de producción se encuentra diversificado con cultivos que han sido incluidos por la necesidad de obtener un ingreso económico que les aporte a la sostenibilidad de sus hogares; el arreglo vegetal de estas especies no han correspondido hasta el momento a un proceso de diseño que garantice el manejo agroecológico de la broca. **Objetivo:** Evaluar la diversidad vegetal en diferentes tipos de sistemas de producción de café, para incorporar al sistema especies que aporten interacciones positivas en el diseño de una propuesta de conversión agroecológica que disminuya los porcentajes de infestación de broca. **Materiales y métodos:** Se **realizó** la caracterización en las dimensiones sociodemográficas, ambientales, económicas y tecnológicas, a partir de la adaptación de la metodología que integra los principales lineamientos conceptuales del MESMIS con los procedimientos de evaluación rápida de sostenibilidad de Altieri y Nicholls (2002), Sarandón (2002 a), Macera *et al.* (2003) y Márquez (2013), los cuales se procesaron estadísticamente por análisis de correspondencia múltiple. La tipificación se obtuvo mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2. teniendo en cuenta las variables de la caracterización. La evaluación rápida de biodiversidad productiva, nociva, introducida funcional y auxiliar se evaluó acondicionando la metodología de (Vázquez 2010). Las interrelaciones se evaluaron mediante un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para hallar el comportamiento de cada una de las variables: porcentaje de incidencia de broca en suelo y árbol, tipificación, biodiversidad y manejo de las arvenses asociadas a los sistemas de producción, se adaptó la metodología de Vázquez *et al.* (2014), y se realizó el diseño de una propuesta participativa de conversión agroecológica de los sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.), que disminuya los niveles de infestación de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) con la metodología establecida por Márquez (2013).

**Resultados** en la caracterización se obtuvieron las principales correlaciones entre las variables analizadas por cada dimensión. La tipificación derivó tres grupos de fincas: Grupo 1 - Sistema multidiverso, Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica, Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica. En la evaluación de sostenibilidad se obtuvo como resultado que los indicadores que presentaron mayor valor como puntos críticos para la sostenibilidad fueron: sistemas de cultivos, utilización de plaguicidas y riesgos por intoxicación, rendimiento, número de cultivos, biodiversidad vegetal, número de especies animales, calidad del suelo, uso de biopreparados y registros de producción. La evaluación de biodiversidad arrojó resultados que permitieron conformar una clasificación predial indicadora de la biodiversidad de los cultivos, lo cual permitió detectar que solo una finca se encuentra valorada en un grado medianamente complejas y el resto se categorizaron en poco complejas. En la evaluación de las interrelaciones se obtuvo que el manejo dado a las arvenses en los sistemas de producción es la variable que mayor correlación tiene con la biodiversidad, tipificación, y los porcentajes de broca en árbol y suelo. Finalmente, se realizó el diseño participativo agroecológico de producción de café, donde los productores escogieron las especies que requerían implementar, teniendo en cuenta la función que puede desempeñar cada una y de acuerdo con sus inclinaciones frente a la utilización de estas como alimentos, forraje para alimentación animal o madera para ser vendida y ayudar con la economía de la finca.

### **PALABRAS CLAVE**

Caracterización, tipificación, evaluación de sostenibilidad, biodiversidad, interrelaciones, diseños, sistemas de producción.

### **GENERAL ABSTRACT**

**Background:** Coffee growing in Colombia has been presenting problems due to the loss of economic importance linked to several factors, such as intensive coffee production systems, based on monocultures with high dependence on the application of agrochemicals, mainly for the management of the CBB in coffee cultivations (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)).

In some farms the production system is diversified with crops that have been included due to the need to earn an economic income that contributes to the sustainability of their families, but the combination of these species has not corresponded to a design process that guarantees the agroecological management of the CBB. **Objective:** Evaluate plant diversity in different types of coffee production systems, in order to incorporate the most suitable species into the system in the design of an agroecological conversion proposal that reduces the percentages of CBB infestation (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)). **Materials and methods:** The characterization was carried out in the sociodemographic, environmental, economic and technological dimensions from the realization of an adaptation of the methodology that integrates the main conceptual guidelines of the MESMIS with the rapid sustainability evaluation procedures of Altieri and Nicholls (2002), Sarandón (2002 a), Macera et al. (2003) and Márquez (2013), which were statistically processed by multiple correspondence analysis. The typification was obtained through a Cluster analysis from a dendrogram using the R Project version 4.0.2 operating system taking into account the variables of the characterization. The rapid evaluation of productive, harmful, introduced functional and auxiliary biodiversity was evaluated by conditioning the methodology of (Vásquez 2010). The interrelationships were evaluated through a Multiple Correspondence Analysis (MCA) to find the behavior of each of the variables: CBB percentage of incidence in soil and tree, typification, biodiversity and management of weeds associated with production systems, for this the methodology of Vásquez et al (2014) was adapted, and finally the design of a participatory proposal for the agroecological conversion of the coffee production systems (*Coffea arabica* L.) was carried out, which reduces the levels of CBB (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) infestation with the methodology established by Márquez (2013). **Results:** In the characterization, the main correlations were obtained between the variables analyzed for each dimension. With the typification, three groups of farms were obtained: Group 1 - Multidiverse system, Group 2. System in the middle stage of agroecological conversion, Group 3. System in the initial stage of agroecological conversion. In the sustainability evaluation, it was obtained as the indicators that presented the lowest value as critical points for

sustainability. The biodiversity evaluation yielded results that allowed to form a property classification indicating the biodiversity of crops, which allowed detecting that only one farm is valued in a moderately complex degree and the rest were categorized as not very complex. In the evaluation of the interrelationships, it was obtained that the management given to the weeds in the production systems evaluated is the variable that has the highest correlation with biodiversity, typification, and the percentages of CBB in tree and soil. Finally, the participatory agroecological design of coffee production was carried out, with management recommendations.

**KEYWORDS:**

Characterization, typing, sustainability assessment, biodiversity, interrelations, designs, production systems.

## **INTRODUCCION**

De acuerdo con la información de la Organización Internacional del Café (ICO), para el 2020, el café se cultiva en 11 mil millones de hectáreas, ubicadas en 4 continentes y 75 países, de los cuales el 45% de la producción mundial de café se produce en América, el 33% en África y el 22% en Asia. La producción de café a nivel mundial aproximadamente un 65% café arábigo y un 35% café robusto, sin embargo, el 69% era producido sólo por cinco países: Brasil, Vietnam, Indonesia, Colombia y Etiopía, en el 2020 el consumo mundial alcanzó un nivel récord y se ubicó en 165.053 millones de sacos.

En Colombia, se estima que para el 2019 había aproximadamente 555.692 familias cafeteras, las cuales enfrentaron durante las últimas tres décadas dificultades en la producción y comercialización del mismo (FNC, 2019), siendo una de las más relevantes la pérdida de la importancia económica de la caficultura en el país, tanto en el contexto nacional como en el internacional, explicado principalmente por la caída dramática de su productividad, la lentitud de los procesos de adopción de nuevas tecnologías, la inadecuada fertilización, entre otros factores (ICO, 2019), este tipo de agricultura reemplaza los ecosistemas más diversos y heterogéneos por ecosistemas homogéneos y simples (Rojas et al 2007; Oesterheld 2008; Rojas et al 2012; FAO, 2014; Ruiz et al 2015) .

El cambio climático ha tenido una incidencia negativa sobre la productividad de los cultivos, propiciando la propagación de plagas y enfermedades, exigiendo el desarrollo de técnicas para la adaptación de los cultivos, (OECD-FAO 2011-2020, Viguera et al 2017), es aquí en donde el aumento de la resiliencia de los sistemas de producción de café, se fundamenta en la adaptación de los componentes e interrelaciones de los sistemas a los eventos climáticos extremos (Estudios de mercado 2012; FAO – CIAT 2018).

Los cafés especiales corresponden a una amplia gama de cafés que tienen características definidas, asociadas la mayoría de ellas, a objetivos sociales o ambientales, donde los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto por el tipo específico de café que demandan (Farfán Valencia 2007, Cano et al. 2012).

Los sistemas de café se caracterizan por presentar diversas formas de manejo, y se pueden identificar cinco tipos de sistemas de producción, basados en el sombrío y el dosel, tres de caficultura tradicional y dos de sistemas intensivos (Rojas et al. 2012), siendo la base fundamental de la sostenibilidad de los sistemas productivos la biodiversidad, que proporciona una variedad de servicios ecológicos que permiten reducir el uso de insumos externos. Sin embargo, la biodiversidad no siempre es tenida en cuenta desde el enfoque de agricultura convencional. Este modelo se basa en la simplificación del agroecosistema y la utilización intensiva de agroquímicos (Sarandon y Flores 2014).

Los principales problemas fitosanitarios del café son la broca (*Hypothenemus hampei*) y la roya (*Hemileia vastatrix*), para la broca se puede esperar que en un escenario de aumento de temperatura y mayor variabilidad en las precipitaciones, por el fenómeno del cambio climático, no sólo aumenten su rango de distribución altitudinal; sino que además alcancen una mayor densidad de población en lugares donde las condiciones de temperatura ponían freno a su capacidad reproductiva y porcentaje de supervivencia. (Baker 1993, Vega 1998, Baker 1999, Bustillo 2005, CORPOICA 2011, mientras la roya está ligada al desarrollo fisiológico del cultivo y la distribución y cantidad de la lluvia, siendo este el factor que produce su dispersión dentro del cultivo, acompañado de una temperatura adecuada para el desarrollo de su ciclo de vida (Rivillas et al. 2011).

Desde el año 1990 en Colombia incrementó el cultivo de variedades de porte bajo con resistencia a la roya del cafeto, como la variedad Colombia (Castillo y Moreno 1988), aunque con el correr de los años la variabilidad genética desarrollada por este patógeno, ha logrado una mayor adaptación, y por lo tanto ha atacado genotipos de café resistentes, además de factores como la planta susceptible, estrés fisiológico de la planta, organismo patógeno, ambiente y deficientes prácticas agronómicas (Rivillas et al 2011).

Por otro lado, las fluctuaciones de población de broca del café están directamente relacionadas con factores climáticos como la precipitación y la humedad relativa, siendo los frutos sobremaduros y secos que quedan en el árbol y en el suelo

después de la cosecha permaneciendo allí hasta que las condiciones ambientales sean favorables para su reproducción. Cuando el periodo de lluvias llega, comienza la emergencia de la broca que coloniza los granos en el árbol, esta emergencia se incrementa considerablemente con periodos de déficit hídrico ocasionados por fenómenos climáticos como El niño, donde hay mayor emergencia de adultos con el inicio de la lluvia. Esto es debido a que las altas temperaturas aceleran los procesos fisiológicos de la plaga, en este caso la reproducción y el número de descendientes, por ejemplo, la duración del ciclo de vida de la broca del café demora 63 días a 19° C y sólo 20,3 días a 30° C bajo condiciones de laboratorio, y con unos umbrales mínimos y máximos de tolerancia térmica de desarrollo del insecto determinados en 15,12°C y 32°C respectivamente, es decir que por debajo o por encima de dicho rango de temperatura la broca cesa por completo su desarrollo y oviposición (Bustillo, 2007; Constantino et al 2011).

Para el año 2014, en el cual se realizó el trabajo de campo, estuvo presente el fenómeno del niño en el país, el cual tuvo como impacto significativo el incremento poblacional de la broca en los cultivos de café debido a las altas temperaturas (FNC, 2014).

La agroecología implementa una serie de prácticas dirigidas a reducir el nivel de las enfermedades y plagas o su impacto en el rendimiento o la calidad de los cultivos, dentro de las cuales se encuentran: manejo cultural, manejo biológico, manejo del suelo, e incremento de la biodiversidad funcional, herramientas utilizadas de forma cotidiana por los agricultores en procesos de conversión agroecológica, para eliminar patógenos o retardar su desarrollo (Arauz 1998).

La caficultura del país se ha visto afectada por la alta incidencia de la broca, debido a los sistemas intensivos de producción predominantes en la zona cafetera antioqueña, los cuales se fundamentan en el establecimiento de monocultivo del café, altamente dependiente de la utilización de insecticidas químicos para el control de esta plaga, los cuales presentan alto riesgo de residualidad en el producto para el consumidor final, además, generando contaminación y degradación de todos los componentes de los agroecosistemas cafeteros intensivos. Uno de los recursos más

afectados por estas prácticas ha sido la biodiversidad, ya que se pasó de sistemas multiestratos a sistemas simplificados que minimizaron la diversidad vegetal, y que a su vez propician el desarrollo del insecto plaga, con niveles de infestación que generan considerables pérdidas económicas, lo cual debilita los sistemas de producción y afecta la sostenibilidad de las familias productoras.

Los caficultores del Suroeste antioqueño, entre los cuales predomina el manejo de sistemas intensivos de café, podrán tener propuestas de sistemas alternativos de producción de café que les permitirá contribuir a solucionar la problemática ambiental actual y a implementar sistemas sostenibles.

Con el estudio de la biodiversidad del componente vegetal en los sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) se podrá contribuir a un mejor uso y manejo de los recursos (suelo, clima, cultivo de café, biología, biodiversidad), se incrementarán las complejas interacciones y sinergismos del ecosistema, lo que permite solventar y mejorar las funciones y procesos de este, además contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores (Márquez 2013, Vázquez 2014).

Por otro lado, se rescatan los conocimientos ancestrales en agricultura de los campesinos de la zona y se construirán pilares ecológicos, sociales, económicos y culturales, con los cuales se garantice la conservación y sostenibilidad de los sistemas de producción de café. Todos estos fundamentos permitirán proponer la construcción de estrategias de rediseño de los agroecosistemas e incentivar la reconversión hacia sistemas más biodiversos, resilientes, con un mayor flujo de nutrientes y energía que garantice una producción eficiente y productiva de este cultivo con bases ecológicamente sostenibles. (Altieri, Nicholls 2007, Funes-Monzote 2009, Vázquez et al 2014, Sarandón y Flores 2014).

Además, los sistemas de producción se transformarán con prácticas inocuas que garanticen la salud del productor y por ende del consumidor.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

De acuerdo con la información de la Organización Internacional del Café (ICO), para el 2011 habían 70 países productores de café, sin embargo el 55% era producido sólo por tres países: Brasil, Vietnam y Colombia, en dónde se pueden distinguir claramente dos tipos de café, el Arábica y Robusta. (Estudios de mercado 2012), en el 2013 el consumo mundial alcanzó un nivel récord y se ubicó en 144 millones de sacos, impulsado por la demanda de café de países emergentes. (FNC 2011)

En Colombia, se estima que para el 2012 había aproximadamente 560.000 familias cafeteras, las cuales enfrentaron durante las últimas tres décadas dificultades en la producción y comercialización del mismo (Estudios de mercado 2012), siendo una de las más relevantes la pérdida de la importancia económica de la caficultura en el país, tanto en el contexto nacional como en el internacional, explicado principalmente por la caída dramática de su productividad, la lentitud de los procesos de adopción de nuevas tecnologías, la inadecuada fertilización, entre otros factores (Cano et al 2012), este tipo de agricultura reemplaza los ecosistemas más diversos y heterogéneos por ecosistemas homogéneos y simples (Rojas et al 2007)

El cambio climático ha tenido una incidencia negativa sobre la productividad de los cultivos, propiciando la propagación de plagas y enfermedades, exigiendo el desarrollo de técnicas para la adaptación de los cultivos, (OECD-FAO 2011-2020), es aquí en donde la el aumento de la resiliencia de los sistemas de producción de café, se fundamenta en la adaptación de los componentes e interrelaciones de los sistemas a los eventos climáticos extremos (Estudios de mercado 2012).

Los cafés especiales corresponden a una amplia gama de cafés que tienen características definidas, asociadas la mayoría de ellas, a objetivos sociales o ambientales, en donde los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto por el tipo específico de café que demandan (Cano et al 2012) (Farfán Valencia 2007).

Los sistemas de café se caracterizan por presentar diversas formas de manejo, es así como se pueden identificar cinco tipos de sistema de producción, basados en el

sombrío y el dosel, tres de caficultura tradicional y dos de sistemas intensivos (Rojas et al 2012), siendo la base fundamental de la sostenibilidad de los sistemas productivos la biodiversidad, que proporciona una variedad de servicios ecológicos que permiten reducir el uso de insumos externos. Sin embargo, la biodiversidad no siempre es tenida en cuenta desde el enfoque de agricultura convencional. Este modelo se basa en la simplificación del agroecosistema y la utilización intensiva de agroquímicos (Sarandon y Flores 2014).

Los principales problemas fitosanitarios del café son la broca (*Hypothenemus hampei*) y la roya (*Hemileia vastatrix*), para la broca se puede esperar que en un escenario de aumento de temperatura y mayor variabilidad en las precipitaciones, por el fenómeno del cambio climático, no sólo aumenten su rango de distribución altitudinal; sino que además alcancen una mayor densidad de población en lugares donde las condiciones de temperatura ponían freno a su capacidad reproductiva y porcentaje de supervivencia. (CORPOICA 2011; Bustillo 2005; Baker 1993; Vega 1998; Baker 1999), mientras la roya está ligada al desarrollo fisiológico del cultivo y la distribución y cantidad de la lluvia, siendo este el factor que produce su dispersión dentro del cultivo, acompañado de una temperatura adecuada para el desarrollo de su ciclo de vida (Rivillas et al 2011). Desde el año 1990 en Colombia incremento el cultivo de variedades de porte bajo con resistencia a la roya del cafeto, como la variedad Colombia (Castillo y Moreno 1988).

Los plaguicidas químicos sintéticos (Jaquez et al 2002) se han convertido en la forma dominante del combate a las plagas, al ser aplicados constantemente a sistemas agrícolas generan residuos que pueden contaminar suelos, agua, aire y biota, y productos de consumo humano y animal, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia a la salud humana (Triviño 1982; Waliszewski y Xóchitl 2008). Esta contaminación puede ocurrir por medio de una serie de complejos procesos de transporte, volatilización, precipitación pluvial, escurrimientos, infiltraciones y lixiviaciones, los cuales están influidos por múltiples factores del tipo: climático, geomorfológico, edafológico, actividades antropogénicas, y por las propiedades

fisicoquímicas de estos compuestos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas; unos se degradan con rapidez, otros precisan de amplios periodos de tiempo, lo cual puede llevar a la presencia de residuos de plaguicidas y sus metabolitos en el ambiente y en los alimentos (Altieri y Nicholls 1997; Castillo 2003; Tinsley 2005; Andreu 2008; Weinberg 2009; Mosquera 2010).

La agroecología implementa una serie de prácticas dirigidas a reducir el nivel de las enfermedades o su impacto en el rendimiento o la calidad de los cultivos, dentro de las cuales se encuentran: manejo cultural, manejo biológico, manejo del suelo, e incremento de la biodiversidad, herramientas utilizadas de forma cotidiana por los agricultores en procesos de conversión agroecológica, para eliminar patógenos o retardar su desarrollo (Arauz 1998). Dentro de las afectaciones por el manejo convencional del cultivo del café, se encuentra el caso de 50 niños y seis adultos, entre ellos una mujer en estado de embarazo, quienes resultaron intoxicados en Andes tras inhalar Tiodán en marzo del 2014, con el que se había fumigado un cultivo de café de la zona (El Espectador 22 de marzo de 2014).

La caficultura del país se ha visto afectada por la alta incidencia de la broca, debido a los sistemas intensivos de producción predominantes en la zona cafetera Antioqueña, los cuales se fundamentan en el establecimiento de monocultivo del café, altamente dependiente de la utilización de insecticidas químicos para el control de esta plaga, los cuales presentan alto riesgo de residualidad en el producto para el consumidor final, además, generando contaminación y degradación de todos los componentes de los agroecosistemas cafeteros intensivos. Uno de los recursos más afectados por estas prácticas ha sido la biodiversidad, ya que se pasó de sistemas multiestratos a sistemas simplicados que minimizaron la diversidad vegetal, y que a su vez propician el desarrollo del insecto plaga, con niveles de infestación que generan considerables pérdidas económicas, debilitando los sistemas de producción y afectando la sostenibilidad de las familias productoras.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo la biodiversidad vegetal en los sistemas de producción de café en el Municipio de Andes, Suroeste Antioqueño, genera interrelaciones positivas que aporten al rediseño de sistemas cafeteros sostenibles, mejorando la calidad del café y contribuyendo al establecimiento del manejo agroecológico de la broca (*Hypothenemus hampei*)?

## **HIPÓTESIS**

El incremento de la biodiversidad del componente vegetal, mediante el rediseño agroecológico de los sistemas cafeteros y las interrelaciones existentes en el Municipio de Andes, Suroeste antioqueño, contribuyen a la disminución de los niveles de infestación de los insectos plaga al presentarse bajos niveles de infestación de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari) y ser sostenibles en las dimensiones social, económica, ambiental y tecnológica.

El incremento de la biodiversidad del componente vegetal, y las interrelaciones existentes en los sistemas de producción de café en el Municipio de Andes, Suroeste antioqueño, contribuyen a la disminución de los niveles de infestación de los insectos plaga en los cultivos de café, debido a los servicios ecosistémicos que provee la misma, entre los cuales los más importantes son: hospederos de enemigos naturales, alelopatía, cultivos trampa, interrupción del sistema monocultivo, entre otros. El rediseño agroecológico de los sistemas cafeteros pretende que estos sistemas se caractericen por presentar bajos niveles de infestación de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) y por ser sostenibles en las dimensiones social, económica, ambiental y tecnológica.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la diversidad del componente vegetal en diferentes tipos de sistemas de producción de café, para incorporar las especies funcionales en el diseño de una propuesta de conversión agroecológica que disminuya los porcentajes de

infestación de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) , y la disminución de agroquímicos en el Municipio de Andes, suroeste antioqueño.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar y tipificar 13 sistemas de producción de café (*.arabica* L.) en cuatro veredas del municipio de Andes, suroeste Antioqueño.
- Realizar la evaluación de la biodiversidad del componente vegetal del cultivo de café (*C. arabica* L.) en 13 fincas de cuatro veredas del municipio de Andes, suroeste Antioqueño.
- Evaluar las interrelaciones existentes entre el cultivo del café (*. arabica* L.) y la broca en tres formas de manejo de los sistemas cultivados.
- Diseñar , una propuesta de conversión agroecológica de los sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.), de manera participativa que disminuya los niveles de infestación de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) en cuatro veredas del municipio de Andes, suroeste antioqueño.

## **1. CAPITULO I. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL**

### **1.1 Generalidades del café**

El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20- 25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo (Pulgarín 2007); durante su ciclo de vida, la planta destina una parte de éste a la formación de estructuras no reproductivas como las raíces, las ramas, los nudos y las hojas, actividad denominada desarrollo vegetativo (Dedecca 1957, Trojer 1968; Jaramillo 2005).

La iniciación de la fase reproductiva puede estar influenciada por la duración del día (fotoperíodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica (Franco 1940; Barros et al 1978), considerándose como primera floración, el momento en que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido. (Kumar 1982, Camayo et al 1996; Camayo et al 2003; Arcila 2004; Pulgarín 2007).

Dentro de los principales problemas fitosanitarios del café se encuentran: La broca del café, *H. hampei*, (Bustillo 2002). La roya del cafeto, *Hemileia vastatrix* (Rivillas et al, 2011). El mal rosado ocasionado por el hongo *Corticium salmonicolor*. (Galvis 2003). La mancha de hierro ocasionada por *Cercospora coffeicola*, (Fernández et al. 1982, Leguizamón 1997). *Colletotrichum* sp. (Gil 2001), y el déficit hídrico (Arcila y Jaramillo 2003).

### **1.1.1 Broca del café (*Hypothenemus hampei*)**

Para Bustillo (2005), la broca del café, *H. hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), es el insecto plaga más importante entre los que afectan la caficultura en todo el mundo. Este insecto fue introducido del África al continente americano a comienzos del siglo pasado y llegó sin los enemigos nativos que regulan sus poblaciones en África (Cenicafé 1990).

Dentro de los enemigos naturales de la broca del café (*H. hampei*) tenemos: *Cephalonomia stephanoderis* (Benavides et al. 1994, Bustillo 2005), *Prorops nasuta*, *Phymastichus coffea*, *Beauveria bassiana* (hongo) (Bustillo 2005), Hormigas (Varón et al 2004, Gallego & Armbrrecht 2005; Vázquez 2009). Como practicas dentro del cultivo para el manejo y control de la broca se pueden tener: trampas (Barrera 2002, Promecafe 2007), y control manual (CODOCAFE, 2006).

En cuanto al control químico de la broca del café, este debe hacerse dentro del período crítico del ataque de la broca, es decir, desde los 120 días después de las floraciones principales hasta cosecha, cuando el nivel de infestación sea igual o superior al 2%, y el 50% o más de las brocas vivas estén en posición A y B (período de vuelo), siendo el grupo de organofosforados el más utilizado para dicho control (Arcila, 2016).

## **1.2 Sistemas de producción de café**

Un sistema de producción se define como el conjunto de factores y opciones tecnológicas que, al interactuar entre ellos, permiten obtener la máxima productividad desde el punto de vista biológico, económico y social. Las características edafológicas, climáticas y socioeconómicas en que se cultiva el café

en Colombia da lugar a una amplia gama de sistemas de producción. Escobar et al. 1990, Gliessman 2002, Pulgarín 2007 señalan que en Colombia se pueden distinguir los siguientes sistemas de producción de café:

### **1.2.1. A libre exposición solar**

Se desarrollan bien en las zonas con suelos aptos en cuanto a características físicas y de fertilidad, y una apropiada disponibilidad de energía solar y de agua (regímenes de lluvia suficiente para las necesidades del cafeto y muy buena distribución durante todo el año). Cerca del 30% de la caficultura colombiana se encuentra a plena exposición solar. (Pulgarin 2007)

### **1.2.2. Sistemas agroforestales**

Según (Farfán 2007), Agroforestales es el nombre genérico para describir un sistema de uso de la tierra en el cual los árboles se combinan temporal y espacialmente con pasturas (uso animal) o cultivos agrícolas; en los agroforestales se mezclan elementos de la agricultura con elementos forestales que se traducen en sistemas de producción sostenibles en la misma unidad de terreno (Organización para Estudios Tropicales 1986, Fassbender 1987, Somarriba 1987, Torquebiaeu 2000, Sánchez 2003, Durán 2004).

La clasificación de los sistemas agroforestales es necesaria, y busca proveer un marco conceptual para evaluarlos y desarrollar planes de acción para su mejoramiento.

Dada la diversidad de los sistemas agroforestales su clasificación puede ser compleja o simple (Nair 1985, Fassbender 1987), además se pueden encontrar Sistemas agroforestales con café (FNC 1958, Perfecto et al. 1996, Muschler 2000, Pulgarin 2007), con tres tipos de estructuras:

- Sombrío diverso tradicional, sombra rústica, policultivo tradicional o caficultura tradicional.
- Sombrío diverso plantado, policultivo moderno o sombrío tecnificado (FNC 1958, Rice 1997).
- Sombrío simple plantado, policultivo moderno, policultivo comercial o sombrío tecnificado (FNC 1958).

### **1.2.3. Café especial.**

El término “café especial”, es atribuido a la noruega Erna Knutsen, experta tostadora de café, quien usó por primera vez este término en la conferencia internacional de café, celebrada en Montreil (Francia) en 1978 (Ponte 2003, 2004). Este concepto hace alusión a la geografía y a los microclimas, que permiten la producción de granos de café con sabor único y de características particulares que preservan su identidad. En 1982, se creó la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), y ésta definió el término ‘café especial’ como “un café de buena preparación, de un origen único y sabor distintivo” (Cague et al. 2002).

A partir de diferentes interpretaciones se logró definir que son aquellos que conservan una consistencia en sus características físicas (forma, tamaño, humedad, apariencia y defectos), sensoriales (olfativas, visuales y gustativas), prácticas culturales (recolección, lavado, secado) y en sus procesos finales (tostión, molienda y preparación); características que los distinguen del común de los cafés y por las cuales los clientes están dispuestos a pagar un precio superior (Giovannucci y Koekoek 2003).

Dentro de los cafés especiales se encuentran: café orgánico, café de origen, café saborizado, café de alta tostión, café descafeinado, (Farfán 2007). En Colombia existe el programa de cafés especiales, en los cuales se encuentran (FNC 2005; Farfán 2007): cafés de Origen, cafés de Preparación y cafés Sostenibles.

En el mundo existen diferentes denominaciones de cafés especiales como: Cafés que cumplen los criterios EUREP-GAP (Eurepgap 2004), cafés que cumplen los criterios Utz certified (Utz Kapeh 2006), café Rainforest Alliance y La Red de Agricultura Sostenible (RFA 2004), café con los criterios Starbucks (SCC 2004a, 2004b), Café Social o de Precio Justo (FLO 2004), cafés de Sombra o Amigable con las aves (Bird Friendly) (SMBC 2001 y 2004), Cafés Orgánicos (USDA 2000; Farfán 2000).

## **1.3 Teoría de sistemas**

Bertalanffy (1976) define sistema como un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas, esto es que en términos generales un sistema está conformado por

componentes con estructura y funciones determinadas con entradas (insumos) y salidas (productos) definidas hacia un fin establecido.

Teniendo una visión de sistemas ante la producción agrícola, se da la posibilidad de entender lo que ocurre en la finca como sistema dinámico global y cada uno de sus subsistemas, donde el sistema de producción de café, con sus componentes y sus subsistemas, funcionará hacia los objetivos propuestos, como resultado de las decisiones técnicas y administrativas del empresario agrícola. (Escobar et al. 1990, Gliessman 2002, Moreno 2007)

Escobar et al. 1990, Gliessman 2002 & Moreno 2007, definen los elementos de un sistema como:

- Componentes
- Interacción entre componentes
- Entradas (insumos)
- Salidas (productos)
- Límite o frontera.

El ambiente o entorno es el medio que envuelve al sistema con el cual está en constante interacción, ya que éste recibe entradas, las procesa y efectúa salidas. La supervivencia de un sistema depende de su capacidad de adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandas del ambiente. Aunque el ambiente puede ser un recurso para el sistema, también puede ser una amenaza. La función está relacionada con el proceso de recibir entradas y producir salidas. Este proceso se puede caracterizar usando diferentes criterios, pero entre los más importantes están: productividad, eficiencia y variabilidad (Moreno 2007).

### **1.3.1. Clasificación de los sistemas**

Según (Moreno 2007) dada la gran diversidad de sistemas, éstos pueden clasificarse:

1. Conforme a su naturaleza, se pueden agrupar en reales, ideales y modelos.
2. Con relación a su origen, pueden ser naturales o artificiales.

3. En cuanto al ambiente o al entorno, cuando se puede expresar o determinar el grado de aislamiento los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes.

### **1.3.2. Ecosistemas - Agroecosistemas -Sistemas de producción**

La productividad biológica considerada como la acumulación de energía y materiales, se fundamenta en conceptos ecológicos, pero es la aplicación de la tecnología la que permite aprovechar dicha productividad. En consecuencia, entender la estructura y la función de los ecosistemas, los agroecosistemas y los sistemas de producción, para usar de forma adecuada lo mejor que haya en tecnología de la producción, aparte de ser un compromiso general, es una forma de garantizar efectividad y su sostenibilidad.

#### **1.3.2.1 Ecosistema**

El ecosistema según Hart (1985), es definido como un sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural (componentes bióticos) y su medio ambiente físico (componentes abióticos). En otras palabras, el ecosistema es el conjunto de factores abióticos y bióticos de una determinada zona y la interacción que se establece entre ellos.

#### **1.3.2.2 Agroecosistema o Sistema agrícola**

Es un ecosistema sometido por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Los agroecosistemas, están conformados a su vez por subsistemas, tales como el subsistema cultivos, el subsistema arvense, el subsistema plagas, el subsistema enfermedades y el subsistema suelo (Moreno 2007).

#### **1.3.2.3 Un sistema de producción agrícola**

Es una actividad dirigida a transformar componentes abióticos (oferta ambiental) por medio de componentes bióticos (genotipo), en arreglos espaciales y cronológicos con prácticas adecuadas de manejo, en productos de importancia económica (Escobar et al 1990; Moreno 2007).

### **1.3.3. Sistemas de producción de café en Colombia**

Para (Escobar 1990, Machado et al. 2015) en la región cafetera colombiana se han identificado áreas homogéneas en características de suelo, relieve y clima denominadas ecotopos cafeteros, que definen el entorno o el ambiente principal de los sistemas de producción de café. Se consideran los siguientes sistemas de producción: tradicional, tecnificado, con semisombra y con sombra.

#### **1.3.3.1. Sistema de producción tradicional**

Se considera un lote de café con variedad Caturra o Típica, establecido sin trazo, con sombrío no regulado y una población menor a 2.500 plantas por hectárea.

#### **1.3.3.2. Sistema de producción tecnificado**

Se considera un lote de café con variedad Caturra o Castillo, el cual ha sido trazado, establecido al sol o con sombrío regulado y una población mayor a 2.500 plantas por hectárea.

#### **1.3.3.3. Sistema de producción con semisombra**

Se define en función del componente arbóreo como regulador de la luz solar. Generalmente, se emplean especies arbóreas como el guamo, el nogal o el chachafruto, entre otros y con una densidad entre 20 y 50 árboles por hectárea, o cualquier especie arbustiva semipermanente (plátano o banano) con un número de plantas entre 300 y 750 sitios por hectárea.

#### **1.3.3.4. Sistema de producción de café con sombra.**

Está caracterizado por el empleo de cualquier especie arbórea permanente con una densidad superior a 50 árboles por hectárea, equivalente a una distancia de siembra de 14 x 14 m. También puede darse la regulación de la luz incidente por cualquier especie arbustiva semipermanente con más de 750 sitios por hectárea, la cual puede establecerse con una distancia de siembra de 3,7 x 3,7 m, con un arreglo espacial uniforme (Federación Nacional de Cafeteros 1993).

#### **1.4 Caracterización y tipificación de sistemas**

Escobar 1990, Sarandon 2014, Marasas *et al.* 2014; Machado *et al.* 2015, proponen que para comprender la complejidad del proceso de transición y establecer criterios que permitan realizar el abordaje del mismo requiere poder aplicar los conocimientos teóricos en función de los múltiples escenarios posibles. Por lo tanto, se debe comenzar con un diagnóstico de la situación inicial o de las condiciones de partida, para luego evaluar las alternativas posibles a la hora de pensar estrategias de abordaje del proceso de transición agroecológica. Se pondrá el foco en la transición a nivel de establecimiento o finca. Para ello, se analizarán los aspectos vinculados al agroecosistema en particular (el estado de los recursos naturales, las características del agricultor o familia productora y sus prácticas de manejo). También, se considerarán los factores externos al mismo, que influyen promoviendo u obstaculizando el proceso, se requiere otra forma de generación de conocimientos, asociado a un nuevo enfoque o abordaje de los sistemas de producción.

Se requiere abordar el proceso de transición a partir de comprender la complejidad de los sistemas de producción, que se traduce en la confluencia de múltiples factores que se relacionan entre sí.

El uso de indicadores de sostenibilidad es una herramienta apropiada para evaluar emprendimientos de reconversión agroecológica, esta complejidad está íntimamente vinculada al reconocimiento de que existe una gran heterogeneidad ecológica y/o cultural (Altieri 1997). Esto requiere poder aplicar los conocimientos teóricos en función de los distintos escenarios posibles.

Entre otras cosas, se deben considerar elementos tales como los recursos naturales propios de la finca, el empleo de recursos en lo posible locales, la ruptura de las formas de dependencia que ponen en peligro los mecanismos de reproducción ampliada de la unidad doméstica-productiva y el establecimiento de sistemas de comercialización justos (enfocados en mercados locales y circuitos cortos de comercialización) y con productos sanos (IPAF 2010)

En este sentido, (Marasas *et al.* 2014) identifica tres criterios claves para tener en cuenta de la compleja realidad que se encuentra:

1. Los atributos estructurales del agroecosistema particular.

2. El conocimiento ambiental local del agricultor o familia agricultora que toma las decisiones y gestiona el funcionamiento del sistema.

3. Los factores contextuales que condicionan las posibilidades de desarrollo de un proceso de transición.

Los sistemas y en particular los agroecosistemas tienen una estructura, que puede ser simple o compleja y depende del número y tipo de componentes y de los arreglos entre dichos componentes. Estos arreglos, que pueden ser tanto espaciales como temporales, se definen como atributos estructurales de los agroecosistemas, haciendo especial énfasis en los vinculados a la agrobiodiversidad y al manejo ecológico del suelo, dos dimensiones centrales en el manejo de base agroecológica (Pérez 2010)

Como no existe una receta única para implementar la transición agroecológica, resulta de vital importancia poder analizar cuáles son y en qué estado están los recursos naturales propios del establecimiento productivo. La caracterización incluye aspectos variados que van desde la identificación del tipo de recursos naturales disponibles, las características de la biodiversidad en los distintos ambientes del agroecosistema, la actividad productiva propiamente dicha y su manejo, hasta considerar aspectos vinculados a las tecnologías utilizadas y la infraestructura disponible, entre otros. Esta caracterización inicial nos permitirá detectar situaciones concretas para la toma de decisiones, a fin de fortalecer el estado de los recursos locales y consolidar el proceso de transición (Marasas et al. 2014).

#### **1.4.1. Guía de la caracterización del sistema.**

Marasas et al. 2011 & 2014, propone algunas estrategias de abordaje para la caracterización de un sistema en transición Agroecológica.

- Cuál es el tipo de actividad productiva que se lleva a cabo (agrícola, ganadera, mixta, forestal, etc.), teniendo en cuenta que cada una de éstas tendrá sus condiciones estructurales características y sus dificultades a afrontar.
- Cómo es la diversidad espacial cultivada y espontánea en los lotes productivos: número de cultivos, existencia o no de asociaciones, cultivos de cobertura, corredores o franjas de vegetación espontánea, entre otras.

- Cómo se organiza temporalmente la diversidad, considerando si existen o no rotaciones, ya sea de cultivos o de actividad productiva.
- Si hay o no ambientes semi-naturales en el predio, su distribución y la proporción de superficie que ocupan respecto de las zonas de finalidad únicamente productiva.
- Cuál es el estado de los componentes de la agrobiodiversidad que brindan servicios ecosistémicos claves (este punto, probablemente requiera de algún especialista para la determinación de las especies sugeridas).
- Cuáles son las plagas y enfermedades más frecuentes, y con qué intensidad afectan a la producción, en cada época del año.
- Cómo es el estado de conservación del suelo y las principales prácticas de manejo (el tipo de labranza, fertilización, esterilización, entre otras). En particular, observar sus características físicas, químicas y biológicas.
- Cuál es la cantidad y composición de insumos agroquímicos utilizados: monitorear tipo, dosis, frecuencia.

### **1.5. Sostenibilidad**

La sostenibilidad se concibe de manera dinámica, multidimensional y específica a un determinado contexto socioambiental y espacio-temporal. Los sistemas de manejo sustentables son aquellos que “permanecen cambiando”, para lo cual deben tener la capacidad de ser productivos, de autorregularse y de transformarse, sin perder su funcionalidad. A su vez, estas capacidades pueden ser analizadas mediante un conjunto de atributos o propiedades sistémicas fundamentales, que son: productividad, resiliencia, confiabilidad, estabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad (Astier et al. 2008).

La evaluación de sostenibilidad es una herramienta metodológica para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en los pequeños agricultores y en su contexto local (Astier *et al.* 2001, Sarandon *et al.* 2014).

El marco según (Astier et al. 2001, Astier et al. 2008, Sarandon et al. 2014):

1. La sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales se define por siete atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y auto seguridad.
2. La evaluación sólo es válida para un sistema de manejo en un determinado lugar geográfico, una escala espacial (por ejemplo, parcela, unidad de producción, comunidad, etc.) y para un determinado período de tiempo.
3. Es un proceso participativo que requiere un equipo de evaluación interdisciplinario. Generalmente, el equipo de evaluación incluye gente de afuera y participantes locales.
4. No se mide la sostenibilidad 'per se', sino que se hace a través de la comparación de dos sistemas o más. La comparación se hace transversalmente (por ejemplo, comparando un sistema alternativo y un sistema de referencia al mismo tiempo) o longitudinalmente (por ejemplo, analizando la evolución de un sistema en el tiempo). La estructura operativa del marco MESMIS consiste en un ciclo de evaluación de seis pasos (Astier et al. 2001, Astier et al. 2008):

Paso 1. Definición del objeto de evaluación

Paso 2. Determinación de los puntos críticos

Paso 3. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores

Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores

Paso 5. Presentación de resultados

Paso 6. Conclusiones y recomendaciones

## **1.6. Biodiversidad**

El término diversidad hace referencia al conjunto de plantas, animales y microorganismos que viven e interaccionan en un ecosistema antes llamada biodiversidad (Wilson 1988). Pero los ecosistemas tienen otros tipos de heterogeneidad que va más allá de la predeterminada por el número de especies. Los ecosistemas varían en la disposición espacial de sus componentes, en los procesos funcionales e, incluso, en el genoma de los organismos. Además, los ecosistemas pueden cambiar a lo largo del tiempo tanto de forma cíclica como estacional. La diversidad, en consecuencia, tiene diversas dimensiones que amplían el concepto de diversidad, y es la diversidad ecológica (Gliessman 2000).

El aumento de la diversidad favorece la diferenciación de hábitat, incrementa las oportunidades de coexistencia y de interacción entre las especies y generalmente lleva asociado una mayor eficiencia en el uso de los recursos. De manera general, los agroecosistemas más diversificados, que suelen coincidir con los gestionados mediante prácticas de la agricultura ecológica y tradicional, tienen mayores ventajas que los altamente simplificados, como los sistemas agrícolas convencionales y, particularmente, los monocultivos. Pero los agroecosistemas, dentro de las limitaciones impuestas por la necesidad de extraer biomasa, pueden tender a niveles de diversidad parecidos a los de los sistemas naturales y beneficiarse del aumento de estabilidad asociada a una mayor diversidad (Sans 2007).

Rojas et al. (2012), manifiesta que la intensificación del sistema de producción de café impacta directamente la biodiversidad, debido a que va degradando la cobertura vegetal y reduciendo el número de especies animales y vegetales nativas de la zona de plantación.

El estudio de Moguel y Toledo (1999) en México, demuestra que los monocultivos con sombra protegen al bosque de la deforestación, lo que permite que se preserve y aumente la biodiversidad nativa porque sirve de refugio para las especies de plantas y animales como árboles, epífitas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y artrópodos, comparado con los monocultivos bajo el sistema intensificación (Moguel y Toledo 1999); la diversidad de especies encontradas en los cafetales bajo sombra es similar a la encontrada en bosques naturales (Tejada et al 2004).

Los paisajes que son transformados para establecer cafetales, tienden por lo general a ser bosques mesófilos y tropicales perennes, a los que se asocian especies de anfibios (Santos et al. 2011), reptiles, artrópodos y mamíferos propios de la región (Rios et al. 2008) Los agroecosistemas cafeteros con vegetación compleja, ayudan a mantener una alta riqueza de especies, a mayor distancia del bosque, como es el caso de las plantas epífitas en los bosques nativos y en los cafetales conformados en policultivos (Moorhead et al. 2010)

Es también uno de los pocos sistemas productivos capaces de sostener una comunidad de mamíferos de muy diversas especies, a pesar de la transformación de la vegetación original, ya que mantiene los estratos arbóreos del café de sombra,

lo que proporciona una buena fuente de alimento, refugio, nidos y protección para los mamíferos (Rojas et al. 2007), el caso de las especies de amplia distribución como las aves migratorias (Tejada et al. 2004) y los murciélagos (Kraker y Pérez 2011), además existen estudios que muestran al café bajo sombra como refugio de paso para este tipo de animales. Un estudio realizado en el departamento del Cauca en Colombia con mariposas determinó el efecto del tamaño del parche sobre la población, el cual no evidenció un aumento de población, pero sí una mayor movilidad hacia la matriz de café de sombra, frente a la de café de sol (Velasco et al. 2010)

El Centro Nacional de Investigaciones de Café en Colombia ha efectuado estudios con el objetivo de conocer y conservar la biodiversidad de las diferentes regiones cafeteras del país, entre las cuales se encuentra el departamento de Santander, la Sierra Nevada de Santa Marta, los departamentos de Antioquia, Huila y Nariño, y la zona cafetera del Quindío, Armenia y Manizales, principalmente. Un avance técnico-cuantitativo fue el estudio para identificar a nivel regional la biodiversidad de las zonas cafeteras, en el que los resultados arrojaron una amplia diferencia en el número de especies de aves, anfibios, reptiles, artrópodos y mamíferos por hábitat. La mayor diversidad de plantas se encontró en los parches de bosques secundarios o de rastrojos altos (60% y 70%), cuya composición está menos alejada de las actividades humanas (Rojas et al 2012; Botero et al 2014).

Es importante señalar que esta forma de abordar la biodiversidad no pretende sustituir las formas clásicas de estudiar y sistematizar la composición, estructura, riqueza y diversidad florística o las formas de entender la evolución de los rasgos dentro de las especies. Representa un enfoque complementario que surgió ante la necesidad de diagnosticar y predecir el funcionamiento de los ecosistemas como respuesta a los inminentes cambios a escala global directamente asociados con el efecto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas (Díaz et al. 2002; Fernandez 2007; Casanoves et al. 2011).

### **1.6.1. La naturaleza y función de la biodiversidad**

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente dentro de un ecosistema. El

concepto también se puede extender a la variedad genética asociada a estas especies y a los ecosistemas en que se encuentran los organismos. En todos los agroecosistemas existen polinizadores, enemigos naturales, lombrices de tierra y microorganismos del suelo, todos componentes claves de la biodiversidad que cumplen funciones ecológicas importantes, al mediar procesos como introgresión genética, control natural, reciclaje de nutrientes, descomposición, etc., (Nicholls y Altieri 2002).

El tipo y la abundancia de biodiversidad dependen de la estructura y manejo del agroecosistema en cuestión, Southwood y Way 1970, señalaron que en general, el nivel de biodiversidad de insectos en los agroecosistemas depende de cuatro características principales: a) la diversidad de vegetación en y alrededor del agroecosistema; b) la durabilidad del cultivo dentro del agroecosistema; c) la intensidad del manejo y d) el aislamiento del agroecosistema con respecto a la vegetación natural. En general, un agroecosistema que es más diverso, más permanente, rodeado de vegetación natural y que se maneja con pocos insumos exhibe procesos ecológicos muy ligados a la amplia biodiversidad del sistema. Esto no sucede en sistemas simplificados (monocultivos modernos) que debido a sus bajos niveles de biodiversidad funcional deben ser subsidiados con insumos externos. (Nicholls y Altieri 2002)

Es clave identificar el tipo de biodiversidad que es deseable mantener o incrementar de manera que se puedan concretar las funciones (o servicios) ecológicos, y determinar cuáles son las mejores prácticas de manejo para incrementar la biodiversidad deseada. (Nicholls y Altieri 2002)

#### **1.6.1.1. Heterogeneidad de hábitat.**

Los sistemas de cultivos complejos albergan más especies que los hábitats agrícolas simplificados. Los sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal; por lo tanto, poseen más especies de insectos asociadas con respecto a los sistemas de monocultivo. Aparentemente la diversidad de especies vegetales y la diversidad estructural de plantas son importantes para determinar la diversidad de insectos (Weyland et al 2008; Stupino et al 2014).

### **1.6.1.2. Productividad.**

En general, los policultivos son más productivos que los monocultivos. Este incremento de la productividad favorece una mayor biodiversidad de insectos, dada la mayor abundancia de recursos alimenticios (FAO,2014).

En los últimos años muchos estudios han demostrado que las pequeñas granjas son más productivas que las grandes granjas (Rosset, 1999), y que los sistemas agroecológicos sostenibles y/o orgánicos son igualmente productivos y muchas veces más productivos que los monocultivos dependientes de insumos químicos (Pretty y Hine, 2001; Pretty et al., 2003; Badgley et al., 2007; De Schutter, 2011). Los sistemas más productivos por unidad de superficie son los sistemas agroecológicos altamente integrados en las pequeñas granjas (Rosset et al., 2011; Machín Sosa et al., 2013). Pag 326

#### **1.6.1.2.1 Estabilidad.**

La productividad en policultivos es más estable y predecible que en monocultivos. La mayor productividad, junto con la heterogeneidad de agroecosistemas complejos, permite a los insectos dividir el ambiente temporal y espacialmente, de modo que coexisten más especies.

A pesar de que los enemigos naturales varían mucho en su respuesta a la distribución, densidad y dispersión de los cultivos, la evidencia señala que ciertos atributos estructurales del agroecosistema (diversidad vegetal, niveles de insumos, etc.) influyen significativamente en la dinámica y diversidad de depredadores y parasitoides. La mayoría de estos atributos se relacionan con la biodiversidad y están sujetos al manejo (Rios 2011; Hidalgo et al 2012).

### **1.6.2. Biodiversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de insectos en agroecosistemas**

Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la concentración de recursos y la de los enemigos naturales (Smith y McSorely 2000). Ambas hipótesis señalan que puede haber diferentes mecanismos actuando en agroecosistemas distintos y tienden a sugerir los tipos de conjuntos de

vegetación que poseen efectos reguladores y los que no lo hacen, y bajo qué circunstancias agroecológicas y que tipo de manejo.

De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no hospedantes, prevención de inmigración u otros factores (Andow 1991).

Aparentemente, mientras más diverso es el agroecosistema y menos perturbada es la diversidad, aumentan los nexos tróficos, desarrollándose sinergismos que promueven la estabilidad en las poblaciones de insectos. Sin embargo, es claro que esta estabilidad depende no sólo de la diversidad trófica, sino más bien de la respuesta que está asociada a la densidad que tengan los niveles tróficos más altos (Nicholls Altieri 2002)

Los monocultivos son ambientes difíciles para inducir una operación eficiente de enemigos naturales, debido a que .estos carecen de recursos adecuados para el desempeño óptimo de depredadores y parasitoides, y porque en general, se usan prácticas que afectan negativamente el control biológico. Sin embargo, los policultivos poseen condiciones que favorecen a los enemigos naturales. En estos sistemas, la elección de una planta alta o baja, una en floración, una de maduración prematura o una leguminosa puede aumentar o disminuir los efectos de la mezclas de cultivos sobre las plagas (Vandermeer 1989). De esta forma, reemplazando o adicionando una diversidad adecuada de plantas es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat, que a su vez mejoran la abundancia y eficacia de los enemigos naturales.

### **1.6.3. Los servicios ambientales de la biodiversidad**

Para Vázquez (2006) existe un análisis muy reducido de lo que se considera diversidad biológica en los sistemas agrícolas, sobre todo cuando se limita al germoplasma y su manejo o cuando se expresa la utilidad de los organismos benéficos; en cambio, la biodiversidad tiene una mayor expresión y es, quizás, uno de los principales factores que pueden contribuir al manejo agroecológico de las plagas.

La biodiversidad incluye el número de especies y las relaciones entre dichos organismos o seres vivos que la integran; es decir, se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente en un ecosistema, incluyendo la variedad genética asociada a dichas especies y a los ecosistemas en que se encuentran, así como el intercambio con otros ecosistemas. (Vázquez 2006)

De manera general en todos los agroecosistemas existen plantas cultivadas o animales de crianza, la mayoría de ellos son especies y variedades o razas comerciales introducidas; plantas arvenses o plantas que crecen de forma espontánea dentro de los campos cultivados y en sus alrededores, que pueden ser endémicas, invasoras o introducidas; diversos animales y microorganismos que lo habitan y que realizan disímiles funciones, entre ellos los descomponedores de la materia orgánica en el suelo, los polinizadores, los enemigos naturales o biorreguladores, los asociados de forma mutualista con las plantas, los que contribuyen a que las plantas se enfermen o destruyan (plagas), entre otros organismos que se relacionan de forma directa o indirecta en la cadena trófica (Vázquez 2006).

#### **1.6.4. Clasificación de biodiversidad**

Una clasificación de la biodiversidad en los sistemas agrícolas, que considera los intereses del manejo agroecológico de plagas (biodiversidad agroecológica), puede ser la siguiente (Nicholls y Altieri 2002; Vázquez y Matienzo 2010).

- Biodiversidad introducida productiva: Biota introducida con fines económicos (plantas y animales): Agrobiodiversidad.
- Biodiversidad nociva: Los organismos que afectan las plantas y animales de interés económico. Plagas agrarias. Pueden habitar el sistema o ser inmigrantes o introducidas.
- Biodiversidad introducida funcional: Los organismos benéficos que se reproducen masivamente y se introducen en el sistema mediante liberaciones o aplicaciones inoculativas o inundativas (controles biológicos), sean artrópodos entomófagos, nematodos entomopatógenos, microorganismos entomopatógenos, microorganismos antagonistas, etc. También se incluyen

aquí los abonos orgánicos que se aplican, las micorrizas que se inoculan y los polinizadores que se liberan.

- Biodiversidad funcional: Los organismos que regulan naturalmente las poblaciones de fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos, que se consideran enemigos naturales (biorreguladores de las plagas). Además, los polinizadores naturales, los organismos descomponedores de la materia vegetal, los mejoradores de las propiedades físicas y químicas del suelo, entre otros con efecto benéfico sobre el cultivo.
- Biodiversidad auxiliar: La biota que habita naturalmente en los sistemas agrícolas y que contribuye indirectamente al resto de la biodiversidad. Aquí se incluyen las plantas que crecen silvestres, los microorganismos y animales que tienen otras funciones.

Desde luego, en el manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas es importante entender las relaciones tróficas, principalmente entre las plantas cultivadas, las plagas u organismos nocivos y los biorreguladores o enemigos naturales, incluyendo los controles biológicos que se aplican y/o liberan.

Los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, por tanto, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio cambian continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a su vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar (Altieri & Nicholls 2000; Gutiérrez et al 2008).

Los estudios realizados en las montañas occidentales de la India sobre los altos niveles de biodiversidad han mostrado el impacto del café como especie invasora en los fragmentos de bosques de reserva, donde el café es normalmente sembrado cerca al borde del bosque, y animales como el elefante asiático y el oso perezoso logran dispersar las semillas del cafeto al interior de los parches, demostrando la capacidad de esta planta de adaptarse y crecer bajo sombra (Mudappa y Raman 2009).

Los cultivos de café bajo sombra, en términos generales, presentan pocos problemas de plagas debido a la alta abundancia y diversidad de los predadores,

pero a raíz de la intensificación del cultivo, las plagas han presentado un aumento significativo. Se muestra en algunos estudios realizados en México, donde se observaron poblaciones de hormigas arbóreas (*Azteca instabilis*), que siendo predadoras logran mantener bajas las poblaciones del minador de la hoja de café en plantaciones bajo sombra (De la Mora et al. 2008). Caso similar ocurre en estudios hechos en Brasil, entre avispa predadora (*Hymenoptera Vespidae*) y el minador de la hoja del cafeto. La broca del café (*Hypothenemus hampei*), es una de las principales plagas que más afectan la producción y la calidad del grano, fue dispersada a través de los frutos contaminados a nivel mundial. Se han observado varios casos de la introducción del minador de la hoja del cafeto, originario del continente africano, el cual ocasiona un daño importante en el área foliar de la planta (De la Mora et al. 2008).

Sin embargo Villarreyña (2016) en diferentes estudios enfocados en aclarar el efecto de la sombra frente a las diferentes plagas y enfermedades del café concluye que los efectos siguen siendo complejo y contradictorios, frente a si reduce o aumenta la aparición de enfermedades y plagas, en dependencia del factor climático, pero si deja claro que existen múltiples beneficios de los árboles dentro de un sistema de producción de café tales como:

- La sombra disminuye la presencia de antracnosis y disminuye el impacto de la roya, y el impacto de la roya sobre la muerte de las ramas es menor bajo condiciones de sombra que a pleno sol.
- La sombra puede favorecer las condiciones para la aparición de la enfermedad ojo de gallo, debido a que las hojas de café no se renuevan tan rápidamente, por otro lado, la sombra realiza un control eficiente de arvenses dentro del cultivo, reduciendo considerablemente los hospederos de dicha enfermedad.
- La sombra disminuye las temperaturas , favoreciendo al actividad de los biocontroladores, por lo cual se piensa que la sombra disminuye las afectaciones por la broca del café.

En Colombia uno de los componentes del manejo integrado de la broca es el control biológico mediante el uso de parasitoides de origen africano, de los cuales tres especies se introdujeron, criaron y liberaron con el objetivo de establecerlas en los cafetales para regular las poblaciones de la broca. Estas especies fueron la avispa de Uganda, *P. nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), en el año 1989-1990, la avispa de Costa de Marfil, *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), en 1989-1990, y la avispa de Togo, *P. coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) en 1995. De las tres especies se liberaron un total de 2.300 millones de adultos en cafetales de 17 departamentos del país de las cuales *P. nasuta* se encuentra establecida en el país con niveles de parasitismo entre 1,5% y 50,0% (Constantino, 2020).

#### **1.6.5. Metodologías de evaluación de biodiversidad**

Según Gaston 1996, y Moreno 2001, el número de especies es la medida más frecuentemente utilizada, por varias razones: Primero, la riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad. Segundo, a pesar de que existen muchas aproximaciones para definir el concepto de especie, su significado es ampliamente entendido (Mayr 1992, Aguilera y Silva 1997). Tercero, al menos para ciertos grupos, las especies son fácilmente detectables y cuantificables. Y cuarto, aunque el conocimiento taxonómico no es completo (especialmente para grupos como los hongos, insectos y otros invertebrados en zonas tropicales) existen muchos datos disponibles sobre números de especies. Así se pueden encontrar diferentes maneras de medir biodiversidad como: Métodos de medición a escala genética Solbrig (1991), Meffe y Carroll (1994), Hunter y Sulzer (1996), Mallet (1996) y Martínez (1997); Métodos de medición al nivel de especies (Whittaker 1972); Métodos de medición al nivel de comunidades (Turner y Gardner 1991).

#### **1.7. Interrelaciones**

Las interacciones constituyen la base para el funcionamiento de muchos ecosistemas, dado de que ellas depende gran parte de la reproducción y reclutamiento exitosos de muchas especies de plantas. Además, gran número de especies animales dependen estrechamente de los recursos que las plantas

proveen alrededor de sus estructuras reproductivas (Jordano et al. 2011), mientras la interacción entre plantas es un factor importante en la organización y funcionamiento de las comunidades vegetales, sobre las que además influye el medio físico y la capacidad de dispersión de las especies (Fernández 2003).

Históricamente, la competencia ha sido la interacción más estudiada, lo que ha influido en lo que se considera como la predominante en las relaciones entre plantas, determinando la estructura, dinámica y productividad de las comunidades vegetales, por lo tanto, las interacciones positivas entre especies constituyen un factor principal en la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales en ambientes extremos, donde algunas especies dominantes tienen un papel crítico en el mantenimiento de la productividad y la biodiversidad (Fernández 2003, Serrada 2008)..

La proximidad espacial se ha considerado tradicionalmente como sinónimo de competencia entre plantas por los recursos limitantes, básicamente luz, agua y nutrientes. En el caso de especies arbustivas y plántulas de leñosas que crecen juntas, la competencia podría derivarse del solapamiento en el uso de los recursos edáficos, al situar ambas las raíces en el mismo volumen de suelo. La competencia puede darse asimismo a nivel de la copa, si el matorral disminuye la radiación fotosintéticamente activa de manera limitante para el crecimiento de las plántulas (Zamora et al. 2004).

Dentro de las interacciones la facilitación es el fenómeno mediante el cual una especie mejora la supervivencia, crecimiento o estado general de otra. La facilitación juega un papel tan relevante como la competencia en la estructuración de las comunidades vegetales, de manera que combinaciones complejas de competencia y facilitación parecen ser lo común en la naturaleza, en donde la intensidad de ambas interacciones varía a lo largo de gradientes de recursos, de forma que la interacción entre especies ofrece resultados condicionales dependiendo de las condiciones abióticas y bióticas del contexto (Zamora et al. 2004).

Uno de los componentes principales de los ecosistemas es la comunidad biótica que lo forma, influida por ciertos procesos y factores y por la composición de las especies que constituyen la comunidad. De especial importancia son las interacciones entre plantas, ya que influyen de forma decisiva en la composición y estructura de las comunidades vegetales y éstas a su vez determinan la productividad primaria del ecosistema (Armenteras, 2016).

Estas interacciones incluyen una serie de efectos negativos y positivos que ejercen las plantas entre sí de forma simultánea, siendo el efecto neto de una planta sobre otra el balance de estos aspectos positivos y negativos en donde es necesario cuantificar de forma estándar y relativa la intensidad de las respuestas obtenidas debidas a la interacción, de tal forma que se pueda comparar la magnitud de los efectos de la interacción entre especies, experimentos y ecosistemas diferentes (Armas et al. 2004).

Las plantas interactúan entre sí ejerciendo sobre sus vecinos tanto efectos positivos como negativos. El balance de los efectos de estas interacciones depende de fase vital de las plantas que interaccionan, de la disponibilidad de recursos en el medio, de la fisiología particular de las especies y de la identidad de las mismas. A largo plazo, este balance determina de forma decisiva la estructura y funcionamiento de la comunidad, así como la biodiversidad a escala local y regional (Armas 2004).

Los rasgos foliares reflejan las estrategias de adaptación de las especies vegetales a las condiciones ambientales y a la disponibilidad de recursos a la vez que influyen en los procesos del ecosistema entre los rasgos foliares existe una relación causal que limita la combinación de estos rasgos, las especies vegetales muestran un conjunto de rasgos que se relacionan con su estrategia de adquisición y uso de los recursos (Aponte 2011).

Una de las características más sorprendentes de la biota de la tierra es su extraordinaria diversidad, que se estima incluye alrededor de 10 millones de especies diferentes. La amplia y general reducción de la biodiversidad resulta principalmente de la modificación y destrucción de hábitat, de las elevadas tasas de invasión de especies no nativas introducidas de manera intencional o accidental, de

la sobreexplotación y otros impactos antropogénicos. La diversidad de estos ecosistemas manejados es frecuentemente baja y su composición de especies muy diferente, comparada con aquellos sistemas naturales que han sido reemplazados (Shaid et al. 1999).

Los organismos que viven, crecen, se reproducen e interactúan dentro de los ecosistemas ayudan a mediar local y regionalmente flujos de energía y materiales, los flujos de energía, se refieren a la captura de energía lumínica por la fotosíntesis de las plantas verdes o algas y su dispersión como energía química, a través de la cadena alimenticia a animales que se alimentan de plantas o algas, depredadores y eventualmente los descomponedores. Los flujos de materiales involucran el reciclaje del carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos entre organismos vivos y el aire, agua y el suelo. Estos flujos de energía y materiales biológicamente mediados, contribuyen a muchos servicios ecológicos o servicios ecosistémico, que sustentan la vida y que mejoran el bienestar humano, tales como la regulación de gases de invernadero, el tratamiento de agua, el control de la erosión, el control de la calidad del suelo, y el crecimiento de plantas, también pueden incluir los beneficios culturales, como los religiosos, estéticos, recreacionales, que los humanos obtienen de los ecosistemas (Shaid et al. 1999).

La variación en el balance de las interacciones entre plantas dependerá básicamente del grado de similitud entre ambas especies en sus rasgos ecológicos. Cuanto más dispares sean en rasgos ecológicos importantes, con mayor facilidad se evitará la competencia y se crearán las condiciones para la facilitación o complementariedad ecológica entre especies, o incluso mutualismo cuando ambas partes reciban beneficio de la interacción. En este sentido, especies leñosas que tienen rasgos ecológicos muy diferentes, o bien complementarios, es muy probable que coexistan mucho mejor que otras especies que tienen rasgos ecológicos parecidos, y que pueden competir por la necesidad común de recursos limitantes (Zamora et al. 2004).

### **1.7.1. Interacciones árbol – suelo - cultivo**

En algunas ocasiones el empleo de árboles como sombrío del café presenta ventajas y desventajas relacionadas con su desarrollo y su fisiología, que están

especialmente asociadas a la interceptación de la radiación solar. Estas ventajas y desventajas también son denominadas como interacciones, las cuales, dependiendo del sistema, pueden ser positivas, neutras o negativas (Federación Nacional de Cafeteros 1958; Beer 1987; Ong y Huxley 1996, Beer et al. 1998, Noordwijk 2000, Guharay et al. 2001, Hagggar et al. 2001). Cuando la interacción es positiva hay complementariedad entre los componentes, si es negativa ocurre competencia, y cuando no se afecta ninguno de los componentes se dice que hay suplementariedad.

### **1.7.2. Interacciones positivas.**

Según (Farfán 2007) en la relación entre el sombrío y el café pueden observarse las siguientes interacciones positivas: Reciclaje de nutrientes, producción de residuos vegetales, cobertura muerta (mulch), los árboles son fuente de nitrógeno, control de arvenses, reducción de plagas y enfermedades, efectos microclimáticos, a largo plazo, diversificación de la producción.

### **1.7.3. Interacciones negativas**

- La caída natural de ramas y árboles puede afectar las plantas del cultivo.
- La defoliación inesperada de los árboles de sombra, causada por insectos o enfermedades, puede dejar desprotegidas las plantas. Se requiere mano de obra adicional para otras labores, como las podas.
- Los árboles pueden ser un obstáculo para el establecimiento de estructuras contra la erosión.
- Algunos cultivos requieren libre exposición.
- Un sombrío muy denso puede reducir la productividad del cultivo.
- Las raíces de los árboles pueden competir por humedad durante épocas secas y por oxígeno durante épocas húmedas.
- Los árboles de sombra pueden competir por nutrientes con el cafeto.
- Las gotas de lluvia pueden caer en el dosel de los árboles, ocasionando una redistribución adversa de la lluvia e incrementando la erosión.
- La producción de frutos y madera puede convertirse en sumidero de nutrientes.

- Tanto los árboles como los cultivos pueden ser hospederos, entre sí, de plagas y enfermedades.

### **1.8. Diseños agroecológicos**

Nicholls y Altieri 2002, señalan que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar los programas de manejo de plagas. Varios estudios han demostrado que en los agroecosistemas es posible estabilizar las comunidades de insectos diseñando sistemas agrícolas diversos, tales como policultivos y sistemas agroforestales, cultivos de cobertura, etc., que estimulan las poblaciones de enemigos naturales o que exhiben efectos directos y adversos sobre los insectos plaga.

En ecosistemas naturales, la regulación interna de su funcionamiento es sustancialmente un producto de procesos y sinergias ligadas a la biodiversidad, y una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural es porque esta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri 1994)

En sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos, algunas de estas funciones son el reciclamiento de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la detoxificación de residuos químicos nocivos. (Nicholls y Altieri 2002)

La evidencia experimental sugiere que en los agroecosistemas modernos la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas (Altieri y Letourneau 1984)

Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en los agroecosistemas mediante el diseño de arreglos espaciales y temporales de la vegetación que mantiene las poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto disuasivo directo sobre los herbívoros (Nicholls y Altieri 2002)

En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales (Altieri y Nicholls 2007) (Gráfica 1):

1. El mejoramiento de la calidad del suelo, incluyendo una biota edáfica más diversa.
2. El manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación, que fomenta una entomofauna benéfica, así como otros componentes de la biodiversidad.



**Gráfica 1.** Principios agroecológicos para el diseño de sistemas agroecológicos. (Tomado de Altieri y Nicholls 2007)

### 1.9. Zona de estudio

El Suroeste Antioqueño se encuentra localizado entre la vertiente oriental de la cordillera y la vertiente occidental de la cordillera Central, que conforman el cañón del río Cauca y la cuenca del río San Juan, al suroccidente del departamento de Antioquia.

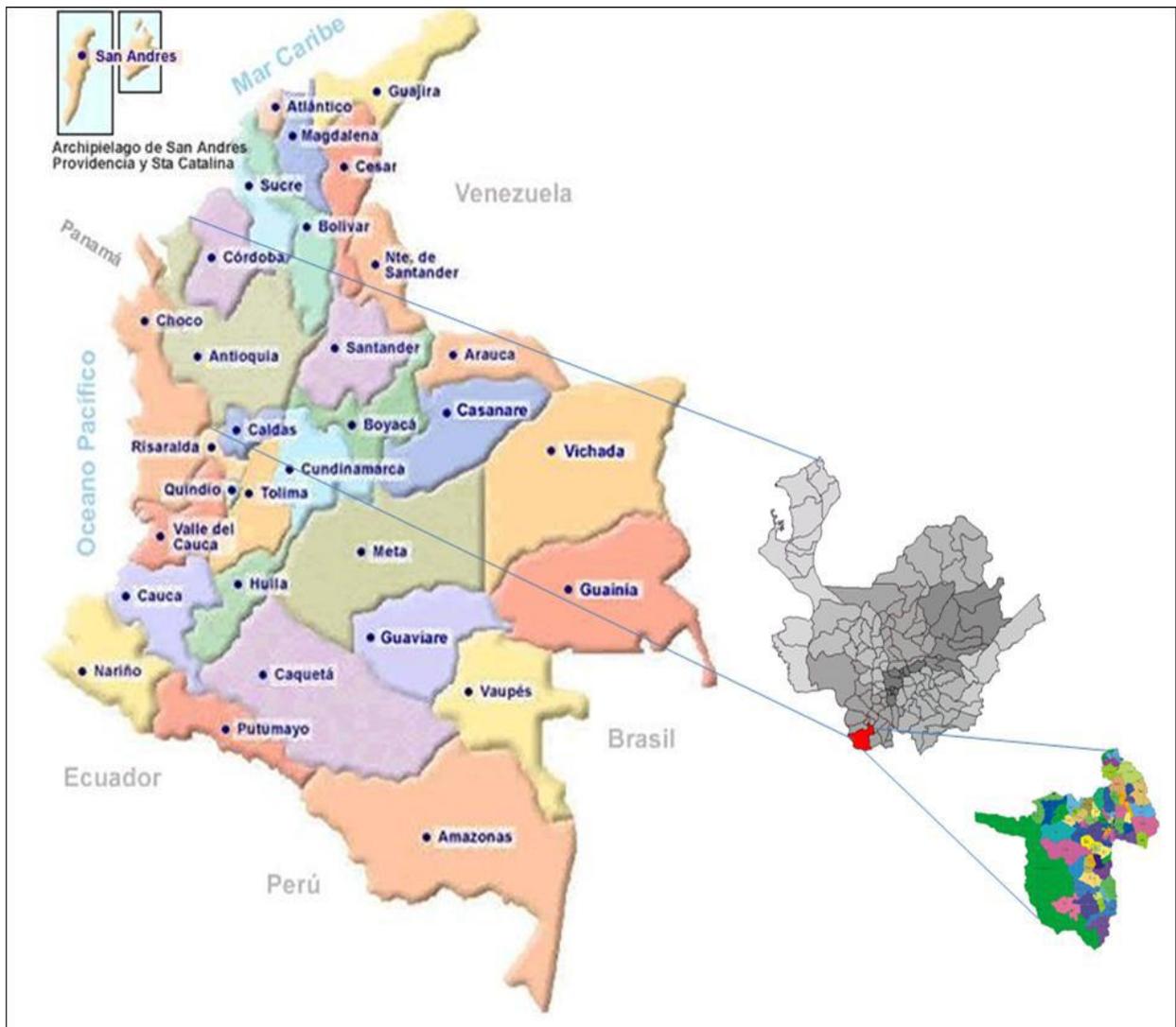
La extensión territorial del Suroeste Antioqueño es de 6.733 km<sup>2</sup> aproximadamente. Está localizado entre las cordilleras Central y Occidental conformando el cañón del Río Cauca y del San Juan, lo cual permite unas temperaturas variadas entre frías, medias y cálidas. Además de ello, la Subregión del Suroeste Antioqueño está compuesta por 24 municipios, cuyos nombres son respectivamente los siguientes: Amagá, Andes, Angelópolis, Betania, Bolívar, Betulia, Caicedo, Caramanta, Concordia, Fredonia, Hispania, Jardín, Jericó, La Pintada, Montebello, Pueblorrico, Salgar, Santa Bárbara, Támesis, Tarso, Titiribí, Urao, Valparaíso y Venecia.

Además de la actividad cafetera, en la subregión se han establecido desde hace varios años otras agroindustrias que comienzan a tener una importante participación económica a su interior. (Generalidades de Andes, 2020).

El Municipio de Andes, está localizado a los 05° 39' 29" de latitud norte y 75° 52' 51" de longitud oeste (Gráfica 2). Presenta una altura sobre el nivel del mar de 1.300 m. Las condiciones climáticas se rigen por temperaturas media 21,2°C y una precipitación media anual de 2.092 mm. El área municipal es de 444 km<sup>2</sup> y limita por el norte con Betania, Hispania y Pueblo Rico, por el este con Jericó y Jardín, por el sur con el departamento de Risaralda, municipio de Mistrató y por el oeste con el departamento de Chocó, municipio de Bagadó. (Andes 2014).

Su división política según el plan de desarrollo del municipio (2012-2015) está conformada así:

- Corregimiento de San José: El Barcino, La Manuela, El Ignacio, La Esperanza, Hoyo G, Orizaba, Yarumal.
- Corregimiento de Buenos Aires: Alto Cañaveral, Bajo Cañaveral, Alto Senón, La Bodega, La Argentina, Mont – Blanc, Palestina, Risaralda, San Bartolo, San Carlos, San Hernando, Valle Umbría.
- Corregimiento de Taparto: California, Cascajero, El Chispero, El Cardal, El Líbano, El Tapao, La Comuna, La Ermita, La Siria, La Legía, La Pava, La Piedra, La Pradera, La Rochela, La Solita, Las Colonias, Monteverde, San Miguel, San Peruchito, San Perucho.
- Corregimiento de Santa Rita: Egipto, El Socorro, Guaimaral, La Aguada, La Cedrona, La Clara, Río Claro, La Soledad, Media Luna, San Agustín, San Gregorio, San Pedro Abajo, San Pedro Arriba.
- Corregimiento de Santa Inés: El Crucero, El Cedrón, La Borraja, Santa Isabel, La Cristalina, La Mesenia, Las Flores, El Narcizo, Peñas Azules, San Antonio, San Julián, La Avanzada, Santa Elena.



Fuente: Plan de desarrollo municipal. (2012-2015)

**Gráfica 2.** Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política.

La principal arteria fluvial la constituye el río San Juan que nace en los predios La Floresta y la Mesenia, debajo de la cuchilla Paramillo, en límite con el departamento de Risaralda y los municipios de Andes y Jardín. Atraviesa los municipios de Jardín, Andes, Betania, Ciudad Bolívar, Pueblorrico, Tarso, Hispania y Salgar. Esta cuenca está atravesada por la falla de Mistrató, cuya zona de influencia se caracteriza por su alto grado de fracturación del territorio que recorre; merece especial atención debido a la socavación de las orillas, al desequilibrio de las laderas y al mal uso del

suelo. En su recorrido de sur a norte recibe las quebradas Bonita y Chaparrala y los ríos Santa Rita, Tapartó, Guadualejo, Bolívar, Pedral y Barroso. Estos ríos y quebradas determinan el territorio occidental de la cuenca del San Juan (Andes 2014).

En cuanto a la flora y la fauna, aún no se alcanza a establecer las grandes pérdidas ambientales que sucedieron a la desaparición de la caficultura con sombrío, pues ésta permitió la asociación de 62 especies de árboles, 170 de arbustos (mal llamados malezas) y 100 de aves. La producción del cultivo tecnificado ha incidido en el deterioro del agua, el suelo, la flora y la fauna; ha generado además altos niveles de contaminación química por el uso exagerado de plaguicidas (Andes, Plan de Desarrollo 2014).

No obstante la desaparición de vastas zonas boscosas en el suroeste, aún se conservan áreas de bosque poco intervenidas que por su importancia para la preservación de la fauna, la flora, los recursos hídricos y el sostenimiento de la calidad ambiental deben protegerse; se destacan entre éstas, las siguientes: Los Farallones del Citará, Alto San Fernando - Cabeza del Niño - La Teta, La Cuchilla del Paramillo.

La fauna silvestre de toda la región del suroeste se encuentra muy reducida ante la gran deforestación producida por la ampliación de la frontera agrícola. En Andes aún existen bosques naturales asociados con la fauna silvestre en los corregimientos de Santa Rita, Santa Inés, Tapartó y Buenos Aires. Se registran aves como el azulejo, el colibrí, el gavilán, la guacharaca, el garrapatero, la gallineta, el loro, el pájaro carpintero, el pechirrojo y el perico y se reportan como especies en vía de extinción el tigrillo, el venado, la guagua, la nutria y el oso de anteojos (Andes 2014). El territorio municipal se distribuye desde Bosque Húmedo Premontano, Bosque muy húmedo premontano y Bosque Pluvial Montano.

De acuerdo con el diccionario Geográfico de Colombia, publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la región del municipio de Andes está distribuida sobre pisos térmicos medio, frío y páramo. Las áreas urbana y suburbana pertenecen al piso térmico medio o templado comprendido entre 1.000 y 2.000 metros de altura. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas metamórficas indiferenciadas (con algunas intercalaciones de rocas sedimentarias e ígneas), con depósitos de cenizas

volcánicas en las áreas más elevadas; son bien drenados, las texturas son finas y medias; la mayoría son profundos y algunos superficiales, limitados por la roca directamente. La fertilidad es baja a moderada. La asociación de suelos de Andes, está integrada por el 35% de suelos Typic Dystrudepts, 30% Typic Fulvudands y 20% de Humic Dystrudepts. También se encuentran, como inclusiones Lithic Dystrudepts, Oxic Dystrudepts y Typic Eutrudepts con el 5% cada una (USDA 2006; IGAC 2007; Andes 2016).

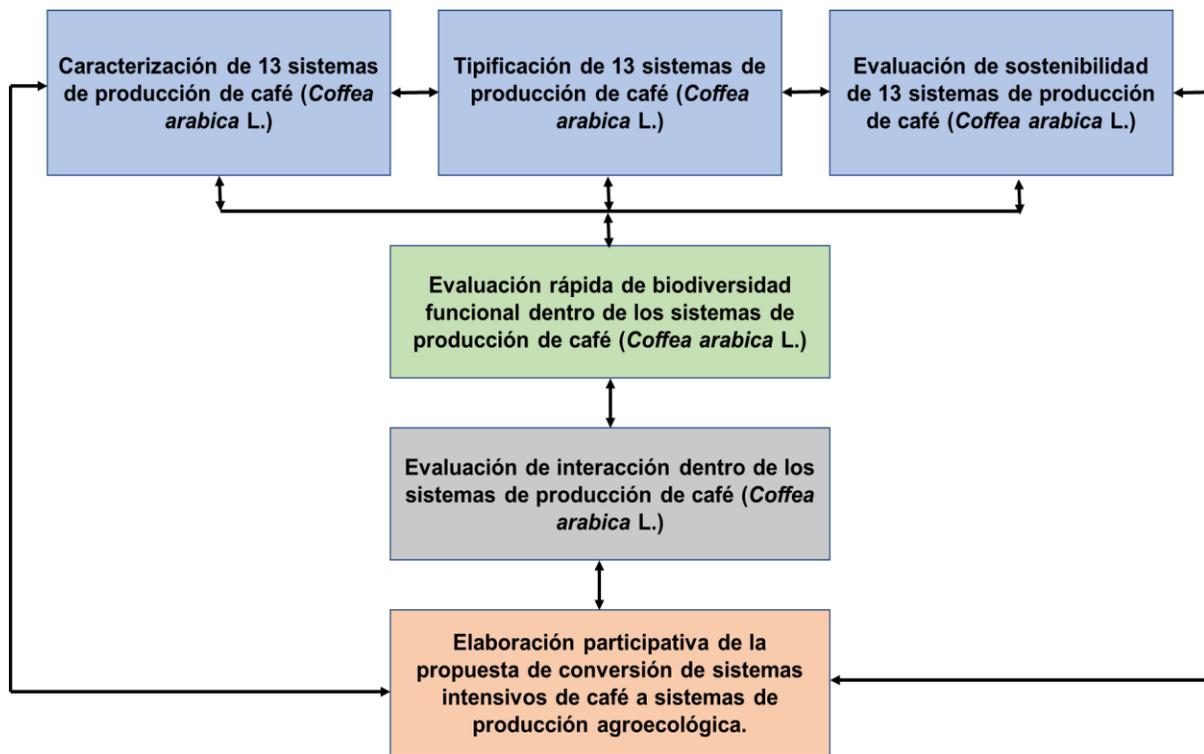
Las actividades económicas para el municipio de Andes de mayor importancia son la agricultura, la ganadería, la minería y el comercio; se destaca la ganadería vacuna, se explotan minas de oro y hay reservas carboníferas. Los principales cultivos son café (8.669 Ha), plátano y banano (2.305 Ha), caña (202 Ha), frijol (131 Ha), maíz (82 Ha), yuca (42 Ha), frutales (25 Ha) y tomate (7,5 Ha).

El uso actual del suelo rural se distribuye en 28.17% en cultivos silvoagrícolas, 23.70% en potreros, 22% en reservas naturales, 18% en bosques protectores productores, 5.7% en rastrojos, 2.2% en cultivos semi-limpios y densos y 0.23% en áreas urbanizadas.

La actividad pecuaria cuenta anualmente con un volumen de 4.933 bovinos, 1.702 equinos, 1.359 porcinos, 14.751 aves, 125 estanques piscícolas, 14 apiarios y 119 lombricultivos; la actividad minera se realiza mediante explotaciones de material de playa, balastro y extracción de oro sin inventario detallado; la actividad forestal es una de las mayores potencialidades del suelo, ocupa el 45.7 % del territorio (Alcaldía de andes – Antioquia).

### **1.10. Metodología Propuesta**

El diseño experimental tendrá una duración de dos años, para cubrir los diferentes estados de producción de café y poder determinar criterios de manejo integrado de broca ya que este es uno de los componentes fundamentales de la tipificación y base del diseño del sistema de producción agroecológico, en la gráfica 3 se muestran las diferentes etapas metodológicas de la investigación.



**Gráfica 3.** Diagrama de flujo de la metodología empleada en la investigación.

### 1.11. Caracterización y tipificación

La investigación se realizará en 13 fincas caficultoras del municipio, corregimiento de Santa Rita, veredas: San Gregorio, la Soledad, la Clara y Egipto

La selección de los predios se realizará teniendo en cuenta la metodología adaptada de Sarandón et al. (2006). Los criterios que se tendrán en cuenta son: Tamaño del predio, tenencia de la tierra, experiencia productiva, grado de formación, participación comunitaria, disponibilidad de agua, articulación producción-comercialización, presencia de otras actividades productivas y franja altitudinal que poseen.

La metodología de la investigación partirá de la caracterización cualitativa de las dimensiones: sociodemográfica, ambiental, económico y agrícola de 13 sistemas caficultores, por medio de una encuesta aplicada. Seguidamente, se hará la tipificación de los sitios de estudio, con la aplicación estadística y la descripción de cada uno por tipo de manejo en la finca.



### 1.12. Caracterización de la biodiversidad, metodología de (Vázquez et al. 2014).

La biodiversidad se clasificará en cuatro componentes funcionales: productiva, auxiliar, asociada, introducida, cada componente se evaluó mediante indicadores (elementos, diseños y los manejos que se realizan), para posteriormente identificar las interacciones observadas.

Estos se muestran a continuación en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 1.** Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad productiva (Bpro) en las fincas.

No	Elementos, diseños y manejos	Descripción de indicadores	Valor Óptimo
1	Cultivos temporales y anuales	Especies de cultivos que se siembran	12
2		Cultivos en que se manejan variedades con fines sanitarios	6
3		Especies de hortalizas que lo integran	5
4		Especies de raíces y tubérculos que lo integran	3
5		Especies de granos que lo integran	2
6		Especies de frutos menores que lo integran	2
7		Especies de cultivos que rotan	10
8	Diseños de policultivos	Especies de cultivos que se emplean para intercalar	2
9		Especies de cultivos que se emplean para asociar	2

10	Cultivos arbóreos o arbustivos permanentes	Especies que se siembran en la finca bajo este sistema	3
11		Cultivos en que se manejan variedades con fines fitosanitarios	1
12	Diseños agroforestales	Especies-variedades de cultivos que lo integran	2
13		Especies forestales que lo integran	1
14	Pastizales (pastos-ganado)	Especies de pastos que se siembran en los diferentes cuartos	2
15		Especies de forrajes que se cultivan en la finca	2
16	Diseños silvopastoriles	Especies – variedades de pastos que lo integran	1
17		Especies de forrajes que lo integran	2
18		Especies forestales que lo integran	1
19		Especies de árboles para ramoneo	2
20	Crianza confinada y semiestabulada	Especies razas de animales que se crían	3
21		Especies de alimentos para animales que se cultivan en la finca	2
22		Subproductos que se aprovechan para alimento animal	2
23		Subproductos de la crianza que se aprovechan para la producción de abonos o incorporación al suelo	2
24	Material de siembra	Cultivos que se siembran o plantan con material de siembra adquirido	4
25		Cultivos que se siembran con material producido en la finca	6

**Tabla 2.** Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (Baux) en las fincas.

No	Elementos y manejo	Descripción de los indicadores	Valor óptimo
1	Cortina rompevientos	Especies de plantas en la cortina	3
2		Lado de la finca con cortina	1
3	Cerca viva perimetral	Especies de plantas arbóreas	3
4		Especies de plantas arbustivas	2
5		Especies de plantas herbáceas	5
6		Especies de frutales	2
7		Lados de la finca con cerca viva	3
8	Arboleda	Número	4
9		Especies de árboles	10

10	Ambientes seminaturales	Número	3
11	Barreras vivas	Campos con barreras	5
12	en la periferia de campos	Especies de plantas que se utilizan	3
13	Barreras vivas	Campos con barreras	3
14	de plantas repelentes	Especies de plantas utilizadas	2
15	Corredores	Número	1
16	ecológicos internos	Especies de plantas que lo integran	2
17	Arvenses	Cultivos con tolerancia de arvenses	2
18		Campos que rotan con cultivos de cobertura y alelopáticos	3
19		Campos con asociación de coberturas	1
20	Plantas socio-	Sitios de la finca	1
21	culturales	Especies de plantas	10
22	Animales de labores	Especies que se utilizan	2

**Tabla 3.** Indicadores de elementos y manejo de la biodiversidad asociada (Basoc) que habitan naturalmente en las fincas

No	Elementos y manejo	Descripción de los indicadores	Valor óptimo
1	Polinizadores	Especies de polinizadores observadas en la finca	2
2	Enemigos naturales de organismos nocivos	Grupos de enemigos naturales observados en la finca (predadores, parasitoides, entomopatógenos, etc.)	8
3		Reservorios de enemigos naturales que se manejan en la finca	3
4		Número de cultivos beneficiados con traslados (inoculación) de enemigos naturales desde reservorios	2
5	Microflora epífitas	Número de cultivos que reciben aplicaciones foliares de suspensiones de abonos orgánicos y microorganismos eficientes producidos en la finca	3
6	Biota del suelo	Grupos de invertebrados observados en la finca (en la superficie y en los primeros centímetros del suelo)	4

7		NúmeroNúmero de cultivos que se micorrizan con producciones propias	2
8		Númeronúmero de cultivos que se benefician con abonos orgánicos producidos en la propia finca	5
9		NúmeroNúmero de cultivos que se benefician con mulch y arrope de restos de plantas	3
10		NúmeroNúmero de cultivos en que se incorporan restos de cosecha	3
11	Organismos nocivos	Total de especies de insectos nocivos en todos los cultivos	6
12		Total de especies de ácaros nocivos en todos los cultivos	2
13		Total de enfermedades fungosas en cultivos	4
14		Total de enfermedades bacterianas en cultivos	3
15		Total de enfermedades virales en cultivos	2
16		Total de parásitos de animales de crianza detectados	1
17		Total de enfermedades de animales de crianza detectados	2
18		total de enfermedades y parásitos en apiarios	1
19		Total de arvenses competidoras	4

**Tabla 4.** Indicadores de elementos de manejo de la biodiversidad introducida (Bintr) en las fincas.

No	Elementos y manejo	Descripción de los indicadores	Valor óptimo
1	Polinizadores	Especies introducidas o manejadas (apiarios)	1
2	Entomófagos	Especies liberadas	1
3		Cultivos beneficiados	3
4	Entomopatógenos	Especies-cepas aplicadas	3
5		Cultivos beneficiados	6
6	Antagonistas	Especies-cepas aplicadas	1
7		Cultivos beneficiados	4
8	Nematodopatógenos	Especies-cepas aplicadas	1
9		Cultivos beneficiados	2
10	Micorrizas	Especies de micorrizas aplicadas	1
11		Cultivos micorrizados	2
12	Abonos orgánicos	Cultivos que se benefician	3
13		Tipos de abonos orgánicos utilizados	2

**Tabla 5.** Transformación del porcentaje de CMBF y DIBF a su equivalente en grado de complejidad. (Vázquez et al. 2014)

Coeficiente de manejo y densidad de interacciones (%)	Grado de complejidad	Denominación del grado de complejidad del sistema
0-20	0	Simplificado (s)
21-40	1	Poco complejo (pc)
41-60	2	Medianamente complejo (mc)
61-80	3	Complejo (c)
81-1000	4	Altamente complejo (ac)

Al concluir la evaluación de los indicadores en cada finca, se determina el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) para cada uno de los componentes, a saber: productiva (CMBprod), auxiliar (CMBaux), asociada (CMBasoc), introducida (CMBintr). Para el cálculo se utilizó la expresión siguiente:

$CMB = (\sum \text{indicadores de elementos, diseños y manejo} / \sum \text{valores óptimos de los indicadores}) * 100.$

De la misma forma se procedió para determinar el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad de las Fincas (CMBF).

El coeficiente de manejo y densidad de interacciones y el grado de complejidad puede ser modificado de acuerdo al contexto, momento y los intereses del estudio a realizar, al igual que la forma en que se determinen los valores óptimos.

El coeficiente de manejo y densidad de interacciones, y el grado de complejidad serán modificados de acuerdo a las condiciones encontradas en campo, ya que los sistemas que serán evaluados están en proceso de conversión, y esta metodología está diseñada para sistemas agroecológicos.

### **1.13. Evaluación de incidencia y severidad de broca (H.hampei F)**

Para medir el nivel de infestación varios autores toman en cuenta la misma metodología de evaluación, Gómez et al. 1998 – 2002, Candelario et al. 2006, Montes et al. 2012, mencionan que el muestreo es una referencia para conocer la infestación y distribución de la broca en el cafetal. Sus resultados orientan para

decidir el control a implementar. En zonas bajas y medias, se realiza el muestreo tres meses después de la floración principal, mientras que en zonas altas se debe muestrear cuatro meses después de esta floración.

En cada cafetal (3 ha); elegir 30 plantas, en zig –zag, W, en toda el área, tomar una rama de la parte media de cada planta y contar todos los frutos de las 30 ramas, y de éstos contar el número de frutos brocados. El porcentaje de infestación se obtiene dividiendo el número total de frutos brocados dentro del total de frutos de las 30 ramas, multiplicado por 100.

$$\text{NIB} = (\text{Total granos brocados en 30 ramas} \times 100) / \text{Total granos en 30 ramas}$$

Así mismo, Bustillo (2006) indica que el recorrido de los lotes también permite al evaluador localizar sitios de concentración o “focos” de broca, en donde se deben intensificar los esfuerzos de control. Por otra parte, a medida que se evalúa el nivel de infestación se pueden tomar muestras aleatorias de 2 a 3 frutos brocados/sitio, que al abrirlos dan información sobre el grado de penetración de la broca. Esta muestra también permite evaluar cualquier medida de control al relacionar la población de broca muerta con el total de brocas encontradas en toda la muestra. El nivel de infestación de broca en un lote, su localización dentro del lote y la posición de la broca en el fruto es información básica para poder tomar decisiones de control, la pérdida económica al momento de la venta del grano por el caficultor está establecida por normas de la Federación Nacional de Cafeteros, que estipula un nivel máximo de defectos en el café pergamino del 5,0%, incluyendo daño por broca. Esto indica que al establecerse un tope del 2% de daño por broca en café pergamino, significa que en los cafetales a la cosecha no deben tener más del 5% de infestación. El 5% de infestación de café cereza produce 2,5% de infestación en café pergamino, ya que en la mayoría de los casos sólo uno de los dos endospermos está atacado por la broca. Además, se estima que en el proceso húmedo de beneficio del café un 20% del café brocado se puede separar, resultando una reducción adicional del 0,5% en la infestación del pergamino para teóricamente llegar a un 2% de infestación en el pergamino seco (Fajardo y Sanz 1999). El umbral

durante los periodos entre cosechas no debe sobrepasar el 2% con el fin de no correr riesgos.

En el anexo 1, se encuentra el formato de evaluación de broca.

#### **1.14. Análisis de interacciones dentro de los sistemas productivos.**

Para evaluar las interacciones es necesario reconocer que los diferentes elementos de la biodiversidad interactúan y que estas interacciones son determinantes en importantes procesos ecológicos en los agroecosistemas, esta metodología corresponde a una adaptación a la planteada por Vázquez et al. (2014).

Se consideraran interacciones teniendo en cuenta el manejo del cultivo, se tomarán como característica principal las distancias de siembra en relación con el control de arvenses dentro del sistema, se diferencian claramente distancias de siembra de aproximadamente 1 metro por 1 metro en donde el crecimiento de las arvenses es reducido o nulo una vez la planta es adulta o se encuentra en estado de producción, distancias de siembra de 1.5 metros por 1.5 metros en donde hay crecimiento de arvenses, en este sistema hay dos diferencias en el manejo de estas, una en donde se dejan las arvenses a libre crecimiento, y el otro en donde hacen control mecánico con guadaña, pero sin retirar el material vegetal del lugar, estos tres sistemas serán los evaluados en relación al nivel de infestación de broca evaluada tanto en el árbol como en los granos que se encuentran en el suelo.

El aporte de las evaluaciones de estas interacciones es observar el comportamiento de la broca en relación al manejo realizado a las arvenses, para elaborar el diseño del sistema agroecológico de café, con base en el manejo y control agroecológico de la broca.

#### **1.15. Diseño de la propuesta agroecológica**

Diseñar una propuesta de conversión agroecológica en los sistemas tradicionales de producción de café con énfasis en el manejo agroecológico de plagas. Se utilizará la información obtenida en los estudios de caso, de autores como: (Altieri y Nicholls 2000; Nicholls y Altieri 2002; Escamilla et al. 2005; Farfan 2005; Vázquez et al. 2014; Marasas et al. 2014).

Para esto se debe tener en cuenta un grupo de principios y características agroecológicas, tales como:

- Desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable.
- Estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables.
- Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales que están en constante interactuar con el medio ambiente
- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

## **2. CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN, TIPIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN 13 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffeacoffea arabica* L.) EN CUATRO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ANDES, SUROESTE ANTIOQUEÑO.**

### **RESUMEN**

Se caracterizó, tipificó y evaluó la sostenibilidad de 13 sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el corregimiento de Santa Rita, municipio de Andes, región del suroeste Antioqueño, el cual se ha caracterizado por ser pionero en la producción de café en el departamento y en Colombia, con un alto número de fincas productoras y una alta diversidad de sistemas de producción. Se realizó la caracterización cualitativa de las dimensiones sociodemográfica, ambiental, económica y productiva. Los datos de las dimensiones se analizaron mediante un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para hallar el comportamiento de cada una de las variables y los individuos asociados a los sistemas. Se empleó el paquete estadístico FactoMineR del sistema operativo R Project versión 4.0.2. para la evaluación de correspondencia entre las variables y las fincas evaluadas. La tipificación de los sistemas cafeteros se realizó mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2. dando como resultado 3 tipos de fincas: Grupo 1 - Sistema multidiverso, Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica, Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica. La evaluación de sostenibilidad se realizó mediante una adaptación de las metodologías de Macera et al (2000), Sarandón (2002), Márquez (2013), Macera et al. (2003), proyectando como resultado los indicadores que presentaron menor valor como puntos críticos para la sostenibilidad son: Altos costos de insumos, alza y baja de los precios del café, apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos, contaminación de agua por desechos de cosecha, costos de producción, diversificación de la producción agrícola dentro de los predios, elaboración y utilización de insumos orgánicos, facilidad de obtener créditos con entidades financieras, manejo de los residuos del café, porcentajes de infestación de broca, el grupo1, un sistema multidiverso conformado por las fincas La Daliadalia y la Cecilia es el más sostenible de los grupos evaluados, y se concluye que

la sostenibilidad en estos sistemas de producción depende directamente de la biodiversidad presente en la finca.

## **PALABRAS CLAVE**

Caracterización, tipificación, sostenibilidad, indicadores, agroecología, dimensión social, dimensión tecnológica, dimensión económica, dimensión ambiental.

### **2.1. INTRODUCCION**

Los sistemas de producción y en particular los agroecosistemas tienen una estructura, que puede ser simple o compleja y depende del número y tipo de componentes y de los arreglos entre dichos componentes, , que pueden ser espaciales como temporales, los definimos como atributos estructurales de los agroecosistemas, haciendo especial énfasis en los vinculados a la agrobiodiversidad y al manejo ecológico del suelo, dos dimensiones centrales en el manejo de base agroecológica (Scallone, 2007; Martínez, 2009; Pérez, 2010)

Teniendo una visión de sistemas ante la producción agrícola, se da la posibilidad de entender lo que ocurre en la finca como sistema dinámico global y cada uno de sus subsistemas, donde el sistema de producción de café, con sus componentes y sus subsistemas, funcionará hacia los objetivos propuestos, como resultado de las decisiones técnicas y administrativas del empresario agrícola. (Escobar et al. 1990, Gliessman 2002; Moreno 2007)

Según (Restrepo 2000, Moreno 2007) dada la gran diversidad de sistemas, éstos pueden clasificarse:

1. Conforme a su naturaleza, se pueden agrupar en reales, ideales y modelos.
2. Con relación a su origen, pueden ser naturales o artificiales.

Específicamente en la región cafetera colombiana se han identificado áreas homogéneas en características de suelo, relieve y clima denominadas ecotopos cafeteros, que definen el entorno o el ambiente principal de los sistemas de producción de café. Considerando los siguientes sistemas de producción: tradicional, tecnificado, con semisombra y con sombra (Moreno 2007, Escobar et al 1990, Machado et al. 2015).

Gliessman 2007; Marasas et al. 2014; Machado et al. 2015, Escobar 1990, Sarandon 2014, proponen que para comprender la complejidad del proceso de transición y establecer criterios que permitan realizar el abordaje de este, requiere poder aplicar los conocimientos teóricos en función de los múltiples escenarios posibles. Por lo tanto, se debe comenzar con un diagnóstico de la situación inicial o de las condiciones de partida, para luego evaluar las alternativas posibles a la hora de pensar estrategias de abordaje del proceso de transición agroecológica. Se pondrá el foco en la transición a nivel de establecimiento o finca. Para ello, se analizarán los aspectos vinculados al agroecosistema en particular (el estado de los recursos naturales, las características del agricultor o familia productora y sus prácticas de manejo). También, se considerarán los factores externos al mismo, que influyen promoviendo u obstaculizando el proceso, se requiere otra forma de generación de conocimientos asociados a un nuevo enfoque o abordaje de los sistemas de producción, para abordar el proceso de transición a partir de comprender la complejidad de los sistemas de producción, que se traduce en la confluencia de múltiples factores que se relacionan entre sí.

El uso de indicadores de sostenibilidad es una herramienta apropiada para evaluar emprendimientos de reconversión agroecológica, esta complejidad está íntimamente vinculada al reconocimiento de que existe una gran heterogeneidad ecológica y/o cultural (Altieri 1997, Corrales, 2002, Fallas 2009). Esto requiere poder aplicar los conocimientos teóricos en función de los distintos escenarios posibles.

Entre otras cosas, se deben considerar elementos tales como los recursos naturales propios de la finca, el empleo de recursos en lo posible locales, la ruptura de las formas de dependencia que ponen en peligro los mecanismos de reproducción ampliada de la unidad doméstica-productiva y el establecimiento de sistemas de comercialización justos (enfocados en mercados locales y circuitos cortos de comercialización) y con productos sanos (Speelman 2007, IPAF 2010).

En este sentido, (Marasas et al. 2014) identificó tres criterios claves a tener en cuenta de la compleja realidad con la que nos enfrentamos:

1. Los atributos estructurales del agroecosistema particular.

2. El conocimiento ambiental local del agricultor o familia agricultora que toma las decisiones y gestiona el funcionamiento del sistema.

3. Los factores contextuales que condicionan las posibilidades de desarrollo de un proceso de transición.

Como no existe una receta única para implementar la transición agroecológica, resulta de vital importancia poder analizar cuáles son y en qué estado están los recursos naturales propios del establecimiento productivo. La caracterización incluye aspectos variados que van desde la identificación del tipo de recursos naturales disponibles, las características de la biodiversidad en los distintos ambientes del agroecosistema, la actividad productiva propiamente dicha y su manejo, hasta considerar aspectos vinculados a las tecnologías utilizadas y la infraestructura disponible, entre otros. Esta caracterización inicial nos permitirá detectar situaciones concretas para la toma de decisiones, a fin de fortalecer el estado de los recursos locales y consolidar el proceso de transición (Astier 2005, Marasas et al. 2014).

El enfoque sistémico facilita el análisis integral de los componentes que hacen parte de un sistema de producción, así como sus limitaciones y potencialidades, elementos que constituyen el punto de partida para la adopción de tecnologías, contribuyendo al desarrollo de la sostenibilidad (Hart, 1985, Mantilla; et al. 2000, Mora 2011).

La caracterización y tipificación son herramientas metodológicas que, mediante el enfoque sistémico, identifican y analizan las características sociales, económicas, ecológicas y tecnológicas de los sistemas productivos, con el fin de mejorar la eficacia en la toma de decisiones acertadas a nivel de finca (Mora 2011).

Para caracterizar dichos sistemas, es necesario identificar y seleccionar indicadores representativos cualitativos que describan de forma contextualizada la realidad de la región (Machado et al. 2015). Por lo anterior, algunos autores como Astier et al., 2008 y Sarandón, 2002, diseñaron metodologías para caracterización de sistemas agropecuarios que permiten hacer seguimiento a su desarrollo y de esta manera proponer diseños agroecológicos que fortalezcan los procesos e interacciones en el sistema finca (Collinson, 1983. Valerio et al, 2004).

El proceso de caracterización comienza con la selección de la población y de los factores por clasificar, dependiendo del modelo de análisis, se pueden realizar tipificaciones a nivel geográfico, comunidades e individuos. El resultado de una tipología es efecto de los criterios empleados en la caracterización, por lo que se debe mostrar una relación significativa de correlación entre las variables analizadas para la clasificación de zonas, estas se usarían también para clasificar los grupos de fincas (Laurent, 1988).

Para Dufumier (1990); Escobar et al (1990), la importancia de realizar la caracterización y tipificación de los sistemas de producción no sólo se realiza para identificar las potencialidades y limitaciones ecológicas, económicas, sociales y políticas de cada región, sino también para tener una clara idea de cómo influyen los diferentes factores en el desarrollo agrícola de una región en particular.

Es así como en la evaluación de sostenibilidad, se busca analizar las iniciativas de los productores hacia la sostenibilidad, desde las dimensiones: social, ambiental, económica y productiva de manera que su producción no se vea afectada, con menos consumo de energía externa y que tiendan a conservar los recursos naturales, el suelo y el agua (Gallopín et al, 2006; Speelman et al. 2007; Gliessman, 2007, Martínez, 2009; Farfán et al ,2011, Villanueva et al 2011,).

Con el fin de identificar, clasificar y evaluar la sostenibilidad de 13 sistemas de producción de café, en el municipio de Andes, se realizó esta investigación en la que se caracterizan los sistemas de producción desde las dimensiones: social, económica, productiva y ambiental; facilitando una tipificación que permitió un progreso y diversificación de los sistemas agropecuarios, adoptando la agroecología y un manejo adecuado de los recursos naturales.

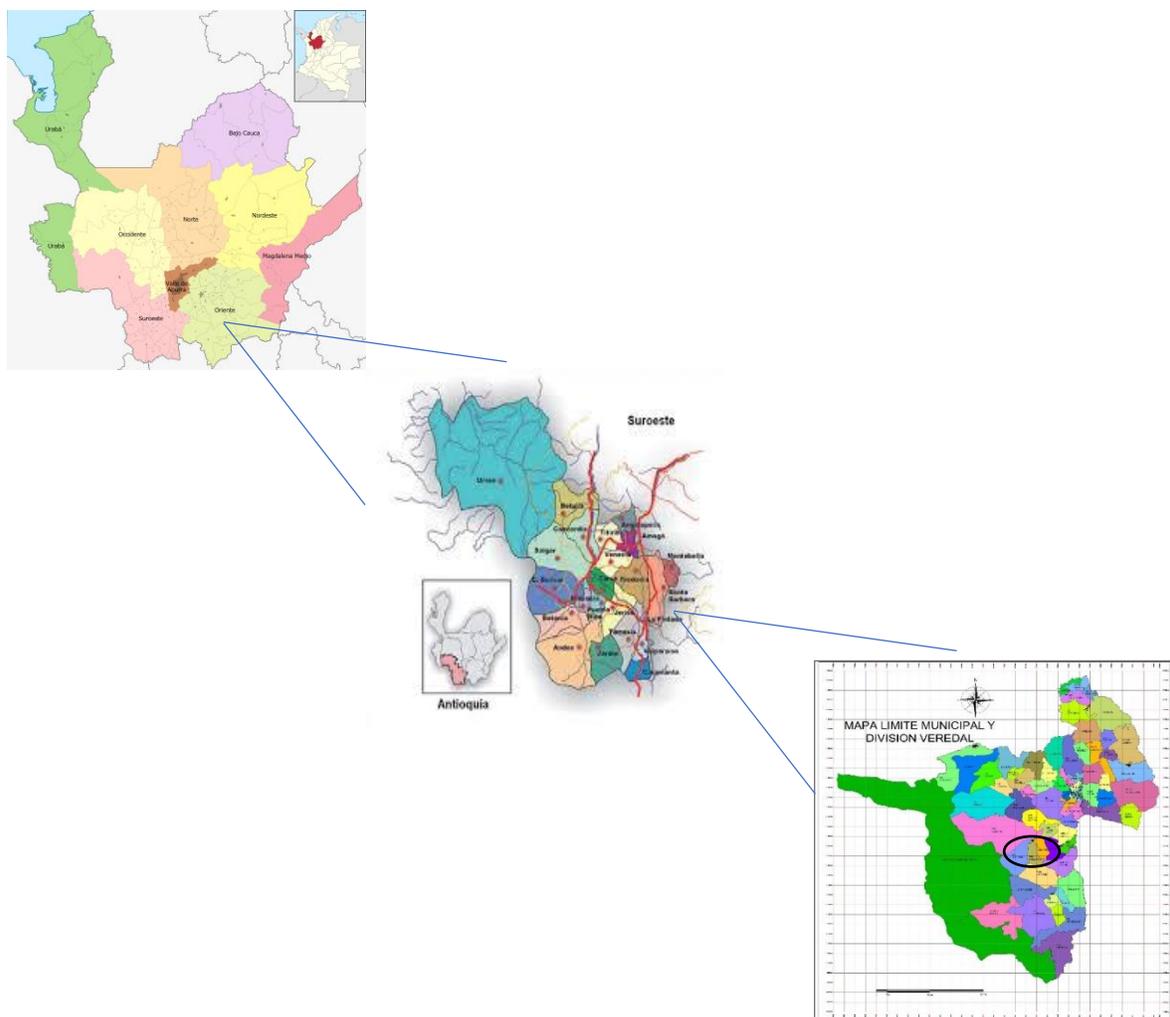
## **2.2. METODOLOGÍA**

### **2.2.1 Descripción de la zona de estudio**

El estudio se realizó en el municipio de Andes, corregimiento Santa Rita del departamento de Antioquia, su cabecera está localizada a los 05° 39' 29" de latitud norte

y 75° 52' 51" de longitud oeste, con un perímetro urbano de 148 hectáreas, y un área municipal de 444 km<sup>2</sup>.

Se trabajó con trece productores de las veredas San Gregorio, La Clara, La Soledad y Egipto, ilustradas en la gráfica 4, todos ellos son productores de café convencional desde hace más de 7 años motivados por transformar los sistemas de manejo y producción intensivo a un manejo agroecológico en equilibrio con los pilares del agroecosistema.



**Gráfica 4.** Mapa de localización del sitio de investigación.

El proceso de caracterización de los caficultores que participaron en la elaboración de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas de café, en el municipio de Andes, se llevó a cabo adaptando el método propuesto por Masera et al (2000), para la evaluación de la sostenibilidad correspondiente al Marco MESMIS, en conjunción con la propuesta de estandarización y ponderación de indicadores del nivel de sustentabilidad de Sarandón (2002) y con los aportes de Márquez, (2013)

El propósito fue determinar, evaluar y analizar algunos indicadores relacionados con las características ambientales, socioculturales, económicas y tecnológicas, del grupo de caficultores que participaron en la elaboración de la propuesta de conversión. La metodología de esta caracterización consistió en la selección del grupo de trabajo, la identificación de las dimensiones y puntos críticos de la caracterización, la selección y definición de los indicadores, la evaluación y la integración de los resultados.

Los objetivos de un estudio de caso son: entender el funcionamiento del agroecosistema y construir uno o varios modelos, según el tipo de manejo de los recursos naturales.

La caracterización de los sistemas de estudio se realizó aplicando el enfoque de sistemas (Hart, 1979) que incluyó aspectos como delimitación, conocimiento del entorno del sistema, componentes e interacciones entre componentes.

### **2.2.2 Grupo de trabajo.**

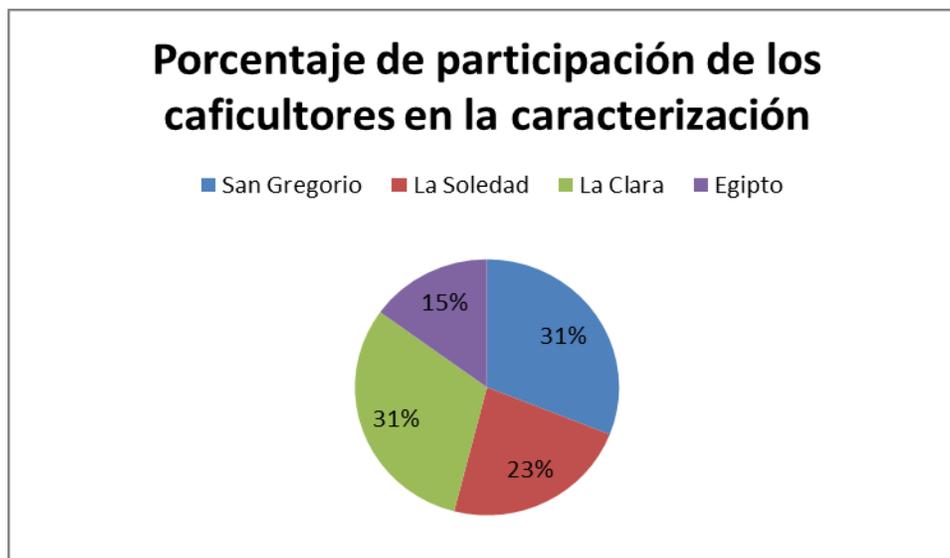
El grupo se conformó a partir de una invitación a productores del corregimiento de santa Rita, que estuvieran interesados en la evaluación de biodiversidad vegetal en sus predios, para una posible conversión agroecológica de sus sistemas de producción, al llamado de la reunión asistieron alrededor de 20 productores de 4 veredas: La Clara, Egipto, San Gregorio, La Soledad, de los cuales 13 se comprometieron en participar en el proceso.

Los criterios de selección de los participantes fueron:

- Pequeños productores (máximo 5 hectáreas en su predio).
- Tenencia de la tierra propia.

- Más de 10 años de producción de café.
- Participación comunitaria.
- Presencia de otras actividades productivas.
- Ubicación de las fincas entre 1500 y 2000 msnm.

Los 13 caficultores provenientes de 4 veredas (Gráfica 5), con un porcentaje de participación en la investigación representado por: el 31 % de la vereda San Gregorio, el 31 % de la vereda La Clara, el 23 % de la vereda La Soledad y el 15 % de la vereda Egipto, todos productores con amplia experiencia en la producción de café (*Coffea arabica* L.), basados en diferentes tipos de manejos de la agricultura de la región. Estas personas que se muestran en la figura 4, están conscientes de la situación ambiental de la región y muestran gran interés en transformar los sistemas de manejo que poseen en sistemas multidiverso, basados en los pilares de la agroecología, sostenibles y resilientes.



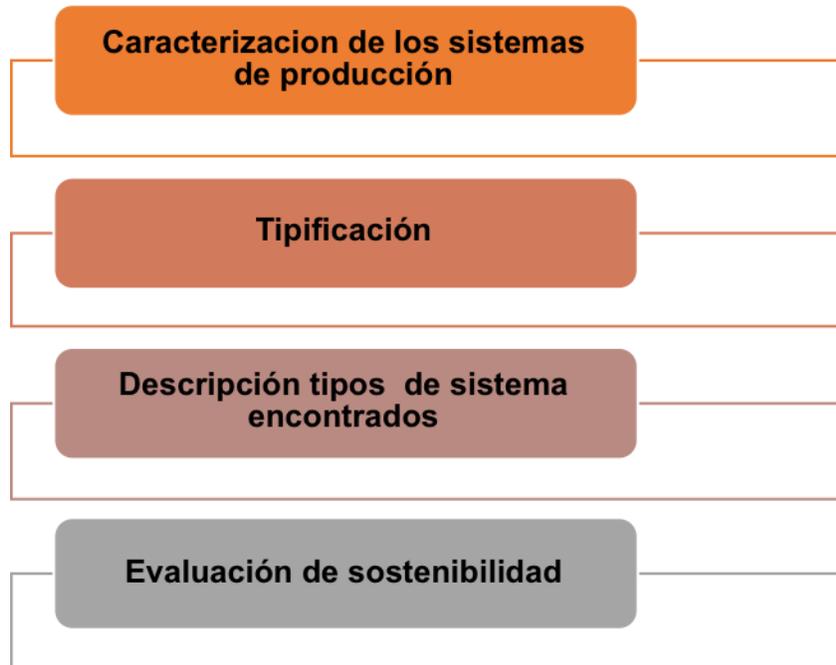
**Gráfica 5.** Porcentaje de participación de los caficultores en la caracterización en cuatro veredas del municipio de Andes.



**Gráfica 6.** Grupo de trabajo participante de la caracterización de las veredas del municipio de Andes.

### **2.3 ETAPAS DE DESARROLLO DE LA METODOLOGIA**

La metodología de la investigación inició con la caracterización de los 13 sistemas de producción, tomando las dimensiones ambiental, sociodemográfica, económica y productiva por medio de encuestas aplicadas. Posteriormente se realizó la tipificación mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2., se procede con la descripción de los grupos de sistemas de producción encontrados con la aplicación del enfoque de sistema, y finalmente se realiza la evaluación de sostenibilidad (Gráfica 7).



**Gráfica 7.** Descripción de la metodología utilizada.

Se utilizó una metodología que integra los principales lineamientos conceptuales del MESMIS con los procedimientos de evaluación rápida de sostenibilidad de Altieri y Nicholls (2002), Sarandón (2002 a), Macera *et al.* (2003) y Márquez (2013).

Para la integración de las metodologías utilizadas por los autores se plantea una herramienta que facilita la comparación de un sistema de producción transversalmente con otro sistema de referencia o longitudinalmente a lo largo del tiempo, dicha herramienta se caracteriza por: poner la evaluación en función de los evaluadores, enfoques o intereses; sirve de guía para actividades, para el diagnóstico; puede estar en constante construcción y para entregar respuestas prácticas a la evaluación de sostenibilidad.

Esta evaluación se realizó desde diferentes visiones: Relativista, es necesario establecer los límites del sistema a estudiar y un horizonte temporal de evaluación, definir los autores y sus objetivos; Constructivista, se adapta la metodología al objeto de estudio y a los involucrados; Multicriterio, puede incorporar criterios ambientales y sociales, a los económicos; enfoque de sistemas, como los sistemas que se articulan partir de los recursos naturales; enfoque integrador, más que sumar variables,

las integra en un sistema de manejo; Participativo, involucra la participación real de los agentes implicados; Multidisciplinar, puede ser evaluada y analizada desde varias perspectivas.

En este sentido, se desarrollaron tres fases que involucran: caracterización de los sistemas desde el punto de vista de sus componentes físicos, bióticos, sociales y tecnológicos; tipificación y selección de fincas con base en indicadores ambientales, sociales, productivos y económicos.

### **Fases de trabajo**

- **Caracterización de sistemas agroecológicos**

La etapa de caracterización se basó en: listados de productores, ubicación, productos ecológicos y datos de contacto, se georreferenció, se agruparon las fincas identificadas por grupos de homogeneidad por piso térmico, relieve y suelos. La encuesta indagó por diferentes aspectos como: información general de los productores y su localización, área sembrada, composición de los sistemas productivos en subsistemas (agrícola, pecuario y forestal), productos y variedades en cada subsistema, prácticas utilizadas, tecnologías utilizadas, aspectos socioeconómicos (tenencia de la tierra, acceso a créditos, nivel educativo, asociaciones o productores individuales, relaciones entre inversiones y utilidades) y limitantes a nivel físico – biótico, socio-económico y tecnológico.

- **Tipificación y selección de fincas con base en indicadores ambientales.**

En la tipificación se tuvieron en cuenta las variables utilizadas en la caracterización que describen y marcan la diferencia entre los sistemas productivos, y con ayuda de un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2. obtenemos los tipos de fincas agrupadas por sus características más cercanas.

- **Evaluación de sostenibilidad de los sistemas**

Para la evaluación de sostenibilidad se eligieron las dimensiones: sociocultural, económica, ambiental y tecnológica. Para cada dimensión se seleccionaron los puntos críticos, aspectos que limitan o fortalecen la capacidad de los caficultores para incursionar en el proceso de conversión agroecológica de los sistemas de estudio.

Para la identificación de los puntos críticos de la caracterización del grupo de trabajo, se partió de un listado previo de puntos críticos a ser discutidos, analizados evaluados y modificados con el grupo de trabajo. Posteriormente, se realizaron tres talleres interactivos, por medio de la metodología adaptada de Brüscheiler y Rist, 2005.

Cada indicador se estimó asignando un valor en escala de 1-3, siendo 1 el valor menor deseable, 2 el punto medio y 3 el valor óptimo. Para cada grupo de productores obtenidos de la tipificación, se calculó el valor promedio de sostenibilidad, el cual se graficó con el objeto de visualizar las fincas que se encuentran más cercanas al óptimo, cuáles en el punto medio y cuáles en el valor óptimo de sostenibilidad. Adicionalmente, con los valores obtenidos para cada indicador, se realizaron gráficos de sostenibilidad para comparar los grupos encontrados.

## 2.4 RESULTADOS Y DISCUSION

### 2.4.1 CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La metodología consistió en realizar una caracterización cualitativa de las dimensiones sociodemográficas, productivas, ambiental y económica de 13 sistemas de producción de café del corregimiento de Santa Rita, Municipio de Andes.

La caracterización se centró en la evaluación de las dimensiones ambiental, económica, sociodemográfica y productiva, se realizó por medio de una encuesta aplicada al grupo de productores en sus predios. Los tres rangos de valoración establecidos indican: (1) BAJO, (2) MEDIO, (3) ALTO para las variables que posean tres rangos; para las variables que posean sólo dos rangos (1) BAJO y (3) ALTO. La metodología utilizada, se adaptó de Sarandón (2002 a) y Macera *et al.* (2003) (Tabla 6), Márquez (2013).

**Tabla 6.** Evaluación cualitativa de las dimensiones en los sistemas cafeteros.

DIMENSIÓN SOCIODEMOGRÁFICA			
VARIABLES	RANGOS DE VALORACION		
<b>TT</b> Tenencia de la Tierra	PROPIA (3)	ADMINISTRADA (2)	ARRENDADO (1)
<b>GF</b> Grado de Formación	PRIMARIA (1)	SECUNDARIA (2)	UNIVERSITARIA (3)

<b>CF</b> Composición Familiar	1 A 3 (1)	4 A 6 (2)	> 6 (3)
<b>AT</b> Área Total del predio	0 A 2 HA (1)	2 A 4 HA (2)	DE 4 A 6 HA (3)
<b>SP</b> Calidad de los Servicios Públicos	MALA (1)	REGULAR (2)	BUENA (3)
<b>EF</b> Empleados de la Finca	1 A 2 (1)	2 A 4 (2)	> 4 (3)
<b>VA</b> Vías de Acceso	MALA (1)	REGULAR (2)	BUENA (3)
<b>AC</b> Actividades Complementarias	1 A 2 (1)	2 A 4 (2)	> 4 (3)
<b>ATE</b> Asistencia Técnica	SI (2)	NO (1)	-
<b>CEAT</b> Cantidad de Entidades que prestan la ATE	1 A 2 (1)	2 A 4 (2)	> 4 (3)
<b>I</b> Ingresos	FINCA (3)	OTRA ACTIVIDAD (1)	AMBAS (2)
<b>GO</b> Grupos Organizativos que pertenecen	NINGUNO (1)	UNO (2)	DOS O MÁS (3)
<b>AGU</b> Fuentes de Abastecimiento de Agua	ACUEDUCTO (2)	NACIMIENTO (3)	RÍO O QUEBRADA (1)
<b>R</b> Relieve de la finca	PENDIENTE ALTA (1)	PENDIENTE MEDIA (2)	PENDIENTE BAJA (3)
<b>ACC</b> Años Cultivando Café	0 A 10 (1)	10 A 20 (2)	MÁS 20 (3)
<b>ASNM</b> Altura Sobre el Nivel del Mar	DE 1200 (1)	DE 1200 A 1800 (3)	MAS 1800 (2)
<b>DIMENSIÓN AMBIENTAL</b>			
<b>VARIABLES</b>	<b>RANGOS DE VALORACIÓN</b>		
<b>SS</b> Uso del Secador Solar	SI (2)	NO (1)	-
<b>PSE</b> Uso de Pozos Sépticos	SI (2)	NO (1)	-
<b>UH</b> Utilización de Herbicidas	SI (1)	NO (2)	-
<b>UP</b> Utilización de Plaguicidas	SI (1)	NO (2)	-
<b>EPP</b> Utilización de Equipos de Protección Personal	SI (2)	NO (1)	-
<b>TB</b> Tipo de Beneficiadero	TRADICIONAL (2)	ECOLÓGICO (3)	OTROS (1)
<b>RI</b> Riesgos por Intoxicación	SI (1)	NO (2)	-
<b>SCU</b> Sistemas de Cultivos	LIBRE EXPOSICIÓN (1)	BAJO SOMBRA (2)	-

<b>DS</b> Degradación del Suelo	SI (1)	NO (2)	-
<b>DIMENSIÓN ECONÓMICA</b>			
<b>VARIABLES</b>	<b>RANGOS DE VALORACIÓN</b>		
<b>TC</b> Tipo de Comercialización	COOPERATIVA (1)	MERCADOS ALTERNATIVOS (2)	MERCADOS DIRECTOS (3)
<b>RTA</b> Rentabilidad	COSTOS > VENTAS (1)	COSTOS = VENTAS (2)	COSTOS < VENTAS (3)
<b>RTO</b> Rendimiento	< 2000 KG CPS/HA (1)	DE 2000 A 3500 KG CPS/HA (2)	-
<b>AE</b> Apoyo Económico	SI (2)	NO (1)	
<b>DIMENSIÓN PRODUCTIVA</b>			
<b>VARIABLES</b>	<b>RANGOS DE VALORACIÓN</b>		
<b>BIO</b> Biodiversidad Vegetal;	ALTA (3)	MEDIA (2)	BAJA (1)
<b>NC</b> Número de Cultivos	1 A 2 (1)	3 A 5 (2)	MÁS DE 5 (3)
<b>PO</b> Prácticas Orgánicas	1 A 2 (1)	3 A 5 (2)	MÁS DE 5 (3)
<b>AS</b> Análisis de Suelo	SI (2)	NO (1)	-
<b>CS</b> Calidad del Suelo	ALTA (3)	MEDIA (2)	BAJA (1)
<b>TF</b> Tipo de Fertilizantes	QUÍMICO (1)	ORGÁNICO (3)	AMBOS (2)
<b>MF</b> Manejo Fitosanitario	SI (2)	NO (1)	-
<b>IBA</b> Porcentaje de Infestación de Broca árbol	MAYOR DE 5 % (1)	DE 0 A 2 % (3)	DE 2 A 5 % (2)
<b>IBS</b> Porcentaje de Infestación de Broca Suelo	MAYOR DE 5 % (1)	DE 0 A 2 % (3)	DE 2 A 5 % (2)
<b>NA</b> Número de especies Animales	1 A 2 (1)	3 A 5 (2)	MÁS DE 5 (3)
<b>PS</b> Procedencia de la Semilla	COMPRA (1)	PRODUCE (2)	-
<b>TL</b> Tipo de Labranza	MÍNIMA (2)	INTENSIVA (1)	-
<b>EGA</b> Elaboración de Germinadores y Almacigos	SI (2)	NO (1)	-
<b>RP</b> Realización de Podas	SI (2)	NO (1)	-
<b>RPR</b> Registros de Producción	SI (2)	NO (1)	-
<b>POLI</b> Policultivos	SI (2)	NO (1)	-

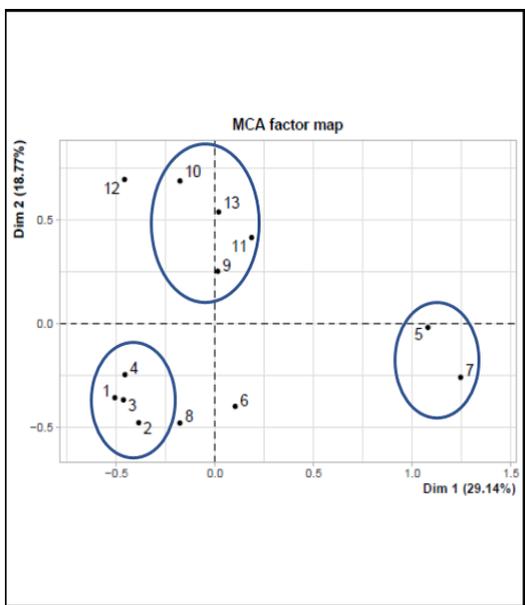
<b>REP</b> Plantas Alelopáticas	SI (2)	NO (1)	-
<b>BIOP</b> Uso de Biopreparados	SI (2)	NO (1)	-
<b>DC</b> Uso de Desechos de Cultivos	SI (2)	NO (1)	-
<b>TMO</b> Tipo de Mano de Obra	FAMILIAR (3)	CONTRATADA (1)	AMBAS (2)

Las evaluaciones de las diferentes variables de cada dimensión se realizaron por medio de talleres teórico – prácticos para la capacitación de los campesinos en los temas de agroecología y sostenibilidad de fincas, y las encuestas se diligenciaron tanto en talleres como en vistas a los diferentes predios. Brüscheweiler y Rist (2005) (Anexo 2).

Los datos de las dimensiones se analizaron mediante un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para hallar el comportamiento de cada una de las variables y los individuos asociados a los sistemas. Se empleó el paquete estadístico FactoMineR del sistema operativo R Project versión 4.0.2.

#### 2.4.1.1. Evaluación del sistema de producción.

En la gráfica 8 se muestra la evaluación de los 13 sistemas de producción de café mediante el análisis de correspondencia múltiple.



**Gráfica 8.** Evaluación de los 13 sistemas de producción de café mediante el análisis de correspondencia múltiple.

En la gráfica 8 se pueden identificar tres grupos definidos de fincas que comparten características entre sí:

El grupo 1, 2, 3 y 4, conformadas por las fincas El Pedregal, La Loma, La Esperanza y El Zapote, este grupo de sistemas de producción de café están ubicadas en la vereda la clara, son muy similares en cuanto a sus características ambientales y productivas, ya que se encuentran en un lote lindante, comparten información entre ellas en cuanto a prácticas de producción por ende tiene un comportamiento muy similar, aunque con algunas particularidades, se pueden denominar fincas espejo.

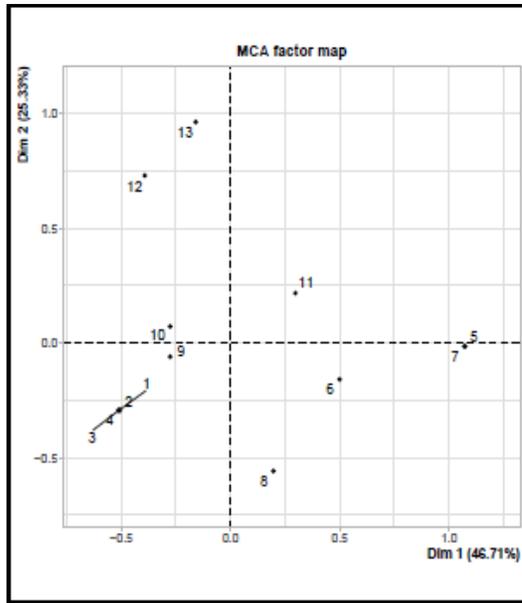
El grupo 5 y 7, conformadas por las fincas La Cecilia y La Dalia, un grupo pequeño que están ubicadas en la vereda San Gregorio, estas dos fincas comparten muchas características en común desde las cuatro dimensiones evaluadas, están en un proceso de conversión de sus sistemas de producción hacia sistemas agroecológicos, por ende, tienen un manejo opuesto a las fincas mencionadas en el punto anterior. En la dimensión uno se puede observar que están en coordenadas opuestas. Estos dos grupos están explicados por un 29.14% en la primera dimensión.

Por otro lado, el grupo 9, 10, 11 y 13 conformadas por las fincas San Juan, La Isabella, La Aurora y La Quinta, grupo que está ubicado en las veredas La Soledad y Egipto, aquí se encontró como característica común en tres de los sistemas que los lotes de producción están alejados de las viviendas, y dedicados en su mayor proporción al cultivo de café, en asociación con musáceas, y este parámetro se ve explicado por la segunda dimensión por el 18.77%.

Las demás fincas (6, 8, 12) conformado por las fincas La Esperanza L, La Cumbre y El Progreso, poseen características muy diferenciadas del resto de las fincas evaluadas, una de las particularidades que tiene La Cumbre, es un sistema convencional de monocultivo, utilizando paquete insumo químicos para el manejo de sus cultivos.

#### **2.4.1.2. Evaluación de la dimensión ambiental.**

En la gráfica nueve se realiza el análisis de las variables evaluadas en la dimensión ambiental por fincas.



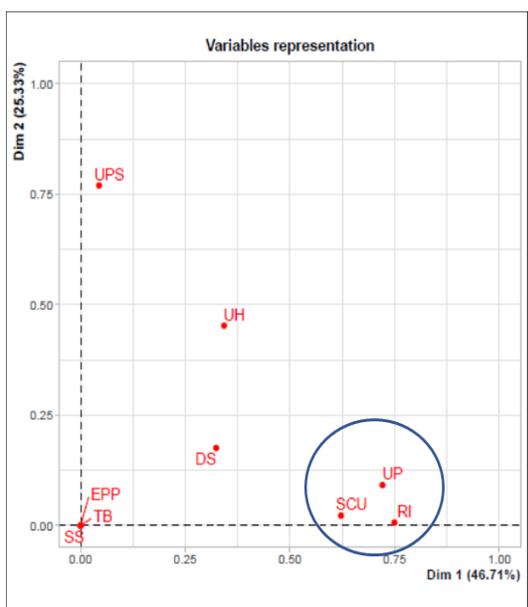
**Gráfica 9.** Comportamiento de las variables de la dimensión ambiental, en las fincas evaluadas de los sistemas de producción de café.

En la evaluación ambiental encontramos que las fincas 5 y 7 están ubicadas en la vereda san Gregorio, con un comportamiento de las variable muy similar, grupo totalmente opuesto a las fincas 9 y 10, ubicadas en la vereda La soledad, el manejo ambiental en estos dos grupos estan diferenciados en que el primero estan en un estado avanzado de conversión de su sistema sin la utilización de plaguicidas y sistemas de producción de café diversificados, en el segundo grupo aun utilizan plaguicidas, teniendo riesgos por intoxicaciones por su manejo, y sistemas de cultivo de café a libre exposición y con problemas de degradación del suelo. Estas están explicadas en la dimensión uno en una mayor proporción del 46.71%.

El otro grupo diferenciado está conformado por las fincas 1,2,3,4, estas fincas estan ubicadas en la vereda La Clara, las cuatro fincas son lindantes, con unas condiciones ambientales muy similares, con un manejo de monocultivo, a libre exposición, degradación de suelos, utilización de insumos químicos sin equipos de protección personal generando riesgo por intoxicación, este tipo de manejo de los cultivos generan contaminación ambiental por la utilización de paquete tecnológico sin recomendaciones técnicas ni protección, además, contaminando el producto final desconociendo la trazabilidad de la síntesis química de los productos utilizados.

Las fincas 12 y 13, están ubicadas en la vereda Egipto, al igual que el anterior grupo estas fincas comparten linderos, solo hay diferencias en las condiciones de los suelos, pues en la finca 12 se presenta una evidente degradación de suelos por inadecuadas prácticas de manejo, a diferencia del grupo anterior estos productores no usan herbicidas para el manejo de las arvenses.

En la gráfica diez se hace la evaluación de correlación entre las variables evaluadas en la dimensión ambiental.



**Gráfica 10.** Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión ambiental de los sistemas de producción.

Mayor valor de correlación encontrado entre las variables SCU (sistemas de cultivos), UP (utilización de plaguicidas), RI (Riesgos por intoxicación), UPS (utilización de pozos séptico).

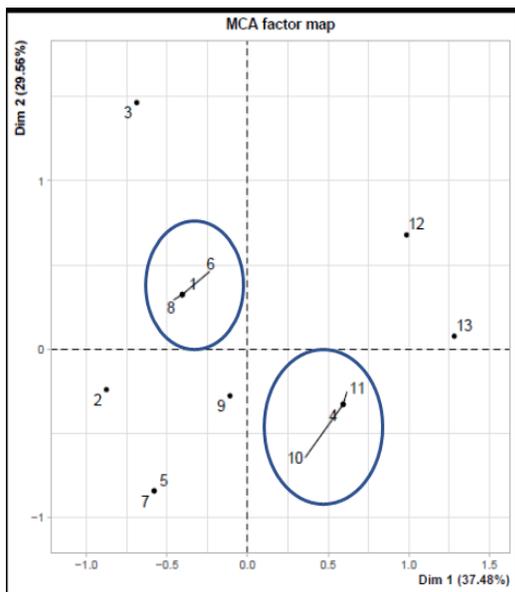
El grupo de variables que tienen alta correlación están relacionadas con los tipos de cultivos que en su mayoría son cultivos de café en asocio con musáceas, algunos se encuentran más diversificados con cultivos pan coger, a esto se le adiciona el manejo, de los 13 sistemas evaluados solo dos están en un proceso de transición a sistemas de producción agroecológica, provocando riesgos en su manejo,

principalmente por la falta de aplicación de buenas prácticas agrícolas enfocadas en la sustitución de insumos químicos para el manejo de los cultivos.

La no utilización de pozos sépticos en las fincas puede acarrear impacto ambiental dado que los remanentes de estos líquidos van con contenidos disueltos a espejos de agua que se pueden solubilizar como nitratos y otros pueden quedar suspendidos generando problemas de eutrofización. También se puede generar escorrentía, percolación con gran cantidad de sólidos en estas.

#### 2.4.1.3. Evaluación de la dimensión Económica

En la gráfica 11 podemos ver el comportamiento de la dimensión económica en los sistemas de producción evaluados.



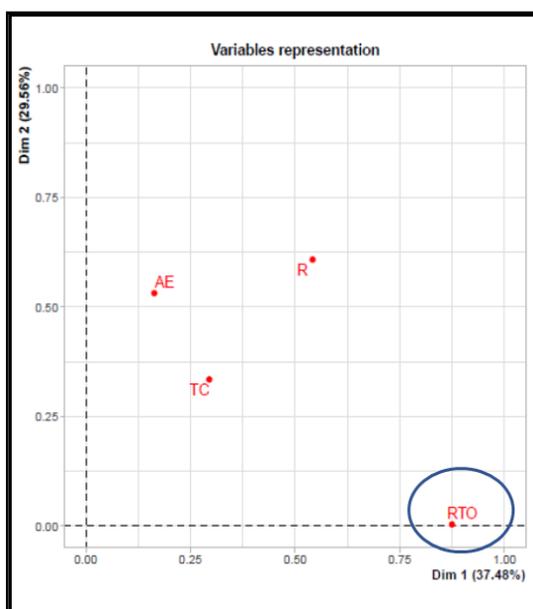
**Gráfica 11.** Comportamiento de las variables de la dimensión económica, en las fincas evaluadas de los 13 sistemas de producción de café.

En esta gráfica podemos observar dos grupos de fincas, las fincas (1, 6 y 8) La Esperanza L, El pedregal y la cumbre, y por otro lado (4, 10 y 11) La Aurora, El Zapote, y la Isabela.

En el primer grupo comparte características en cuanto a que venden su producto a Cooperativas, están en un punto de equilibrio, las ventas son iguales a los costos,

sus rendimientos están por debajo del promedio regional y no reciben ningún tipo de apoyo económico para sostenimiento o inversión en su predio.

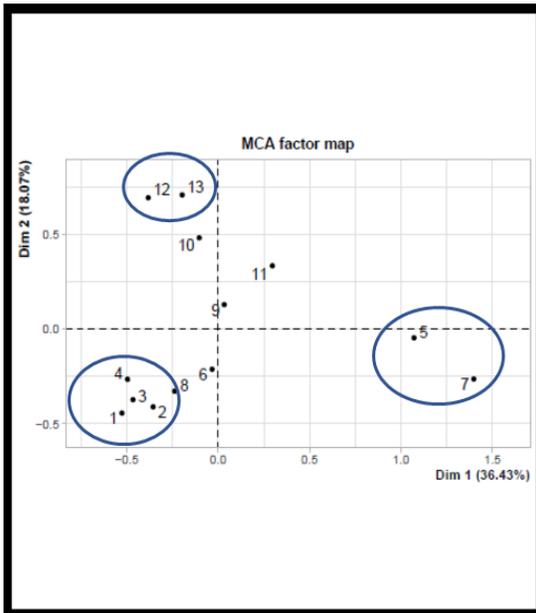
Por otro lado, el grupo dos tiene una característica que la diferencia del grupo uno, este recibe apoyo económico de entidades externas para sostenimiento o inversión en sus sistemas de producción, por ende, estos tienen mayores rendimientos en sus cultivos, debido al apoyo económico para el proceso productivo.



**Gráfica 12.** Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión económica de los sistemas de producción.

En la gráfica 12, la variable que muestra una mayor correlación es rendimiento con un porcentaje del 88 lo que indica que es un indicador muy importante del sistema de producción, y está explicado en la dimensión uno en un 37.48%, esta variable sobresale para que el sistema sea rentable y sostenible en el tiempo.

#### 2.4.1.4. Evaluación de la dimensión productiva



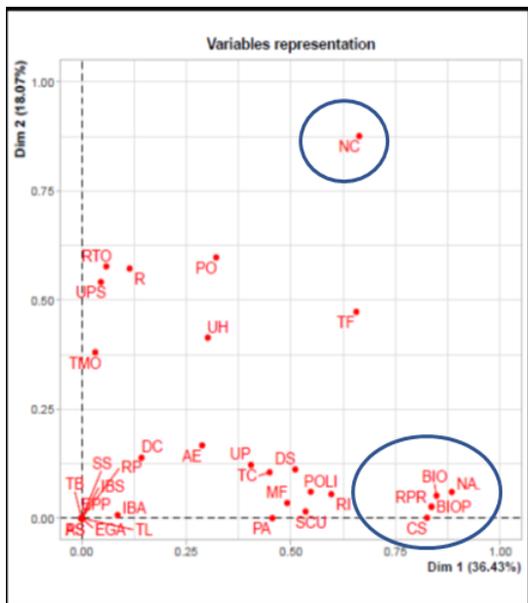
**Gráfica 13.** Comportamiento de los individuos de la dimensión productiva, en las fincas evaluadas de los sistemas 13 de producción de café.

En relación con la dimensión productiva se observan tres grupos definidos que comparten características, el primer grupo por las fincas La Cecilia y La Dalia (5 y 7), el segundo por las fincas El progreso y La Quinta (12 y 13), y un tercer grupo por El Pedregal, La Loma, La Esperanza J y El Zapote (1, 2, 3 y 4).

En el primer grupo las características productivas son muy similares, solo difieren en el número de cultivos y el valor de la biodiversidad vegetal; para el segundo grupo el número de especies animales que poseen y el tipo de mano de obra que utilizan en la finca, donde una de ellas es familiar y la otra debe contratar para poder realizar las labores de esta; el tercer grupo difieren en las variables: porcentaje de infestación de broca, uso de los desechos del cultivo y el número de especies animales.

En la dimensión uno se está explicando el 36.43% de los sistemas de producción, se observan grupos opuestos como son el grupo 5 y 7 con el grupo 1, 2, 3 y 4, en las siguientes características: el primer grupo maneja una escala de biodiversidad de media a alta, con mas de cinco cultivos en el predio, lo que facilita un adecuado uso y conservación del suelo con aporte de abonos orgánicos al cultivo mejorando las condiciones del mismo, con subsistemas de producción animal que aporta a la

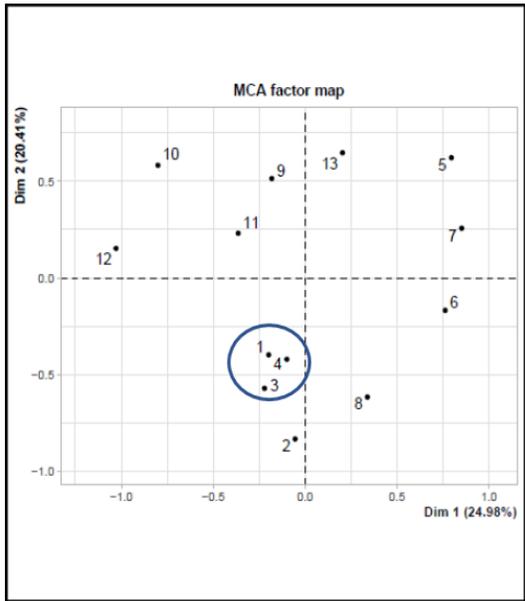
elaboración de los abonos orgánicos y el aprovechamiento de los desechos del cultivo, además llevan registros de producción para hacer un control adecuado del manejo en general del sistema.



**Gráfica 14.** Correlación entre las variables evaluadas en la dimensión productiva de los sistemas de producción.

Estos dos grupos una correlación entre las variables: número de cultivos (NC) que está representada en los dos ejes y tiene una correlación en la dimensión dos superior al 0.75 , por otro lado, las variables biodiversidad vegetal (BIO), número de especies animales (NA), calidad del suelo (CS), uso de biopreparados (BIOP) y registros de producción (RPR) más cercanas al eje de la dimensión uno con una correlación superior al 0.75. Las variables presentadas con una alta correlación están directamente relacionadas con implementación de subsistemas y prácticas de manejo claves para que los sistemas de producción sean agroecológicos y sostenibles.

### 2.4.1.5. Evaluación de la dimensión Sociodemográfica



**Gráfica 15.** Comportamiento de los individuos de la dimensión sociodemográfica, en las fincas evaluadas de los 13 sistemas de producción de café.

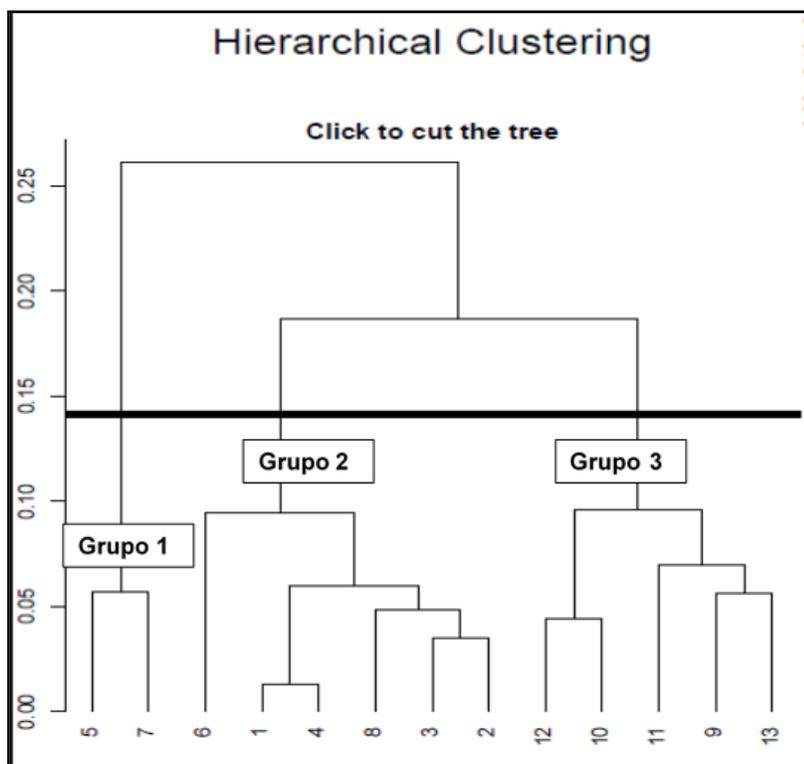
En cuanto a las variables de la dimensión sociodemográfica, solo 3 sistemas mostraron comportamientos similares, las fincas El pedregal, Esperanza J y El Zapote (1, 3 y 4), son fincas que están muy cercanas a las vías principales, son aledañas, comparten las mismas vías y la calidad de los servicios públicos, además de las características como altura sobre el nivel del mar, y cada uno de los individuos son propietarios de los predios, por último no pertenecen a grupos asociativos u organizativos.

Por otra parte, las demás fincas presentan un comportamiento heterogéneo, lo que indica que en la dimensión sociodemográfica hay diferencias, como se observa en la gráfica están dispersas por todo el plano, donde cada una tiene unas características particulares.

## 2.4.2 TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La tipificación de los sistemas cafeteros se realizó mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2.

En la gráfica 16 se muestra el resultado de la tipificación.



**Gráfica 16.** Tipificación de 13 sistemas de producción de café.

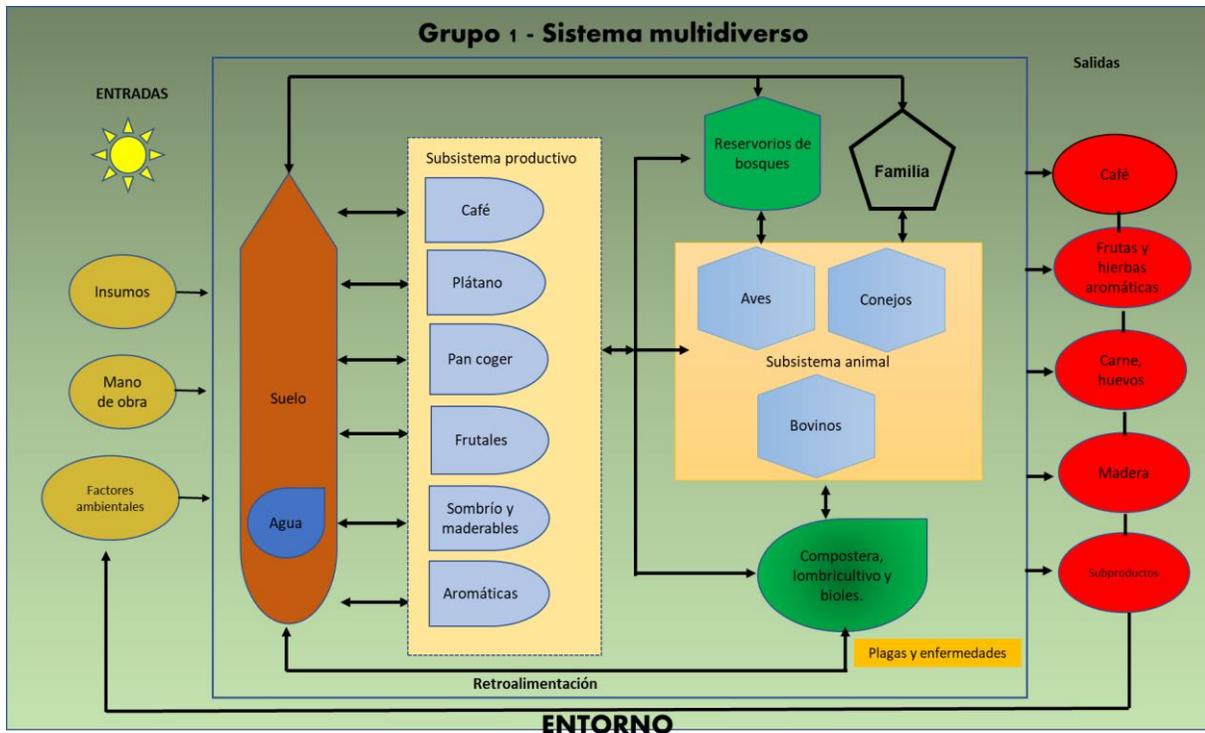
A partir del proceso de tipificación de los 13 sistemas de producción se obtuvieron 3 grupos de productores, los cuales se describen mediante la aplicación del enfoque de sistemas.

Para la tipificación se tuvieron en cuenta los datos recolectados para la caracterización de los sistemas, los cuales fueron logrados a partir de visitas, capacitaciones y evaluaciones en campo, donde los productores hacían la descripción de sus sistemas, y evaluaban aquellos puntos en los que tenían deficiencias en manejo.

## 2.4.2.1 Descripción de los grupos encontrados en la tipificación.

### 2.4.2.1.1 Grupo 1 - Sistema multidiverso

En la gráfica 17 se muestra el sistema de producción con la aplicación de enfoque de sistemas, describiendo cada uno de los subsistemas encontrados, y las interrelaciones entre ellos.



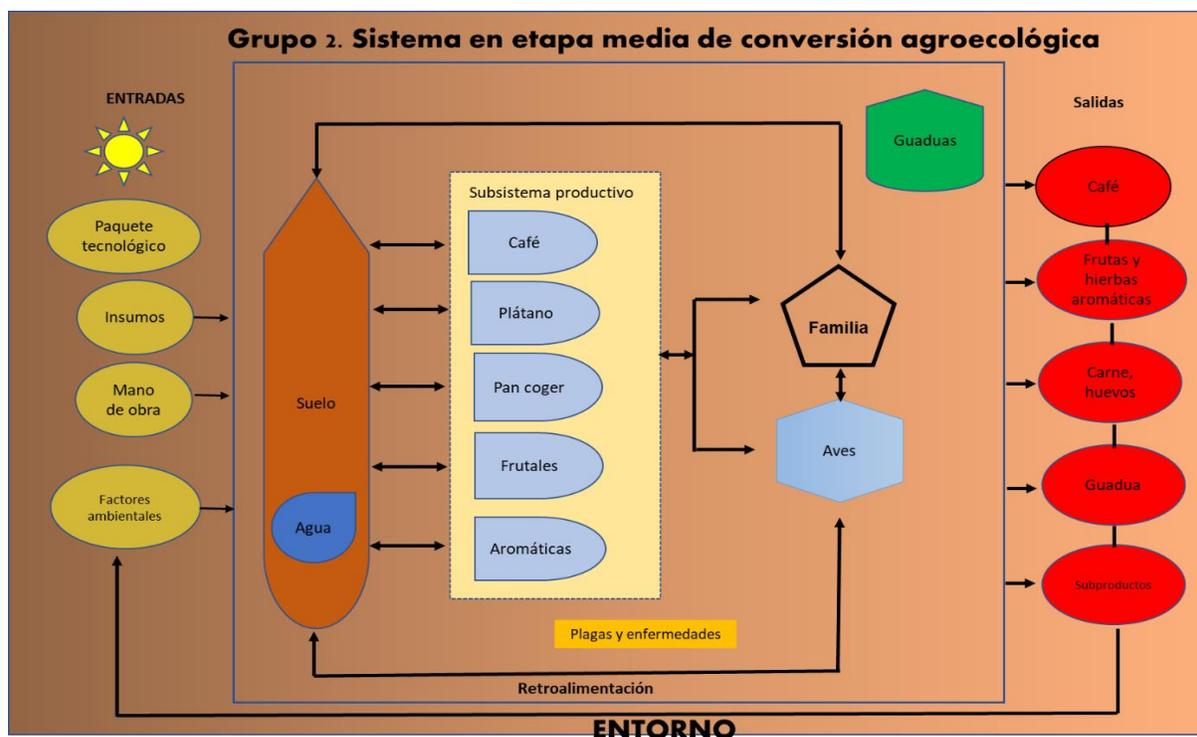
**Figura17.** Grupo 1 - Sistema multidiverso de producción de café

Fincas en un estado más avanzado de conversión a sistemas de producción agroecológica, tienen implementadas prácticas de manejo y conservación de sus recursos y son más diversificados en cuanto a producción. La producción de café como cultivo principal es manejado con prácticas agrícolas de conservación en cuanto a la no aplicación de insumos químicos, siendo estos sustituidos por aplicación de abonos orgánicos y actividades culturales para disminuir los niveles de plagas y enfermedades dentro del cultivo. También, se encontró que este grupo de productores tienen los subsistemas de producción animal, los cuales tienen un papel fundamental en el origen de la materia orgánica para la sustitución de abonos químicos,

además de hacer su aporte en la seguridad alimentaria para la familia, igualmente, cuentan con cultivos alternativos de pan coger y aromáticas, haciendo de este sistema más diverso, por lo tanto, resiliente y sostenible a través del tiempo. En este grupo se encuentran las fincas La Cecilia y La Dalía.

#### 2.4.2.1.2 Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica

En la gráfica 18 se muestra mediante diseño de sistemas este grupo de productores.



**Figura 18.** Grupo 2. Sistema de producción de café en etapa media de conversión agroecológica

Fincas de producción de café tradicionales, están comenzando su proceso de transformación del sistema, diversificando y adoptando estrategias de manejo y de conservación de los recursos. Están en un proceso de adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente, como el aporte de materia orgánica al suelo y prácticas culturales para manejo y control de plagas y enfermedades.

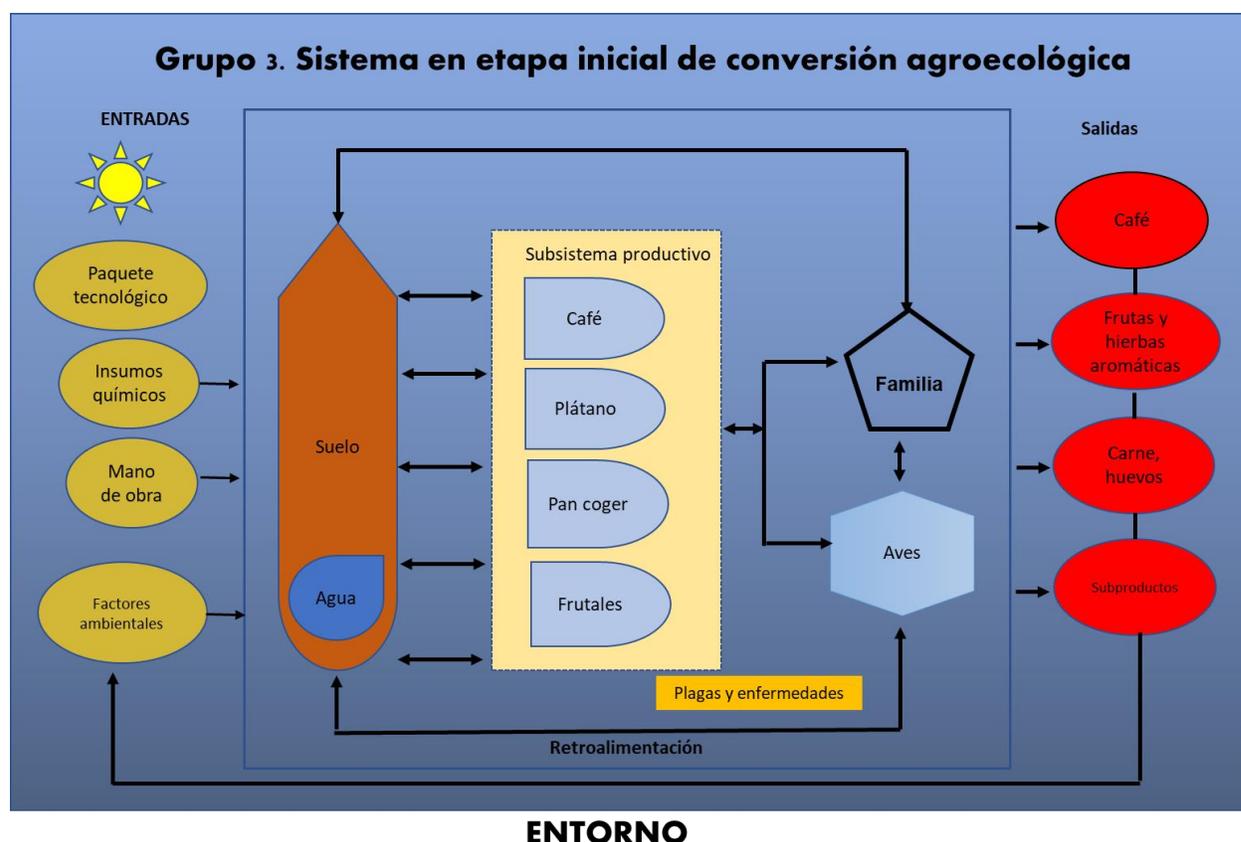
Se maneja el café como cultivo principal, y las musáceas incluidas dentro de él, no hay un lugar de conservación de bosques nativos, tienen la guadua como protector

de zonas de nacimientos de agua de la finca, en cuanto al subsistema animal solo manejan las aves, para consumo y venta.

Dentro de este grupo están las fincas: El Pedregal, La Loma, Esperanza J, El Zapote, Esperanza L, La Cumbre.

### 2.4.2.1.3 Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

En la gráfica 19 podemos ver el diseño por medio del enfoque de sistemas de este grupo de productores, dentro del cual se encuentran las fincas: San Juan, La Isabela, La Aurora, El Progreso, La Quinta.



**Figura 19.** Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

Fincas de producción tradicional de café, dependen totalmente de la utilización de productos químicos para su producción, y no cuentan con una buena diversificación,

dependiendo totalmente del cultivo de café para su sustento, haciendo de estos sistemas más susceptibles a cualquier tipo de cambio en su entorno, no tienen zonas de conservación de bosques, una característica en este grupo es la distancia de los lotes de producción con la casa de vivienda, pues su vivienda no está localizada en el terreno de producción, motivo por el cual no se ven motivados a diversificar la producción y mejorar prácticas de cultivo que sean amigables con el medio ambiente y la salud de su familia.

### **2.4.3 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD**

#### **2.4.3.1 Identificación de las dimensiones y puntos críticos de la caracterización.**

Partiendo de lo planteado por Sarandón (2002) se eligieron las dimensiones: socio-cultural, económica, ambiental y tecnológica. Para cada dimensión se seleccionaron los puntos críticos, aspectos que limitan o fortalecen la capacidad de los caficultores para incursionar en el proceso de conversión agroecológica de los sistemas de estudio. Dichos puntos críticos correspondieron a factores o procesos sociales, culturales, ambientales y técnicos, que por separado o en conjunto pueden tener un efecto crucial sobre la elaboración, adopción e implementación de la propuesta de conversión.

Para la identificación de los puntos críticos de la caracterización del grupo de trabajo, se partió de un listado previo de puntos críticos a ser discutidos, analizados evaluados y modificados con el grupo de trabajo. Posteriormente, se realizaron tres talleres interactivos, por medio de la metodología adaptada de Brüscheiler y Rist, 2005.

Durante los talleres, el grupo identificó 29 puntos críticos, los cuales se priorizaron según el nivel de significancia en la caracterización y en el proceso de conversión agroecológica. El primer taller tuvo como objetivo la sensibilización de los participantes frente al enfoque agroecológico y los principios que la sustentan, seguido de una mesa de debates, en la que los caficultores expusieron sus opiniones sobre los

problemas que se presentan en los sistemas que manejan en la actualidad. En el segundo taller el objetivo fue discutir los temas relacionados con la conversión agroecológica y la necesidad de la elaboración de una propuesta de conversión para cada tipología de manejo del café, que finalizó con una mesa redonda en la que los caficultores plantearon el ideal de sus sistemas de producción de café. El tercer taller tuvo como objetivo determinar los indicadores necesarios para la realización de la caracterización de las dimensiones ambientales, socioculturales, económicas y tecnológicas del productor, y la definición participativa de los puntos críticos por dimensión. Para esto se partió de una lluvia de ideas y posteriormente se realizó un proceso participativo de priorización y selección de puntos críticos.



**Gráfica 20.** Talleres de evaluación de sostenibilidad

#### **2.4.3.2 Selección y definición de indicadores.**

Se definieron los criterios de selección de los indicadores de forma que permitieran evaluar las dimensiones y los puntos críticos de la caracterización del grupo participativo, con su respectiva escala de valoración (Astier et al., 2008). Luego, se elaboró la lista de indicadores, se realizó la selección de indicadores estratégicos y la definición de cada uno de ellos. Una vez determinados los indicadores estratégicos por dimensión de evaluación se construyó un cuadro resumen con la lista final de indicadores seleccionados por dimensiones (Márquez, 2013).

#### **2.4.3.3 Evaluación de indicadores.**

En esta etapa se seleccionó e implementó la forma de medición de cada indicador. El método empleado bajo un enfoque participativo fue la entrevista semiestructurada a cada productor de café integrante del grupo de trabajo. Para cada indicador

se explica su objetivo, condiciones para su utilización y los rangos descriptivos a partir de las cuales se pueden calificar.

#### 2.4.3.4 Integración de resultados.

Se resumieron, analizaron e integraron los resultados obtenidos mediante la evaluación de los indicadores. En esta investigación se acogió el marco de evaluación MESMIS por Astier et al., (2008), que recomienda elaborar un diagrama tipo radar, donde se muestran los términos cualitativos de cada una de las características de caficultores en las dimensiones planteadas, dando el porcentaje o una relación del valor real con respecto al valor ideal.

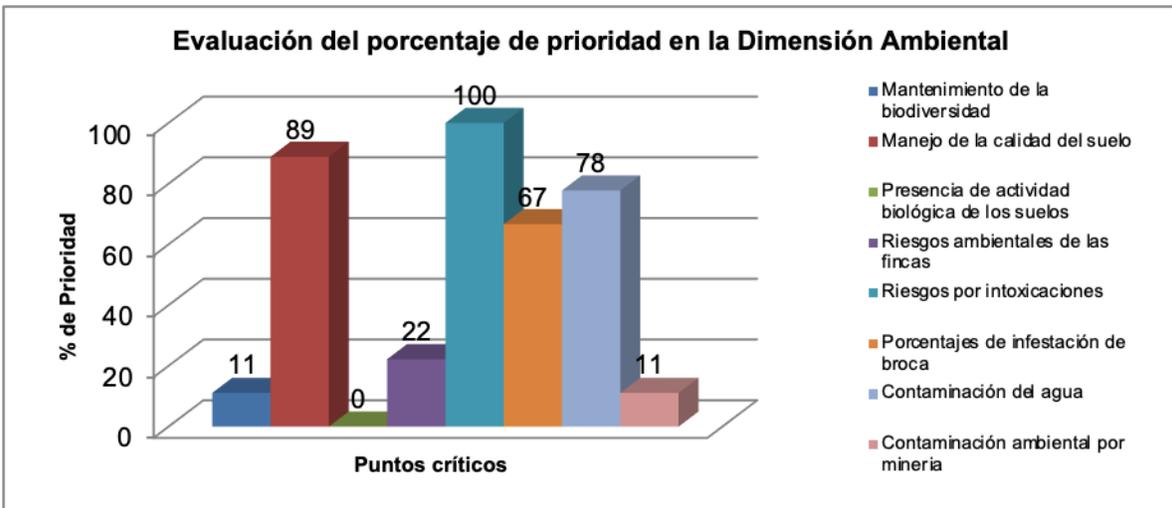
En la tabla 7 se presentan los puntos críticos seleccionados y el porcentaje de prioridad de cada uno de ellos.

**Tabla 7.** Puntos críticos y porcentaje de prioridad para cada dimensión de la caracterización del grupo de caficultores del municipio de Andes

DIMENSION	PUNTOS CRITICOS	PORCENTAJE DE PRIORIDAD
AMBIENTAL	Mantenimiento de la biodiversidad	11
	Manejo de la calidad del suelo	89
	Presencia de actividad biológica de los suelos	0
	Riesgos ambientales de las fincas	22
	Riesgos por intoxicaciones	100
	Porcentajes de infestación de broca	67
	Contaminación del agua	78
	Contaminación ambiental por minería	11
SOCIO CULTURAL	Conciencia ecológica de los caficultores	22
	Capacidad de integración y trabajo grupal	0
	Trabajo familiar	56
	Participación de las mujeres en las labores de la finca	89
	Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos	100
	Problemas de seguridad en la región	0
	Nivel de satisfacción del productor	22
ECONOMICA	Altos costos de producción	100
	Baja obtención de rendimientos productivos	11

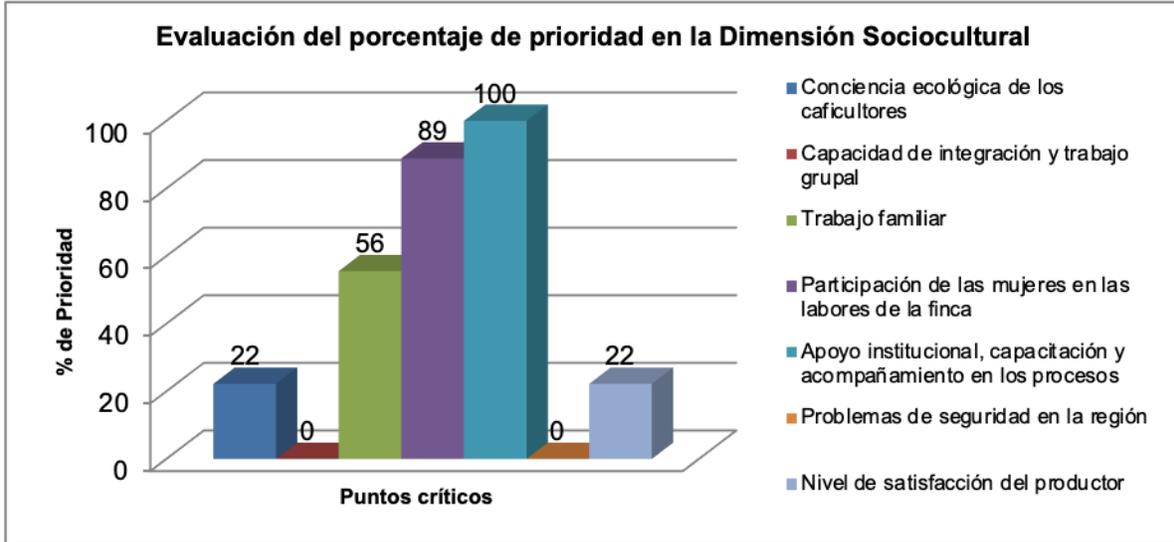
	Facilidad de obtener créditos con entidades financieras	67
	Altos costos de insumos	33
	Alza y baja de los precios de café	22
TECNOLOGICA	Elaboración y utilización de insumos orgánicos	67
	Uso inadecuado de productos agroquímicos	22
	Manejo de los residuos del café	33
	Tendencia de productos de cafés especiales	44
	Manejo ecológico del beneficio del café	22
	Manejo de alternativas de energías renovables	67
	Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios.	67

Estos resultados se muestran a continuación en las graficas 20, 21, 22 y 23. respectivamente.



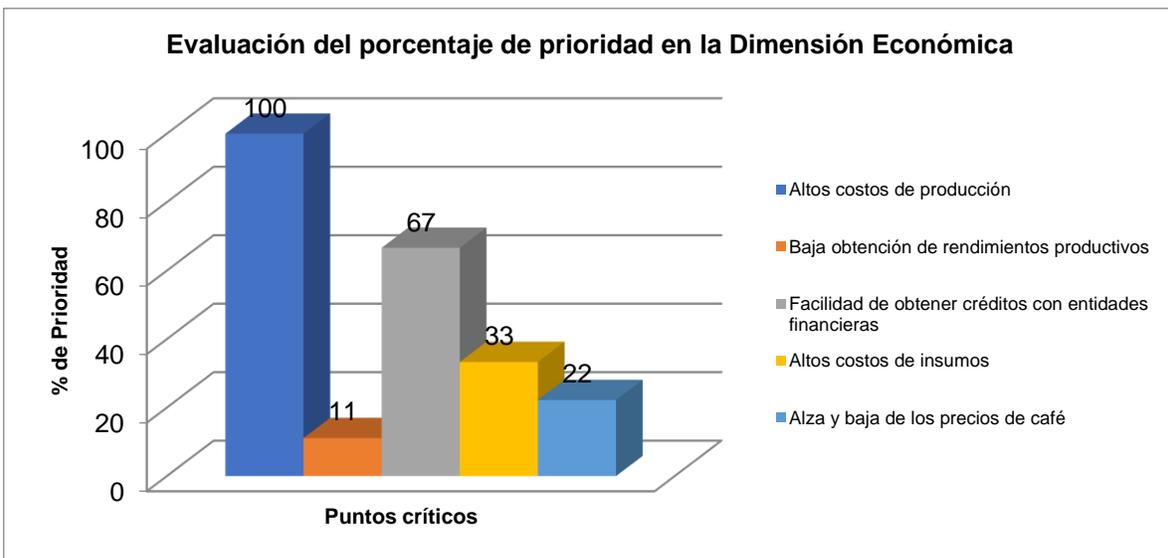
**Gráfica 21.** Porcentajes de prioridad de la dimensión ambiental

Para la dimension ambiental los indicadores con mayor porcentaje de selección para posterior evaluacion fueron: riesgos por intoxicaciones, manejo de la calidad del suelo, contaminacion de agua y porcentaje de infestacion de broca.



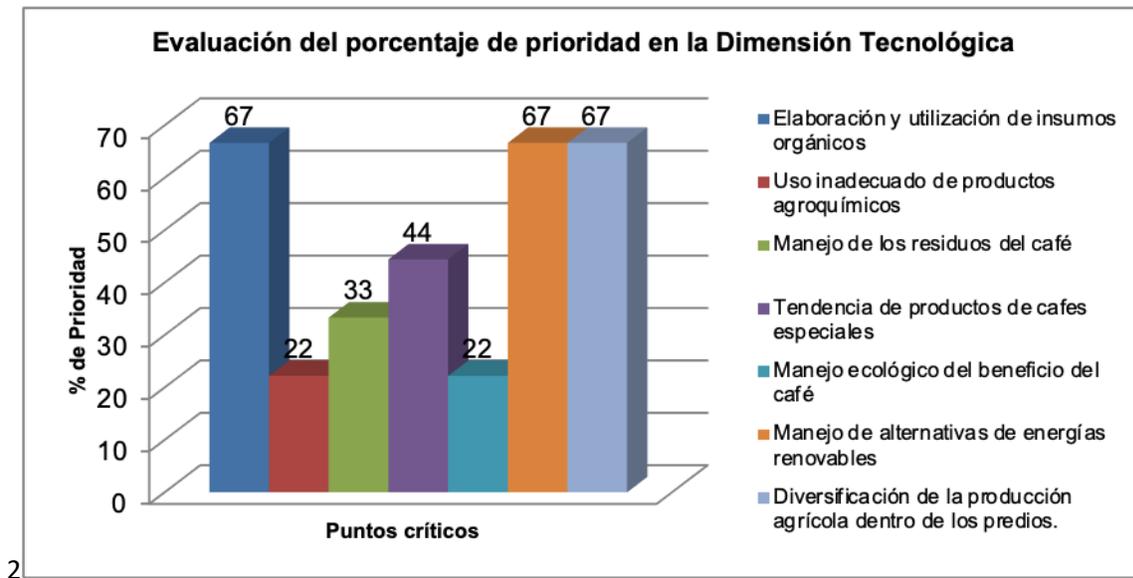
**Gráfica 22.** Porcentajes de prioridad de la dimensión sociocultural

En la dimensión sociocultural los indicadores con mayor porcentaje de selección para posterior evaluación fueron: apoyo institucional, participación de las mujeres en labores de la finca, trabajo familiar, conciencia ecológica de los caficultores, nivel de satisfacción del productor, capacitación y acompañamiento en los procesos y problemas de seguridad en la región.



**Gráfica 23.** Porcentajes de prioridad de la dimensión económica

En la dimensión económica los indicadores con mayor porcentaje de selección para posterior evaluación fueron: Altos costos de producción, facilidad de obtener créditos con entidades financieras, altos costos de insumos y Alza y baja de los precios del café.



**Gráfica 24.** Porcentajes de prioridad de la dimensión tecnológica.

En la dimensión tecnológica los indicadores con mayor porcentaje de selección para posterior evaluación fueron: elaboración y utilización de insumos orgánicos, Manejo de los residuos de café, Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios, Tendencia a productos de cafés especiales.

**2.4.3.5 Selección y definición de indicadores.**

Considerando los puntos críticos obtenidos a partir del taller realizado con los productores, se determinaron los indicadores por dimensión, más adecuados de seleccionar y de evaluar para concretar la caracterización ambiental, sociocultural, económica y tecnológica.

Se seleccionaron 16 indicadores 4 por cada una de las dimensiones. Para cada indicador se explicó su objetivo y las consideraciones para el establecimiento de los rangos para su evaluación.

En la **dimensión ambiental** se seleccionaron los siguientes indicadores:

**Manejo de la calidad del suelo:** Este indicador en los sitios de estudio se midió por medio de un análisis cualitativo de 11 parámetros confiables y sensibles, que permiten medir una característica, la cual define el estado de las propiedades fisicoquímicas del suelo, el nivel de fertilidad y el incremento de los organismos biológicos, que hacen que un suelo sea apto o no para determinadas labores y que proveen información acerca de qué tan adecuadamente está funcionando un suelo. Esto permitió evaluar cada sistema de estudio en tres rangos: bajo (1), medio (2) y alto(3).  
Poner la escala

**Riesgos por intoxicaciones:** Los caficultores convencionales intensivos del suroeste utilizan los paquetes tecnológicos de la revolución verde basados en el uso excesivo de agroquímicos para el manejo de plagas y enfermedades que se presentan en el cultivo de café. Estos productos químicos, les garantiza, la intensificación de los cafetales en aras de obtener más poder productivo y dinero, condición que los ha puesto en riesgos por intoxicaciones. Por tanto, para su medición se utilizaron tres rangos de evaluación donde se especifica si el productor no ha sufrido ninguna intoxicación (3), una (2) o más de dos intoxicaciones (1).

**Contaminación del agua:** Este es un indicador vital para el crecimiento y desarrollo del cultivo del café. Este recurso lamentablemente en la región está siendo amenazado por la contaminación antrópica, debido a procesos como la explotación minera, la tala indiscriminada de los árboles, el monocultivo intensivo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y la ganadería intensiva, entre otros. Ante esta situación, el grupo de trabajo evaluó el indicador clasificándolo en tres niveles: baja (3), media (2) y alta (1).

**Porcentaje de infestación de broca:** las plagas representan un factor limitante para la producción de café, siendo la de mayor importancia económica la Broca (*H.*

*hampei*), que se encuentra ampliamente distribuidas en los cafetales de todo el país, esta plaga genera pérdidas y puede llegar a hacer insostenible el cultivo, ocasionando daños físicos en frutos, altera el desarrollo fisiológico de las plantas y disminuye drásticamente la calidad del grano, con efectos posteriores como bajos rendimientos y mala calidad del producto. Este indicador se obtuvo midiendo los porcentajes de Infestación de Broca en árbol y calificándolo de la siguiente manera: mayor de 5 % (1), de 0 a 2 % (3), de 2 a 5 % (2)

En la **dimensión sociocultural** se seleccionaron los siguientes indicadores:

**Trabajo familiar:** Con este indicador se observó la composición del grupo familiar de cada finca que participa en las labores productivas del cafetal. Esto permitió conocer el grado de interés y apoyo mutuo entre los miembros de las familias que ejercen diferentes actividades de trabajo. Para la evaluación del indicador se establecieron tres rangos de posibles tamaños de familias, partiendo de un sondeo general realizado durante el taller acerca de los tamaños más comunes. Los rangos fueron entre una y dos personas (1), entre dos y cuatro personas (2) y mayor de cuatro personas (3).

**Participación de las mujeres en las labores de la finca:** Con este indicador se evaluó el grado de empoderamiento de las mujeres y su participación en condiciones de igualdad en los procesos productivos de la finca, así como en la toma de decisiones y acceso al poder. La evaluación del indicador se realizó clasificándola en tres niveles donde se evalúa el nivel de participación si es baja (1), media (2) y alta (3).

**Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos:** Para este indicador se busca evaluar la capacidad de asociación del campesino ya sea entre ellos o por medio de la afiliación con una organización u institución que los apoye y capacite en el manejo productivo y eficiente de los sistemas de café. De esta forma cada productor garantiza un trabajo exitoso, que sea resiliente y sustentable para alcanzar las metas deseadas e integrar los resultados a la comunidad. Para la evaluación se establecieron los rangos de ninguna (1), una (2) y dos o más (3).

**Conciencia ecológica de los caficultores:** los caficultores no son conscientes del daño irremediable que le están haciendo a los recursos naturales en general, sin tener conocimiento de la función de los ecosistemas y su dinámica natural, donde pueden hacer usos de sus componentes, sobre todo de la biodiversidad de un modo que no ocasione su disminución o degradación a largo plazo, manteniendo las posibilidades de satisfacer las necesidades sin afectar las generaciones futuras. Este indicador se evaluó en términos de bajo (1), medio (2) y alto (3).

En la **dimensión económica** se seleccionaron los siguientes indicadores:

**Costos de producción:** Este indicador consiste en conocer si el productor adquiere ganancias o pérdidas en la producción de café, en el proceso productivo y en la venta del producto, lo que afecta los rendimientos de la finca y provoca desequilibrio financiero. La evaluación del indicador se realizó evaluando con los caficultores si los costos eran igual a las ventas (2), o estos se presentaban mayor (1) o menor a las ventas (3), lo que demuestra el estado de la rentabilidad de cada sistema de estudio.

**Facilidad de obtener créditos con entidades financieras:** Con este indicador se observó si los campesinos reciben o no, apoyo financiero de entidades de la región, que ofrecen créditos bancarios, para ayudar en la compra de insumos y materiales necesarios en el proceso productivo de los cafetales. La evaluación del indicador se realizó con la respuesta de sí (3) o no (1).

**Altos costos de insumos:** La dependencia de insumos externos para la agricultura hace que esta se convierta en un sistema poco sostenible. La evaluación del indicador se obtuvo por una calificación de Si (1) o No (3) consideraban altos los costos de los insumos.

**Alza y baja de los precios del café:** El precio del café pergamino depende del comportamiento de las siguientes variables de mercado: Cotización en la bolsa de Nueva York, Prima por la calidad que se le reconoce al café colombiano y la tasa de cambio del peso colombiano frente al dólar, además, también depende de la

oferta y demanda del grano (Figuroa et al 2019), es así como en época de cosecha donde se tiene una buena oferta por el pequeño productor los precios tienden a bajar o quedarse estancados, lo que afecta grandemente la economía del productor, ya que sus ingresos dependen directamente de estas ventas. La evaluación de este indicador se valoró de acuerdo con la estimación de los productores en baja, media y alta el alza y baja de los precios de café.

En la **dimensión tecnológica** se seleccionaron los siguientes indicadores, teniendo en cuenta el manejo de los componentes y las labores productivas del cafetal:

**Elaboración y utilización de insumos orgánicos:** Los abonos orgánicos son una fuente de materia y energías dentro del suelo. Estos insumos presentan un rol vital en el incremento de la materia orgánica y el reciclaje nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este abono constituye la clave de la fertilidad y el incremento de los rendimientos productivos. La evaluación del indicador se realizó con la respuesta de sí (3) o no (1).

**Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios:** La diversificación vegetal y animal de un sistema de producción es la clave de la sostenibilidad. Incrementar los niveles de especies funcionales dentro de la finca es la única alternativa para enfrentar con resiliencia el fuerte cambio climático, siendo un indicador fundamental para garantizar el equilibrio ambiental y económico dentro de cada predio. Para la medición se establecieron tres rangos de evaluación alto (3), medio (2) y bajo (1).

**Tendencia a productos de cafés especiales:** Los cafés especiales son cafés sostenibles que conservan una consistencia en sus características físicas, sensoriales y prácticas culturales en sus procesos finales de beneficio. Inclinarsé por el cultivo de estos cafés constituye una de las principales vías para mejorar los rendimientos productivos del cafetal siempre y cuando se reestablezcan múltiples interacciones que garanticen el equilibrio de los pilares del agroecosistema hacia la búsqueda de la sostenibilidad de los sistemas. Este indicador se evaluó con la respuesta de sí (3) o no (1).

**Manejo de los residuos de café:** el manejo de los residuos de café, especialmente la pulpa se convierte en un material poco aprovechado, generando problemas en el cultivo, ya que al no hacer un buen compostaje están depositando la pulpa directamente al cafetal generando problemas de plagas, especialmente el de broca del café, hacer un buen uso de este material orgánico puede ayudar a disminuir costos de producción en la aplicación de abonos de origen químico. Para la medición se establecieron tres rangos de evaluación alto (3), medio (2) y bajo (1).

En la tabla 8 se presentan los indicadores, los rangos de evaluación y la ponderación.

**Tabla 8.** Indicadores seleccionados por dimensión para la caracterización ambiental, sociocultural, económica y tecnológica, del grupo de caficultores del municipio de Andes

DIMENSIÓN	INDICADORES	RANGOS DE PONDERACION		
		1	2	3
AMBIENTAL	Manejo de la calidad del suelo	Bajo	Medio	Alto
	Riesgos por intoxicaciones	Bajo	Medio	Alto
	Contaminación del agua	Alto	Medio	Bajo
	Porcentajes de infestación de broca	> 5	2 - 5 %	0 - 2 %
	Contaminación de agua por desechos de cosecha	Alto	Medio	Bajo
SOCIO CULTURAL	Conciencia ecológica de los caficultores	Bajo	Medio	Alto
	Trabajo familiar	1- 2	2 - 4	> 4
	Participación de las mujeres en las labores de la finca	Bajo	Medio	Alto
	Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos	Ninguna	1	> 2
ECONOMICA	Costos de producción	Costos > Ventas	Costos = Ventas	Costos < Ventas
	Facilidad de obtener créditos con entidades financieras	No		Si
	Altos costos de los insumos	SI		No
	Alza y baja de los precios del café	Bajo	Medio	Alto
TECNOLOGICA	Elaboración y utilización de insumos orgánicos	Bajo	Medio	Alto
	Manejo de los residuos del café	Bajo	Medio	Alto
	Tendencia de productos a cafés especiales	No		Si

	Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios.	Bajo	Medio	Alto
--	--	------	-------	------

### 2.4.3.6 Integración de resultados por dimensión

Los resultados de la integración de los resultados de la valoración del conjunto de indicadores se presentan en la tabla 4 y ha permitido realizar los siguientes análisis por dimensión.

**Tabla 9.** Resultados de la evaluación de indicadores por dimensión, para la caracterización del grupo de productores de café del corregimiento Santa Rita del municipio de Andes.

INDICADORES	VALORACION POR RANGO Y CATEGORIA		
	1	2	3
<b>DIMENSIÓN AMBIENTAL</b>			
Manejo de la calidad del suelo	45%	22%	33%
Riesgos por intoxicaciones	33%	11%	56%
Porcentajes de infestación de broca	33.33%	33.33%	33.33%
Contaminación de agua por desechos de cosecha	55%	22%	33%
<b>DIMENSIÓN SOCIO CULTURAL</b>			
Conciencia ecológica de los caficultores	33.3%	33.3%	33.3%
Trabajo familiar	45%	11%	44%
Participación de las mujeres en las labores de la finca	33%	45%	22%
Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos	22%	56%	22%
<b>DIMENSIÓN ECONOMICA</b>			
Costos de producción	11%	67%	22%

Facilidad de obtener créditos con entidades financieras	67%		33%
Altos costos de los insumos	56%		44%
Alza y baja de los precios del café	89%	11%	0%
<b>DIMENSIÓN TECNOLÓGICA</b>			
Elaboración y utilización de insumos orgánicos	100%	0%	0%
Manejo de los residuos del café	44%	44%	12%
Tendencia de productos a cafés especiales	44%	0%	56%
Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios	45%	22%	33%

Cada uno de los participantes evaluó por dimensión la importancia que le daba a cada uno de los indicadores de la siguiente manera:

**Dimensión ambiental:**

Manejo de la calidad del suelo: el 44% de los productores respondieron que era baja, el 22% medio y el 33% alto, esto evidencia que no existe una estrategia o una práctica definida que este direccionada a manejar la calidad del suelo dentro de la finca.

Riesgos por intoxicaciones: el 33% de los productores respondieron que era baja, el 11% media y el 56% que era alta, lo que evidencia el uso y aplicación de insumos químicos en sus cultivos, exponiendo la salud de productor y consumidor, además de la afectación directa al medio ambiente.

Porcentajes de infestación de broca: en cuanto al porcentaje de infestación de broca los niveles están en partes iguales, son conscientes que es la principal plaga del

cultivo que pone en riesgo la producción y la calidad del producto final, bajando la rentabilidad del cultivo.

Contaminación de agua por desechos de cosecha: la contaminación del agua por los desechos de cosecha el 56% de los productores dice que es alto, el 22% que es medio y el 33% que bajo, evidenciando que no existe un tratamiento de estas aguas residuales antes de ser vertida a los afluentes de agua, contaminándolas y no siendo aptas para el consumo humano, inclusive para las labores agrícolas, incluyendo el beneficio de café de sus vecinos aguas abajo.

### **Dimensión Socio cultural:**

Conciencia ecológica de los caficultores: la conciencia ecológica de los agricultores está distribuida de manera igualitaria, esto se puede explicar a los diferentes grupos de productores que se tienen, y del manejo y estrategias de sostenibilidad que han implementado en sus predios.

Trabajo familiar: en cuanto al trabajo familiar, el 44% tienen entre 1 y 2 personas de la familia trabajando en las labores de la agricultura, el 11% tienen entre 2 y 4 personas y el 44% tienen más de 4 personas, esta es una de las problemáticas que está enfrentando el agro en el país, los jóvenes se están desplazando a las ciudades o centros poblados quedando la producción en manos de los adultos mayores, y es ahí donde deben recurrir a la mano de obra externa aumentando los costos de producción.

Participación de las mujeres en las labores de la finca: el 33% de los productores dicen que la participación de las mujeres en la finca es baja, el 44% dicen que es media, y el 22% dice que es alto, la participación de las mujeres en las labores ha sido clave en la cultura cafetera, desde las labores de beneficio, hasta la siembra de productos de pancoger o las huertas, esto evidencia que esta labor está siendo reemplazada por otros integrantes de la familia o mano de obra externa.

Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos: el 22% dice que es bajo, el 56% medio y el 22% alto, el apoyo de las instituciones públicas y privadas en los procesos productivos tienen un alto impacto en la mejora de sus

sistemas de producción, mejorando técnicas con miras a la sostenibilidad de los sistemas y la resiliencia.

### **Dimensión económica:**

Costos de producción: para los costos de producción se evidencia que el 11% dicen que los costos son mayores a las ventas, el 67% dice que los costos son iguales a las ventas, y el 22% dicen que los costos son menores a las ventas. Según estas evaluaciones solo el 22% de los productores están obteniendo rentabilidad de sus cultivos, el 67% están en un punto de equilibrio, entendiéndose punto de equilibrio como el volumen de producción y ventas con el cual el ingreso total compensa exactamente los costos totales, que son la suma de los costos fijos y los costos variables (Mazon et al 2017). Algo generalizado en los pequeños productores es que no llevan registros de producción, para medir esta rentabilidad factor que puede hacer ver el sistema de producción como no rentable.

Facilidad de obtener créditos con entidades financieras: el 67% dicen que tienen facilidad para obtener créditos y el 33% dicen que no es fácil. En este indicador se tiene que los requisitos de las instituciones financieras para otorgar créditos son muy estrictos, es allí donde los pequeños productores no tienen la facilidad de cumplir con todos, en ocasiones se ven en la necesidad de hacer hipotecas de su finca arriesgando su capital, es ahí donde no ven la facilidad de obtener un crédito.

Altos costos de los insumos: El 56% de los productores dicen que los insumos son costosos y el 44% dice que no, nos muestra que se deben de adoptar estrategias de producción hacia la agroecología para la sustitución de paquete tecnológico por insumos orgánicos que se pueden producir en la finca.

Alza y baja de los precios del café: el 89% dicen que la variación del precio del café es bajo y el 11% dice que es alto. Esto se ve reflejado con la fluctuación del precio del café, sobre todo en épocas de cosecha, donde el café baja precio de compra y año tras año ven que se conserva el precio con muy bajo incremento. El precio interno del café en Colombia, resulta de la combinación de tres variables del mercado: el diferencial por calidad del café colombiano, , el precio internacional del café

cotizado en la Bolsa de Nueva York y la tasa de cambio. La interacción de estas tres variables produce que el precio del café publicados por la Federación, aumente o disminuya de un periodo a otro, y se fije el valor promedio por carga de café (FNC, 2014).

### **Dimensión tecnológica:**

Elaboración y utilización de insumos orgánicos: el 100% de los productores no están elaborando y utilizando insumos orgánicos en sus cultivos, razón que los obliga a ser dependientes de paquetes tecnológicos, principalmente fertilizantes, para producir en sus fincas.

Manejo de los residuos del café: el 44% tienen bajo manejo de los residuos del café, el 44% medio y el 11% alto, solo el 11% de los usuarios hacen un buen uso de los residuos del café, transformando estos en insumos orgánicos para su posterior aplicación en los diferentes cultivos del sistema de producción.

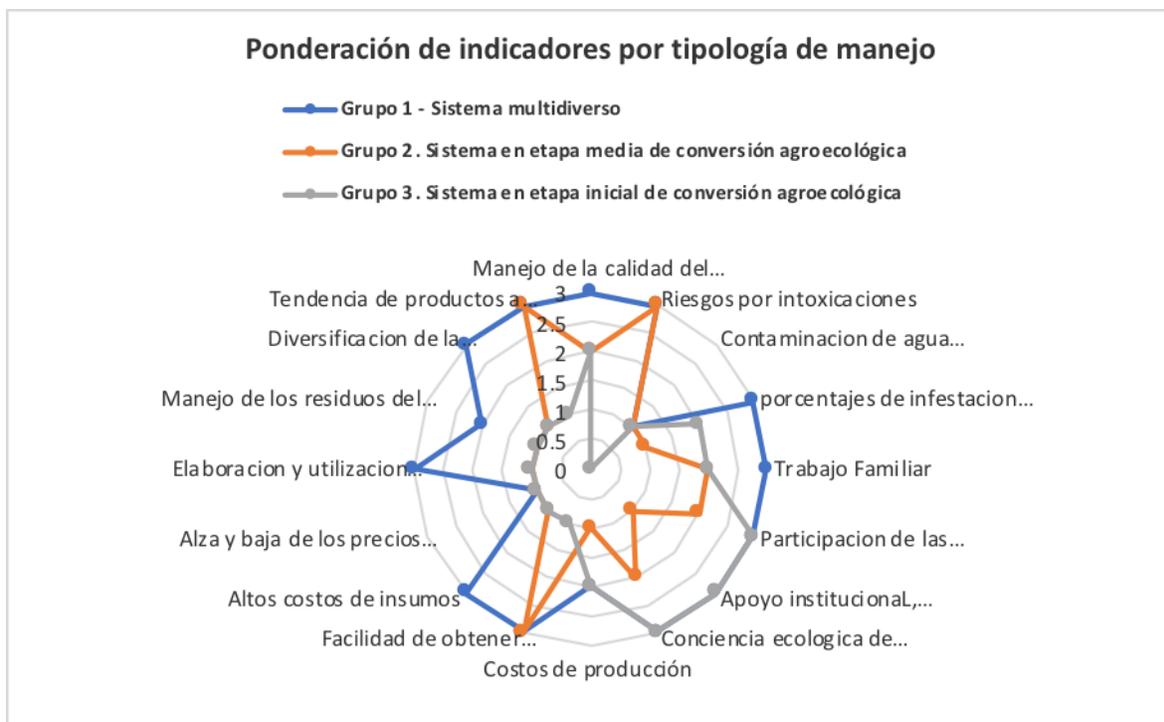
Tendencia de productos a cafés especiales: el 44% de los usuarios no pretenden producir con tendencia a cafés especiales, el 56% quieren llegar a tener un café especial diferenciado de origen.

Diversificación de la producción agrícola dentro de los predios: el 44% de los predios evaluados tienen una baja diversificación de sus predios, el 22% medio y el 33% alta, la diversificación de los sistemas de producción ayuda con los ingresos y con la seguridad alimentaria del hogar, con la implementación de cultivos de pancoger entre otros, además ayuda al manejo del cultivo aportando a las interacciones positivas, alelopatía, preparación de bioinsumos, entre otros.

La evaluación de los indicadores de sostenibilidad evaluados en la zona se ponderó con base en los tres grupos de sistemas de producción encontrados en la tipificación de los sistemas cafeteros realizado mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2. los datos ponderados obtenidos en la tabla 5 se graficaron de manera radial (gráfica 24) para mirar el comportamiento de cada grupo.

**Tabla 10.** Resultados de los indicadores evaluados y ponderación para la caracterización sociocultural, ambiental, económica y tecnológica por tipologías de manejo.

<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>Grupo 1 - Sistema multidiverso</b>	<b>Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica</b>	<b>Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica</b>
<b>AMBIENTAL</b>	Manejo de la calidad del suelo	3	2	2
	Riesgos por intoxicaciones	3	3	3
	Contaminación de agua por desechos de cosecha	1	1	1
	porcentajes de infestación de broca	3	1	2
<b>SOCIO CULTURAL</b>	Trabajo Familiar	3	2	2
	participación de las mujeres en las labores de la finca	3	2	3
	Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos	3	1	3
	Conciencia ecológica de los caficultores	3	2	3
<b>ECONOMICA</b>	Costos de producción	2	1	2
	Facilidad de obtener créditos con entidades financieras	3	3	1
	Altos costos de insumos	3	1	1
	Alza y baja de los precios del café	1	1	1
<b>TECNOLOGICA</b>	elaboración y utilización de insumos orgánicos	3	1	1
	Manejo de los residuos del café	2	1	1
	Diversificación de la producción Agrícola dentro de los predios	3	1	1
	Tendencia de productos a cafés especiales	3	3	1



**Gráfica 25.** Evaluación de sostenibilidad de los tres grupos de productores encontrados en la caracterización y tipificación de los sistemas.

La metodología de evaluación va en un rango de 1 a 3, siendo 1 el menos deseado y el 3 el nivel ideal para un sistema sostenible. Para los indicadores calificados con el valor de uno se deben de crear estrategias que mejoren el sistema y ayuden a la sostenibilidad de las fincas cafeteras.

En el grupo 1 – Sistema multiverso se observan deficiencias en la adopción de estrategias o tecnologías acordes en los siguientes indicadores:

- Contaminación de agua por desechos de cosecha.
- Alza y baja de los precios del café.

En el grupo 2 – Sistema en etapa media de conversión agroecológica, se observan deficiencias en la adopción de estrategias o tecnologías acordes en los siguientes indicadores:

- Contaminación de agua por desechos de cosecha.

- Porcentajes de infestación de broca.
- Apoyo institucional, capacitación y acompañamiento en los procesos.
- Costos de producción.
- Altos costos de insumos.
- Alza y baja de los precios del café
- Elaboración y utilización de insumos orgánicos
- Manejo de los residuos del café
- Diversificación de la producción Agrícola dentro de los predios

En el grupo 3 – Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica, se observan deficiencias en la adopción de estrategias o tecnologías acordes en los siguientes indicadores:

- Manejo de la calidad del suelo
- Contaminación de agua por desechos de cosecha
- Porcentajes de infestación de broca
- Trabajo familiar
- Costos de producción
- Facilidad de obtener créditos con entidades financieras
- Altos costos de insumos
- Alza y baja de los precios del café
- elaboración y utilización de insumos orgánicos
- Manejo de los residuos del café
- Diversificación de la producción Agrícola dentro de los predios

La sostenibilidad de los sistemas de producción exige redefinir la actividad económica, social, ambiental y tecnológica de acuerdo con las necesidades materiales e inmateriales. Las transformaciones deben basarse en unidades de producción locales y diversificadas, adaptadas a las características de los ecosistemas para usarlos de manera sostenible (Martínez, 2019).

Para poder incrementar el porcentaje de aceptación de prácticas se recomienda realizar capacitaciones de sostenibilidad de los sistemas de producción, visitas y

evaluaciones de campo en la cuales se profundice las temáticas relacionadas con el control biológico de plagas y enfermedades.

En el caso del grupo 1, se recomienda incluir dentro de los ingresos a obtener por el caficultor: el café, musáceas, frutales y pan coger, además de visualizar su producción hacia cafés especiales.

## **2.5 CONCLUSIONES**

Desde la caracterización del sistema de producción se pueden observar grupos de caficultores que comparten similitud en cuanto a las variables evaluadas, mostrando diferentes tipologías de manejo en las dimensiones económica, sociocultural, ambiental y productiva.

En la dimensión ambiental las variables con mayor correlación son: sistemas de cultivos, utilización de plaguicidas y riesgos por intoxicación, evidenciando que aún persisten los sistemas de producción tradicionales, dependientes de paquetes tecnológicos, generando la necesidad de implementar estrategias de manejo del cultivo que sean amigables con el medio ambiente, sin generar riesgos a la salud del productor y del consumidor.

En la dimensión económica, la variable que mayor correlación tuvo con las demás fue el rendimiento, y está directamente relacionada con las prácticas agrícolas que se implementen en el sistema, es así como el manejo y control de plagas y enfermedades, arvenses, fertilización, diversificación y beneficio del café, son actividades claves para obtener un producto de excelente calidad física del grano y de la bebida, por lo tanto, que sea valorado en el mercado como un producto de origen o especial.

En la dimensión productiva, las variables que tuvieron una alta correlación fueron: número de cultivos, biodiversidad vegetal, número de especies animales, calidad del suelo, uso de biopreparados y registros de producción. Estas variables son el grupo clave para que los sistemas de producción sean agroecológicos y sostenibles.

A mayor número de cultivos dentro del sistema, más oportunidades de ingresos económicos y de seguridad alimentaria para la familia, además, aporta en los diseños de los sistemas para el manejo y control de plagas, adicionalmente el aporte nutricional al suelo, reflejado en el grupo 1 debido a que cuenta con una buena diversificación de la producción Agrícola dentro de los predios, y por ende fuentes alternativas al café para la generación de ingresos.

El sistema animal como complemento a una familia integrada y diversificada es clave para la elaboración de abonos orgánicos y biopreparados para el cultivo, a mayor diversidad de especies animales, mayor es el aporte nutricional complementado con el aporte que hacen los residuos orgánicos y de cosecha, aumentando la eficiencia biológica y económica del sistema, además, de la conservación del medio ambiente, bienestar económico, disminución de contaminación y deterioro de los recursos naturales.

El suelo es el soporte vital de todos los cultivos, mantener sus características físicas y químicas ayudan a la nutrición y anclaje de las plantas, en los sistemas evaluados no se evidencia la utilización de técnicas de manejo y conservación de los suelos, por lo cual es necesario implementar estrategias que ayuden a su conservación y aporten a sus propiedades.

Con la tipificación de los sistemas se obtuvieron tres grupos de productores: Grupo 1 - Sistema multidiverso; Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica; Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica, como el nombre asignado a cada grupo lo indica son tres grupos de productores que poseen unas características acordes al nivel de cambios hacia un sistema agroecológico implementados en las fincas.

### **3 CAPITULO III. EVALUACIÓN RÁPIDA DE BIODIVERSIDAD EN 14 FINCAS PRODUCTORAS DE CAFÉ, MUNICIPIO DE ANDES, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.**

#### **RESUMEN**

Se evaluó la biodiversidad funcional de 14 fincas productoras de cafés bajo diferentes manejos. La investigación se realizó en el corregimiento de Santa Rita del municipio de Andes, Antioquia. En cada sitio se realizó una caracterización cualitativa del componente vegetal de las fincas siguiendo la metodología de la evaluación rápida de biodiversidad productiva, nociva, introducida funcional y auxiliar de (Vásquez, L, 2010), siendo modificada por otras expresiones de los valores, debido a los diferentes tipos de manejo de cultivo que van desde sistemas convencionales hacia sistemas en proceso de conversión agroecológicos.

Los resultados de esta investigación permitieron conformar una clasificación predial indicadora de la biodiversidad de los cultivos. Esta variable permitió detectar que solo una finca se encuentra valorada en un grado medianamente complejas y el resto se categorizaron en poco complejas. Por tanto, no se encontraron fincas que se clasificaran en el más bajo nivel que son simplificadas, ni en lo más alto que sería altamente complejas, lo cual indica que no podríamos hablar de los sistemas de café de esta zona como monocultivos extensivos.

#### **Palabras claves**

biodiversidad, manejo integrado del cultivo, fincas complejas.

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El término diversidad hace referencia al conjunto de plantas, animales y microorganismos que viven e interaccionan en un ecosistema también llamada biodiversidad (Wilson 1988, Loreau 2003, Sans 2007). Los agroecosistemas tienen otros tipos de heterogeneidad que va más allá de la predeterminada por el número de especies, estos varían en la disposición espacial de sus componentes, en los procesos funcionales e, incluso, en el genoma de los organismos. Además, los sistemas de

producción agropecuaria pueden cambiar a lo largo del tiempo tanto de forma cíclica como estacional. La diversidad, en consecuencia, tiene diversas dimensiones que amplían el concepto de diversidad a diversidad ecológica (Gliessman 2000).

La biodiversidad considerada como la diversidad o variedad biológica (Griffon, 2008; Gastón & Spicer, 2004; UNEP, 1992, Bengtsson, 2005), tiene dos componentes (Krebs, 1978) la riqueza de especies, que se expresa en el número de especies y la equidad, que es el número de individuos de cada especie. Wilson (1988) y Groombridge (1992) plantean que la biodiversidad incluye tres planos de complejidad, los genes, las especies y los ecosistemas o hábitats; es decir, se entiende como la variabilidad de la vida en todas sus formas y niveles. McNeely et al (1990), Duffy (2003), y López et al (2007) afirma que la biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema.

El aumento de la diversidad favorece la diferenciación de hábitats, incrementa las oportunidades de coexistencia y de interacción entre las especies y está asociado a una mayor eficiencia en el uso de los recursos. En general, los agroecosistemas más diversificados están relacionados con la agricultura ecológica y tradicional, los cuales pueden tener mayores ventajas frente a los altamente simplificados, como el caso de los sistemas agrícolas convencionales y particularmente los monocultivos. De igual manera, los agroecosistemas dentro de las limitaciones impuestas por la necesidad de extraer biomasa, pueden tender a diferentes niveles de diversidad, similares a los de los sistemas naturales y beneficiarse del aumento de la estabilidad generada por una mayor diversidad (Grime 1998, Loreau 2000, Diaz, 2006, Sans, 2007, León 2014).

La biodiversidad en los sistemas agrícolas debe proporcionar servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos, como por ejemplo el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, la detoxificación de productos químicos nocivos y la resiliencia ante eventos extremos del cambio climático (Altieri & Nicholls, 2007, Funes-Monzote, 2009, Altieri et al, 2014).

El estudio de Moguel y Toledo (1999) en México, demuestra que los cultivos con sombra protegen al sistema de la degradación excesiva de los recursos asociados, lo que permite que se preserve y aumente la biodiversidad nativa, debido a que sirve de refugio para las especies de plantas y animales como árboles, epífitas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y artrópodos, comparado con los monocultivos bajo un sistema de intensificación (Moguel y Toledo 1999); la diversidad de especies encontradas en los cafetales bajo sombra es similar a la encontrada en bosques naturales.

Dempster (1974) y Sans (2007), afirman que los sistemas agropecuarios deben ser económicamente rentables y ecológicamente sostenibles, para ello es clave identificar el tipo de diversidad que se quiere mantener o favorecer, tanto a escala de la parcela como del paisaje, con el objetivo de llegar a un equilibrio ecológico regional y, en consecuencia, proponer las prácticas agrícolas más adecuadas para favorecer la diversidad.

Vázquez y Matienzo (2010), plantean una clasificación de la biodiversidad para sistemas agrícolas y un método para la evaluación rápida de la misma de los sistemas agropecuarios, esta se encuentra dividida en: Biodiversidad productiva, incluye la biota introducida o autóctona que se cultiva o cría con fines económicos (plantas y animales); biodiversidad nociva, son los organismos que afectan las plantas y animales de interés económico; biodiversidad funcional, los organismos que regulan naturalmente las poblaciones de fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos, considerados enemigos naturales, es decir, los biorreguladores de plagas; biodiversidad introducida funcional, se refiere a los organismos que se reproducen masivamente y se introducen en el sistema mediante liberaciones o aplicaciones inoculativas o aumentativas, sean artrópodos entomófagos, nematodos entomopatógenos, microorganismos entomopatógenos, microorganismos antagonistas, entre otros. También, se incluyen aquí los abonos orgánicos, biofertilizantes y micorrizas; biodiversidad auxiliar, la biota que habita naturalmente en los sistemas agrícolas y que contribuye indirectamente al resto de la biodiversidad. Aquí se incluyen las plantas que crecen silvestres o se manejan, pero no fundamentalmente con fines productivos, también los animales que se utilizan en las labores agrícolas.

La degradación y pérdida de los ecosistemas naturales en la producción agropecuaria ha ocasionado la pérdida parcial o total de biodiversidad, amenazando el desabastecimiento de los recursos, altos índices de incidencia de plagas y enfermedades, degradación del suelo y pérdida en la calidad de los productos (Moreno, 2001, Naeem 2003).

El monocultivo, y sus prácticas como la utilización de insumos químicos para el control de plagas, enfermedades y arvenses, la mecanización intensiva, la fertilización química, conllevan a una disminución de la biodiversidad. Mientras que la diversificación de los cultivos mediante la utilización de rotaciones, los policultivos, cultivos de cobertura, el mantenimiento de corredores y cercas vivas, fertilización orgánica y labranza mínima, se asocian con un incremento de la biodiversidad (Chapin 2000, Sarandon, 2014).

La recuperación y protección de los recursos naturales debe asegurar el incremento de la biodiversidad, el conjunto de los seres vivos que habitan un país constituyen un patrimonio insustituible porque cada especie, e incluso cada población, alberga en su genoma la información de millones de años de adaptaciones evolutivas (Chapin 2000, Griffon, 2008).

Los paisajes que son transformados para establecer cultivos de café, tienden por lo general a ser bosques mesófilos y tropicales perennes, a los que se asocian especies de anfibios (Santos et al. 2011), reptiles, artrópodos y mamíferos propios de la región, mientras que los agroecosistemas cafeteros con vegetación compleja, ayudan a mantener una alta riqueza de especies, a mayor distancia del bosque, como es el caso de las plantas epífitas en los bosques nativos y en los cafetales conformados en policultivos (Moorhead et al. 2010)

Es también el cultivo de café, uno de los pocos sistemas productivos capaces de sostener una comunidad de mamíferos de muy diversas especies, a pesar de la transformación de la vegetación original, ya que mantiene los estratos arbóreos del café bajo la sombra, lo que proporciona una buena fuente de alimento, refugio, nidos y protección para los mamíferos (Rojas et al. 2012), además de especies de amplia distribución como las aves migratorias (Tejada et al. 2004) y los murciélagos (Kraker y Pérez 2011), el café bajo sombra sirve como refugio de paso para este

tipo de animales. Un estudio realizado en el departamento del Cauca en Colombia con mariposas, determinó el efecto del tamaño del parche sobre la población, el cual no evidenció un aumento de población, pero sí una mayor movilidad hacia la matriz de café de sombra, frente a la de café de sol (Velasco et al. 2010)

El Centro Nacional de Investigaciones de Café en Colombia (FNC 2014) ha efectuado estudios con el objetivo de conocer y conservar la biodiversidad de las diferentes regiones cafeteras del país, entre las cuales se encuentra el departamento de Santander, la Sierra Nevada de Santa Marta, los departamentos de Antioquia, Huila y Nariño, y la zona cafetera del Quindío, Armenia y Manizales, principalmente. Un avance técnico-cuantitativo fue el estudio para identificar a nivel regional la biodiversidad de las zonas cafeteras, en el que los resultados arrojaron una amplia diferencia en el número de especies de aves, anfibios, reptiles, artrópodos y mamíferos por hábitat. La mayor diversidad de plantas se encontró en los parches de bosques secundarios o de rastrojos altos (60% y 70%), cuya composición está menos alejada de las actividades humanas.

Es importante señalar que esta forma de abordar la biodiversidad no pretende sustituir las formas clásicas de estudiar y sistematizar la composición, estructura, riqueza y diversidad florística o las formas de entender la evolución de los rasgos dentro de las especies. Representa un enfoque complementario que surgió ante la necesidad de diagnosticar y predecir el funcionamiento de los ecosistemas como respuesta a los inminentes cambios a escala global directamente asociados con el efecto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas (Diaz et al. 2002; Fernandez 2007; Casanoves et al. 2011, León, 2014).

Rojas et al. (2012), manifiesta que la intensificación del sistema de producción de café impacta directamente la biodiversidad, debido a que va degradando la cobertura vegetal y reduciendo el número de especies animales y vegetales, nativas de la zona de plantación.

El análisis de la biodiversidad en 14 fincas productoras de café (*coffea arábica l.*) en el departamento de Antioquia, municipio de Andes, arroja resultados que pueden



Fuente: Plan territorial de salud, en: <https://www.google.com.co/search?q=mapa+de+andes+antioquia+con+sus+veredas&biw=1024&bih=431&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKE-winvpOA0pjNAhVLKB4KHR3yA94QsAQIJK&dpr=1#imgrc=I5K2uOkJ-DiFGM%3A>

**Gráfica 26.** Mapa de localización de la zona de estudio.

### 3.2.2. Evaluación de biodiversidad

Para realizar la medición rápida de biodiversidad se utilizó la metodología de Vázquez y Matienzo (2010), la cual permite clasificar la complejidad de cada sistema productivo.

Dentro del proyecto se realizó un proceso de capacitación participativa con los productores con el propósito de que ellos conocieran y se apropiaran del concepto de biodiversidad y del método de evaluación rápida de la misma, para que a futuro puedan aplicar dichas evaluaciones en sus propios predios y lleven a cabo un seguimiento de cada uno de los tipos de biodiversidad que tienen en sus sistemas de producción, y de los procesos para incrementarla en pro del manejo agroecológico del sistema. El método empleado corresponde a una adaptación de la metodología planteada por Brüscheweiler y Rist (2005).

En la tabla 11 se muestra la metodología propuesta por Vázquez y Matienzo (2010), realizada en cada uno de los sistemas evaluados.

**Tabla 11.** Evaluación rápida de biodiversidad propuesta por Vázquez y Matienzo (2010).

EVALUACIÓN RÁPIDA DE LA BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	Finca: Propietario o administrador: Municipio : Superficie total (Hectáreas): Corregimiento: Vereda:		Año analizado: Fecha de evaluación: Realizada por: Otros participantes:
	Componentes e indicadores de la biodiversidad	Expresión de los indicadores para cada evaluación	Resultados Valor obtenido y (grado de complejidad según la escala)
<b>BIODIVERSIDAD PRODUCTIVA</b>			

Diversidad de cultivos	de	Número de cultivos		
Variedades de cultivos	de	Cultivos en que se manejan variedades (% del total)		
Siembras de cultivos		Número de siembras en el año		
Asociaciones e intercalamiento de cultivos	de	Siembras asociadas e intercaladas (% del total)		
Barreras vivas		Siembras con barreras vivas (% del total)		
Número de especies que se utilizan		Especies de barreras vivas		
Rotación de cultivos		Campos que rotaron (% del total de siembras)		
Rotación con cultivos conservadores del suelo	del	Cultivos de cobertura (% de las siembras)		
Asociación con cobertura viva	con	Campos asociados con cobertura viva (% de siembras)		
Sombra temporal		Siembras con sombra temporal (% del total)		
Diversidad de animales	de	Número de especies de animales que se crían		
<b>BIODIVERSIDAD AUXILIAR</b>				
Plantas repelentes		Siembras con plantas repelentes (% del total)		
Especies de plantas repelentes		Número de especies		
Cercas vivas perimetrales	vivas	Lados de la finca con cerca viva (% del perímetro)		
Especies en cercas vivas	en	Número de especies		
Sombra permanente		Porcentaje de siembras con sombra permanente		
Especies de sombra permanente		Número de especies de sombra permanente		
Arboleda o minibosque		Número de arboledas existentes		
Diversidad de especies en la arboleda o mini bosque	de	Especies de árboles frutales y forestales en arboledas o mini bosques.		

Ambientes seminaturales	Porcentaje de la superficie de la finca donde crece vegetación silvestre o espontáneamente (ambientes seminaturales).		
Animales para labores	Número de especies de animales que se emplean en las labores de la finca		
<b>BIODIVERSIDAD FUNCIONAL</b>			
Reservorios de biorreguladores	Número de reservorios que se manejan		
Traslado de enemigos naturales desde reservorios	Número de siembras con traslados realizados		
Crías rústicas	Número de especies de biorreguladores que se crían en la finca		
Liberaciones de crías rústicas	Número de liberaciones realizadas		
Diversidad de enemigos naturales	Número de grupos de enemigos naturales que se observan comúnmente en los cultivos de la finca.		
Diversidad de polinizadores	Número de especies		
Materia orgánica en el suelo	Porcentaje estimado o según análisis de suelo		
Producción de materia orgánica	Número de abonos orgánicos que se producen y utilizan en la propia finca		
Abonos orgánicos	Número de campos o parcelas con incorporaciones de abonos orgánicos antes de la siembra.		
Abonos orgánicos foliares	Número de aplicaciones foliares de abonos orgánicos		
Microorganismos eficientes	Número de aplicaciones foliares y al suelo de microorganismos eficientes		
<b>BIODIVERSIDAD INTRODUCIDA FUNCIONAL</b>			

Diversidad entomófagos liberadas	de	Número de especies de entomófagos que se liberaron		
Liberaciones entomófagos	de	Número de liberaciones realizadas en el año		
Diversidad entomopatógenos	de	Número de especies y cepas aplicadas		
Aplicaciones entomopatógenos o bioplaguicidas	de	Número de aplicaciones en el año		
Diversidad antagonistas	de	Número de especies y cepas aplicadas		
Aplicaciones antagonistas	de	Número de aplicaciones que se realizan en el año		
Biofertilizantes suelo	al	Número de productos utilizados		
Aplicaciones biofertilizantes	de	Número de aplicaciones realizadas		
Micorrizaciones		Número de siembras micorrizadas		
<b>BIODIVERSIDAD NOCIVA</b>				
Insectos plagas cultivos		Total de especies de insectos nocivos en los		
Ácaros plagas		Total de especies de ácaros nocivos en los cultivos		
Hongos fitopatógenos x		Total de especies de ácaros nocivos en los cultivos		
Bacterias fitopatógenas		Total de enfermedades bacterianas en cultivos		
Virosis		Total de enfermedades virales en cultivos.		
Parásitos de animales		Total de parásitos de animales de crianza detectados		
Enfermedades animales	de	Total de enfermedades de animales de crianza detectadas		
Total de grados de la escala (N)				
Productos de multiplicar cada grado por el número de indicadores que lo tienen:				
0 x 24				
1 x 9				
2 x 5				

3 x 2	
4 x 8	
(1) Sumatoria de los productos de la multiplicación de cada grado:	
Total de componentes evaluados (n)	
(2) Producto de multiplicar el total de componentes (n) por el número de grados de la escala (N)((n x N)	
Grado de complejidad: Producto de la división de (1) /(2)	
Clasificación de la finca respecto al grado de complejidad de la biodiversidad	

En la tabla 12 se muestra la escala que permite clasificar la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad, así como del sistema de producción.

**Tabla 12.** Escala de clasificación de la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad del sistema de producción evaluado, propuesto por Vázquez y Matienzo (2010), y el modificado para el estudio de caso.

Grado de complejidad del sistema	Expresión de los resultados Vázquez y Matienzo (2010).		Expresión de los resultados modificados para el estudio de caso.		Denominación del grado de complejidad del sistema (finca)
	Valor absoluto	Porcentaje (%)	Valor absoluto	Porcentaje (%)	
0	0	0	0	0	Simplificado
1	1-3	1-25	1-2	1-25	Poco compleja
2	4-6	26-50	3-4	26-50	Medianamente compleja
3	7-10	51-75	5-6	51-75	Compleja
4	Más de 10	Más de 75	Más de 7	Más de 75	Altamente compleja

(\*) Las fracciones por encima del 0,5 del valor final se consideran en el valor siguiente. Ejemplo: 3,8 es 4

Cada indicador es calificado según esta escala y al final se suman los valores o grados de cada componente, se dividen entre el total de componentes evaluados y se halla el promedio, que es el resultado final y con este valor se clasifica la finca o sistema de producción.

Para nuestro caso estos valores fueron modificados ya que las fincas evaluadas son convencionales y en proceso de conversión a Agroecológica.

**Tabla 13.** Escala de clasificación de la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad, así como del sistema de producción o finca, adecuado para el estudio de caso.

Grado de complejidad del sistema	Expresión de los resultados		Denominación del grado de complejidad del sistema (finca)
	Valor absoluto	Porcentaje (%)	
0	0	0	Simplificado
1	1-2	1-25	Poco compleja
2	3-4	26-50	Medianamente compleja
3	5-6	51-75	Compleja
4	Más de 7	Más de 75	Altamente compleja

### 3.4. RESULTADOS DISCUSION

Se realizó la capacitación y evaluación rápida de biodiversidad en 14 fincas productores de café del Municipio de Andes, corregimiento de Santa Rita, en las veredas, La Clara, San Gregorio, Egipto y La Soledad.

En la capacitación participativa con los integrantes de los 14 sistemas productivos de café se llevaron a cabo 4 talleres distribuidos de la siguiente manera:

Taller 1. Agroecología, se trabajaron las siguientes temáticas: Concepto, ventajas de la producción agroecológica e implementación de la agroecología en sistemas productivos de café.

Taller 2. Agroecología en el cultivo del café, se trabajaron las siguientes temáticas: Pilares de la agroecología, practicas agroecológicas, manejo del suelo, manejo del cultivo, manejo de plagas, enfermedades y arvenses, producción de bioinsumos.

Taller 3. Biodiversidad, se trabajaron las siguientes temáticas: concepto de biodiversidad, importancia de la biodiversidad y procesos asociados a la biodiversidad.

Taller 4. Tipos de biodiversidad, se trabajaron las siguientes temáticas: Biodiversidad productiva, biodiversidad nociva, biodiversidad introducida, biodiversidad funcional.

Se realizaron capacitaciones con presentaciones ilustradas acerca del tema, luego se implementaron las prácticas en campo evaluando lo observado en la capacitación, se llevó a cabo la socialización de lo encontrado en campo, y por último un encuentro cultural alrededor de la alimentación.

Los resultados obtenidos después de realizar la evaluación rápida de biodiversidad en cada sistema productivo con su clasificación según el grado de complejidad, se muestran en la tabla 14, y en la figura 27.

**Tabla 14.** Resultados de la evaluación de biodiversidad en 14 sistemas de producción en el Municipio de Andes Antioquia.

PREDIO	EVALUACION DE BIODIVERSIDAD		GEOREFERENCIACIÓN		
	CLASIFICACIÓN DE BIODIVERSIDAD	DENOMINACION	Latitud N	Longitud W	Altura (msnm)
La Esperanza	1	POCO COMPLEJA	56°00'85"	75°89'9.88"	1956
El Pedregal	1	POCO COMPLEJA	56°01' 91"	75°89'8.38"	1884
La violeta	1	POCO COMPLEJA	56°08'18"	75°92'7.90"	1765
San Juan	1	POCO COMPLEJA	56°08'91"	75°92'4.87"	1740
EL Zapote	1	POCO COMPLEJA	56°00'86"	75°89'9.93"	1970
La Loma	1	POCO COMPLEJA	56°01'45"	75°89'9.49"	1945
La Isabela	1	POCO COMPLEJA	56°06'18"	75°92'6.90"	1771
La Aurora	2	MEDIANAMENTE COMPLEJA	56°05'69"	75°92'8.99"	1840
La Cumbre	2	MEDIANAMENTE COMPLEJA	56°01'77"	75°91'5.36"	1845
La Cecilia	3	COMPLEJA	55°99'79"	75°91'7.80"	1947
La Esperanza Laura	1	POCO COMPLEJA	55°99'53"	75°91'6.24"	1873
La Dalia	3	COMPLEJA	55°99'96"	75°91'3.94"	1906
La Quinta	1	POCO COMPLEJA	56°11'37"	75°91'4.98"	1705
El Progreso	1	POCO COMPLEJA	56°10'05"	75°91'4.18"	1756

En la gráfica 27, se muestra el diagrama radial en donde el valor de cero indica que el sistema productivo es un monocultivo extensivo, a medida que este valor va aumentando quiere decir, que los sistemas de producción se están diversificando (Vázquez & Matienzo, 2010).



**Gráfica 27.** Gráfica radial de la clasificación de biodiversidad evaluada en 14 sistemas de producción de café en el municipio de Andes Ant.

La evaluación de biodiversidad arroja como resultado 10 fincas en denominación de poco compleja, dos fincas en complejas, y dos fincas en medianamente compleja, es de anotar que estos sistemas de producción están en proceso de conversión de sistemas en monocultivo a sistemas más diversificados con prácticas agroecológicas.

Para los procesos de transición de un sistema de producción intensivo a un sistema de producción agroecológico, el aumento de la biodiversidad es fundamental, siendo este uno de los pilares fundamentales de la misma, incrementando la biodiversidad permite al agricultor llegar a que su sistema sea sostenible en el tiempo, desde lo económico, con más rubros productivos que ayudan a la economía, o en su defecto a la seguridad alimentaria del hogar, en lo ambiental, implementando manejos sostenibles basados en los diseños de producción con bajos costos de producción, y bajo impacto al medio ambiente en cuanto a contaminación, en lo social ayuda a mejorar relaciones con el medio que lo rodea siendo un faro para

replicar estrategias en su entorno, y en lo tecnológico, rodeándose de estrategias limpias que lo posicionan en un mercado local más atractivo.

Uno de los principales objetivos en el momento de la transformación de sistemas de producción es convertirlo en un agroecosistema complejo y diverso, debido a que solo el aporte de biodiversidad crea un ambiente ideal para obtener interacciones benéficas. El aumento de especies vegetales en el sistema, mediante diferentes prácticas de siembra, es una de las principales labores, conduciendo a cambios positivos en las condiciones abióticas y atrae poblaciones de artrópodos benéficos, actividad microbiológica y otros animales. Creando condiciones adecuadas, que le permiten al sistema un manejo apropiado de sus componentes específicos de manera que se incrementa: fertilidad, productividad y regulación de plagas (Vandermeer et al. 1998, Gliessman 2002, Altieri et al. 2015, Roset et al 2018).

De igual manera en un sistema multidiverso todos los problemas que enfrentan los productores pueden ser solucionados con un manejo apropiado de cada uno de los componentes y sus interacciones, minimizando la dependencia de insumos externos. Los métodos más utilizados por la agroecología en este tipo de sistemas se basan en el aumento de la diversidad funcional, incrementando la complejidad del agroecosistema, como principio para establecer interacciones positivas que mantengan controladas a las poblaciones de plagas. Es así como los ecosistemas con alta biodiversidad tienden a recuperarse de perturbaciones y restablecen con mayor facilidad el balance en sus procesos de reciclaje de nutrientes y de los flujos de energía; en ecosistemas con poca biodiversidad, las perturbaciones pueden causar cambios permanentes en sus funciones, teniendo como resultado la pérdida de recursos del ecosistema (Gliessman, 2002).

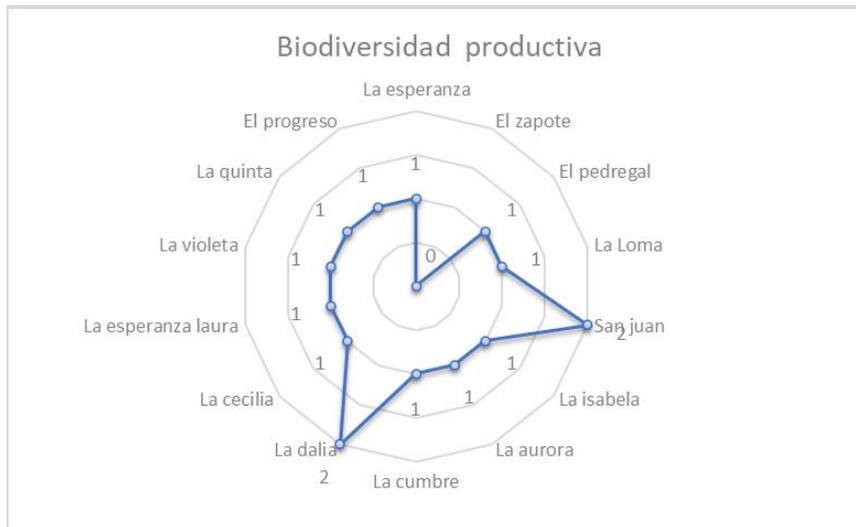
Como complemento, Roset et al (2018), afirman que los sistemas agrícolas diversificados ofrecen una gran variedad de productos para la soberanía alimentaria local y nacional, y la seguridad de los medios de vida y que a su vez niveles muy altos de biodiversidad, desempeñan un papel en la regulación del funcionamiento del ecosistema y en la provisión de servicios ecosistémicos con relevancia local y global, además, desde el punto de vista de la resiliencia frente a los desastres climáticos

está estrechamente relacionada con la presencia de mayor biodiversidad en los campos cultivados (Vandermeer et al. 1998, Altieri et al. 2015).

Si la diversidad aumenta, también lo hacen las oportunidades de coexistencia e interferencia benéfica entre especies, lo que ayuda a mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción, así mismo, los sistemas diversos fomentan las redes tróficas complejas, lo que aumenta las interacciones entre sus subsistemas, generando vías alternativas para el flujo de energía y de materia. Por esta razón, una comunidad más compleja se caracteriza normalmente por una producción más estable y por menores fluctuaciones en la cantidad de organismos indeseables (Roset et al, 2018).

Teniendo en cuenta los resultados generales de la evaluación de biodiversidad, y rescatando la función que tiene la biodiversidad en un sistema de producción se tomó la decisión de realizar la evaluación de cada una de las diversidades por separado, esto con el fin de observar el comportamiento de cada una, y así poder realizar unas recomendaciones acerca del manejo de aquellas que se tienen, y de las estrategias a recomendar para implementar aquellas en donde se ven falencias, por lo cual pasamos a evaluar la biodiversidad productiva (Gráfica 28), biodiversidad auxiliar (Gráfica 29), biodiversidad funcional (Gráfica 30), biodiversidad introducida funcional (Gráfica 31) y biodiversidad nociva (Gráfica 32) en los sistemas de producción para analizar el comportamiento en los diferentes predios evaluados.

Para la evaluación de cada una de las biodiversidades se tomó la misma fórmula propuesta por Vázquez (2010), manejando solo los componentes evaluados en cada una de ellas.



**Gráfica 28.** Biodiversidad productiva.

Se habla de biodiversidad productiva a: cultivos, ganadería, avicultura, porcicultura, forestales, ornamentales, flores, y otros rubros productivos encontrados en los sistemas de producción y que se utilizan para la comercialización y/o el consumo interno.

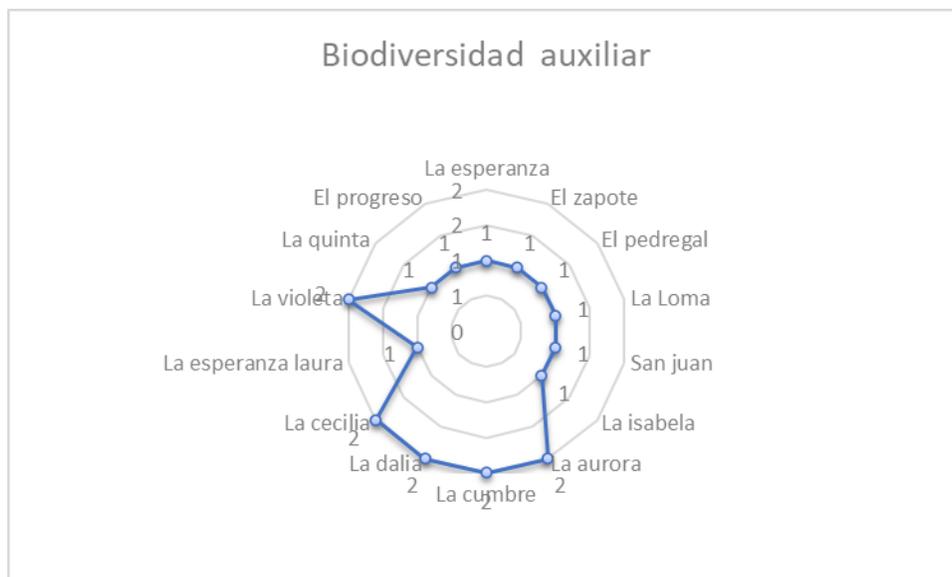
En la gráfica 28 vemos los resultado de la biodiversidad productiva, este tipo de biodiversidad es quien aporta los rubros económicos al sistema de producción, una de las fincas (El zapote) califico en simplificado, arrojando un sistema de producción en monocultivo, en este caso de café, para los demás sistemas de producción 11 calificaron para poco simplificado, lo que muestra sistemas de producción de café en asocio con musáceas principalmente, y solo una finca (La dalia) llego a clasificarse como medianamente compleja, siendo un sistema de producción de café, asociado con musáceas, pero a la vez tiene cultivos pan coger y frutales, apoyando no solo la economía del hogar, sino que tienen alimentos de la canasta familiar que no tienen que comprar.

Resaltando la importancia de esta, Sarandón (2019), afirma que la diversidad biológica agrícola tiene un amplio contenido que incluye todos los componentes relacionados con la alimentación y la agricultura entendiéndose como la variedad en cuanto: animales, plantas, microorganismos, que deben estar en el agroecosistema y que son necesarios para mantener las funciones principales del mismo, así

mismo esta diversidad biológica agrícola debe contener unas características distintas, que requieren soluciones diferentes, entre las cuales se encuentran:

- La diversidad agrícola es importante para satisfacer las necesidades básicas de alimentación y sustento para la vida.
- La diversidad agrícola depende de los agricultores, son ellos quien la administran, por lo tanto, esta depende de la influencia humana, y tener presente que los conocimientos de las poblaciones indígenas son de vital importancia para mantener la diversidad biológica agrícola.
- Se reconoce la interdependencia entre aspectos socioculturales y la biodiversidad, ya que son los agricultores quienes administran la agrobiodiversidad.
- Todos los componentes bióticos que hay en un agroecosistema e interacciones, dependen de la decisión del productor, y esto a la vez depende de su patrimonio cultural, sociedad, conocimientos, objetivos, valores, entre otros.

Así mismo, Gliessman (2002), recomienda que la diversidad productiva o la diversidad diseñada por el productor debe estar organizada en cultivos intercalados, arvenses naturales, bordes y cercos vivos y rotaciones.



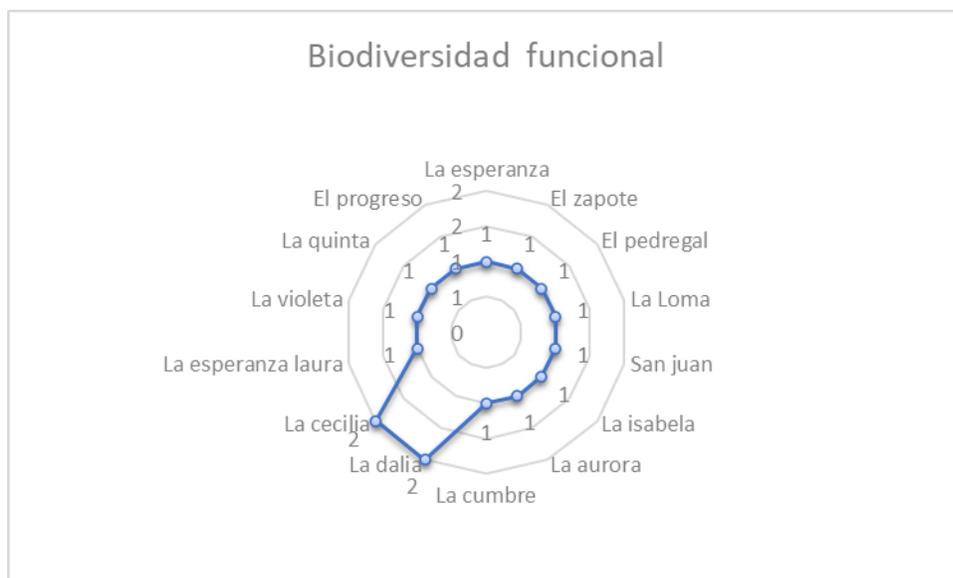
## **Gráfica 29.** Biodiversidad auxiliar.

La biodiversidad auxiliar es aquella que habita naturalmente en los sistemas de producción y que contribuye indirectamente al resto de la biodiversidad. Hablamos de las plantas que crecen silvestres sin fines productivos, también se encuentran los animales que se utilizan en las labores agrícolas, reservorios de entomófagos.

En la gráfica 29 se evidencio que nueve de las fincas evaluadas arrojaron como resultado en poco compleja, los restantes cinco calificaron para medianamente compleja, lo que lleva a concluir que aún se conservan algunos lugares como reservorios naturales para conservación de aguas principalmente, y el cultivo de plantas repelentes o medicinales que cultivan las mujeres de las fincas.

Para Vázquez et al (2014, 2011), la biodiversidad auxiliar es aquella vegetación no cultivada como la cerca viva, arboledas, corredores ecológicos, barreras vivas y otras que realizan funciones auxiliares a la productiva y asociada; también los animales para labores y los abonos orgánicos, biopreparados de plantas y reservorios de entomófagos y otros productos biológicos que se elaboran a partir de la biota local y contribuyen con funciones auxiliares con la biota productiva.

Por otro lado, Moreno (2013) indica que es muy compleja la dinámica que se establece en un agro ecosistema en cuanto se aumente la biodiversidad auxiliar, y su funcionalidad depende del nivel de interacciones conseguido entre sus variados componentes.



**Gráfica 30.** Biodiversidad funcional.

La biodiversidad funcional está asociada a polinizadores, organismos nocivos herbívoros, parásitos y patógenos, reguladores naturales, biota rizosférica, microbiota epifítica y otros organismos que se relacionan directamente con la biota productiva y la auxiliar, principalmente con funciones positivas.

En la evaluación de biodiversidad funcional logramos evidenciar la presencia de forma natural de especies (animales, insectos y microorganismos) que nos ayudan a funciones básicas del agroecosistema como la polinización y el control biológico, los resultados muestran que 12 fincas obtuvieron el valor de poco compleja, y solo dos de ellas estuvieron en la categoría medianamente complejas, este tipo de biodiversidad va muy de la mano con el tipo prácticas culturales que se le da al cultivo, siendo una de las más comunes la aplicación de agroquímicos para manejo y control de plagas, enfermedades y arvenses, afectándola directamente.

Así mismo, Gliessman (2002), recomienda que la diversidad funcional debe estar comprendida por depredadores naturales, organismos benéficos del suelo, arvenses alelopáticas y fijadores de nitrógeno, y que esta cumpla su papel dentro del sistema de producción, además, deben de existir unas cualidades emergentes del sistema como: interferencias benéficas (mutualismos), reciclaje interno de nutrientes, manejo interno de poblaciones de plagas, ausencia de competencia, uso

eficiente de la energía, estabilidad y reducción de riesgos. Teniendo en cuenta lo anterior se debe fortalecer las estrategias dentro del sistema de producción para aumentar la biodiversidad funcional, y de esta manera hacer más eficientes los procesos que dentro del sistema se dan, viéndose reflejado en la producción, y en las interrelaciones entre los subsistemas de la finca.

Por otro lado, Roset et al (2018) hablan de la diversidad funcional como la variedad de organismos y servicios ecosistémicos que proveen al sistema para que estos puedan seguir funcionando y mejorar su respuesta al cambio medioambiental u otras perturbaciones. Un agroecosistema que contenga un alto grado de diversidad funcional suele ser mucho más resiliente contra los diferentes tipos y grados de perturbaciones (Lin 2011).

Roset et al (2018), afirman que la biodiversidad funcional se debe optimizar a través de tres enfoques:

- Aumentar la biodiversidad sobre el suelo, en diferentes escalas espaciotemporal para regular los ciclos naturales, y a la vez aumentar producción sin utilización de insumos externos.
- Utilizar la diversificación para reforzar el control biológico de plagas.
- Estimular la biomasa funcional del suelo por medio de prácticas orgánicas permitiendo optimizar los ciclos biogeoquímicos del suelo, para lograr una nutrición y sanidad optima en los cultivos.



**Gráfica 31.** Biodiversidad introducida funcional.

La biodiversidad introducida funcional son aquellos organismos que se reproducen masivamente y se introducen en el sistema mediante liberaciones o aplicaciones inoculativas o aumentativas para contribuir a la productividad. A este grupo pertenecen: control biológico (artrópodos entomófagos, nematodos entomopatógenos, microorganismos entomopatógenos, microorganismos antagonistas), abonos orgánicos, biofertilizantes y micorrizas.

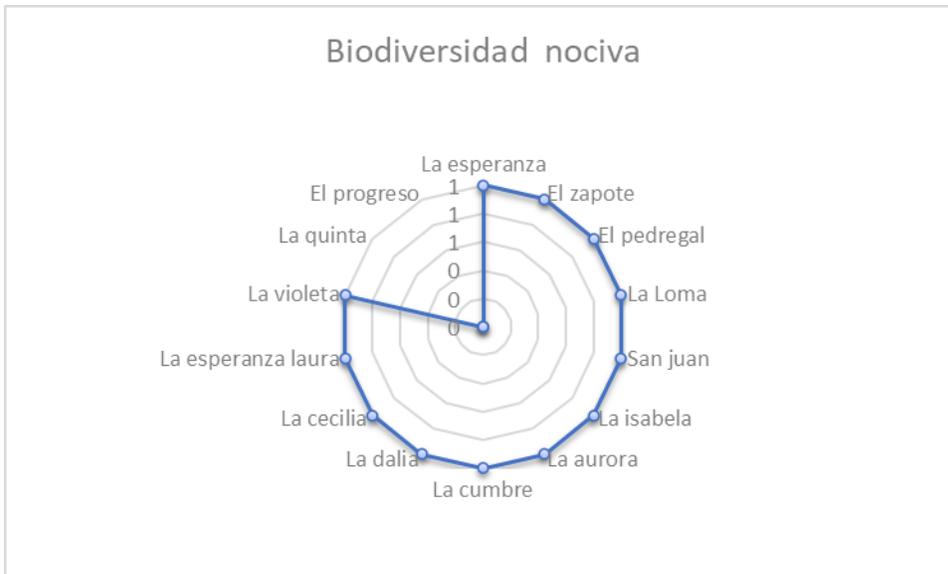
En la gráfica 31 podemos observar el comportamiento de la biodiversidad introducida funcional, siendo los resultados de esta evaluación para las 14 fincas un valor de cero, lo que nos indica que no tienen dentro de sus estrategias de manejo de la finca la aplicación o liberación de este tipo de microorganismos para los cultivos existentes.

El desarrollo sostenible de los sistemas de producción debe garantizar a las generaciones futuras activos naturales equivalentes a los que las generaciones presentes heredaron, lo cual requerirá cambios culturales en los agricultores y los consumidores, lo que puede traer consecuencias en los roles tradicionales del cultivador, consumidor, entes gubernamentales y el mercado (Guédez et al, 2009).

La protección al medio ambiente y el desarrollo humano sostenible van de la mano, pues en la actualidad se busca la conservación del ambiente y la salud humana, por lo cual se tiene la necesidad de incluir la agricultura en la investigación sobre todo en la utilización de métodos biológicos para la protección de los cultivos (Guédez et al, 2009).

Actualmente se cuenta con agentes de control biológico, organismos vivos como hongos, bacterias, virus e insectos que controlan la población de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos sin afectar el medio ambiente y la salud. Es así como Pérez Consuegra, (2004) definen control biológico como “el uso de parasitoides, depredadores, patógenos, antagonistas y poblaciones competidoras para suprimir una población de plagas, haciendo esta menos abundante y por tanto menos dañina que en ausencia de éstos”.

El efecto del control de plagas y enfermedades se origina de la interacción de la población plaga y el enemigo natural, mantenimiento ambas poblaciones en equilibrio, por lo cual el resultado obtenido es una regulación y no un control (Guédez et al, 2009), por esto es necesario de implementar estrategias que ayuden a la conservación de los enemigos naturales ya existentes, y recurrir a liberaciones o aplicaciones en los cultivos de manera que estos se establezcan y hagan parte del sistema de producción.



**Gráfica 32.** Biodiversidad nociva.

La biodiversidad nociva son aquellos organismos que afectan las plantas y animales de interés económico, denominados plagas y enfermedades agropecuarias.

Con relación a la biodiversidad nociva observada en las fincas, definiéndose esta como los principales problemas fitosanitarios (gráfica 32), 12 de los sistemas evaluados arrojan valores de poca compleja, y los dos restantes de simplificados, concentrándose en las plagas y/o enfermedades específicas del cultivo principal (café), siendo este el cultivo principal de todos los sistemas de producción evaluados.

En los sistemas de producción en monocultivo, bajo el enfoque convencional, se modifican las condiciones de forma individual del cultivo, ocasionando la eliminación de interferencias y relaciones positivas, dejando solo las interacciones negativas, ocasionando que las prácticas de manejo convencional funcionen a nivel de individuo o de la población en el sistema, en vez de funcionar a nivel de comunidad o del ecosistema (Gliessman, 2002, León 2014), en este caso se ve el comportamiento de la biodiversidad nociva, hablando directamente de la broca del café *Hypothenemus hampei*, siendo esta el principal problema de plagas dentro de los sistemas de producción, afectando la calidad del grano, y por ende el precio en el mercado.

El enfoque de manejo de los sistemas convencionales orientados al manejo y control de enfermedades, está basado en la aplicación de varias tecnologías que conllevan a remover o eliminar cada patógeno del sistema, estas tecnologías han simplificado los agroecosistemas de tal manera que se están eliminando los depredadores de las plagas claves, y los microorganismos que están de manera natural en el sistema (Gliessman, 2002).

En términos generales, aumentar la diversidad es un enfoque contrario a la agricultura convencional actual, la cual alcanza su extremo de productividad en los monocultivos a gran escala. La diversidad es vista como decaimiento en esos sistemas de producción, especialmente cuando se enfocan las prácticas a limitar la diversidad y mantener la uniformidad del cultivo en si (Gliessman, 2002, Altieri et al 2014).

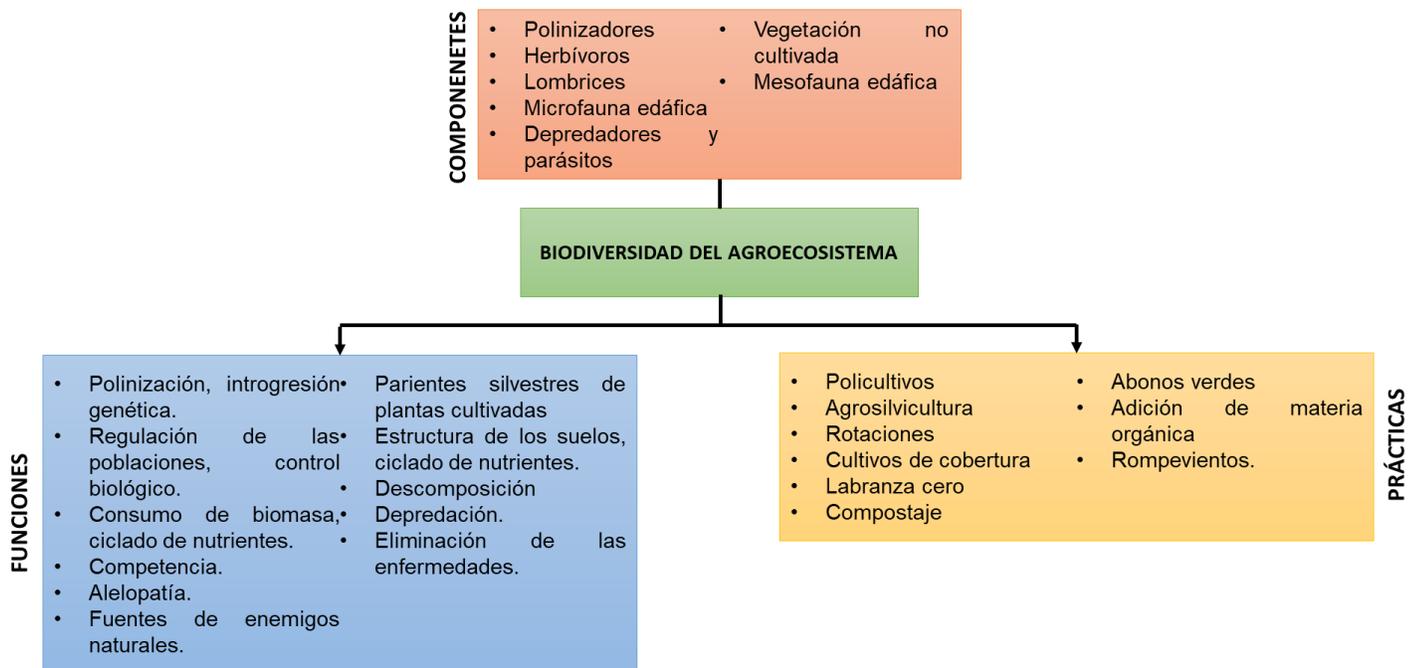
Investigaciones recientes en sistemas de cultivos múltiples valoran la gran importancia de la diversidad en la agricultura (Francis 1986, Vandermeer 1989, Amador y Gliessman 1990, Altieri 1995b, Bengtsson 2005, Funes 2009), por las siguientes razones:

- Con una gran diversidad, la diferenciación de hábitats aumenta, cada grupo puede crecer en un ambiente exclusivo que satisface sus necesidades únicas.
- Si la diversidad aumenta, también aumentan las oportunidades de coexistencia y de interacción entre especies que pueden estimular la sostenibilidad agroecológica.
- Una mayor diversidad generalmente permite una mejor eficiencia en el uso de recursos en un agroecosistema. Existe una mejor adaptación a la heterogeneidad dentro del sistema que conduce a la complementariedad de las necesidades de los cultivos.
- La diversidad reduce los riesgos para el productor, especialmente en áreas con condiciones ambientales impredecibles.
- Un ensamblaje diverso de cultivos puede crear una diversidad de microclimas en un sistema cultivo, que puede ser ocupado por un amplio rango de

organismos incluyendo depredadores, parásitos benéficos y antagonistas que son importantes en el sistema.

- La diversidad especialmente aquella que se encuentra bajo el nivel del suelo y es parte del sistema realiza varios servicios ecológicos que tiene un gran impacto tanto dentro como fuera de la parcela.

Finalmente, Roset et al (2018), Altieri y Nicholls 2004). plantean una imagen (gráfica 33) donde se pueden observar la función de los componentes de la biodiversidad, y las estrategias que se pueden tomar para mejorar los sistemas de producción.



**Gráfica 33.** Función de los componentes de biodiversidad y estrategias para mejorar.

### 3.5. CONCLUSIONES

Se evaluó la biodiversidad funcional de 14 fincas productoras de cafés bajo diferentes manejos. Solo una de las fincas evaluadas llegó a ser caracterizada como

medianamente complejas, las restantes doce están en la clasificación poco complejas, esto debido a que están comenzando con el proceso de conversión agroecológica.

La biodiversidad productiva en los sistemas evaluados esta enfocada solo en los productos comerciales, solo un sistema de producción le apuesta a la diversificación para la alimentación del hogar y ventas, es importante incentivar a los productores a la diversificación aportando grandemente a la seguridad alimentaria del hogar, no dependiendo de un producto para la comercialización, y que de ese rubro dependa la alimentación del hogar, viéndose esta afectada cuando los precios de venta fluctúan y no tiene un rendimiento económico.

El interés de cambio de los productores se ha consolidado después del proceso de capacitación y evaluación de cada uno de los predios, motivándolos a continuar con el proceso de conversión de sus sistemas de producción convencionales, a sistemas de producción agroecológica en café.

La metodología de capacitación y participación se constituyó como una herramienta útil para compartir experiencias significativas en el manejo e implementación de prácticas agroecológicas dentro de sus sistemas productivos.

Dos de las fincas evaluadas fue caracterizada como compleja, dos medianamente compleja, las restantes diez están clasificadas como poco complejas, esto es debido al proceso de reconversión iniciado por los productores evaluados en el presente estudio, además, se observa que ninguno de los sistemas evaluados se clasificó como sistema simplificado, lo que muestra que los sistemas productivos de la zona no se clasifican como monocultivos extensivos, ya que el indicador es mayor de cero, como se ilustra en la gráfica 27.

La caracterización de la biodiversidad se debe realizar a nivel de sistema de producción o finca en diferentes momentos, cuando se inicia la finca o en la etapa inicial del programa de conversión, como referencia o base para comparar los avances en el proceso (Vázquez & Matienzo, 2010).

A pesar de que los trece productores se denominan convencionales, se evidencia la implementación de cultivos alternos dentro de los predios para garantizar la sostenibilidad de los hogares.

La metodología de evaluación rápida de biodiversidad es una herramienta útil para la capacitación participativa con comunidades rurales.

El mayor valor de biodiversidad fue presentado en los sistemas productivos que están en un proceso de conversión agroecológica.

Los menores valores de biodiversidad son presentados en los sistemas productivos que aún tienen manejos convencionales tendientes a ser monocultivo.

La biodiversidad es uno de los pilares de la agroecología, su incremento está asociado a la implementación de prácticas agroecológicas que conducen a sistemas productivos más sostenibles, siendo esta evaluación uno de los primeros pasos de evaluación de los sistemas de producción.

La diversidad de especies en un sistema de producción es la clave fundamental para aportar a la seguridad alimentaria del hogar y la sostenibilidad de los agroecosistemas, manteniendo la biodiversidad natural para apoyar en el manejo integrado de los cultivos.

En los sistemas diversos aumentan las interacciones, creando condiciones propicias y vías alternativas para el flujo de energía y ciclado de nutrientes; es por esto por lo que los sistemas de cultivos más diversos generan una producción más estable.

## **4 EVALUAR LAS INTERRELACIONES EXISTENTES ENTRE EL CULTIVO DEL CAFÉ (. ARABICA L.) Y LA BROCA EN TRES FORMAS DE MANEJO DE LOS SISTEMAS CULTIVADOS.**

### **4.2 RESUMEN**

Las interacciones presentes en los sistemas de producción agrícola incluyen una serie de efectos negativos y positivos que ejercen las plantas presentes en un sistema entre sí de forma simultánea, siendo el efecto neto de una planta sobre otra el balance de estos aspectos positivos y negativos, dentro de estos están los organismos que viven, crecen, se reproducen e interactúan dentro de los ecosistemas. Para el cultivo de café se evaluaron las interrelaciones entre el nivel de infestación de broca del café (*Hypothenemus hampei*) en árbol y suelo, manejo de las arvenses, tipo de productor y biodiversidad en 13 sistemas de producción de café en el corregimiento de Santa Rita, Municipio de Andes, mediante un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para hallar el comportamiento de cada una de las variables asociadas a los sistemas de producción. Se empleó el paquete estadístico FactoMineR del sistema operativo R Project versión 4.0.2. 13 sistemas de producción cafetero. Como resultado se obtuvo que el manejo dado a las arvenses en los sistemas de producción evaluados es la variable que mayor correlación tiene con la biodiversidad, tipificación, y los porcentajes de broca en árbol y suelo, el manejo de las arvenses con herbicidas están relacionados con altos niveles de broca, estos eliminan todo tipo de arvenses, y entre ellas están los hospederos de los enemigos naturales de la broca, además, afectan la biota edáfica en donde podemos encontrar biocontroladores de forma natural.

### **PALABRAS CLAVE**

Interrelaciones, broca del café (*Hypothenemus hampei*), porcentaje de incidencia, arvenses, tipificación, biodiversidad.

### **4.3 INTRODUCCION**

Las interacciones constituyen la base para el funcionamiento de muchos ecosistemas, dado que de ellas depende gran parte de la abundancia de muchas

especies de plantas. Además, gran número de especies animales dependen estrechamente de los recursos que las plantas proveen alrededor de sus estructuras reproductivas (Medel et al. 2011), mientras la interacción entre plantas es un factor importante en la organización y funcionamiento de las comunidades vegetales, sobre las que además influye el medio físico y la capacidad de dispersión de las especies (Fernández 2003).

Históricamente la competencia ha sido la interacción más estudiada, lo que ha influido en lo que se considerara como la predominante en las relaciones entre plantas, determinando la estructura, dinámica y productividad de las comunidades vegetales, por lo tanto, las interacciones positivas entre especies constituyen un factor principal en la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales en ambientes extremos, donde algunas especies dominantes tienen un papel crítico en el mantenimiento de la productividad y la biodiversidad (Fernández 2003, Zamora et al. 2004, Serrada 2008).

Uno de los componentes principales de los ecosistemas es la comunidad biótica que los conforma, influida por ciertos procesos, factores y por la diversidad de las especies que constituyen la estructura y su funcionamiento, además de determinar de forma decisiva la biodiversidad a escala local y regional (Armas et al. 2004), así mismo, los rasgos foliares reflejan las estrategias de adaptación de las especies vegetales a las condiciones ambientales y a la disponibilidad de recursos, a la vez que influyen en los procesos del ecosistema (Aponte 2011, Leon 2014).

La variación en el balance de las interacciones entre plantas dependerá básicamente del grado de similitud entre ambas especies en sus rasgos ecológicos. Cuanto más dispares sean en rasgos ecológicos importantes, con mayor facilidad se evitará la competencia y se crearán las condiciones para la facilitación o complementariedad ecológica entre especies, o incluso mutualismo cuando ambas partes reciban beneficio de la interacción (Flora, 2001; Zamora et al. 2004).

Un sistema complejo puede ser descrito como un sistema compuesto de múltiples elementos que interaccionan de múltiples formas, en que muchas propiedades dependen de dichas interacciones (Sole y Manrubia, 1996) y se conocen como

propiedades emergentes (Sole y Goodwin, 2001), de lo cual la estabilidad (homeostasis) de un agroecosistema es un ejemplo clásico y no depende solamente de la identidad de los componentes de la biodiversidad (Odum y Sarmiento, 1998).

Los sistemas de producción agropecuaria explotan una o varias especies de plantas o animales en un mismo lugar, llegando a crear una serie de interrelaciones mediante diseños complejos creando diferentes espacios, para favorecer multifunciones que reducen prácticas culturales y aumentan los servicios ecológicos y las interacciones entre sí, específicamente en el cultivo de café (Aponte 2011, Vázquez 2015), existen varios tipos de interacciones, entre ellas tenemos:

### **Interacciones árbol – suelo - cultivo**

En algunas ocasiones el empleo de árboles como sombrío del café presenta interrelaciones relacionadas con su desarrollo y su fisiología, que están especialmente asociadas a la interceptación de la radiación solar. Estas interacciones dependiendo del sistema, pueden ser positivas, neutras o negativas (Federación Nacional de Cafeteros 1958; Beer 1987; Ong y Huxley 1996, Beer et al. 1998, Van Noordwijk et al 2000, Guharay et al. 2001, Hagggar et al. 2001; Tirado 2003). Cuando la interacción es positiva hay complementariedad entre los componentes, si es negativa ocurre competencia, y cuando no se afecta ninguno de los componentes se dice que hay suplementariedad.

### **Interacciones positivas.**

Según (Salazar et al 2003, Salazar et al 2005, Farfán 2007) en la relación entre el sombrío y el café pueden observarse las siguientes interacciones positivas: Reciclaje de nutrientes, producción de residuos vegetales, cobertura muerta (mulch), árboles como fuentes de fijación de nitrógeno, control de arvenses, reducción de plagas y enfermedades, efectos micro climáticos a largo plazo y diversificación de la producción.

### **Interacciones negativas**

- La caída natural de ramas y árboles pueden afectar las plantas del cultivo.

- La defoliación inesperada de los árboles de sombra, causada por insectos o enfermedades, puede dejar desprotegidas las plantas. Se requiere mano de obra adicional para otras labores, como las podas.
- Los árboles pueden ser un obstáculo para el establecimiento de estructuras contra la erosión.
- Algunos cultivos requieren libre exposición.
- Un sombrío muy denso puede reducir la productividad del cultivo.
- Las raíces de los árboles pueden competir por humedad durante épocas secas y por oxígeno durante épocas húmedas.
- Los árboles de sombra pueden competir por nutrientes con el cafeto.
- Las gotas de lluvia pueden caer en el dosel de los árboles, ocasionando una redistribución adversa de la lluvia e incrementando la erosión.
- La producción de frutos y madera puede convertirse en sumidero de nutrientes.
- Tanto los árboles como los cultivos pueden ser hospederos, entre sí, de plagas y enfermedades.
- Competencia con arvenses

Estudiando específicamente la relación de las arvenses en el cultivo de café, estas se definen como toda planta, diferente al café, que nace naturalmente en las plantaciones de café o en las áreas libres entre cultivos, y existen algunos aspectos positivos de mantener buenas arvenses en el cafetal tales como (Gómez et al 1997, Virgino et al, s.f.; CENICAFE 2005, Ramos et al, 2014):

**Diversidad ecológica.** Las interacciones entre arvenses y organismos pueden contribuir al equilibrio ambiental y por ende minimizar los riesgos de expresión de plagas y enfermedades que afecten al cultivo café (Blanco, 2016).

**Protección y mejoramiento de los suelos.** La exposición del suelo a lluvias vientos y temperaturas extremas representa un riesgo importante tanto en la relación con la erosión como en la pérdida de potencial productivo de los suelos, en este sentido mantener una cobertura natural de hierbas puede resultar en beneficios múltiples para proteger el suelo. Las buenas coberturas ubicadas adecuadamente en

las áreas libres no compiten con el café, cubren el suelo evitando o disminuyendo la presencia de hierbas agresivas y competidoras.

**Indicadoras de calidad de sitio.** Con la observación del predominio de ciertas hierbas en un sitio podemos inferir determinadas características del suelo, en particular aspectos relacionados a la fertilidad, degradación y nivel de humedad.

**Control de plagas y enfermedades.** Varias arvenses tienen propiedades que permiten su uso como insecticidas, fungicidas, nematocidas, atrayentes y repelentes, de manera que con el debido procedimiento podrían convertirse en apoyo al control de plagas y enfermedades tanto en cafetales como en otros cultivos, sin embargo también pueden ser hospederos de plagas y enfermedades.

**Otros usos.** La diversidad de plantas nos permite encontrar plantas con diferentes potenciales de uso y que eventualmente podrán cumplir un rol importante en distintas estrategias de manejo. Podemos encontrar especies ornamentales, melíferas, medicinales, forrajeras y de consumo humano.

El reconocimiento de las arvenses en los cafetales debe ser el primer paso al iniciar un programa para su manejo integrado (MIA), con el objetivo de alcanzar la sostenibilidad y mejorar la productividad. Cenicafé, ha recomendado la selección de las arvenses con el objeto de evitar la interferencia de aquellas agresivas con el cultivo y prevenir la erosión de los suelos (Njoroge 1994, Salazar et al, 2015).

Para Salazar et al (2015) y Rivera (1997), el MIA consiste en realizar desyerbas oportunas y selectivas permitiendo el establecimiento de coberturas nobles sin causar interferencia con la producción de café, aportando a un manejo del suelo y evitando dejarlo totalmente desnudo.

Para la clasificación como de alta interferencia se tienen en cuenta los siguientes criterios (Gómez et al 1995; Rivera 1997, Salazar et al 2005):

- Alta adaptación de la planta a las condiciones ambientales.
- Propagación sexual y vegetativa.
- Latencia o dormancia de sus semillas.

- Facilidad de dispersión.
- Producción alta de semillas.
- Alta tasa de germinación de semillas.
- Alta eficiencia en el uso de los recursos.
- Alelopatía.
- Sistema radical fasciculado, superficial y denso, altamente competitivo con el sistema radical del cultivo.
- Difícil control manual o mecánico.
- Estructura semileñosa.
- Hábito trepador.
- Hospedante de plagas o enfermedades, que afectan el cultivo.

**Estrategias de manejo integrado de arvenses** (Gómez et al 1987, Ramos et al, 2014)

**Anillado o plateado:** consiste en eliminar las arvenses cerca de la base de la planta de café.

**Sombra y hojarasca:** el cultivo de café bajo sombra reduce la aparición de arvenses, la poca disponibilidad de luz y la hojarasca aportada por los árboles crean una barrera para el crecimiento de las malezas.

**Manejo de comunidades de malezas:** hacer control selectivo de las arvenses, eliminando las arvenses agresivas y dejando aquellas que traen beneficios, o también llamadas arvenses nobles.

**Siembra de especies de cobertura:** siembra de especies con propósitos específicos como: conservación de suelo, nutrientes, agua, biodiversidad y el manejo natural de plagas y arvenses agresivas.

**Machete y guadaña:** dos métodos efectivos que consisten en cortar las arvenses, en este método no se cuenta con selección de arvenses nobles, y el material vegetal cortado se deja en el lote como cobertura vegetal o mulch.

**Animales y pastoreo:** En Puerto Rico es una práctica muy realizada, en el uso de animales como reses jóvenes y ovejas en los cafetales sin tener daños en la planta de café y en los suelos, además del aporte de materia orgánica al suelo por las heces de los animales.

**Herbicidas naturales:** Existen varios herbicidas naturales disponibles comercialmente. Estos herbicidas son formulados con aceites de plantas como el clavo de olor, canela y cítricos, o con ácidos como el ácido acético (vinagre) o el ácido cítrico. Actualmente, todos los herbicidas naturales disponibles son de contacto y no-selectivos.

### **Arvenses nobles**

Son definidas como plantas de porte bajo, crecimiento rastrero, con raíz superficial, que ofrecen un cubrimiento denso del suelo, lo protegen de la energía erosiva de la lluvia y no interfieren con el desarrollo y producción de la planta de café si no están presentes en la zona de raíces (Gómez, 1990; Salazar, 2020).

Estas se dividen en diferentes grupos dependiendo de sus características:

**Sombreritos de agua o centavitos:** crecen en suelos con altos contenidos de humedad, son muy frecuentes y de ciclo perenne.

**Botones de oro y pincel amarillo.** Son de la familia Asteraceae (Compositae), sus botones florales son vistosos y llamativos para los insectos benéficos y son importantes desde el punto de vista apícola

**Golondrinas.** arvenses que crecen en suelos húmedos.

**Leguminosas.** Estas arvenses presentan un cubrimiento denso del suelo, se propagan por semilla y estolones, tienen asociación simbiótica con microorganismos del suelo, presentan valor forrajero, favorecen la fijación de nitrógeno atmosférico, lo cual aumenta la fertilidad del suelo y su capacidad de dominio frente a las arvenses de interferencia alta.

**Lechosas y chancapiedras.** pueden hospedar nematodos en la raíz, que en limitadas ocasiones causan daño económico al café.

**Tréboles o acederas** no interfieren significativamente en la producción del café y deben controlarse en la etapa de almácigo.

**Traslúcidas o carnosas.** Son arvenses con alto contenido de agua en sus tejidos. Corazón herido arvense noble más predominante en el cultivo del café por encima de los 1.500 m de altitud, alcanza altas densidades de población, pero no interfiere significativamente con el cultivo del café.

**Commelinas, canutillos o siemprevivas** habitan en ambientes húmedos y semi-sombreados poco susceptibles a los herbicidas.

**Gramas de conejo.** Son gramíneas anuales, es una de las arvenses nobles más frecuentes en la caficultura, se propaga por semilla y por los nudos inferiores del tallo, es hospedante de mariposas benéficas (Valencia et. al. 2005)

**Cebollines.** Su presencia es un buen indicador de sostenibilidad y conservación de la biodiversidad.

**Colchones y aromáticas.** forman un colchón de baja interferencia que puede manejarse con machete y guadañadora.

Fuera del manejo integrado de arvenses, el productor de café debe enfocar su manejo en una plaga específica que requiere de manejo y control para evitar pérdidas en la calidad del grano, esta es la broca del café (***Hypothenemus hampei***) Para Bustillo (2005), la broca del café, *H. hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), es el insecto plaga más importante entre los que afectan la caficultura en todo el mundo, sus afectaciones se caracterizan por una destrucción parcial o total del fruto ocasionando disminución en rendimiento y calidad (Bustillo et al. 1998, Barrera et al. 2000, Bustillo 2002, Barrera 2002). Este insecto fue introducido del África al continente americano a comienzos del siglo pasado y llegó sin los enemigos nativos que regulan sus poblaciones en África (Cenicafé 1990).

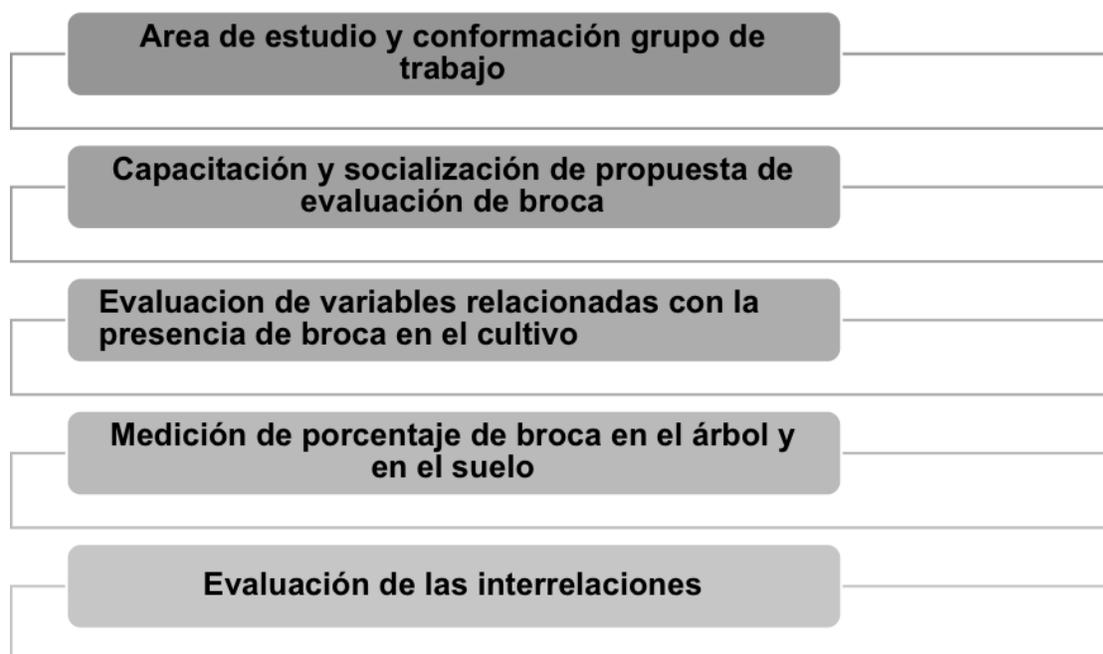
Esta plaga se mantiene a niveles poblacionales importantes en la mayoría de los países a pesar de todas las estrategias de manejo diseñadas para realizar su control (Campos 2007, Contreras y Camilo 2007, Pérez 2007, Ramírez et al. 2007, Rojas 2007), lo que demuestra que es una especie bien adaptada a variadas condiciones climáticas y de manejo, características que no han dejado que esta se controle de manera efectiva y que sus daños sean económicamente aceptables.

La afectación de esta plaga al grano está directamente relacionada con la fenología del cultivo, específicamente en la etapa de fructificación, con el sistema de manejo del suelo y la tecnología de la cosecha (Salazar et al 1996, Jaramillo et al. 2006, Bustillo 2007), además de la relación con el resto de la biodiversidad encontrada en los cultivos (Perfecto et al. 2010), la forma de infección de esta plaga a los granos es cuando la hembra adulta sale de los frutos que quedaron en el suelo desde la cosecha anterior para localizar los primeros frutos de la nueva cosecha, los que perfora para procrear una nueva generación, siendo esta, la que ocasiona la infestación de la cosecha, cuando esta termina las poblaciones del insecto quedan en los frutos infestados que han caído al suelo, proceso en el cual influyen disímiles factores (Vázquez et al 2012).

Por lo anterior, se puede concluir que este insecto se desarrolla en dos etapas dentro del cultivo, en la planta con frutos y en el suelo, siendo este último el principal reservorio que infestan los frutos de la cosecha siguiente (Baker 1999, Jaramillo et al. 2006, Barrera et al. 2007), sin embargo, son muy pocas las prácticas que se realizan en el suelo para el manejo de esta plaga, pues la mayoría de las prácticas están enfocadas en la parte aérea de la planta. Es por esto, que el suelo del sistema de producción de café se convierte en un subsistema complejo por el número de especies y plantas cultivadas que alberga, además de aquellas plantas que crecen de manera espontánea en él, acumulando gran cantidad de biomasa vegetal, lo que contribuye a la conservación y multiplicación de microorganismos, además de mantener el suelo protegido de procesos erosivos (Jaramillo 2006, Vázquez et al 2012).

La evaluación de las interrelaciones en el cultivo de café, se basaron en la evaluación del porcentaje de incidencia de broca en 13 sistemas de producción de café en el corregimiento de Santa Rita, Municipio de Andes, la evaluación se realizó en el árbol y en el suelo, además se relacionaron con el manejo de las arvenses, el tipo de biodiversidad y los grupos de productores (resultado de la tipificación).

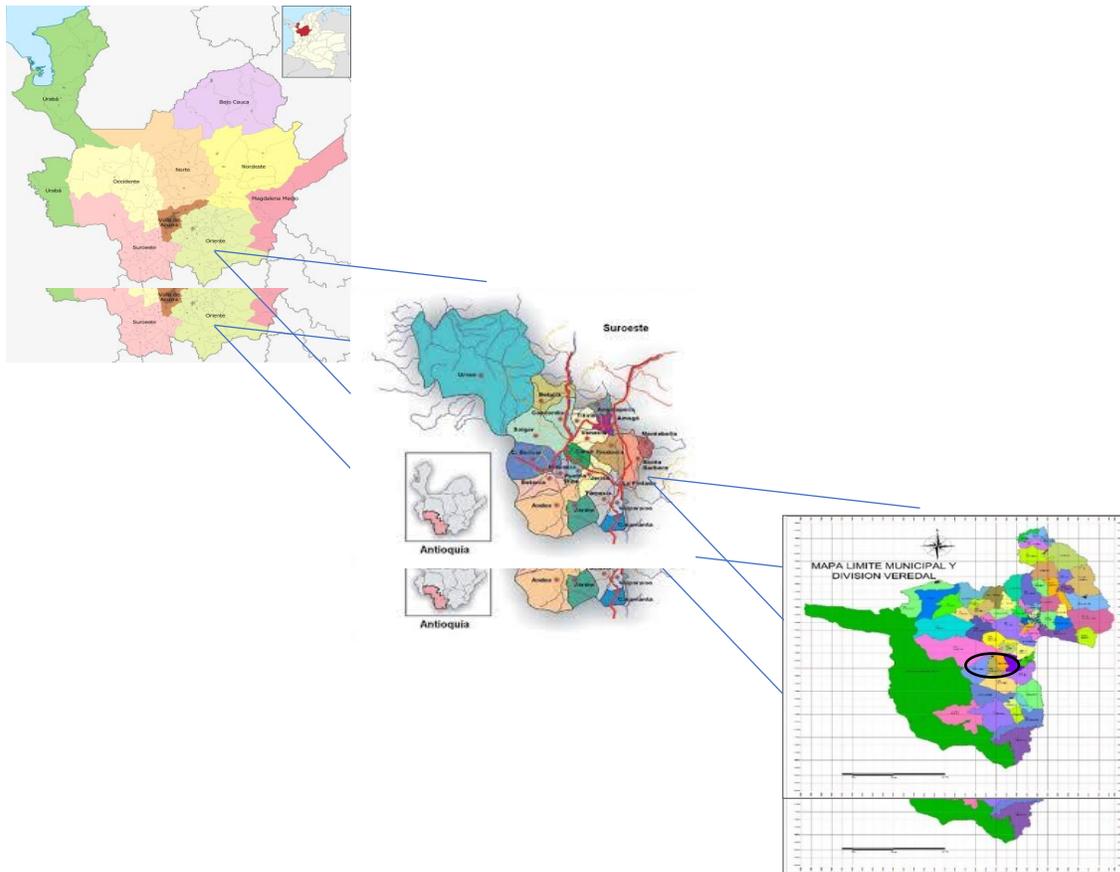
#### 4.4 METODOLOGIA



##### 4.4.1 Áreas de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Andes, corregimiento Santa Rita del departamento de Antioquia, su cabecera está localizada a los 05° 39' 29" de latitud norte y 75° 52' 51" de longitud oeste, con un perímetro urbano de 148 hectáreas, y un área municipal de 444 km<sup>2</sup>.

Se trabajó con trece productores de las veredas San Gregorio, La Clara, La Soledad y Egipto (Gráfica 1) todos ellos son productores de café convencional desde hace más de 7 años motivados por transformar los sistemas de manejo y producción intensivo a un manejo agroecológico en equilibrio con los pilares del agroecosistema (Andes 2014).



**Gráfica 34.** Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política.

#### 4.4.2 Visitas a las fincas

Se realizó la visita a las 13 fincas que pertenecen al proyecto socializando la importancia de realizar las mediciones de porcentaje de infestación de broca.

En este caso se socializó la metodología de evaluación, y se realizó en árbol y suelo, teniendo en cuenta el manejo que le daban a las arvenses en sus cultivos.

#### **4.4.3 Socialización de propuesta de evaluación de broca - Medición de porcentaje de broca en el árbol - Medición de porcentaje de broca en el suelo**

Para medir el nivel de infestación varios autores toman en cuenta la misma metodología de evaluación, Gómez et al. 1998 – 2002, Candelario et al. 2006, Bustillo 2007, Montes et al. 2012, mencionan que el muestreo es una referencia para conocer la infestación y distribución de la broca en el cafetal. Sus resultados orientan para decidir el control a implementar. En zonas bajas y medias, se realiza el muestreo tres meses después de la floración principal, mientras que en zonas altas se debe muestrear cuatro meses después de esta floración.

En cada cafetal elegir 30 plantas, en zig –zag o en W en toda el área, tomar una rama de la parte media de cada planta y contar todos los frutos de las 30 ramas, y de éstos contar el número de frutos brocados. El porcentaje de infestación se obtiene dividiendo el número total de frutos brocados dentro del total de frutos de las 30 ramas, multiplicado por 100.

$$\text{NIB} = (\text{Total granos brocados en 30 ramas} \times 100) / \text{Total granos en 30 ramas}$$

Así mismo, Bustillo (2006) indica que el recorrido de los lotes también permite al evaluador localizar sitios de concentración o “focos” de broca, en donde se deben intensificar los esfuerzos de control. Por otra parte, a medida que se evalúa el nivel de infestación se pueden tomar muestras aleatorias de 2 a 3 frutos brocados/sitio, que al abrirlos dan información sobre el grado de penetración de la broca. Esta muestra también permite evaluar cualquier medida de control al relacionar la población de broca muerta con el total de brocas encontradas en toda la muestra.

El nivel de infestación de broca en un lote, su localización dentro del lote y la posición de la broca en el fruto es información básica para poder tomar decisiones de control, la pérdida económica al momento de la venta del grano por el caficultor está establecida por normas de la Federación Nacional de Cafeteros, que estipula un nivel máximo de efectos en el café pergamino del 5,0%, incluyendo daño por broca. Esto indica que al establecerse un tope del 2% de daño por broca en café pergamino, significa que en los cafetales a la cosecha no deben tener más del 5% de infestación. El 5% de infestación de café cereza produce 2,5% de infestación en

café pergamino, ya que en la mayoría de los casos sólo uno de los dos endospermos está atacado por la broca. Además, se estima que en el proceso húmedo de beneficio del café un 20% del café brocado se puede separar, resultando una reducción adicional del 0,5% en la infestación del pergamino para teóricamente llegar a un 2% de infestación en el pergamino seco (Fajardo y Sanz 1999). El umbral durante los periodos entre cosechas no debe sobrepasar el 2% con el fin de no correr riesgos.

Para medir la infestación de broca en el suelo se realizó tomando la misma planta para la evaluación en árbol, midiendo el total de frutos en el suelo, específicamente en la gotera del árbol, y de estos cuantos estaban brocados, con estos datos se obtuvieron los porcentajes de incidencia.

#### **4.4.4 Evaluación de variables relacionadas con la presencia de broca en el cultivo**

##### **4.4.4.1 Tipificación de sistemas**

Para la tipificación se tuvieron en cuenta los datos recolectados para la caracterización de los sistemas (Capítulo 2), los cuales fueron logrados a partir de visitas, capacitaciones y evaluaciones en campo, donde los productores hacían la descripción de sus sistemas, y evaluaban aquellos puntos en los que tenían deficiencias en manejo.

La tipificación de los sistemas cafeteros se realizó mediante un análisis de Clúster a partir de un dendograma con el sistema operativo R Project versión 4.0.2. A partir del proceso de tipificación de los 13 sistemas de producción se obtuvieron 3 grupos de productores

**Grupo 1 - Sistema multidiverso:** En este grupo se encuentran las fincas La Cecilia y La Dalia.

**Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica:** Dentro de este grupo están las fincas: El Pedregal, La Loma, Esperanza J, El Zapote, Esperanza L, La Cumbre.

**Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica:** dentro del cual se encuentran las fincas: San Juan, La Isabela, La Aurora, El Progreso, La Quinta.

#### 4.4.4.2 Biodiversidad

Para realizar la medición rápida de biodiversidad se utilizó la metodología de Vázquez y Matienzo (2010), con adaptaciones en la escala de clasificación de la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad, la cual permite clasificar la complejidad de cada sistema productivo.

Los resultados obtenidos después de realizar la evaluación rápida de biodiversidad en cada sistema productivo con su clasificación según el grado de complejidad se muestran en la tabla 1.

**Tabla 15.** Resultados de la evaluación de biodiversidad en 14 sistemas de producción en el Municipio de Andes Antioquia.

PREDIO	EVALUACION DE BIODIVERSIDAD	
	CLASIFICACIÓN DE BIODIVERSIDAD	DENOMINACION
La Esperanza	1	POCO COMPLEJA
El Pedregal	1	POCO COMPLEJA
La violeta	1	POCO COMPLEJA
San Juan	1	POCO COMPLEJA
EL Zapote	1	POCO COMPLEJA
La Loma	1	POCO COMPLEJA
La Isabela	1	POCO COMPLEJA
La Aurora	2	MEDIANAMETE COMPLEJA
La Cumbre	2	MEDIANAMENTE COMPLEJA
La Cecilia	3	COMPLEJA
La Esperanza Laura	1	POCO COMPLEJA
La Dalia	3	COMPLEJA
La Quinta	1	POCO COMPLEJA
El Progreso	1	POCO COMPLEJA

#### 4.4.4.3 Sistemas de manejo de arvenses

Para conocer el manejo de las arvenses en los sistemas de producción se solicitó la información al productor el día de las evaluaciones de porcentaje de incidencia de broca, arrojando los siguientes resultados:

**Tabla 16.** Manejo de las arvenses en los sistemas de producción.

<b>Finca</b>	<b>Manejo de arvenses</b>
La Dalia	Machete- Guadaña
La Aurora	Ninguna
La Isabela	Ninguna
San Juan	Herbicida - Machete
La Esperanza L	Machete
La Cumbre	Machete
La Cecilia	Machete- Guadaña
La Quinta	Guadaña
El Progreso	Fumigación
El Zapote	Fumigación
La Esperanza J	Ninguna
El Pedregal	Fumigación
La Loma	Fumigación

#### 4.4.4.4 Metodología de evaluación de % de infestación de broca

Para medir el nivel de infestación varios autores toman en cuenta la misma metodología de evaluación, Gómez et al. (1998 – 2002), Candelario et al. (2006), Bustillo (2007), Montes et al. (2012), la evaluación consiste en elegir 30 plantas del lote a muestrear en zig –zag o en W, tomar una rama de la parte media de cada planta y contar todos los frutos de las 30 ramas, y de éstos contar el número de frutos brocados. El porcentaje de infestación se obtiene dividiendo el número total de frutos brocados dentro del total de frutos de las 30 ramas, multiplicado por 100. Para el análisis del porcentaje de incidencia en el suelo, se tomaron los mismos arboles evaluados, y se recogieron todos los granos que estaban en el suelo, se contaron el total, y de estos cuales estaban brocados, se determinó por la misma fórmula. Los resultados se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17.** Porcentaje de infestación de broca, en árbol y suelo.

<b>Finca</b>	<b>% Broca Árbol</b>	<b>% Broca Suelo</b>
La Dalia	3,7	30,2
La Aurora	10,8	22,1
La Isabela	7,8	39,2
San Juan	4,0	32,3
La Esperanza L	3,5	6,5
La Cumbre	9,5	31,9
La Cecilia	2,1	38,7
La Quinta	2,8	8,0
El Progreso	2,2	16,2
El Zapote	9,9	29,3
La Esperanza J	4,2	23,5
El Pedregal	13,3	40,5
La Loma	4,7	24,8

#### **4.4.4.5 Evaluación de las interrelaciones**

Los datos de las interrelaciones se analizaron mediante un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para hallar el comportamiento de cada una de las variables: Porcentaje de broca en suelo y árbol; tipo de manejo de arvenses; Biodiversidad y resultados de tipificación de los sistemas, con los individuos asociados a los sistemas de producción. Se empleó el paquete estadístico FactoMineR del sistema operativo R Project versión 4.0.2.

#### **4.5 RESULTADOS Y DISCUSION**

Para la evaluación de interrelaciones se tuvieron en cuenta las variables y mediciones mostradas en la tabla 18.

**Tabla 18.** Variables relacionadas para evaluación de interrelaciones.

Finca	Manejo de arvenses	% Broca Árbol	% Broca Suelo	Clasificación Biodiversidad	Tipificación
La Dalia	MG	3,7	30,2	3	Grupo 1
La Cecilia	MG	2,1	38,7	2	Grupo 1
La Esperanza L	M	3,5	6,5	1	Grupo 2
La Cumbre	M	9,5	31,9	2	Grupo 2
El Zapote	F	9,9	29,3	1	Grupo 2
La Esperanza J	N	4,2	23,5	1	Grupo 2
El Pedregal	F	13,3	40,5	1	Grupo 2
La Loma	F	4,7	24,8	1	Grupo 2
La Aurora	N	10,8	22,1	2	Grupo 3
La Isabela	N	7,8	39,2	1	Grupo 3
San Juan	HM	4,0	32,3	1	Grupo 3
La Quinta	G	2,8	8,0	1	Grupo 3
El Progreso	F	2,2	16,2	1	Grupo 3

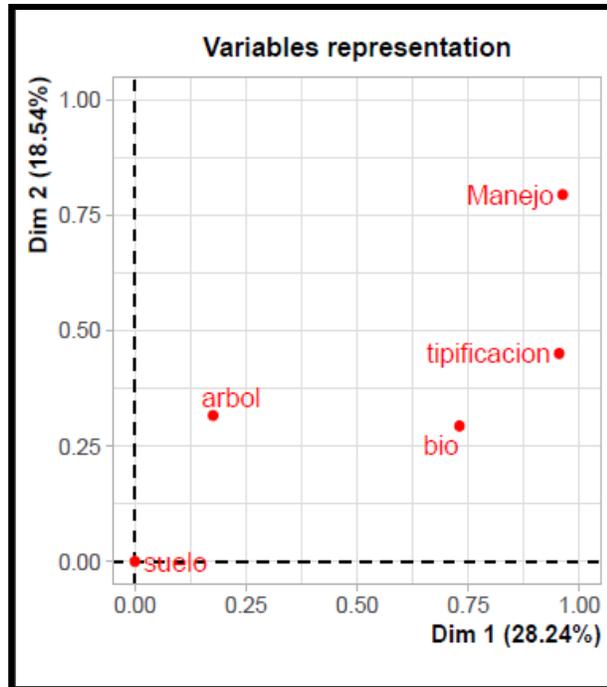
**MG:** Machete guadaña; **N:** Ninguna; **HM:** Herbicida y machete; **M:** Machete; **MG:** Machete guadaña; **G:** Guadaña; **F:** Fumigación

**Grupo 1** - Sistema multidiverso; **Grupo 2** - Sistema en etapa media de conversión; **Grupo 3** - Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica.

Clasificación de biodiversidad: Alta (**3**); Media (**2**); Baja (**1**)

Niveles de infestación de broca: Mayor de 5 % (**1**); De 2 a 5 %(**2**); De 0 a 2 % (**3**).

Del análisis estadístico realizado a los datos en la tabla 18, se muestran en tres graficas de Análisis de correspondencia múltiple, cuyos resultados se muestran en las gráficas 35, 36 y 37.



**Gráfica 35.** Representación plana de la nube de variables.

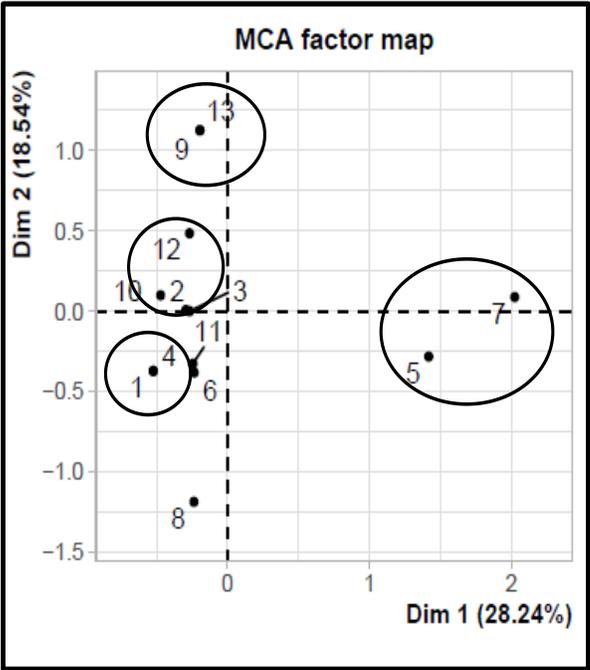
Las variables son representadas calculando las razones de correlación entre las coordenadas de individuos sobre el eje, y cada una de las variables cualitativas.

El manejo que se le da a las arvenses dentro del sistema de producción de café está fuertemente relacionado con los grupos de la tipificación, y la biodiversidad de incidencia de broca obtenidos. De los cinco productores que hacen aplicación de herbicidas, dos de ellos tienen los valores de infestación de broca sobre dos, sobrepasando el umbral de daño económico para el café. Esta práctica de manejo de las arvenses afecta el subsistema suelo en cuanto a la eliminación de la cobertura vegetal, erosión, pérdida de humedad, disminución de la biota edáfica y todo esto lleva a eliminar plantas hospederas de enemigos naturales que se encuentran en el agroecosistema, y de entomopatógenos que se encuentran de forma natural en el suelo. Esta variable comparte los dos ejes de la dimensión uno y dos.

La tipificación de los sistemas es otra variable que está altamente relacionada con las demás, el objetivo de esta es organizar los productores evaluados en grupos, en los cuales se comparten características en común en cuanto al manejo del sistema

de producción, ambiental, social y económico. La tipificación esta más cercana al eje de la dimensión uno, que explica el 28.24% de los datos.

La biodiversidad es otra variable relacionada, esta mide que tanta diversidad productiva, funcional, auxiliar e introducida tienen los sistemas de producción, clasificándolos en biodiversidad alta, media y baja, aquellas que estaban en una posición alta son los más cercanos a ser un sistema de producción agroecológico, para este caso, el grupo uno de productores tiene un valor de biodiversidad alta y media, mientras que el grupo dos califica con una biodiversidad baja, solo una finca de las que integran este grupo se encuentra en biodiversidad media, para el grupo tres de productores todas las fincas están en biodiversidad baja. Aunque esta cercana al eje de la dimensión uno la correlación no supera el 75%.



**Gráfica 36.** Representación plana de la nube de individuos.

Esta gráfica nos muestra una relación entre unidades de producción por sus características, entre ellas tenemos:

Fincas La Cecilia y La Dalia (5 y 7), estos dos sistemas muy similares en cuanto al manejo que le dan a sus fincas, los valores de porcentaje de incidencia de broca encontrados están en el mismo intervalo, solo se encontraron diferencias en la biodiversidad, para la finca la Dalia la biodiversidad es alta, y para la Cecilia el valor es medio. Estos dos sistemas de producción son los más avanzados en un proceso de conversión agroecológica, una de las características es nivel de biodiversidad, son multidiversos con prácticas de manejo y conservación de los recursos naturales.

Las fincas La Loma y El Progreso (2 y 12), comparten la mayoría de las características evaluadas, excepto la tipificación, La Loma está en el grupo de sistemas en etapa media de conversión, y El progreso se encuentra en el grupo tres, sistema en etapa inicial de conversión agroecológica, estas fincas aún se manejan de una forma convencional, con alta dependencia de insumos químicos, una de ella es la utilización de herbicidas para el manejo de arvenses, práctica que ocasiona una serie de problemas al suelo tales como: suelo desnudo expuesto a la erosión, pérdida de humedad, eliminación de biota del suelo, entre otras.

Estos dos grupos de sistemas de producción son opuestos en cuanto a las variables evaluadas, lo cual es visible en la tabla 19, mostrado por colores con relación a las variables evaluadas.

**Tabla 19.** Diferencias entre grupos 5-7 y 12-2.

		Manejo de arvenses	% Broca Arbol	% Broca Suelo	Clasificación Biodiversidad	tipificación
7	La Dalia	Machete-Guad	Doscinco	Mayorcinco	Alta	Uno
5	La Cecilia	Machete-Guad	Doscinco	Mayorcinco	Media	Uno
12	El Progreso	Herbicida	Doscinco	Mayorcinco	Baja	Tres
2	La Loma	Herbicida	Doscinco	Mayorcinco	Baja	Dos

Fincas El Pedregal y el Zapote (1 y 4), tienen un comportamiento igual en las variables evaluadas, pero se diferencia de las fincas San Juan y La Quinta (9 y 13), en las siguientes variables: el manejo de las arvenses, porcentaje de broca y tipificación, en el grupo uno realiza el manejo de las arvenses a través de la fumigación. Para el manejo y control de las arvenses en los cultivos de café, lo recomendable

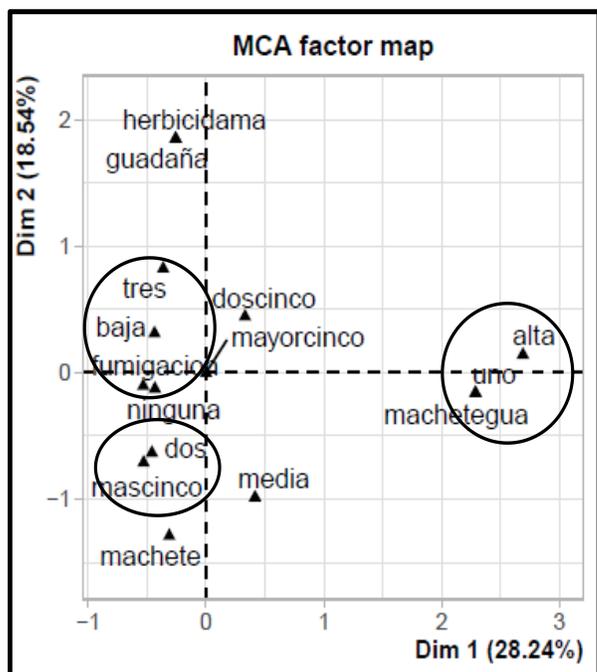
es hacerlo por medio de machete o guadaña, dejando los restos vegetales en el suelo para evitar procesos erosivos y perdida de humedad de este, además del aporte de la materia orgánica que se aporta, esta práctica cultural debe realizarse antes de la etapa reproductiva de las arvenses para evitar mayor dispersión.

Estos dos grupos de productores tienen la particularidad de tener los lotes de producción alejados de la casa de vivienda, situación que los lleva a no diversificar sus productos manifestando que “no vamos a sembrar para los vecinos”.

En la tabla 20 se muestran las diferencias entre estos dos grupos de productores.

**Tabla 20.** Diferencias entre grupos 5-7 y 12-2.

		Manejo de arvenses	% Broca Arbol	% Broca Suelo	Clasificación Biodiversidad	tipificación
9	San Juan	Herbicida - Machete	Doscinco	Mayorcinco	Baja	Tres
13	La Quinta	Guadaña	Doscinco	Mayorcinco	Baja	Tres
4	El Zapote	Herbicida	Mascinco	Mayorcinco	Baja	Dos
1	El Pedregal	Herbicida	Mascinco	Mayorcinco	Baja	Dos



**Gráfica 37.** Representación plana de la nube de modalidades.

En esta gráfica podemos ver la relación de algunas practicas realizadas en el cultivo de café.

Una alta biodiversidad (Alta), está relacionada con el grupo uno de la tipificación (uno), son sistemas multidiversos en cuanto a la producción y asociados a un manejo de arvenses con machete y guadaña (machetegua), prácticas que no son agresivas para el manejo del suelo.

La baja biodiversidad (baja) está asociada al grupo tres de tipificación (tres), sistemas en etapa inicial de conversión agroecológica y al manejo de arvenses por medio de la fumigación, prácticas muy características de sistemas que se manejan de una forma convencional.

El grupo dos de la tipificación (dos), sistema en etapa media de conversión está relacionado con unos porcentajes de broca superior a cinco, este grupo está medianamente relacionada con una biodiversidad media.

Las agrupaciones o cercanías entre las variables evaluadas concuerdan con las descripciones y las características en general de los sistemas observados en el capítulo 2 de caracterización de los sistemas de producción.

La variable porcentaje de broca en el suelo está en el baricentro (todas la evaluaciones obtenidas de los porcentajes de broca en el suelo son mayores a 5, no hay diferencias entre fincas o manejo de las arvenses) debido a que todas las fincas evaluadas tienen un valor mayor que cinco, pero se tuvo en cuenta porque en la encuesta era importante tener esta variable debido a que se encuentra una proporción muy elevada en el suelo, como se observa en la evaluación, convirtiéndose esta en el foco de infestación para las próximas cosechas.

En el caso específico de la broca del café Vázquez (2012) afirma que esta plaga se desarrolla básicamente en dos niveles dentro del cafetal: la planta fructificada y el suelo, siendo este último el principal reservorio de poblaciones que infestan los frutos de la cosecha siguiente, (Baker 1999, Barrera et al. 2007, Jaramillo et al. 2006), son muy pocas las prácticas que se realizan en el mismo para el manejo de

esta plaga, ya que la mayoría de estas se efectúan en la parte aérea de la planta, antes durante y después de la cosecha, esta afirmación es apoyada desde esta investigación con los altos niveles de infestación que se encontraron en el suelo, además, desde el capítulo 5 se afirma desde la decisión de los productores a la no adopción de prácticas recomendadas para el manejo y control de plagas del café en el suelo, tales como: eliminación de frutos infestados, colecta de frutos del suelo, nivel de infestación y posición de la broca, estas fueron aceptadas por un 75% de los productores, los demás afirman que es una labor extra que no realizan los recolectores, y que no cuentan con el capital humano y económico suficiente para la realización de dicha labor.

Dentro de los enemigos de la broca del café (*H. hampei*) tenemos: *Cephalonomia stephanoderis* (Benavides et al. 1994, Salazar et al 1998, Bustillo 2005), *Prorops nasuta*, *Phymastichus coffea*, *Beauveria bassiana* (hongo) (Bustillo 2005), Hormigas (Varón et al 2004, Gallego y Armbrrecht 2005; Vázquez 2012), para ello Vázquez (2012), afirma que el manejo del suelo y la sombra del cafetal (intensidad de luz, incidencia de radiaciones solares, humedad relativa, temperatura, entre otros) puede ser un elemento que favorezca la reproducción y crecimiento de estos organismos, debido a que con estas prácticas se contribuye a un microclima donde el microorganismo desarrolla su ciclo saprofitico y patogénico, así como su dispersión en el campo .

Con relación al manejo de las arvenses en los sistemas de producción de café, se encontró que la composición de la población de *H. hampei* en los frutos infestados que han quedado en el suelo en la etapa de floración en los lotes donde se aplicó herbicida existen las mayores poblaciones de todos los estados de desarrollo del insecto, seguido del lote con manejo a machete, hasta llegar a un lote con sombra diversificada donde la población generalmente es menor (Vázquez 2012).

El manejo de coberturas del suelo en los sistemas de producción de café es una práctica con múltiples efectos benéficos, principalmente: la reducción de poblaciones arvenses (Martínez 1991), la conservación del suelo en zonas de pendientes, proveer de sitios de alimentación y refugio a los adultos de los parasitoides de las

plagas del cafeto (Simón 1989), así como favorecer el microclima del sistema de producción de café, la fertilidad del suelo y la efectividad de los biocontroladores que se aplican (Pohlan 2005, Vázquez 2005).

#### 4.6 **CONCLUSIONES**

Los productores no están realizando prácticas culturales enfocadas en la recolección de granos de café en el suelo, quedando allí el reservorio de la plaga para la próxima cosecha, esto está demostrado con unos porcentajes de broca en suelo mayores a 5%.

El manejo dado a las arvenses en los sistemas de producción evaluados es la variable que mayor correlación tiene con la biodiversidad, tipificación, y los porcentajes de broca en árbol y suelo, para este caso es muy importante relacionarla con los porcentajes de broca, ya que el manejo que le demos influye directamente en las poblaciones plaga para la cosecha, siendo el suelo el mayor reservorio de la plaga en los granos que quedan en el suelo después de la recolección.

El manejo de las arvenses con herbicidas están relacionados con los niveles de broca altos, estos eliminan todo tipo de arvenses, y entre ellas están los hospederos de los enemigos naturales de la broca, además, afectan la biota edáfica en donde podemos encontrar biocontroladores de forma natural.

Unos niveles altos y medios de biodiversidad, acompañados de prácticas culturales de manejo de arvenses amigables con el recurso suelo, permiten mantener los niveles de broca en el umbral de daño económico.

## **5 DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION AGROECOLÓGICO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN CUATRO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ANDES, SUROESTE ANTIOQUEÑO.**

### **5.2 RESUMEN**

Cerca del 50% de la caficultura colombiana se encuentra bajo sistemas de producción a plena exposición solar, por este motivo se deben tomar decisiones adecuadas en cuanto al establecimiento de un diseño agroforestal, que contribuya con el aumento de la producción y que sea más sostenible en el tiempo. El objetivo es diseñar una propuesta de conversión agroecológica de café, de una manera participativa para las veredas Egipto, La clara, La soledad y San Gregorio del corregimiento de Santa Rita, Municipio de andes. La propuesta nació del trabajo participativo con 13 productores de café, donde se realizó una caracterización, tipificación y evaluación de sostenibilidad de sus predios, acompañado de una serie de capacitaciones fundadas en el manejo y transformación de sus sistemas de producción. Dentro de las capacitaciones se manejaron temáticas relacionadas con el manejo y control de plagas y enfermedades, manejo del suelo y la importancia del manejo la diversificación. Teniendo en cuenta las temáticas estudiadas y los resultados de la tipificación, se realizó una propuesta de plantas acompañantes para el diseño y sus potencialidades y/o aportes al sistema de producción, poniéndolas a consideración de los productores, y siendo ellos quienes elegían las plantas que querían tener en sus predios dependiendo de las funciones que cumplían, dando como resultado una propuesta de diseño agroecológico de café, con unas recomendaciones de manejo.

### ***PALABRAS CLAVE***

Sistemas agroforestales, diseño de sistemas, estrato bajo, estrato medio, estrato alto, diversidad, diseño.

### **5.3 INTRODUCCION**

En Colombia, el café es un cultivo que se establece principalmente a plena exposición solar, sin embargo, se encuentran plantaciones establecidas con varios tipos y

cantidades de árboles, y existe una gran cultura agroforestal con café, dadas las diversas condiciones climáticas y de suelo de nuestras zonas cafeteras. La implementación de árboles en los sistemas de producción de café tiene diferentes funciones como: ejercer control sobre la economía del agua mitigando los efectos de las sequías, contribuyen a la fertilidad del suelo, reducen la erosión, reciclan nutrientes, aportan gran cantidad de materia orgánica e incrementan las poblaciones de plantas aumentando la biodiversidad ( Beer, 1987, Kiara y Naged, 1995, Farfán 2018).

En la región cafetera colombiana se han identificado áreas homogéneas en características de suelo, relieve y clima denominadas ecotopos cafeteros, que definen el entorno o el ambiente principal de los sistemas de producción de café como una región delimitada geográficamente, con condiciones de clima, suelo y relieve donde se obtiene una respuesta biológica similar del cultivo del café (Moreno, 2007, Gómez et al. 1991).

Para Farfán (2014), en Colombia, la Federación Nacional de Cafeteros indica que en las plantaciones de café bajo sombrío intervienen factores como: competencia entre el café y sombrío, mayor o menor cantidad de hojas que sirven como fertilizante, efectos benéficos entre las plantas de la comunidad y mayor o menor cantidad de arvenses competidoras, en el año la FNC (1993) con el uso de fotografías aéreas, se definen los conceptos básicos a ser aplicados, en relación al diseño de café bajo sombrío, es así, como en este país se pueden distinguir los siguientes sistemas de producción de café:

**Sistema de producción tradicional**, se considera un lote de café con variedad Caturra o Típica, establecido sin trazo, con sombrío no regulado y una población menor a 2.500 plantas por hectárea (Moreno, 2007).

**A libre exposición Solar**, es aquel en el cual el efecto de la regulación de la luz incidente proviene de cualquier especie arbórea permanente, inferior a 20 árboles por hectárea y/o inferior de 300 especies arbustivas semipermanentes. Cerca del 30% de la caficultura colombiana se encuentra a plena exposición solar. (Pulgarín 2007, Moreno 2007, Farfán 2014)

**Sistema de producción tecnificado**, se considera un lote de café con variedad Caturra o Castillo, el cual ha sido trazado, establecido al sol o con sombrío regulado y una población mayor a 2.500 plantas por hectárea (Moreno, 2007).

**Sistema de producción con semisombra**, se define en función del componente arbóreo como regulador de la luz solar. Generalmente, se emplean especies arbóreas como el guamo, el nogal o el chachafruto, entre otros y con una densidad entre 20 y 50 árboles por hectárea, o cualquier especie arbustiva semipermanente (plátano o banano) con un número de plantas entre 300 y 750 sitios por hectárea (Moreno, 2007).

**Sistema de producción de café con sombra**, está caracterizado por el empleo de cualquier especie arbórea permanente con una densidad superior a 50 árboles por hectárea, equivalente a una distancia de siembra de 14 x 14 m. También puede darse la regulación de la luz incidente por cualquier especie arbustiva semipermanente con más de 750 sitios por hectárea, la cual puede establecerse con una distancia de siembra de 3,7 x 3,7 m, con un arreglo espacial uniforme (Federación Nacional de Cafeteros, 1993, Moreno, 2007).

Café especial. El término “café especial”, está asociado a aquellos que conservan una consistencia en sus características físicas, sensoriales, prácticas culturales y en sus procesos finales; características que los distinguen del común de los cafés y por las cuales los clientes están dispuestos a pagar un precio superior (Giovannucci y Koekoek 2003).

Dentro de los cafés especiales se encuentran: Café orgánico, Café de origen, Café saborizado, Café de alta tosti3n, Café descafeinado, (Farfán, 2007). En Colombia existe el programa de cafés especiales, en los cuales se encuentran (FNC 2005; Farfán 2007): Cafés de Origen, Cafés de Preparaci3n y Cafés Sostenibles.

Los sistemas de producci3n agropecuaria (SPA) convencionales explotan una o varias especies de plantas o animales en sistemas de cultivo y ganadería especializados y de grandes extensiones, mediante tecnologías con predominio de mecanizaci3n e insumos químicos, que causan externalidades negativas; en cambio, los sostenibles con base agroecológica integran diversidad de especies de cultivos, animales y árboles, mediante diseños complejos, en campos de diferentes dimensiones,

para favorecer multifunciones que reducen prácticas degradativas e insumos externos, así como aumentar los servicios ecológicos (Vázquez 2015, Escobar et al. 1990, Gliessman 2002, Pulgarin 2007).

Para (Farfán 2007), Agroforestales es el nombre genérico para describir un sistema de uso de la tierra en el cual los árboles se combinan temporal y espacialmente con pasturas (uso animal) o cultivos agrícolas que se traducen en sistemas de producción sostenibles en la misma unidad de terreno (Organización para Estudios Tropicales 1986, Fassbender 1987, Somarriba 1987, Torquebiau 2000, Sánchez 2003, Durán 2005). Dada la diversidad de los sistemas agroforestales su clasificación puede ser compleja o simple (Nair 1985, Fassbender 1987), además se pueden encontrar Sistemas agroforestales con café (FNC 1958, Perfecto et al. 1996, Muschler 2000, Pulgarin 2007), con tres tipos de estructuras: Sombrío diverso tradicional, sombra rústica, policultivo tradicional o caficultura tradicional, sombrío diverso plantado, policultivo moderno o sombrío tecnificado (FNC 1958, Rice 1997), Sombrío simple plantado, policultivo moderno, policultivo comercial o sombrío tecnificado (FNC 1958).

De igual manera se pueden clasificar teniendo en cuenta el número de árboles como se expresa en la tabla 21.

**Tabla 21.** Definición de sistema de café bajo sombra según el número de árboles.

Exposición a la luz (según el número de árboles o semiperennes por hectárea)		
<20 árboles o <300 especies arbustivas	>20 y <50 árboles o >300 y <750 especies arbustivas	>50 árboles o >750 especies arbustivas
Café plena exposición solar	Café con semisombra	Café con sombra

Fuente: Farfán (2014)

Para Farfán y Jaramillo (2008), también es importante tener en cuenta los porcentajes de sombrío para el café según el número de horas de brillo solar al año en los sistemas agroforestales, como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 22.** Porcentaje de sombrero para el café según el número de horas de brillo solar del entorno.

Porcentaje de sombrero (según el número de horas de brillo solar)			
0%	Menor de 25%	Entre 25% y 45%	Mayor del 45%
Libre exposición solar	Sombrero ralo o heterogéneo	Sombrero óptimo o adecuado	Sombrero denso u homogéneo

Fuente: Farfán (2014)

El objetivo del diseño de los sistemas agroecológico es integrar los componentes de tal manera que logre aumentar la eficiencia biológica general y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (Altieri, 2010, Altieri et al 2012) y constituye un nuevo paradigma en la gestión de la producción agrícola y pecuaria, ya que se adoptan los principios de la agroecología a diferentes escalas, lo que significa transitar paulatinamente hacia la sostenibilidad de la producción y el aumento de la capacidad de autogestión (Vázquez 2015).

Uno de los motivos por los que muchos agricultores realizan una conversión desde un sistema de monocultivo manejado con insumos agroquímicos, a un sistema más diversificado, es lograr una producción de calidad y estable, poco dependiente de insumos externos, con el objetivo de disminuir los costos de producción, y a la vez conservar recursos naturales de la finca tales como suelo, agua y agrobiodiversidad (Altieri, 1995, Vázquez, 2015, Gliessman et al 2007), este proceso se realiza a través de la agroecología, como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y sostenibles (Altieri, 2010, Vázquez 2015).

El proceso de conversión de un sistema convencional a otro sostenible aplica el enfoque agroecológico, dentro del cual la unidad de producción se considera como parte de un sistema más grande de partes interactuantes, todo un agroecosistema, por lo que debemos enfocarnos en rediseñarlo con el objetivo de promover un

amplio rango de diferentes procesos ecológicos y socioeconómicos (Gliessman, 2001, Guzman 2007, Vázquez, 2015).

El proceso de conversión de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es de carácter transicional y se compone de cuatro fases (Hill 1985, 1998, Gliessman, 1998, 2001, 2010):

1. Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, arvenses, suelos, entre otros.
2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos.
3. Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos.
4. Establecer una conexión directa entre los productores y los consumidores, con el objetivo de establecer una cultura de sostenibilidad, e involucrar interacciones de los componentes del sistema alimentario.

A lo largo de las cuatro fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos (Altieri, 1991, Altieri et al 2004, Gliessman2010, Tittonell 2019):

- Aumento de la biodiversidad tanto sobre como debajo del suelo.
- Aumento de la producción de biomasa y el contenido de materia orgánica del suelo.
- Disminución de los niveles de residuos de pesticidas y la pérdida de nutrientes y agua.
- Establecimiento de relaciones funcionales y complementarias entre los diversos componentes del agroecosistema.
- Óptima planificación de secuencias y combinaciones de cultivos y animales, con el consiguiente aprovechamiento eficiente de recursos locales.

El diseño de los sistemas de producción intenta transformar la estructura y función del agroecosistema al promover diseños diversificados que optimizan los procesos claves (Power, 1999, Tittonell 2019). La promoción de la biodiversidad en

agroecosistemas es la estrategia clave en el diseño predial, ya que investigaciones han demostrado que:

- Una mayor diversidad en el sistema agrícola conlleva a una mayor diversidad de biota asociada.
- La biodiversidad asegura una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas.
- La biodiversidad mejora el reciclaje de nutrientes y energía.
- Sistemas complejos y multiespecíficos tienden a tener mayor productividad total.

En ecosistemas naturales, la regulación interna de su funcionamiento es sustancialmente un producto de procesos y sinergias ligadas a la biodiversidad, y una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural es porque esta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri 1994, Wade, 2014)

Los diseños agroecológicos para Altieri y Letourneau (1984), Labrador et al, (1994), Restrepo 2000, Altieri (2001), Nicholls y Altieri (2002), Altieri (2011), Espinosa et al (2011), Nicholls y Altieri (2014), Sarandón et al (2014), Vázquez et al (2015), Tiftonell (2019) proponen que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar los programas de manejo de plagas. Varios estudios han demostrado que en los agroecosistemas es posible estabilizar las comunidades de insectos diseñando sistemas agrícolas diversos, tales como policultivos y sistemas agroforestales, cultivos de cobertura, entre otros, que estimulan las poblaciones de enemigos naturales o que exhiben efectos directos y adversos sobre los insectos plaga, manteniendo las poblaciones de enemigos naturales además, cumplen funciones de reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales y la detoxificación de residuos químicos nocivos. El diseño del cultivo diferirá según estos ecosistemas y estas consideraciones relativas al manejo, por lo que el principio del diseño del cultivo y del sistema en arreglos espaciales y temporales tienden a capturar los recursos cuando están disponibles para reducir al mínimo las pérdidas y conservar la capacidad para la función continua del sistema (Wade, 2014).

En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales (Altieri y Nicholls 2007, Altieri 2010, Rosset et al, 2018) (Gráfico 1):



**Gráfica 38.** Principios agroecológicos para el diseño de sistemas agroecológicos. (Tomado de Altieri y Nicholls 2007)

1. El mejoramiento de la calidad del suelo, incluyendo una biota edáfica más diversa.

Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad. Varias investigaciones demuestran que la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plaga y enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo (Nicholls et al, 2008, Brechelt, 2004).

2. Diversificación del sistema productivo

El manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación, que fomenta una entomofauna benéfica, así como otros componentes de la biodiversidad. Para Vázquez 2015, los diseños complejos ratifican que la

biodiversidad, descrita en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies, o comunidades), caracteres funcionales, así como las interacciones entre sus componentes que tienen gran importancia para el funcionamiento, el mantenimiento y la estabilidad de los ecosistemas (Gliessman, 2001, Vázquez 2010).

Un manejo adecuado de la biodiversidad por encima del suelo conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, entre otros.) para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Estos recursos deben integrarse en el paisaje agrícola de una manera espacial y temporal que sea favorable para los enemigos naturales y, por supuesto, que sea fácil de implementar por los agricultores. El éxito depende de: a) la selección de las especies vegetales más apropiadas, b) la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, c) la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y d) la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat (Altieri 2001, Matienzo et al 2015, Perfecto et al 2015, Tittone 2019).

El objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes de tal manera que logre aumentar la eficiencia biológica general y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (Altieri, 2010) adoptando los principios de la agroecología a diferentes escalas, lo que significa transitar paulatinamente hacia la sostenibilidad de la producción y el aumento de la capacidad de autogestión ( CIAT, 2002, Dalgaard, 2002, Altieri et al 2007, Vázquez 2015).

Según DaMatta (2007), Farfán (2014), en el diseño de sistemas agroforestales con café, existen algunas características que favorecen la productividad y la sostenibilidad, algunas de las características son:

- Incremento en la producción: mejora la producción de los cultivos asociados, reduce la aplicación de insumos y fertilización.
- Aceptación: la introducción de nuevas áreas a la agroforestería debe ajustarse a las prácticas agrícolas locales (Nair, 1985, 1993).

- Continuidad: los sistemas agroforestales pueden mantener indefinidamente la conservación y la fertilidad del suelo, conservando productividad en función de los efectos positivos de los árboles sobre el suelo.
- Resiliencia: El uso del suelo puede recuperarse de una condición de degradación a una de restauración.

Para el diseño de una propuesta de conversión agroecológica en los sistemas convencionales intensivos de producción de café con énfasis en el manejo agroecológico de plagas se utilizará la información obtenida en los estudios de caso, de autores como: Altieri y Nicholls 2000; Nicholls y Altieri 2002; Escamilla et al. 2005; Farfán 2005; Vázquez et al. 2014; Marasas et al. 2014, León 2014.

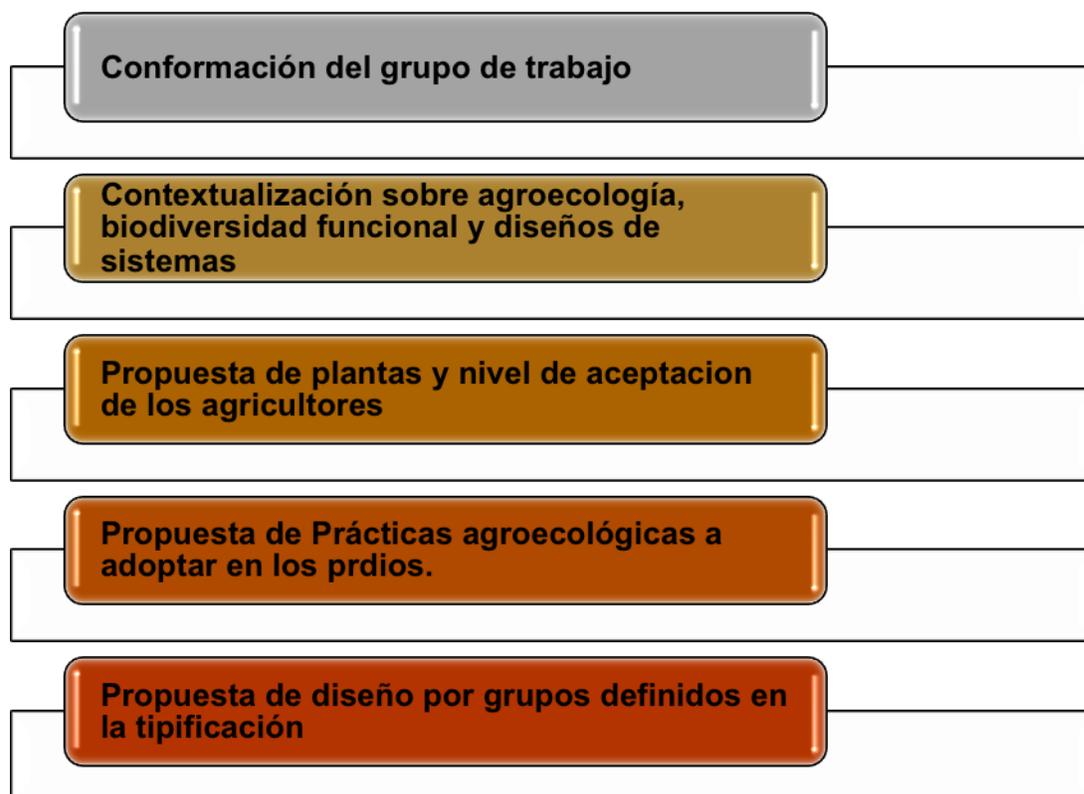
Para esto se tuvo en cuenta el siguiente grupo de principios y características agroecológicas:

- Desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable.
- Estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que, además, son social y económicamente viables.
- Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales, que están en constante interactuar con el medio ambiente.
- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Teniendo en cuenta los criterios de diseño de sistemas de producción, desde la agroecología y el cultivo de café, se realizó el diseño participativo de un sistema de producción agroforestal de café, fundado en los dos principios fundamentales de dicha ciencia.

#### 5.4 METODOLOGIA

Se realizaron cuatro talleres interactivos, por medio de la metodología adaptada de Brüscheiler y Rist, 2005. La metodología de la investigación partió de la capacitación al grupo de productores sobre principios básicos de la agroecología, y plantas acompañantes con funciones definidas dentro del sistema (biodiversidad funcional). Posteriormente, ellos realizaron una selección de aquellas plantas que quisieran tener en sus predios, o que ya las tienen, se trabajó en grupos formados por la tipificación de los sistemas ya realizados, donde plasmaron en un papel cual es el diseño del sistema de producción que quieren implementar en sus fincas.



**Gráfica 39.** Metodología de intervención.



**Gráfica 40.** Ubicación del municipio de Andes en el departamento de Antioquia y su división política.

### **5.4.3 Capacitación en contextualización sobre agroecología, biodiversidad funcional, funciones de las plantas y diseños de sistemas.**

Desde las bases teóricas, la propuesta de formulación de alternativas agroecológicas debe estar basado en los principios agroecológicos, la importancia de la biodiversidad, y las funciones que las plantas ofrecen desde el punto de vista de: manejo y conservación de suelos, aporte nutricional al cultivo, disminución del ataque de plagas y enfermedades, hospederos de enemigos naturales, entre otros, para esto se realizó la capacitación basada en:

1. El diseño de los sistemas basado en la aplicación de los principios agroecológicos (Altieri 2014):
2. Biodiversidad, entendiéndose por esta a la diversidad biológica que tiene un significado más amplio, que incluye tres planos de complejidad, que son los genes, las especies y los ecosistemas o hábitats; es decir, se entiende como la variabilidad de la vida en todas sus formas y niveles (Vázquez, et al 2010).

La diversidad tiene varios componentes correlacionados, entre los cuales se encuentran el más ampliamente reconocido, medido por el número de especies presentes en un hábitat, al cual llamamos riqueza o diversidad de especies, y un segundo componente, llamado diversidad funcional, el cual es medido por el rango de atributos de las especies en un hábitat dado (Tilman 2001, Vázquez 2015).

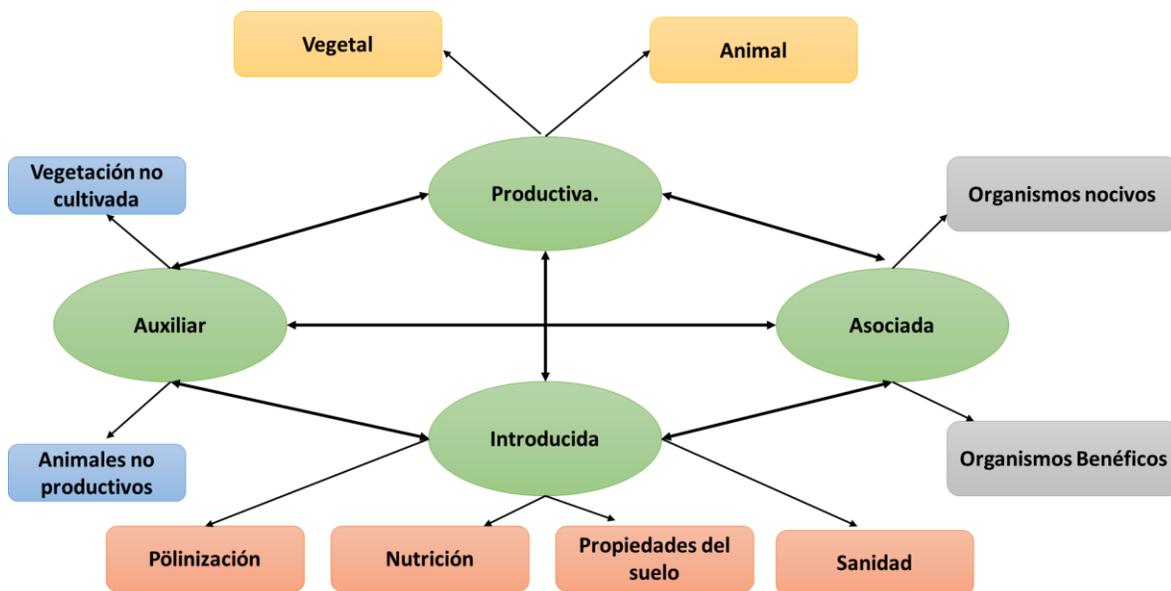
Así mismo Vázquez y Matienzo, 2013, clasifica la biodiversidad en:

- Biodiversidad productiva: Biota introducida o autóctona que se cultiva o cría con fines económicos (plantas y animales). Agrobiodiversidad.
- Biodiversidad nociva: Los organismos que afectan las plantas y animales de interés económico. Plagas agrarias.
- Biodiversidad introducida funcional: Los organismos que se reproducen masivamente y se introducen en el sistema mediante liberaciones o aplicaciones

inoculativas o aumentativas. También se incluyen aquí los abonos orgánicos y biofertilizantes que se aplican, así como las micorrizas que se inoculan.

- Biodiversidad funcional: Los organismos que regulan naturalmente las poblaciones de fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos, que se consideran enemigos naturales denominados los biorreguladores de plagas.
- Biodiversidad auxiliar: La biota que habita naturalmente en los sistemas agrícolas y que contribuye indirectamente al resto de la biodiversidad. Aquí se incluyen las plantas que crecen silvestres o se manejan, pero no fundamentalmente con fines productivos, entre otras. También los animales que se utilizan en las labores agrícolas.

Los tipos de biodiversidad son resumidos en la gráfica 41



**Gráfica 41.** Tipos de biodiversidad. Fuente Vázquez 2015.

La biodiversidad productiva resulta al considerar que todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo por tanto los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente de acuerdo con los factores biológicos socio económicos y ambientales y tales variaciones en el

paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar los cultivos (Altieri & Nicholls, 2007, Vázquez Et al, 2014)

#### 5.4.4 Propuesta participativa para la selección de plantas en el diseño y validación con los agricultores.

Se presentaron algunas plantas de la zona, que se encuentran de forma natural o introducida y que tienen una función específica dentro del sistema, ya que sin ellas el funcionamiento se vería afectado (anexo 3).

Cumplen funciones como: cambiar la composición de la atmósfera terrestre, fotosíntesis, oxígeno, hospedero de especies animales, micro y macroorganismos, alimento para animales, insectos y humanos, proveedor de subproductos como maderas, sustancias orgánicas y medicinales, valor estético y recreativo, mejorando la calidad de vida, actúan como filtros de los contaminantes de aires y agua, protección y fertilización del suelo, regulación de temperatura, aminorando el calentamiento y base de la cadena alimenticia.

Las plantas presentadas son las siguientes con sus respectivas funciones agroecológicas (tabla 23):

**Tabla 23.** Plantas que se pueden establecer en sistemas agroecológicos sostenibles.

ESTRATO BAJO	
PLANTA	FUNCION AGROECOLOGICA
Altamisa ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> )	Repelente de broca del café (Gómez y Rivera, 1987, Salazar e Hincapié, 2005, Castro, 2016).
Bejuco ( <i>Cissus sicyoides</i> )	Repelente de broca del café (Salazar e Hincapié, 2005)
Ajenjo ( <i>Artemisa absinthium</i> )	Repelente de broca del café. (Gómez y Rivera, 1987, 1995, Salazar e Hincapié, 2005 Blair & Madrigal 2005, Wang et al. 2006).

Hierbamora ( <i>solanum nigrum</i> )	Repelente de broca del café (Schmidt <i>et al.</i> , 2004)
Lavaplato ( <i>Solanum verbascifolium</i> )	Repelente de broca del café (Zhou y Ding, 2002)
Clavel chino ( <i>Emilia sonchifolia</i> )	Atrayente de la broca del café (Castro, 2016), Hospedante de enemigos naturales de la broca del café. (Gómez & Rivera, 1995, Muko y Ohiri, 2000, Salazar & Rivera, 2002. Salazar & Hincapié, 2007 Kawaree & Chowwanapoonpoh 2009, )
Tripa de pollo ( <b><i>Alternanthera pungens</i></b> )	Alelopática, proveedor de néctar para controladores biológicos de la broca <i>Cephalonomia stephanoderis</i> , <i>Prorops nasuta</i> . Cobertura del suelo. (Gómez y Rivera, 1987).
Bandera española ( <i>Lantana cámara</i> )	Repelente de broca del café. (Gómez & Rivera, 1995, Ghisalberti <i>et al</i> 2000, Silveira 2007, Salazar & Hincapié 2007, Kumar & Maneemegalai 2008, Shrivastava & Jha 2016, Castro, 2016.)
Cascabelillo ( <i>Crotalaria Micans</i> )	Fijadora de nitrógeno. Atrayente de abejas depredadoras y parásitas de la broca y el minador del café. (Gómez & Rivera 1995, Silveira <i>et al.</i> , 2007. Waller <i>et al.</i> , 2007, Devi <i>et al.</i> , 2013, Castro, 2016)
<b>ESTRATO MEDIO</b>	
Tefrosia ( <i>Tefrosia candida</i> )	Cultivo transitorio, abono verde, fijación de nitrógeno, aporte de materia orgánica, ciclaje de nutrientes. 28000 plantas /ha (Moreno 2007).
<i>Leucadena leucocephala</i>	Cultivo transitorio, abono verde, fijación de nitrógeno, aporte de materia orgánica, ciclaje de nutrientes. 70 plantas /ha. Alimento para animales (Moreno 2007).
Plátano ( <i>Musa sp.</i> )	Sombrío transitorio, alimento, alimento para aves, aporte de materia orgánica y ciclaje de nutrientes. 278 plantas /ha (Moreno 2007)
Maiz ( <i>Zea maiz</i> )	Cultivo de valor económico, alimento en la finca, aporte de materia orgánica y ciclaje de nutrientes.,

Frijol ( <i>Pahaseolus vulgaris</i> )	frijol 120000 plantas/ ha y maíz, 33000 plantas /ha (Moreno, 2007)
Tabaco	Este pesticida orgánico, cuida el medio ambiente evitando la contaminación, repelencia (Rodríguez, 2006, Delphia et al., 2006. Isman, 2006. Vázquez, 2011, Castro, 2016).
Botón de oro	El botón de oro puede emplearse para restaurar los suelos y las áreas degradadas, su uso como abono en cultivos es muy común. Las hojas tienen un alto contenido de fósforo y potasio.  El botón actúa como repelente contra las hormigas arrieras o cortadoras de hojas (Salazar e Hincapié, 2005).
Yuca	Cultivo de valor económico, alimento en la finca, tanto para animales como para los humanos (Cock, 1989)
<b>ESTRATO ALTO</b>	
Guamo santafereño ( <i>Inga edulis</i> )	Aporte de materia orgánica y ciclaje de nutrientes, protección del cultivo, protección del suelo, leña, madera. 34 plantas / ha Farfán (2014).
Nogal cafetero ( <i>Cordia alliodora</i> )	Aporte de materia orgánica y ciclaje de nutrientes, protección del cultivo, protección del suelo, leña, madera. 34 plantas / ha Farfán (2014).
Cambulo ( <i>Erythrina sp</i> )	Conservacionista, ornamental, medicinal y maderable. Su follaje sirve como abono y forraje. Es una especie fijadora de nitrógeno y apta para la recuperación de suelos, además de servir como especie para cercas vivas y sombrío para ganado. La madera es útil para Tablas de pisos. Cultivo transitorio, abono verde, fijación de nitrógeno, aporte de materia orgánica, ciclaje de nutrientes. 70 plantas /ha. Farfán (2014).

Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> ) Kuntz.	Se utiliza en la recuperación de suelos degradados, La plantación asociada con maíz y frijol contribuye a reducir el costo de establecimiento de la plantación hasta un 60%, lo cual puede resultar rentable para el productor. Farfán (2014).
---	--

#### 5.4.5 Propuesta de prácticas agroecológicas a implementar en los sistemas de producción en proceso de conversión.

Para la implementación de un sistema productivo se definieron una serie prácticas agroecológicas enfocadas en el manejo integrado de plagas y enfermedades, y la calidad de suelo que nos ayudan al buen funcionamiento de este y a su vez con la protección de los recursos naturales y la sostenibilidad (anexo 1 y 2). En la tabla 24 se mencionan las prácticas de manejo que se deben implementar con su debida justificación.

**Tabla 24.** Prácticas agroecológicas que se deben implementar en el sistema productivo.

PRÁCTICAS DE MANEJO	DESCRIPCIÓN
Incremento de la biodiversidad funcional	Se deben poner en práctica, los arreglos vegetales por estratos que ya se reflejaron. Estos deberán ser manejados y conservados adecuadamente, aumentando el valor, rango, distribución y abundancia relativa de los caracteres funcionales de los organismos que constituyen un ecosistema (Díaz <i>et al.</i> , 2007, Casanoves <i>et al.</i> , 2011). Una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural es porque esta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri, 1994, Moreno 2007, Vázquez 2014, Nicholls <i>et al</i> 2016).
Recolección de frutos del suelo	Recolectar de forma manual los frutos infectados de broca que se encuentren en el suelo ya que estos se convierten en

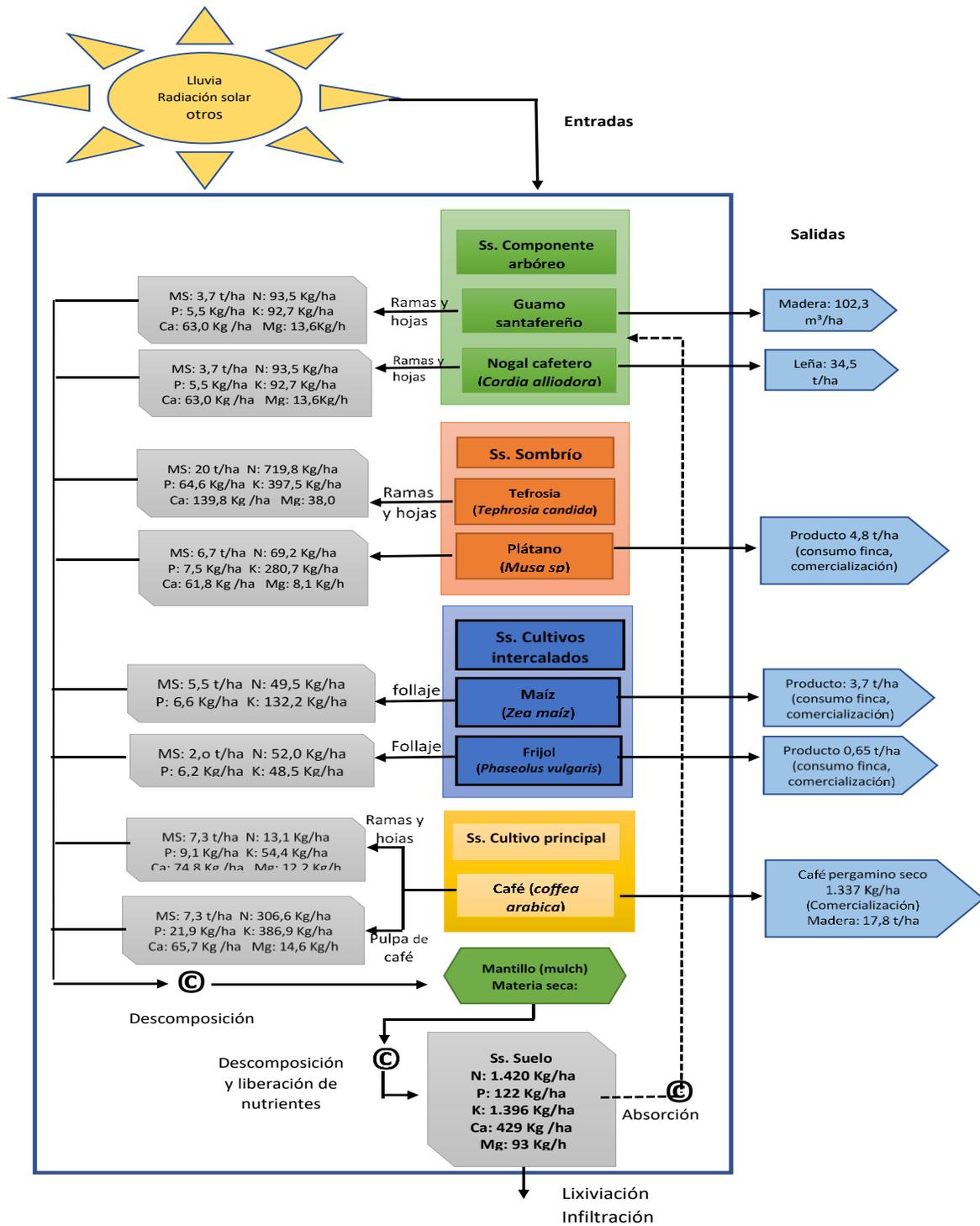
	reservorios de la plaga para la próxima cosecha (Vázquez <i>et al.</i> , 2010).
Eliminación de frutos infestados de café	Recolectar de forma manual los frutos perforados por la plaga o con síntomas de presencia de la plaga, ya que no importa la edad ni el tamaño del grano para que este sea atacado (Ingunza, 1996, CENICAFE, SF)). De esta forma se contribuye a la calidad de la próxima cosecha. Los insectos infectados se deben depositar en un tarro con hipoclorito (Benavides <i>et al</i> 2002).
Control manual o mecánico de arvenses	Desyerbar las arvenses dentro del cafetal, para evitar el avance de las plagas. Seguidamente, se deben incorporar como abono verde al suelo. Para el desyerbe manual, se puede utilizar el machete y para el mecánico, la guadaña (Salazar <i>et al</i> 2005, Hincapie <i>et al</i> 2007)).
Regulación de la sombra	Mantener una iluminación difusa de aproximadamente 45 % dentro del cafetal, con el propósito de lograr un nivel de iluminación no preferido por los adultos de la broca (Farfán 2018).
Establecimiento de coberturas vivas	Garantizar condiciones microclimáticas para la actividad de los parasitoides liberados. Las coberturas deben presentar altas floraciones en el cafetal, para la alimentación de los adultos de los parasitoides liberados. También, se debe mantener humedad en la superficie del suelo, para favorecer la actividad del nematodo y de los hongos entomopatógenos (Gómez 1990, Bustillo, 2002; Vázquez y Matienzo, 2010)
Conservación de enemigos naturales existentes y aplicación de otros para reducir la infestación de plagas	Se deben conservar y estimular los insectos naturales que habitan en el cafetal y en el sistema de cultivos de hortalizas. Otros reguladores naturales que se pueden aplicar se encuentran, los hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Bacillus thuringensis</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> (Vera <i>et al</i> 2007, Altieri y Nicholls, 2007).
Trampas de captura	Se pueden utilizar trampas de feromonas o de colores para suprimir las poblaciones de adultos que se han introducido en los frutos goteados durante la cosecha (Benavides <i>et al</i> 2002).

Manejo agroecológico del suelo	Incorporar abonos orgánicos y biofertilizantes naturales (Primavesi et al 2008).
Seguimiento y registro	Realizar evaluaciones de los grupos funcionales de fauna presentes en el sistema, para tomar decisiones
Podas	Las podas de formación son muy importantes en la formación de árboles para el sombrío y de árboles frutales para mantener la productividad, y fomentar un ambiente regulado en el sistema productivo (Farfán 2018).
Nivel de infestación	El nivel de infestación consiste en medir la población de broca en el campo, haciendo muestreos de la siguiente manera: Para una hectárea de café evalúe 30 sitios, recorriendo el lote en zig-zag. En cada sitio se escoge un árbol y se selecciona una rama en la zona productiva. Cuente el total de frutos de la rama y el total de frutos "brocados" (Gómez et al. 1998 – 2002, Trujillo et al 2006, Candelario et al. 2006, Bustillo 2007, Montes et al. 2012)
Barreras vivas	Barrera física para poblaciones inmigrantes de plagas. Confusión de los adultos inmigrantes de ciertas plagas. Repelencia de plagas. Refugio, alimentación y desarrollo de biorreguladores (reservorios) (Farfan, 2012, San Roman et al 2016)
Labranza mínima o de conservación	Paso inicial en la preparación del suelo, desmenuzando los terrones de suelo compactados, e incorporando los residuos de cosecha son incorporados. ( Altieri y Nicholls, 2008).
Incorporación de abonos orgánicos	La incorporación de estos al suelo nos permite incorporar nutrientes al suelo, reactivar la biota, entre otros (Segura et al., 2002).
Incorporación de abonos verdes	Incorporación al suelo de plantas cosechadas, especialmente leguminosas que ayudan a mejorar las propiedades del mismo, (Gómez et al 2006)
Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales.	Los caldos minerales son utilizados para el manejo y control de plagas y enfermedades, generalmente preparados con plantas alelopáticas (Hernández et al., 2004).
Activación de los organismos funcionales del suelo.	Los microorganismos eficientes nos ayudan a reactivar la microbiota del suelo, descomposición de materia orgánica,

	disponibilidad de nutrientes para las plantas, entre otros (Funes et al 2015).
Manejo agroecológico de plagas	Manejo de plagas o enfermedades con estrategias de aumento de biodiversidad, policultivos, alelopatía y repelencia (Vázquez et al 2010).
Utilización de barreras y cercas vivas perimetrales	La utilización de barreras vivas se implementa para proteger los cultivos del clima, hospederos naturales, aporte de materia orgánica al suelo, plantas trampas, entre otros.

#### **5.4.6 Propuesta de diseño de un sistema de café agroecológico participativo por grupos definidos en la tipificación.**

Luego de la capacitación sobre biodiversidad, plantas y practicas agroecológicas se reunieron los integrantes por grupos de trabajo teniendo en cuenta los resultados de la tipificación, con estos tres grupos se les pidió que realizaran un dibujo de su sistema de producción como estaba en la actualidad, y se les socializó el diseño de un sistema de producción de café complejo propuesto por Farfán (2014) (Gráfica 42), en donde se muestra las interacciones positivas del sistema con énfasis al aporte nutricional que dan las plantas acompañantes o biodiversidad funcional. Posterior a esto, se les pidió que en el dibujo de su sistema de producción, anexaran aquellas plantas, practicas o subsistemas que no tuvieran con el objetivo de realizar la conversión de sus sistemas.



**Gráfica 42.** Diagrama de sistemas de café agroforestal complejo. Fuente: Farfán (2014)

### 5.4.7 Capacitación en contextualización sobre agroecología, biodiversidad funcional, funciones de las plantas y diseños de sistemas.

Con el objetivo de hacer un diseño participativo de producción agroecológico de café se realizó la capacitación a los productores en las temáticas presentadas en la tabla 25.

**Tabla 25.** Capacitaciones realizadas a los productores para el diseño participativo.

TEMAS DE LOS TALLERES	PARTICIPANTES
1. Caracterización y tipificación de los sistemas cafeteros.	15
2. Producción de abonos orgánicos. Montaje de un biodigestor artesanal para uso domestico.	15
3. Capacitación sobre la evaluación rápida de la calidad de los suelos, practicas agroecológicas, evaluación e importancia de la biodiversidad funcional en los sistemas cafeteros.	15
4. Evaluación de la sostenibilidad.	15
5. Capacitación en diseño de sistemas de producción agropecuarios para la propuesta del diseño participativo de producción de café.	16

### 5.4.8 Propuesta participativa de plantas a incluir en el diseño.

Las especies seleccionadas por los participantes en el taller 5, según la tipología a la que pertenecía, se muestran en las tablas 26, 27 y 28 con el nivel de aceptación.

**Tabla 26.** Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 1 - Sistema multidiverso.

Grupo 1 - Sistema multidiverso
BAJO

ESPECIES	PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)	ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)
Bandera española ( <i>Lantana cámara</i> )	0	100
Cascabelillo ( <i>Crotalaria Micans</i> )	50	100
Altamisa ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> )	50	100
Bejuco ( <i>Cissus sicyoides</i> )	50	100
Ajenjo ( <i>Artemisa absinthium</i> )	100	100
Hierbamora ( <i>Solanum nigrum</i> )	100	100
Lavaplato ( <i>Solanum verbascifolium</i> )	50	100
Clavel chino ( <i>Emilia sonchifolia</i> )	50	100
Tripa de pollo ( <i>Alternanthera pungens</i> )	50	100
Hinojo ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	100	100
Sábila ( <i>Aloe vera</i> )	100	100
Limoncillo ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	100	100
Ají ( <i>Capsicum annum</i> )	100	100
Lupinus ( <i>Lupinus albus</i> ).	0	100
Rosa Amarilla ( <i>Tagetes patula</i> L)	100	100
<b>MEDIO</b>		
ESPECIES	PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)	ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)
Tefrosia ( <i>Tefrosia candida</i> )	0	100
Leucahena Leucocephala	0	100
Plátano ( <i>Musa sp.</i> )	100	100
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	100	100
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	100	100
Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )	100	100
Botón de oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	50	100
Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	100	100
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	50	100
<b>ALTO</b>		
ESPECIES	PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)	ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)
Guamo santafereño ( <i>Inga edulis</i> )	50	100
Nogal cafetero ( <i>Cordia alliodora</i> )	100	100
Cambulo ( <i>Erythrina sp.</i> )	0	100

Carbonero ( <i>Albizzia sp.</i> )	0	100
Aliso ( <i>Alnus acuminata Kuntz</i> )	0	50
Cítricos ( <i>Citrus sp.</i> )	100	100
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	100	100
Mango ( <i>Mangífera indica</i> )	50	100
Chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> )	50	50

**Tabla 27.** Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión

<b>Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica</b>		
<b>BAJO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Bandera española ( <i>Lantana cámara</i> )	100	100
Cascabelillo ( <i>Crotalaria Micans</i> )	50	75
Altamisa ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> )	75	50
Bejuco ( <i>Cissus sicyoides</i> )	50	75
Ajenjo ( <i>Artemisa absinthium</i> )	50	75
Hierbamora ( <i>Solanum nigrum</i> )	75	75
Lavaplato ( <i>Solanum verbascifolium</i> )	0	75
Clavel chino ( <i>Emilia sonchifolia</i> )	50	50
Tripa de pollo ( <i>Alternanthera pungens</i> )	0	75
Hinojo ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	75	75
Sábila ( <i>Aloe vera</i> )	75	75
Limoncillo ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	75	75
Ají ( <i>Capsicum annum</i> )	75	75
Lupinus ( <i>Lupinus albus</i> ).	0	75
Rosa Amarilla ( <i>Tagetes patula L</i> )	0	50
Apio ( <i>Apium graveolens</i> )	0	25
Ruda ( <i>Ruta graveolens</i> )	0	0
<b>MEDIO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Tefrosia ( <i>Tefrosia candida</i> )	0	75

Leucahena Leucocephala	0	75
Plátano ( <i>Musa sp.</i> )	50	75
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	75	75
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	75	75
Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )	50	75
Botón de oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	50	75
Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	75	75
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	0	50
Higuerillo ( <i>Ricinus communis</i> )	0	50
<b>ALTO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Guamo santafereño ( <i>Inga edulis</i> )	50	75
Nogal cafetero ( <i>Cordia alliodora</i> )	50	75
Cambulo ( <i>Erythrina sp.</i> )	0	25
Carbonero ( <i>Albizzia sp.</i> )	0	25
Aliso ( <i>Alnus acuminata Kuntz</i> )	0	25
Cítricos ( <i>Citrus sp.</i> )	75	75
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	75	75
Mango ( <i>Mangífera indica</i> )	25	75
CHACHAFRUTO	0	25

**Tabla 28.** Especies de plantas presentadas y porcentaje de aceptación para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

<b>Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica</b>		
<b>BAJO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Bandera española ( <i>Lantana cámara</i> )	50	100
Cascabelillo ( <i>Crotalaria Micans</i> )	100	75
Altamisa ( <i>Ambrosia artemisifolia</i> )	100	100
Bejuco ( <i>Cissus sicyoides</i> )	75	100
Ajenjo ( <i>Artemisa absinthium</i> )	0	100
Hierbamora ( <i>Solanum nigrum</i> )	100	100
Lavaplato ( <i>Solanum verbascifolium</i> )	100	50
Clavel chino ( <i>Emilia sonchifolia</i> )	100	50

Tripa de pollo ( <i>Alternanthera pungens</i> )	25	100
Hinojo ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	25	100
Sábila ( <i>Aloe vera</i> )	100	100
Limoncillo ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	100	75
Ají ( <i>Capsicum annum</i> )	100	75
Lupinus ( <i>Lupinus albus</i> ).	0	100
Rosa Amarilla ( <i>Tagetes patula</i> L)	0	75
Apio ( <i>Apium graveolens</i> )	0	25
Ruda ( <i>Ruta graveolens</i> )	0	25
<b>MEDIO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Tefrosia ( <i>Tefrosia candida</i> )	25	75
Leucahena Leucocephala	25	50
Plátano ( <i>Musa sp.</i> )	100	100
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	100	100
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	100	100
Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )	75	100
Botón de oro ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	50	100
Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> )	100	100
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	25	25
Higuerillo ( <i>Ricinus communis</i> )	25	25
<b>ALTO</b>		
<b>ESPECIES</b>	<b>PRESENCIA EN EL SISTEMA (%)</b>	<b>ESTÁ DE ACUERDO EN IMPLEMENTARLO (%)</b>
Guamo santafereño ( <i>Inga edulis</i> )	50	75
Nogal cafetero ( <i>Cordia alliodora</i> )	25	75
Cambulo ( <i>Erythrina sp.</i> )	0	25
Carbonero ( <i>Albizzia sp.</i> )	0	25
Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> Kuntz)	25	50
Cítricos ( <i>Citrus sp.</i> )	100	100
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	75	75
Mango ( <i>Mangífera indica</i> )	100	100
Chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> )	50	75

#### 5.4.9 Propuesta de prácticas agroecológicas a implementar en el diseño.

Además de las plantas, el diseño del sistema debe ir acompañado de una serie de prácticas agroecológicas que se deben implementar en el sistema productivo, la socialización y validación de estas, se realizó por cada grupo de productores como se muestran en las tablas 29, 30 y 31.

**Tabla 29.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 1 - Sistema multidiverso

<b>Grupo 1 - Sistema multidiverso</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
Labranza mínima o de conservación	50	50	100	0
Incorporación de abonos orgánicos	100	0	100	0
Incorporación de abonos verdes	50	50	100	0
Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales.	50	50	100	0
Activación de los organismos funcionales del suelo.	100	0	100	0
Manejo agroecológico de plagas	100	0	100	0
Utilización de barreras y cercas vivas perimetrales	100	0	100	0

**Tabla 30.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión.

<b>Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
Labranza mínima o de conservación	0	75	50	25
Incorporación de abonos orgánicos	100	0	100	0
Incorporación de abonos verdes	100	0	100	0

<b>Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales.</b>	25	50	100	0
<b>Activación de los organismos funcionales del suelo.</b>	100	0	100	0
<b>Manejo agroecológico de plagas</b>	75	25	100	0
<b>Utilización de policultivos, cercas vivas y cortinas rompevientos</b>	100	0	100	0

**Tabla 31.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

<b>Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
<b>Labranza mínima o de conservación</b>	25	75	75	25
<b>Incorporación de abonos orgánicos</b>	100	0	100	0
<b>Incorporación de abonos verdes</b>	100	0	100	0
<b>Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales.</b>	25	75	100	0
<b>Activación de los organismos funcionales del suelo.</b>	75	25	100	0
<b>Manejo agroecológico de plagas</b>	100	0	100	0
<b>Utilización de barreras y cercas vivas perimetrales</b>	100	0	100	0

En las tablas 32, 33 y 34 se muestra la validación de las prácticas agroecológicas para el manejo y control de plagas y enfermedades.

**Tabla 32.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 1 - Sistema multidiverso

<b>Grupo 1 - Sistema multidiverso</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
Incremento de la biodiversidad funcional	50	50	100	0
Eliminación de frutos infestados	50	50	100	0
Colecta de frutos del suelo	100	0	100	0
Regulación de la sombra	100	0	100	0
Establecimiento de coberturas vivas	100	0	100	0
Establecimiento de cercas vivas.	50	50	100	0
Conservación de enemigos naturales existentes y aplicación de otros para reducir la infestación de la plaga.	100	0	100	0
Trampas de captura con atrayentes	50	50	100	0
Manejo agroecológico del suelo	100	0	100	0
Podas y renovación de cafetales	50	50	100	0
Nivel de infestación	0	100	100	0
Posición de la broca	50	0	50	50
Seguimiento y registro	100	0	100	0
Compostaje de la pulpa con protección de plásticos los primeros días.	50	50	100	0
Utilización de plantas repelentes y / o atrayentes de la broca.	50	50	100	0
Re-re (Repase)	100	0	100	0

**Tabla 33.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo del suelo para el Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión.

<b>Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
Incremento de la biodiversidad funcional	50	50	100	0

<b>Eliminación de frutos infestados</b>	25	75	75	25
<b>Colecta de frutos del suelo</b>	75	25	75	25
<b>Regulación de la sombra</b>	100	0	100	0
<b>Establecimiento de coberturas vivas</b>	75	25	100	0
<b>Establecimiento de cercas vivas.</b>	75	25	100	0
<b>Conservación de enemigos naturales existentes y aplicación de otros para reducir la infestación de la plaga.</b>	100	0	100	0
<b>Trampas de captura con atrayentes</b>	50	25	75	25
<b>Manejo agroecológico del suelo</b>	100	0	100	0
<b>Podas y renovación de cafetales</b>	50	50	100	0
<b>Nivel de infestación</b>	0	100	75	25
<b>Posición de la broca</b>	50	25	75	25
<b>Seguimiento y registro</b>	75	25	100	0
<b>Compostaje de la pulpa con protección de plásticos los primeros días.</b>	50	50	100	0
<b>Utilización de plantas repelentes y / o atrayentes de la broca.</b>	50	50	100	0
<b>Re-re</b>	50	0	50	50

**Tabla 34.** Socialización y validación de prácticas agroecológicas de manejo de plagas y enfermedades para el Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica.

<b>Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica</b>				
<b>PRÁCTICAS DE MA- NEJO</b>	<b>Si lo Realizan (%)</b>	<b>No lo Realizan (%)</b>	<b>Si está de acuerdo (%)</b>	<b>No está de acuerdo (%)</b>
Incremento de la biodiversidad funcional	50	50	100	0
Eliminación de frutos infestados	25	75	75	25
Colecta de frutos del suelo	75	25	75	25
Regulación de la sombra	100	0	100	0
Establecimiento de coberturas vivas	75	25	100	0
Establecimiento de cercas vivas.	75	25	100	0
Conservación de enemigos naturales existentes y aplicación de otros para reducir la infestación de la plaga.	100	0	100	0
Trampas de captura con atrayentes	50	25	75	25
Manejo agroecológico del suelo	100	0	100	0
Podas y renovación de cafetales	50	50	100	0
Nivel de infestación	0	100	75	25
Posición de la broca	50	25	75	25
Seguimiento y registro	75	25	100	0
Compostaje de la pulpa con protección de plásticos los primeros días.	50	50	100	0
Utilización de plantas repelentes y / o atrayentes de la broca.	50	50	100	0
<b>Re-re</b>	50	0	50	50

**5.4.10 Plantas y prácticas agroecológicas que se deben implementar por cada uno de los grupos de productores según validación**

#### 5.4.10.1 Grupo 1 - Sistema multidiverso

En este grupo de productores la validación de la inclusión de plantas en sus diseños agroecológicos estuvo en un 94.4% de acuerdo en la inclusión de las plantas recomendadas, solo dos especies de árboles tuvieron una calificación de 50%, ellos son el Aliso y el Chachafruto.

También es importante resaltar que algunas de las plantas recomendadas ya estaban en sus diseños, por lo cual solo se tendrían que agregar algunas de ellas como:

##### **Estrato bajo**

- Bandera española (*Lantana cámara*) y Lupinus (*Lupinus albus*). en el 100% de los sistemas.
- Cascabelillo (*Crotalaria Micans*), Altamisa (*Ambrosia artemisifolia*), Bejuco (*Cissus sicyoides*), Lavaplato (*Solanum verbascifolium*), Clavel chino (*Emilia sonchifolia*), Tripa de pollo (*Alternanthera pungens*), en el 50% de los sistemas.

##### **Estrato medio**

- Tefrosia (*Tefrosia candida*), *Leucahena Leucocephala* en un 100% de los sistemas.
- Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y Girasol (*Helianthus annuus*) en un 50% de los sistemas.

##### **Estrato alto**

- Cambulo (*Erythrina sp.*), Carbonero (*Albizzia sp.*), Aliso (*Alnus acuminata* Kuntz), para esta última especie el 50% no la aceptaron en la propuesta, las demás especies se deben incluir en un 100%.
- Guamo santafereño (*Inga edulis*), Mango (*Mangífera indica*), Chachafruto (*Erythrina edulis*), estas especies se deben de incluir en el 50% de los sistemas.

#### **Prácticas agroecológicas por adoptar**

Este primer grupo de productores decidieron adoptar todas las recomendaciones en cuanto a la implementación de prácticas agroecológicas que ayudan al mejoramiento de las propiedades del suelo. En tres prácticas de las recomendadas el 50% no las estaban realizando, pero terminaron con el compromiso de implementarlas, ellas son: Labranza mínima o de conservación, incorporación de abonos verdes y la incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales. En cuanto a las prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, están de acuerdo en adoptar todas las practicas recomendadas con excepción de la evaluación de la posición de la broca en los granos brocados, solo el 50% están de acuerdo en realizarlo.



**Gráfica 43.** Diseño participativo del grupo 1 sistema multidiverso.

#### 5.4.10.2 Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica

En este grupo de productores la inclusión de plantas en el sistema si esta más disperso, solo una especie del estrato bajo estuvo presente en todos los sistemas.

También es importante resaltar que algunas de las plantas recomendadas ya estaban en sus diseños, por lo cual solo se tendrían que agregar algunas de ellas como:

##### **Estrato bajo**

- Las especies: Hierbamora (*Solanum nigrum*), Clavel chino (*Emilia sonchifolia*), Hinojo (*Foeniculum vulgare*), Sábila (*Aloe vera*), Limoncillo (*Cymbopogon citratus*) está en los sistemas que lo quieren tener.
- Cascabelillo (*Crotalaria Micans*), Ajenjo (*Artemisa absinthium*), Bejuco (*Cissus sicyoides*), Ají (*Capsicum annum*), Apio (*Apium graveolens*) implementarlo en el 25% de las fincas.

- Lavaplato (*Solanum verbascifolium*)      Tripa de pollo (*Alternanthera pungens*), Lupinus (*Lupinus albus*), implementarlo en el 75% de las fincas.
- Rosa Amarilla (*Tagetes patula L*), incluirlas en un 50% de los productores
- Ruda (*Ruta graveolens*), no fue elegida por ningún productor.

### **Estrato medio**

- Plátano (*Musa sp.*), Tabaco (*Nicotiana tabacum*), Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), implementarlo en el 25% de las fincas.
- Girasol (*Helianthus annuus*), Higuierillo (*Ricinus communis*), implementarlo en el 50% de las fincas.
- Tefrosia (*Tefrosia candida*), *Leucahena Leucocephala*, implementarlo en un 75% de los productores

Las siguientes especies ya están en el total de los sistemas que lo quieren implementar: Maíz (*Zea mays*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Yuca (*Manihot esculenta*)

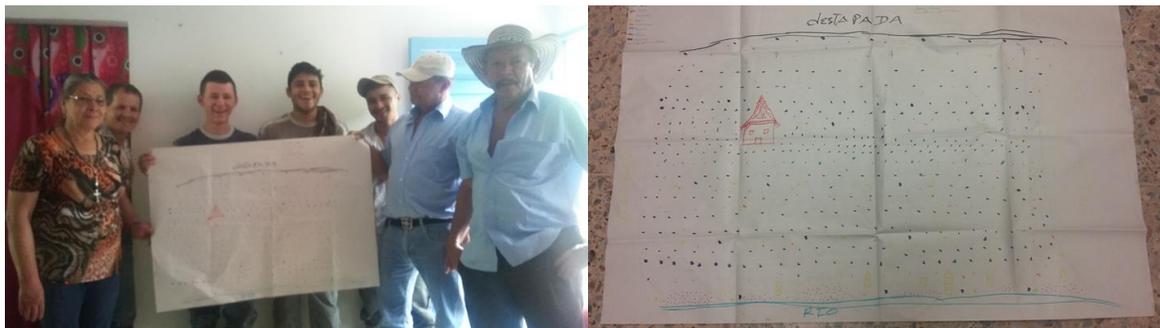
### **Estrato alto**

- Guamo santaferoño (*Inga edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cambulo (*Erythrina sp.*) Carbonero (*Albizia sp*), Aliso (*Alnus acuminata Kuntz*) , CHA-CHAFRUTO Implementarla en un 25% de los productores.
- Mango (*Mangífera indica*), Implementarla en un 50% de los productores

### **Prácticas agroecológicas por adoptar**

En cuanto a las prácticas de conservación de suelo, en este grupo de productores todos no realizaban labranza mínima o de conservación, el 50% de ellos se comprometieron con adoptarla; con relación a la Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales y el manejo agroecológico de plagas, solo el 25% lo realizaban, y después de la capacitación el 100% se comprometieron en esta práctica; la incorporación de abonos orgánicos, incorporación de abonos verdes, activación de los organismos funcionales del suelo y la utilización de policultivos , cercas vivas y cortinas rompevientos el 100% se comprometieron a implementarlas en sus predios. En cuanto a las practicas agroecológicas de manejo integrado de plagas y enfermedades el 75% están de acuerdo en implementar: eliminación de frutos infestados, colecta de frutos del suelo, trampas de captura con atrayentes, nivel de

infestación de broca, posición de la broca, y el 50% están de acuerdo con el RE-RE, el resto de las practicas fueron aceptadas por todos los productores.



**Gráfica 44.** Diseño participativo del grupo 2 sistema en etapa media de conversión agroecológica.

#### 5.4.10.3 Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

En este grupo de productores la aceptación de las plantas esta dispersa, a continuación, se mencionan las especies que se deben implementar por estrato.

##### **Estrato Bajo**

- Bejuco (*Cissus sicyoides*), Limoncillo (*Cymbopogon citratus*), Ají (*Capsicum annum*), Apio (*Apium graveolens*), Ruda (*Ruta graveolens*) implementarlo en un 25% de los productores
- Bandera española (*Lantana cámara*), implementarlo en un 50% de los productores
- Tripa de pollo (*Alternanthera pungens*), Hinojo (*Foeniculum vulgare*), Rosa Amarilla (*Tagetes patula* L) implementarlo en un 75% de los productores
- Ajenjo (*Artemisa absinthium*), Lupinus (*Lupinus albus*). implementarlo en un 100% de los productores.

Las siguientes especies están en todos los sistemas: Cascabelillo (*Crotalaria Micans*), Altamisa (*Ambrosia artemisifolia*), Hierbamora (*Solanum nigrum*), Lavaplató (*Solanum verbascifolium*), Clavel chino (*Emilia sonchifolia*), Sábila (*Aloe vera*)

##### **Estrato medio**

- Leucahena Leucocephala , Tabaco (*Nicotiana tabacum*), implementarlo en un 25% de los productores
- Tefrosia (*Tefrosia candida*), Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) implementarlo en un 50% de los productores.

Las siguientes especies se encuentran en todos los sistemas: Plátano (*Musa sp.*), Maíz (*Zea mays*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Yuca (*Manihot esculenta*), Girasol (*Helianthus annuus*), Higuierillo (*Ricinus communis*)

### **Estrato alto**

- Guamo santaferño (*Inga edulis*), Cambulo (*Erythrina sp.*), Carbonero (*Albizia sp.*), Aliso (*Alnus acuminata Kuntz*), Chachafruto (*Erythrina edulis*) implementarlo en un 25% de los productores
- Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), implementarlo en un 50% de los productores

Estas especies están en todos los sistemas de producción evaluados: Cítricos (*Citrus sp.*), Aguacate (*Persea americana*), Mango (*Mangífera indica*)

### **Prácticas agroecológicas por adoptar**

En el tercer grupo de productores la adopción de prácticas agroecológicas se evidencia de la siguiente manera: Labranza mínima o de conservación, el 25 % de los productores no están de acuerdo en adoptar esta práctica que propende por el mejoramiento de las propiedades del suelo; Incorporación de abonos orgánicos, Incorporación de abonos verdes y Manejo agroecológico de plagas y utilización de barreras y cercas vivas perimetrales fueron prácticas en las que el 100% de los productores se comprometieron; en cuanto a la incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales, y la activación de los organismos funcionales del suelo, el 75% se comprometieron a incorporarla en el sistema. Para las prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades el 75% de los productores están de acuerdo con adoptar la eliminación de los frutos infestados, colecta de frutos del suelo, trampas de captura con atrayentes, medir los niveles de infestación de broca, la posición

de la broca, y solo el 50% están de acuerdo con el RE-RE, el resto de las practicas fueron aceptadas en un 100%.



**Gráfica 45.** Diseño participativo del grupo 2 Sistema en etapa inicial de conversión agroecológica

### 5.5 Diseño participativo agroecológico para el cultivo de café.

Para el diseño del sistema de producción diversificado se tuvieron en cuenta las siguientes características enunciadas por Vázquez (2015):

- Diseño de la matriz del sistema de producción.
- Diversificación e integración de rubros productivos.
- Composición y dinámica genética.
- Estructuras de las plantas cultivadas.
- Colindancia de los cultivos.
- Tamaño y forma de los campos
- Sistemas de cultivos y animales complejos.
- Dinámica temporal de cultivos
- Integración de vegetal auxiliar

#### Distribución de las plantas según el estrato

##### Estrato bajo:

Las arvenses fueron uno de los estratos más importantes por su función en el sistema de producción de café, respecto al control de broca (*Hypothenemus hampei*) si es repelente o atrayente son las siguientes:

- Altamisa (*Ambrosia artemisifolia*), Bejuco (*Cissus sicyoides*), Ajenjo (*Artemisa absinthium*), Hierbamora (*solanum nigrum*), Lavaplató (*Solanum verbascifolium*), Bandera española (*Lantana cámara*) este grupo de plantas son repelentes de la broca del café, por lo tanto, podemos tenerlas dentro de todo el sistema de producción.
- Clavel chino (*Emilia sonchifolia*) y Cascabelillo (*Crotalaria Micans*), especies que se comportan como atrayentes de la broca del café, por lo cual se recomienda sacarlas del sistema y dejarlas en los linderos de los lotes, apoyando las especies de las cercas vivas.
- Tripa de pollo (*Alternanthera pungens*), esta especie tiene la particularidad de ser proveedor de néctar para controladores biológicos de la broca *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* que se pueden encontrar en el sistema de forma natural, y está a la vez se caracteriza por ser una arvense noble para el cultivo del café, teniendo en cuenta estas características, la planta se puede dejar por todo el lote aportando a la cobertura natural del suelo.

Las especies: Hinojo (*Foeniculum vulgare*), Sábila (*Aloe vera*), Limoncillo (*Cymbopogon citratus*), Ají (*Capsicum annuum*), Lupinus (*Lupinus albus*), Rosa Amarilla (*Tagetes patula* L), Apio (*Apium graveolens*), Ruda (*Ruta graveolens*), aromáticas y medicinales se pueden tener en el sistema como apoyo para el manejo integrado de plagas y enfermedades, y consumo para la familia.

También se hace la recomendación de la implementación de la huerta familiar, práctica cultural que han dejado de lado muchos de los productores, y que es el apoyo a la seguridad alimentaria del hogar.

### **Estrato medio:**

Las recomendaciones para este estrato están fundamentadas en el aporte nutricional a los cultivos principales por medio del ciclaje de nutrientes, estas pueden estar ubicadas dentro de los sistemas en la separación de los lotes, también pueden estar ubicadas en los linderos de las fincas en forma de barreras vivas apoyando los

árboles que cumplen también esta función, entre ellas están: Tefrosia (*Tefrosia candida*), *Leucadena leucocephala*, Tabaco, Botón de oro.

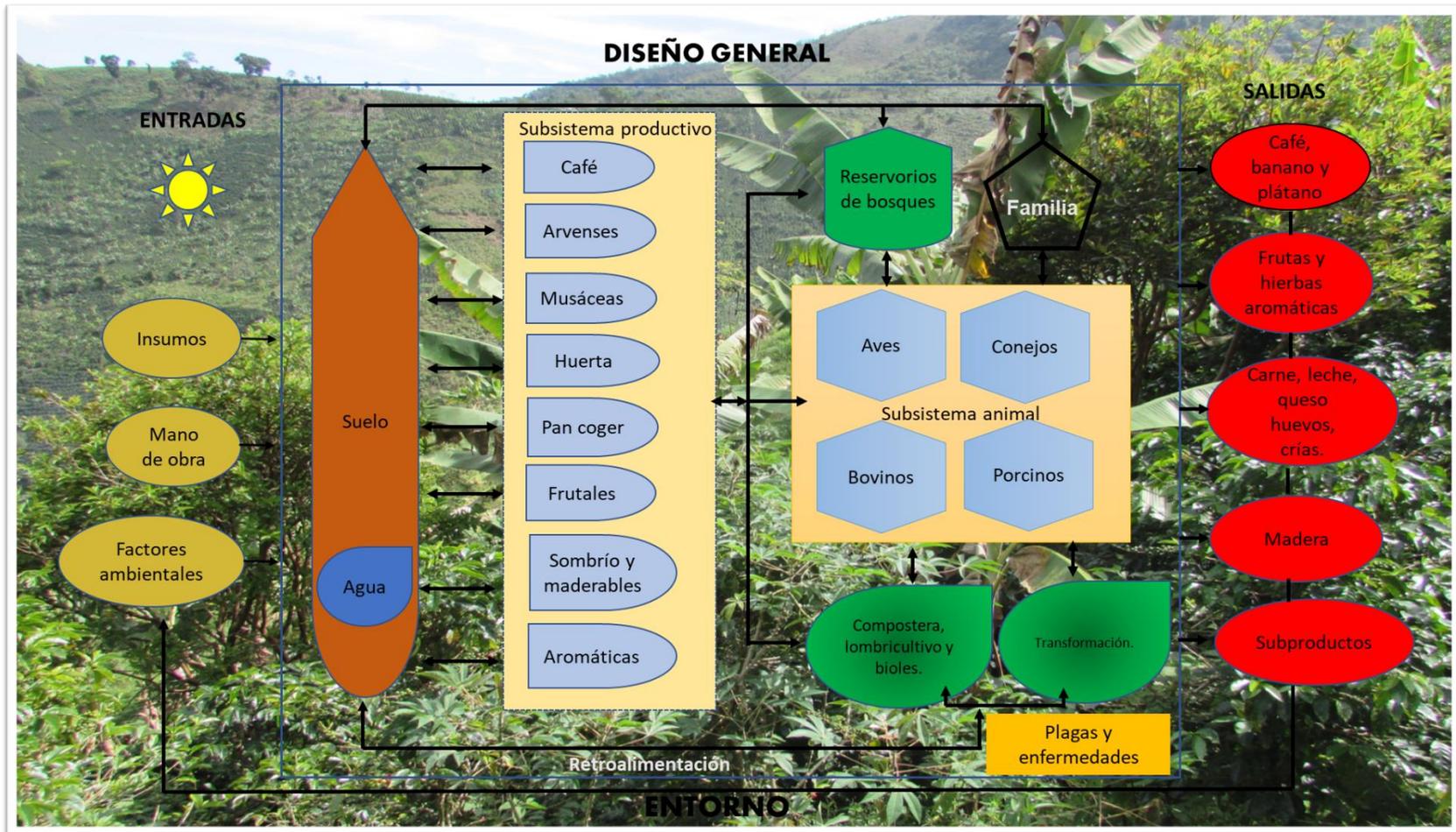
En este estrato también están ubicadas aquellas especies de cultivos transitorios o anuales que podemos sembrar combinados con el cultivo principal, o en épocas de renovación de los lotes, entre ellas están: Plátano (*Musa sp.*), Maiz (*Zea maiz*), Frijol (*Pahaseolus vulgaris*) y Yuca.

**Estrato alto:**

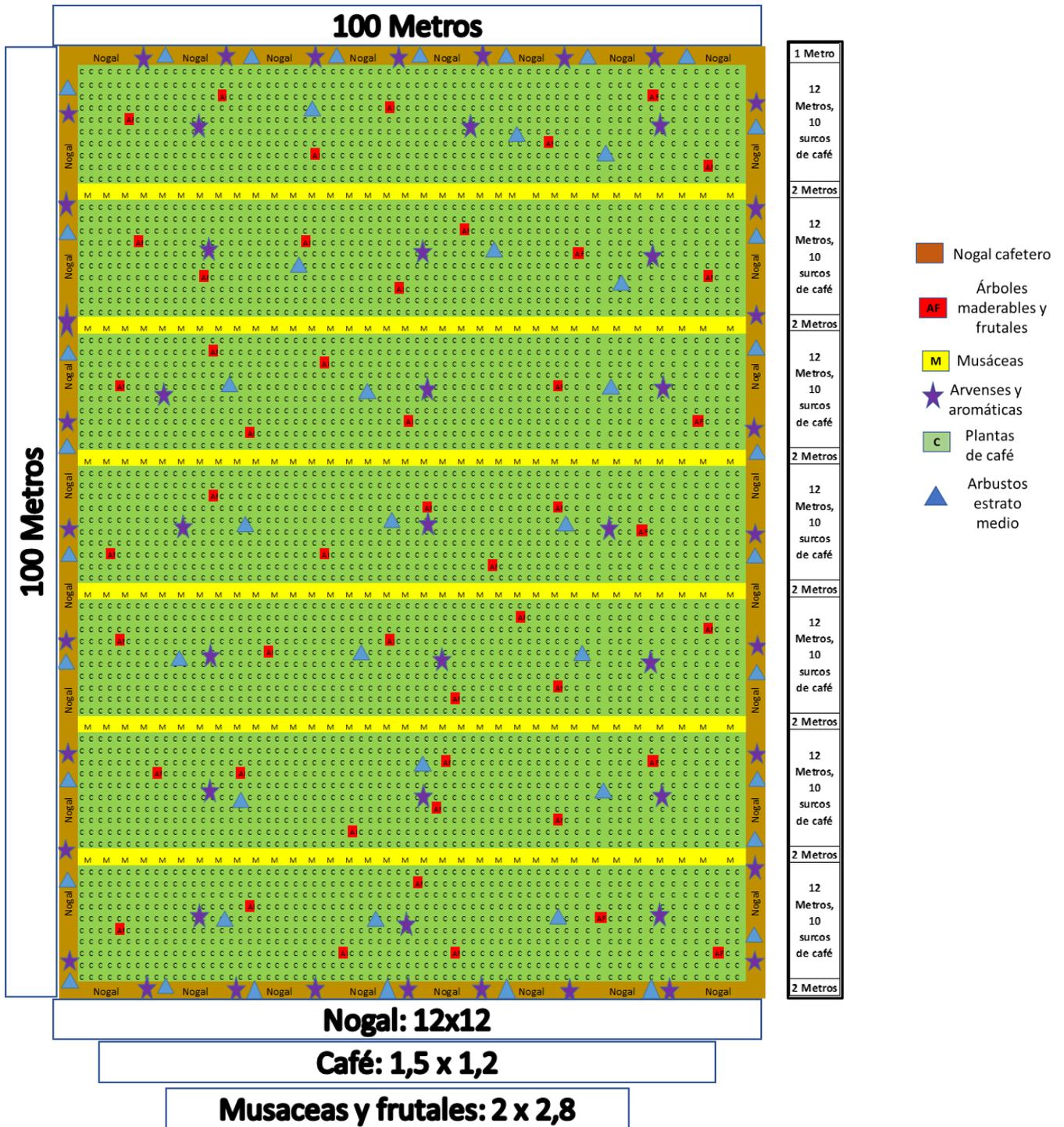
En este estrato están ubicadas aquellas especies maderables y de sombrío que podemos sembrar en el interior del sistema, esta recomendación está basada en Farfán (2014), teniendo en cuenta el aporte nutricional al ciclaje de nutrientes, las especies recomendadas son: Guamo santafereño (*Inga edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cámbulo (*Erythrina sp*), Aliso (*Alnus acuminata*) Kuntz, estas especies se deben tener distribuidas al azar en todo el área de cultivo, a razón de aportar un 45% de sombra, lo que equivale a 49 árboles aproximadamente, es de anotar que esta cifra puede aumentar con aquellos que se dispongan en las barreras vivas de los lotes o parcelas.

En este estrato también están ubicadas las especies que nos ayudan con el aporte nutricional al hogar, ellas son; Cítricos (*Citrus sp.*), Aguacate (*Persea americana*), Mango (*Mangifera indica*), Chachafruto (*Erythrina edulis*).

Estas propuestas se muestran en la gráfica 46 por medio de diseño de sistemas de producción, mostrando los subsistemas, con sus posibles interrelaciones, y los aportes por medio de la retroalimentación al sistema finca. De igual manera se presenta en la gráfica 47 una posible distribución de las especies en la parcela de café.



**Gráfica 46.** Propuesta de diseño basado en enfoque de sistemas.



**Gráfica 47.** Distribución de los arreglos vegetales en el sistema de producción de café diversificado.

Para el diseño de un sistema de producción agroecológico el énfasis debe estar en el diseño de sistemas agrícolas complejos en los que las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos reemplazan a los insumos externos para proporcionar los mecanismos necesarios para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la productividad y la protección de los cultivos, reflejado en las prácticas agroecológicas de manejo y el diseño participativo del sistema de producción de café logrado con los productores (Altieri 1995, Espinosa et al, 2011, Vázquez 2013, Márquez 2013, Altieri et al 2014, Vázquez 2015, Nicholls et al 2016, Robaina 2017).

El diseño de sistemas de producción enfocados en el manejo de la vegetación tiene como objetivos: mejorar la fertilidad del suelo, aumentar interacciones benéficas, disminuir riesgos de erosión con el manejo de coberturas por medio de arvenses nobles, conservar la productividad, manejo y conservación del recurso agua, adopción de prácticas de aporte de materia orgánica al suelo, aporte a la seguridad alimentaria del hogar y sobre todo llevar el sistema a que sea más sostenible en el tiempo, en donde se procure imitar la estructura y el funcionamiento de un ecosistema natural (Marquez, 2013; Vazquez 2015; Castro 2016; Gómez 2016; Altieri et al 2017; Robaina, 2017)

En el estrato bajo del sistema de producción se implementaron especies de arvenses que tienen propiedades atrayentes (*E. sonchifolia*) y repelentes (*C. micans*, *L. camara*, *S. A. artemisifolia* y *N. tabacum*) específicamente para la broca del café, como lo demuestra Castro (2016).

En el estrato medio del diseño se implementó la siembra de especies arbustivas de tipo leguminosas que nos aportan nitrógeno al suelo, pero allí también están las especies de pan coger, estas hacen parte de la dieta alimentaria de los productores incluyendo la huerta familiar, y es con este diseño que se puede garantizar la producción de alimentos nutritivos inocuos y en cantidad suficientes para abastecer el núcleo familiar y los excedentes ser comercializados en el mercado local (Tittonell,

2014; Gliessman, 2014) integrando actividades agrícolas sostenibles y haciendo un uso responsable de los recursos naturales (FAO, 2015), ya que se ha demostrado que los agricultores que están en proceso de conversión han mejorado su seguridad alimentaria, consumiendo mas verduras, hortalizas y productos ricos en proteína e inclusive han mejorado sus condiciones de salud (Rosset et al, 2017).

Para el estrato alto en el diseño agroecológico de café se tuvieron en cuenta las especies Guamo santafereño (*Inga edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cám-bulo (*Erythrina sp*), Aliso (*Alnus acuminata*) Kuntz, en el análisis de la biodiversidad funcional presentado en la gráfica 42 se muestra el aporte nutricional que realizan estas especies al sistema, estas deben ser distribuidas al azar en todo el área de cultivo, a razón de aportar 45% de sombra, lo que equivale a 49 árboles por hectárea aproximadamente para la zona de estudio, repartidos en cada especie como lo muestra Farfán (2019), es de anotar que esta cifra puede aumentar con aquellos que se dispongan en las barreras vivas de los lotes o parcelas .

La propuesta está acompañada de una serie de prácticas agroecológicas las cuales fueron validadas con los productores, con un 80% de aprobación de las practicas recomendadas para un proceso de conversión, enfocadas en el manejo de suelo, plagas y enfermedades las cuales promueven procesos ecológicos naturales como: reciclaje de nutrientes, acumulación de materia orgánica, activación biológica del suelo, flujos de energía, conservación de agua y suelo, diversificación y manejo de plagas y enfermedades siendo estos procesos claves para el equilibrio del agroecosistema, su productividad y sostenibilidad (Gliessman 2002; Prager et al 2006; Altieri et al 2007; Márquez, 2013; Nicholls et al 2015; Vázquez 2015; Robaina, 2017)

La densidad de siembra recomendada a partir de los resultados de esta investigación será de 1,5 X 1,2, teniendo en cuenta el espaciamiento entre calles para que se puedan desarrollar las plantas involucradas en el manejo de la broca, no se habla de número de plantas especifico porque ellos conservaran las que tienen identificadas en el cultivo y establecerán las faltantes.

## 5.6 CONCLUSIONES

El diseño del sistema de producción fue participativo, donde los productores escogieron las especies que requerían implementar en un sistema agroecológico de café, teniendo en cuenta la función que puede desempeñar cada una y de acuerdo con sus inclinaciones frente a la utilización de estas como alimentos, forraje para alimentación animal o madera para ser vendida y ayudar con la economía de la finca.

El diseño del sistema tiene como finalidad la diversificación de los sistemas de producción de Café con objetivos específicos como: manejo y control de la broca del café con interacciones como la alelopatía, aporte nutricional al cultivo de café por medio del ciclaje de nutrientes de las especies arbóreas y arbustos asociados al sistema y generar un microclima dentro del sistema de producción que los ayude a ser más resilientes frente al cambio climático.

El diseño del sistema de producción no solo trae la diversificación del sistema, también viene acompañado con una serie de prácticas culturales que los ayudan al manejo y conservación de los recursos naturales dentro de la finca, la mayor parte de los agricultores están dispuestos a complementar sus sistemas de producción desde las prácticas de manejo hasta la inclusión de plantas en el cultivo con el fin de diversificar desde el punto de vista productivo y funcional, lo que conlleva a la sustitución de insumos o fertilizantes químicos en el predio por incrementar biodiversidad funcional, y en el mejor aprovechamiento de los residuos de cosecha.

Se creó conciencia dentro de los agricultores de implementar sistemas de producción como la huerta agroecológica familiar y la implementación de los subsistemas animales como aves, cerdos, bovinos y conejos que aporten a la seguridad alimentaria y que los subproductos de éstas sean utilizados para fabricar los abonos orgánicos necesarios para la producción de los sistemas de cultivos.

Dentro de los sistemas de producción evaluados se encontraron gran diversidad de plantas presentes en los sistemas, denominada biodiversidad funcional, específicamente en las arvenses, plantas que los productores desconocían como funcionales

dentro del sistema de producción de café, que tienen propiedades desde alelopatía, hasta aporte nutricional al suelo, y por ende al cultivo principal.

El grupo 1, Sistema multidiverso, son quienes más adelante están en el proceso de transición de lo convencional al agroecológico, el manejo de su sistema de producción y la biodiversidad existente en ellos los posiciona en un grupo especial donde solo requieren una serie de prácticas dentro de su cultivo para poder llegar a ser un sistema de producción agroecológico.

Las principales especies de árboles encontrados en los sistemas de producción evaluados son: nogal cafetero y el guamo, ambas especies a pesar de no pertenecer a la misma familia tienen un aporte nutricional muy similar mediante el ciclaje de nutrientes al suelo, el cual puede ser aprovechado por los cultivos principales.

De las prácticas recomendadas para el manejo y control de plagas del café, solo fueron aceptadas por un 75% de los productores, entre estas se encuentran: eliminación de frutos infestados, colecta de frutos del suelo, evaluación de nivel de infestación y posición de la broca, actividades que son de vital importancia, ya que los frutos que quedan en el suelo son los reservorios para la reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), que afectan la cosecha venidera.

La propuesta de un diseño de producción de café agroecológico multi estratos es una alternativa atractiva para la caficultura sostenible, no solo por sus servicios ambientales (Jong 2004), sino por los efectos en la reducción de la ocurrencia de plagas (Guharay et al. 2001, López de León 1997).

## **6 CONCLUSIONES GENERALES**

Con la tipificación de los sistemas se obtuvieron tres grupos de productores: Grupo 1 - Sistema multidiverso; Grupo 2. Sistema en etapa media de conversión agroecológica; Grupo 3. Sistema en etapa inicial de conversión agroecológicos, grupos de productores que poseen unas características acordes al nivel de cambios hacia un sistema agroecológico implementadas en las fincas.

De las fincas cafeteras de pequeños productores, ubicadas en las veredas: San Gregorio, La clara, Egipto y la Soledad del corregimiento de Santa Rita, Municipio de Andes, solo el 8 % corresponden a sistemas de café multidiverso, el 92% restante son sistemas tradicionales de producción de café con baja biodiversidad, iniciando el proceso de conversión agroecológica.

El manejo dado a las arvenses en los sistemas de producción evaluados es la variable que mayor correlación tiene con la biodiversidad, tipificación, y los porcentajes de broca en árbol y suelo, para este caso es muy importante relacionarla con los porcentajes de broca, ya que el manejo que le demos influye directamente en las poblaciones plaga para la cosecha, siendo el suelo el mayor reservorio de la plaga en los granos que quedan en el suelo después de la recolección.

Con la caracterización de los sistemas de producción las variables que tuvieron mayor correlación por dimensión son: ambiental: tipos de sistemas de cultivos, utilización de plaguicidas y riesgos por intoxicación; desde lo económico el rendimiento de los cultivos; en lo productivo el número de cultivos y biodiversidad y en la dimensión sociodemográfica la cantidad de entidades que prestan asesoría técnica en la zona.

El diseño del sistema de producción agroecológico de café fue participativo, de este salieron tres propuestas de diseños de sistemas de producción según las necesidades de cada uno de los tipos de sistemas de producción. Cada grupo acepto realizar el establecimiento de las especies que se iban a implementar en el sistema de acuerdo con su función, además, de las practicas agroecológicas que lo acompañaban.

Dentro de los sistemas de producción evaluados se encontraron gran diversidad de plantas presentes en los sistemas, denominada biodiversidad funcional, plantas que los productores desconocían la función que cumplían dentro del sistema de producción de café, funciones que van desde la alelopatía, hasta aporte nutricional al suelo, y por ende al cultivo principal.

Los productores no están realizando prácticas culturales enfocadas en la recolección de granos de café en el suelo, esto está demostrado con unos porcentajes de broca en suelo mayores a 5% en el suelo.

De las prácticas recomendadas para el manejo y control de plagas del café, solo fueron aceptadas por un 75% de los productores, entre estas se encuentran: eliminación de frutos infestados, colecta de frutos del suelo, evaluación del nivel de infestación y posición de la broca, actividades que son de vital importancia, ya que los frutos que quedan en el suelo son los reservorios para la reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), que afectan la cosecha venidera.

La propuesta de un diseño de producción de café agroecológico multi estratos es una alternativa atractiva para la caficultura sostenible, no solo por sus servicios ambientales, sino por los efectos en la reducción de la ocurrencia de plagas.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA MM, SILVA JF. 1997. Especies y biodiversidad. *Interciencia*, 22: 299-306.

ALIZAGA R, HERRERA J. 1995. Desarrollo del fruto y de la semilla en dos cultivares de café (*Coffea arabica*) y su relación con la germinación y el almacenamiento. *Agronomía Costarricense* 19 (1):61-67.

ALMANZA J, SALAZAR M, GANDARILLAS E. 2003. Empoderamiento de la investigación y extensión participativa por agricultores locales. *LEISA* 19 (1):37-39.

ALTIERI M. 1997. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Ediciones CLADES. La Habana, Cuba. 249 pp.

ALTIERI M.; NICHOLLS CI. 2004. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 73 p.8-20, 2004

ALTIERI M.; NICHOLLS CI.; MONTALBA R. 2014. El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. volumen 30 número 1.

ALTIERI M.; NICHOLLS, CI. 2000. AGROECOLOGÍA. Teoría y práctica para una agricultura sustentable.

ALTIERI M.A.; NICHOLLS C.I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1): 3-12. Enero 2007.

ALTIERI M.A; NICHOLLS C.I. 2007 Biodiversidad y manejo de plagas en agro ecosistemas. *Perspectivas agroecológicas*. N°2 .Junta de Andalucía. Barcelona: icaria.

ALTIERI MA, LETOURNEAU DK. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.

ALTIERI MA, NICHOLLS CI 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Second Edition. New York, Haworth Press.

ALTIERI MA, NICHOLLS CI. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 64 p. 17 - 24.

ALTIERI MA, NICHOLLS CI. 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Perspectivas agroecológicas No. 2. Junta de Andalucía. Icaria Editorial. Barcelona.247p.

ALTIERI MA, NICHOLLS CI. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas 16 (1).

ALTIERI MA, NICHOLS CI. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ra edición. Serie textos básicos para una formación ambiental. FAOPNUMA. 43p.

ALTIERI MA. 1984. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprouts. Protection Ecology 6:227-232.

ALTIERI MA. 1992. Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. AGROECOLOGIA Y DESARROLLO . Revista de CLADES Numero Especial 4 Diciembre1992 CLADES. La Habana, Cuba.

ALTIERI MA. 1994. Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. Universidad de California, Berkeley.

ALTIERI MA. 1994. Bases agroecológicas para una producción agraria sustentable. Agricultura técnica (Chile). 54 (4):371-386.

ALTIERI MA.; KOOHAFKAN P.; GIMENEZ EH. 2012. Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. Agroecología 7: 7-18, 2012

ALTIERI MA.1984. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprouts. Protection Ecology 6:227-232.

ALTIERI, M.,; NICHOLLS, C.I. 2017. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas.

ALTIERI, M. 2010. El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos. En: T. León y M. Altieri eds. Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. SOCLA-Universidad Nacional de Colombia. Ideas No. 21. Pp. 77-104.

ALTIERI, M. A. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems. *Outlook on Agriculture* 20: 15-23.

ALTIERI, M. A. 1995. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. Third Edition Westview Press: Boulder, CO.

ALTIERI, M. A. 1999. The ecological role of Biodiversity in Agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, No. 74, 19 - 31.

ALTIERI, M.; NICHOLLS C.I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. M.A.. Ecosistemas 16 (1): 3-12.

ALTIERI, M.A. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Boulder CO: Westview Press.

ALTIERI, M.A., NICHOLLS, C.I. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems, 2nd edition. Binghamton, NY: Harworth Press.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. 2014. Diseños agroecologicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benefica en agroecosistemas.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.L. 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. perspectivas agroecológicas No 2. Junta de Andalucía. Barcelona: Icaria.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.L. 2000. Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. México DF: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

ALTIERI, M.A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. New York, Haworth Press. *Rev. Per. de Ent.*, 9(1): 82-93, 1966

ALVARADO AG, et al. 2005. La Variedad Castillo Naranjal para las regiones cafeteras de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle. Avances Técnicos Cenicafé No. 338:1-8.

AMADOR, M.E; GLIESSMAN, S. R. 1990. An ecological approach to reducing external inputs through the use of intercropping.

Andes. Geografía y ecología. Disponible en: <http://www.andes-antioquia.gov.co/index.shtml>.

ANDOW DA. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology 36: 561-586.

ANDREWS KL. 1989. Modelos de investigación y transferencia de tecnología en manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No 13, pp. 65-82.

ANTIA OP, et al. 1992. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Cenicafé, Avances técnicos No. 182, 12 p.

APONTE C. 2011. Interacciones planta - suelo en un bosque mediterráneo. Ecosistemas 20(2-3):95-100.

ARAUZ C. 1998. Fitopatología, un enfoque agroecológico. Primera edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José de Costa Rica. Pag 333.

ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 309 p

ARCILA PJ, JARAMILLO RA. 2003. La humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé No. 311:1-8.

ARCILA PJ. 1990. Productividad potencial del cafeto en Colombia. In: Centro nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. Chinchiná. Conferencias Conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, 1990. p. 105-119.

ARCILA PJ. 2004. Anormalidades en la floración del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé No. 320:1-8.

ARCILA, A. 2016. FNC, Brocarta

ARMENTERAS, D.; GONZÁLEZ, T.M.; VERGARA, L.K.; LUQUE, F.J.; RODRÍGUEZ, N.; BONILLA, M.A. Revisión del concepto de ecosistema como "unidad de la naturaleza" 80 años después de su formulación. Ecosistemas, vol. 25, núm. 1, enero-abril, 2016, pp. 83-89

ASTIER M.; MASERA O.; GALVÁN Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multifuncional. Valencia: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIEco, UNAM, GIRA, Mundiprensa, Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. Valencia, España. 200p.

ASTIER, M. Y HOLLANDS, J. 2005. Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Ed: Mundi-Prensa, ILEIA, ICCO y GIRA.

BACCA RT. 1999. Efecto del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Santafé de

- Bogotá, D.E. (Colombia). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 186 p. 76 Refs. (Maestría en Ciencias Agrarias).
- BADGLEY, C, MOGHTADER, J.K., QUINTERO, E., ZAKEM, E., CHAPPELL, M.J., AVILES-VÁZQUEZ, K., SAMULON, A. & PERFECTO, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2): 86-108.
- BAKER PS, BARRERA JF, RIVAS A. 1992. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *J. App. Ecol.*, 29: 656-662.
- BAKER PS, BARRERA JF. 1993. A field study of a population of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Chiapas, Mexico. *Trop. Agric.*, 70: 351- 355.
- BAKER PS. 1999. La Broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café DFID-CENICAFE- CABI Bioscience (CNTR 93/1536A). Chinchina, Colombia, DFID, 148 p.
- BAKER, P. S. 1984. Some Aspects of the Behavior of the Coffee Berry Borer in Relations to Its Control in Southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 61:9-24.
- BARRERA JF, GARCÍA A, DOMÍNGUEZ V, LUNA C. 2007. La broca del café en América tropical: Hallazgos y enfoques. *Sociedad Mexicana de Entomología*. El Colegio de la Frontera Sur (Chiapas).
- BARRERA JF, INFANTE F, DE LA ROSA W, CASTILLO A, GÓMEZ J. 2000. Control biológico de la broca del café. En *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico* (Badii MH, Flores AE, Galán Wong LJ, eds). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 211- 229 pp.
- BARRERA JF. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Tesis de doctorado. Université Paul Sabatier, Francia, 301 pp.
- BARRERA JF. 2000. Los agentes de control biológico de la Broca del Café en México. En: *Memorias del XI Curso Nacional de Control Biológico, Del 13 al 15 de noviembre de 2000*. Guanajuato, Guanajuato, México, pp. 227- 236.
- BARRERA JF. 2002. La Broca del café: Una plaga que llegó para quedarse. En *Tres plagas del café en Chiapas* (Barrera JF, ed). El Colegio de la Frontera Sur, México, 17-20 pp.
- BEER JW, et al. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- BEER JW. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5(1):3-13.
- BENAVIDES M, P.; ARÉVALO M. 2002. Manejo integrado: una estrategia para el control de la broca del café en Colombia. *Cenicafe* 53(1): 39-48
- BENAVIDES P, et al. 1994. Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. *Revista Colombiana de Entomología*, 20 (4): 247-253.
- BENGTSSON, J.; AHNSTRÖM J.; WEIBULL, AC. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a metaanalysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261–269.
- BERTALANFFY LV. 1976. Teoría general de los sistemas. México, Editorial Fondo de Cultura Económica. 311 p.
- BLAIR, S.; MADRIGAL, B. 2005. Plantas antimaláricas de Tumaco. Costa pacífica colombiana. Ciencia y tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.

- BLANCO V, Y. 2016. EL ROL DE LAS ARVENSES COMO COMPONENTE EN LA BIODIVERSIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS. Cultivos Tropicales, 2016, vol. 37, no. 4, pp. 34-56
- BORLAUG NE, DOWSWELL CR. 2002. Perspectivas de la agricultura mundial para el siglo XXI. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica).No. 65 pp. 4-20.
- BOTERO E, JE.; LENTIJO J, GM.; SÁNCHEZ C, LM. 2014. Biodiversidad en zonas cafeteras de Colombia Principales lecciones. Avances técnicos de cenicafe N° 444.
- BRECHELT, A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL)
- BRÜSCHWEILER, S.; RIST, S. 2005. AIL- Apoyando Innovaciones Locales. Un instrumento para la el fortalecimiento de innovaciones locales y la promoción del desarrollo rural sostenible. Experiencia de dos talleres pilotos de MASAL y CDE realizados en la provincia de Cuzco, Perú. Berna.
- BUSTILLO P, A.E. 2007. "El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia". CENICAFE.
- BUSTILLO P., A. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé. Boletín Técnico Cenicafé No. 24:1-40.
- BUSTILLO PA, CÁRDENAS R, VILLALBA D, BENAVIDES P, OROZCO J. POSADA F . 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchica, CENICAFE, 134p. ISBN 958-96554-0-8.
- BUSTILLO PA. 2005. El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Rev. Acad. Colomb.Cienc. 29 (110): 55-68, ISSN: 0370-3908.
- BUSTILLO PA. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116 (2006U)
- BUSTILLO, A. 2007. EL manejo de cafetales Y SU RELACIÓN CON EL control de la broca del café en Colombia.
- BUSTILLO, P.A. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé. Boletín Técnico Cenicafé, 24:1-40.
- CABRERA, V., MARTÍNEZ, A., ACERO, R. (2004). Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Departamento de producción animal, Universidad de Córdoba, 1-3 p.
- CAGUE R. HUBE A, GIBSON D. 2002. Beyond the bean: redefining coffee quality. Quick reference guide to standards for sustainable production systems. Environment and Natural Resource Management and Agribusiness Practice Networks. Washington. Chemonics International. 33 p.
- CAMAYO GC, ARCILA PJ. 2003. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná - Caldas. Cenicafé 54 (1): 35-49.
- CAMAYO V, ARCILA PJ. 1996. Estudio anatómico y morfológico de la diferenciación y desarrollo de las flores del cafeto *Coffea arabica* L. variedad Colombia. Cenicafé 47(3):121-139.
- CAMILO JE, OLIVARES FF, JIMÉNEZ HA. 2003. Fenología y reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei* ferrari) durante el desarrollo del fruto. agronomía mesoamericana 14(1): 59-63.
- CAMPOS O. 2007. 35 años de experiencias sobre la broca del café en Guatemala. En la boca del café en América tropical: hallazgos y enfoques. (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur, 7-16 pp.

CANDELARIO JM, MAÑÁN L, RIVERA R, MEDINA R. 2006. Manejo integrado de la broca del café. Elimine la casa y el alimento de esta plaga. Dirección técnica del Consejo Dominicano del Café.

CANNELL MG. 1973. Effects of irrigation, mulch and N-fertilizers on yield components of arabica coffee in Kenya. *Experimental Agriculture* 9(3):223-232.

CANNELL MG. 1985. Physiology of the coffee crop. In: Coffee, botany, biochemistry and production of beans and beverage. Westport, Avi Publishing Co. p. 108-134.

CANO SANZ CG, VALLEJO C, CAICEDO E, AMADOR JS, TIQUE EY. 2012. El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. Borradores de Economía N° 710.

CÁRDENAS GUTIÉRREZ J. 1993. La industria del café en Colombia. Comercialización del café de Colombia: en defensa de la calidad del grano y el ingreso de los productores. 2012

CÁRDENAS MH. 2009. Perfil del suroeste. Dirección de Planeación Estratégica Integral.

CASANOVA F; PLA L; DI RIENZO J.A. 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE Turrialba, Costa Rica.

CASANOVA F; PLA L; DI RIENZO J.A; DÍAZ, S. 2011. Diversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods in Ecology & Evolution* 2: 233-237.

CASTILLO ZJ, LÓPEZ AR. 1996. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. *Cenicafé* 17(2):51 - 60.

CASTILLO ZJ, MORENO RG. 1998. La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Chinchiná, *Cenicafé*, p. 47-51.

CASTILLO ZJ, QUICENO HG. 1968. Estudio de la producción de seis variedades comerciales de café. *Cenicafé* 19(1):18-39.

CASTILLO ZJ. 1960. Rendimiento de las variedades Típica y Bourbon del *C. arabica* L., en diferentes condiciones de cultivo. *Cenicafé* 11(5):137-142.

CASTILLO ZJ. 1990. Mejoramiento genético del café en Colombia. In: Centro Nacional de Investigaciones de Café – *Cenicafé*. Chinchiná. Conferencias conmemorativas. Chinchiná. *Cenicafé*. p. 48-53.

CASTRO, A.M. 2016. Estudio sobre la repelencia y la atracción en la broca del café como herramienta para el manejo agroecológico en los cafetales colombianos.

CENICAFE, s.f. Manejo integrado de la broca del café. Cartilla 14.

CENICAFÉ. 1990. Manual de capacitación en control biológico. *Cenicafé - CAB - ODA*, Chinchiná, Colombia, 174 p.

CENICAFE. 2005. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - *Cenicafé*. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Manejo integrado de arvenses. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – *Cenicafé*. CHINCHINA. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 2004-2005. Chinchiná, *Cenicafé*,. p. 141-146.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. 2001. Crecimiento del cafeto en diferentes altitudes. Cuantificación de la floración, cuajamiento y desarrollo del fruto en las Subestaciones Experimentales. In: Resumen Informe Anual de Actividades *Cenicafé* 2000- 2001. Chinchiná, *Cenicafé*, p.37 – 38.

CHAPIN III.; ZAVALA F.S.; EVINER E.S.; TAYLOR V.T.; VITOUSEK R.L.; REYNOLDS P.M.; HOOPER H.L.; LAVOREL D.U.; SALA S.; HOBBIE O.E.; MACK S.E.; DÍAZ, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.

CIAT. 2002. Agrobiodiversity conservation: keeping the options alive. CIAT in Focus. <http://www.ciat.cgiar.org/ciatinfocus/agrobiodiversity.htm>.

CIETTO S, HAAG HP. 1991. Acumulacao de materia seca, absorcao de N, P e K pelo cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Catuai com dois, tres, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenologicas de repouso, granacao e maturacao vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* 48(1):245-268.

CLAVIJO LM, DURÁN S, VÉLEZ JG, GARCÍA R, BOTERO J. 2008. Estudios regionales de biodiversidad en la zona cafetera de Colombia. *Avance Técnico Cenicafé* 378.

COBBE V. 1998. Capacitación Participativa en el manejo integrado de Plagas (MIP). Una propuesta para América Latina. <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/profito/cobbe.pdf>

COBOURN J. 2005. (Street Science). Cambridge, MA: MIT Press.

COCK, J. H. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 240 p.

CODOCAFE 2006. Manejo integrado de la broca *del Café Elimine la casa y el alimento de esta plaga!*

COLLINSON M. 1983. A low cost approach to understanding small farmers. In: *Agricultural Administration* N°8. 433 - 450p.

CONSTANTINO, L. M. (2020). El control biológico natural. En P. Benavides Machado & C. E. Góngora (Eds.), *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano* (36–67). Cenicafé.

CONSTANTINO, LM.; GIL, ZN.; JARAMILLO, A.; BENAVIDES M, P.; BUSTILLO, A. 2011. Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en la zona central cafetera de Colombia. Libro de Memorias 38° Congreso Sociedad Colombiana de Entomología.

CONTRERAS T, CAMILO JE. 2007. Situación de la broca del café en República Dominicana. En *La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques* (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología. El Colegio de la Frontera Sur (Chiapas), 43-56 pp.

CÓRDOBA D. 2008. Toxicología. México: El Manual Moderno. 1022 p.

CORPOICA. 2011. Investigación sobre los efectos del cambio climático en la distribución altitudinal de insectos plaga del café y sus enemigos naturales en la zona cafetera de Colombia Ministerio de cultura república de Colombia. Paisaje cultural cafetero un paisaje cultural productivo en permanente desarrollo.

CORRALES, E. 2002. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No 5. Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos. Bogotá. 47 p.

DALGAARD, T.; HUTCHINGS, N.; PORTER, J. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 100, Issue 1, Pages 39-51 Daño, E. 2007. Potential socio-economic

DAMATTA, F.; RODRÍGUEZ, N. 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotropico: una visión agronómica y ecofisiologica. *Agronomía Colombiana* 25(1), 113-123.

- DAMON A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research* 90: 453-465.
- DE LA MORAA, LIVINGSTONE G, PHILIPOTT S, JOSHI AA. 2008. Arboreal ant abundance and leaf miner damage in coffee agroecosystems in Mexico. *Biotropica*, 40, (6), Nov.: 742-746.
- DE SCHUTTER, O. 2011. Agroecology and the right to food. United Nations Human Rights Council Official Report. Geneva, Switzerland.
- DEDECCA DM. 1957. Anatomía e desenvolvimiento ontogenético de *coffea arabica* L. Var. *Typica* Cramer. *Bragantia* 16:315-366.
- DELPHIA, C.; MARK, C.; MESCHER, F.G.; DE MORAES, C.M. 2006. The Role of Insect-Derived Cues in Eliciting Indirect Plant Defenses in Tobacco, *Nicotiana tabacum*. *Plant Signaling & Behavior* 1: 5, 243-250.
- DEMPSTER, J. P. Y COAKER, T. H. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In: Jones, D. P. and Solomon, M. E. (eds.). *Biology in Pest and Disease Control*. John Wiley, New York, pp. 106-114.
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. WASHINGTON, ESTADOS UNIDOS. 2000. The National Organic Program. The NOP Final Rule. Read the National Standards on Organic Agricultural Production and Handling. View the Final Regulations. Washington, USDA. 120 p. *Development & World Ecology*, 14(4): 345-361.
- DI RIENZO JA. 2011. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE Turrialba, Costa Rica.
- DÍAZ S, GURVICH DE, PÉREZ HN, CABIDO M. 2002. ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Botánica de Argentina*. 37(1-2): 135-140.
- DÍAZ TM. 2007. Estudios del sistema suelo-surfactante-plaguicida en los procesos de adsorción y desorción de Atrazina, MBT y Clorpirifos. Chile: Universidad de Chile – Tesis de Magister. 96 p.
- DÍAZ, S., FARGIONE, J., CHAPIN III, F.S. Y TILMAN, D. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology* 4: e277.
- DÍAZ, S; LAVOREL, S; DE BELLO, F; QUÉTIER, F; GRIGULIS, K; ROBSON, M. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:20684-20689
- DUDAMEL W, DE CAZEAUDMEC Y, WOLBERT D, LAPLANCHE A. 2004. Reducción de los pesticidas del agua en presencia de materia orgánica. *Rev. Ingeniería Química*. www.alcion.es. 161-175.
- DUFFY, J.E. 2003. Biodiversity loss, trophic skew and ecosystem functioning. *Ecology Letters* 6: 680-687.
- DUFOUR B, BARRERA JF, DECAZY B. 1999. La broca de los frutos del café: ¿La lucha biológica como solución? En: *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. B. Bertrand & B. Rapidel (eds.). San José, Costa Rica. CIRAD, IICA, p. 293-325.
- DUFUMIER M. 1990. Importancia de la tipología de unidades de producción agrícola en el análisis de diagnóstico de realidades agrarias. En: *Tipificación de sistemas de producción agrícola*. Santiago de Chile. 283p.
- DURÁN VY. 2005. *Sistemas agroforestales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 2004. 56 p. On line Internet: <http://www.unad.edu.co/pages/cursos/agrarias.htm>.
- DURÁN, V., Y. 2004. *Sistemas agroforestales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 56 p. en: [www.cafedecolombia.com/nuestrosprod/cafespeciales](http://www.cafedecolombia.com/nuestrosprod/cafespeciales).

El Espectador NACIONAL 22 MAR 2014.

ESCAMILLA EP, RUIZ OR, DÍAZ GP, LANDEROS CS, PLATAS DE, ZAMARRIPA AC, GONZÁLEZ VA. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, (Costa Rica), No76, 5-16 p.

ESCOBAR G, BERDEGUE J. 1990. Tipificación de Sistemas de producción Agrícola, Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Santiago de Chile.

ESCOBAR G, JB. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. ISBN. 956.7110-01-07.

ESCOBAR, G.; BERDEGUE, J. MATTE P, R. 1990. Metodología de Investigación de Sistemas de producción.

ESPINOSA. J.A.; RIOS L.A.; Zapata. M.A. 2011. Los Diseños Agroecológicos: una herramienta para la planeación agrícola sostenible.

ESTUDIOS DE MERCADO. 2012. Estudio elaborado por el Grupo de Estudios Económicos. Estudio sobre el sector del Café No. 5 en Colombia.

EUREPGAP. 2004. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo del café, criterios EUREPGAP. Puntos de control y criterios de cumplimiento, CAFÉ. Versión en Español 1.0 Sept 04. Válido a partir de: 1° de Octubre de 2004. 26 p. On line Internet. [www.eurep.org](http://www.eurep.org).

FAIRTRADE LABELLING ORGANISATIONS INTERNATIONAL. 2004. Criterio de comercio justo para café. Version 2004. Bonn, 2004. 16 p.

FALLAS G.; CHACON M.; CASTRO J. 2009. Sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas ecológicas y tradicionales en Costa Rica

FAMINOW M, RODRÍGUEZ E. 2001. *Biodiversity of flora and fauna in shaded coffee systems*. [Report prepared for the Commission for Environmental Cooperation).

FAO – CIAT. 2018. Retos del Cambio Climático para la Agricultura en América Latina y el Caribe. Informe para responsables de políticas.

FAO 2014. Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del simposio internacional de la fao. 18-19 de septiembre de 2014, Roma, Italia

FAO, 2014. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones.

FAO. 2015. Agricultura sostenible. Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Actividades destacadas.

FAO. 2017. Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas de simposio internacional de la FAO. 18-19 septiembre 2014. Roma , Italia. IESBN 978-92-5-308807-2.

FARFÁN V., F. 2014. Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Manizales, Caldas (Colombia). 342 p.

FARFÁN V., F.; HINCAPIÉ G., E. 2011. Valoración de la sostenibilidad ambiental mediante indicadores de calidad del suelo, en sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé 62 (1):100-118.2011.

FARFÁN VF. 2000. Cómo producir café orgánico en Colombia. Avances Técnicos. Cenicafé No. 279:1-8.

FARFÁN VF. 2000. La caficultura orgánica y su viabilidad. Chinchiná, Cenicafé. 1 p.

FARFÁN VF. 2003. Efecto del grado de sombreado sobre la producción en sistemas agroforestales con café. Chinchiná, Cenicafé, 2003. 1 p.

FARFÁN VF. 2007. Cafés especiales. En: ARCILA P et al. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 309 p.

FARFÁN, F. 2018. Guía. más agronomía, más productividad. FNC – Cenicafé.

FARFÁN, F. 2019. Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café. Avances técnicos CENICAFE 501.

FASSBENDER HW. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CATIE, 475 p.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS 2013. Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. 1979. Manual del cafetero Colombiano. 4. ed. Bogotá, FNC. 209 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. 1958. Manual del cafetero Colombiano. 2. ed. Bogotá, FNC. 571 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. 2005. Cafés especiales colombianos. On line Internet. Disponible en: [www.cafedecolombia.com/nuestros-prod/cafespeciales](http://www.cafedecolombia.com/nuestros-prod/cafespeciales).

FERNÁNDEZ BO, CADENA GG, LÓPEZ DS, BUITRAGO DE S HL, ARANGO B LG. 1982. La mancha de hierro del cafeto *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke, biología, epidemiología y control. In: COLLOQUE Scientifique International sur le Café, 10. Salvador, Octubre 11-14. París, ASIC, 1982. p. 541-551.

FERNÁNDEZ MF. 2007. Diversidad funcional de bosques muy húmedos tropicales en el noreste de Costa Rica a partir de rasgos foliares y densidad de la madera. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE 97 p.

FERNÁNDEZ S, CORDERO J. 2007. Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (ferrari) (coleoptera: curculionidae: scolytinae) en condiciones de laboratorio. Bioagro 19(1): 35-40.

FERNÁNDEZ, M.F. 2007. Diversidad funcional de bosques muy húmedos tropicales en el noreste de Costa Rica a partir de rasgos foliares y densidad de la madera. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE 97 p.

FIGUEROA-H, E.; PÉREZ S, F.; GODÍNEZ M, L.; PEREZ F, RA. 2019. Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. Revista mexicana de economía y finanzas, 14(1), 41-56.

FLORA C. 2001. Interactions between agroecosystems and rural communities. Book Series Adv. in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.

FNC 2011. Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana 2011. Bogotá: FNC. Disponible en: [http://federaciondefeteros.org/particulares/es/quienes\\_somos/publicaciones/](http://federaciondefeteros.org/particulares/es/quienes_somos/publicaciones/)

FNC, 1993. Manual del cafetero colombiano. Santa Fe de Bogotá, Colombia.

FNC. 1958. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Manual del cafetero Colombiano. 2. ed. Bogotá, FNC. 571 p.

FNC. 1993. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Manual de uso de fotografías aéreas. Aplicación al sistema de información cafetera. Bogotá, FNC. 53 p.

FNC. 2005. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Cafés especiales colombianos. On line Internet. Disponible.

- FNC. 2011. Documento estratégico: Sostenibilidad de la caficultura colombiana. I. diagnóstico climático. II. Alternativas de adaptación para la caficultura. FNC, Manizales – Caldas (Colombia). 36 p.
- FNC. 2014. Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana 2014.
- FNC. 2019. Federación nacional de cafeteros en cifras.
- FRANCIS, C. A. 1986. Multiple Cropping Systems. *Agricultural Systems*, vol.25, número 3, 238-240. MacMillan Publishing Company: New York.
- FRIEND DJ. 1984. Shade adaptation of photosynthesis in *Coffea Arabica* *Photosynthesis Research* 5(4):325-334.
- FUNES-MONZOTE, F., LÓPEZ-RIDAURA, S. Y TITTONELL, P. 2009. Diversidad y eficiencia: elementos clave de una agricultura ecológicamente intensiva. *LEISA: Revista de agroecología*. Vol. 25, No. 1.
- GALLOPIN. GC. 2006. Indicadores de desarrollo sostenible: Aspectos conceptuales y metodológicos. Santiago de Chile (Chile), 36 p.
- GALVIS CA. 2003. Mal Rosado *Corticium salmonicolor* Berk Enfermedades del café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. p. 121-127.
- GARCÍA T.R. (2000) La Agroecología: ciencia, enfoque y plataforma para su desarrollo rural sostenible y humano. *Revista "AGROECOLOGÍA"*, Ed. LAV, junio.
- GARCÍA, D. L. 2014. Metodologías participativas, agroecología y sostenibilidad rural. Ponencia presentada en el curso "La Participación como herramienta de Dinamización Comunitaria y Agroecológica en el Medio Rural". Aula Ambiental. Centro Nacional de Educación Ambiental, Sevilla, España. 15-29 p.
- GAREA LE, SOTO F, VANTOUR C A. 2001. Zonificación agroecológica en condiciones de montaña mediante métodos de análisis espacial.
- GASTON KJ. 1996. Species richness: measure and measurement. *In: Biodiversity, a biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Cambridge, pp.77-113
- GASTON, K.J. Y SPICER, J.I. (2004) *Biodiversity. An Introduction*. (2ª ed). Blackwell Publishing, Oxford, UK. 208 pp.
- GAVIRIA, A. M.; CÁRDENAS R.; MONTOYA E C.; MADRIGAL A. 1995. Incremento poblacional de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), relacionado con el desarrollo del fruto del café», *Revista Colombiana de Entomología* 21(3):145-151,1995.  
Generalidades municipio de Andes en: <http://andes-antioquia.gov.co/apc-aa-files/34313131643334643930313665663466/5-resea-historica-andes.pdf>
- GIL LF. 2001. Descripción de daños ocasionados por *Colletotrichum* sp en flores y frutos de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 248:1-4.
- GIOVANNUCCI D, KOEKOEK FJ. 2003. The state of sustainable coffee: a study of twelve major markets. Cali, ICO-IISD-UNCTAD. 199 p.
- GIRALDO LF, MEJÍA GL, MONTOYA GA. 1991. Medición de actividad de colinesterasa en ganado Holstein de la Unión - Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia – Trabajo de Grado. 73 p.
- GLIESSMAN S. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Boca Raton: Sleeping Bear/ Ann Arbor Press.

GLIESSMAN S.R.; ROSADO-MAY F.J.; GUADARRAMA-ZUGASTI C.; JEDLICKA J.; COHN A.; MENDEZ VE.; COHEN R.; TRUJILLO L.; BACON C.; JAFFE R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas* 16 (1): 13-23.

GLIESSMAN SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R.: CATIE. 359 p.

GLIESSMAN, S. 2014. La agroecología - Un movimiento global para la seguridad y la soberanía alimentaria. En: agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del simposio internacional de la FAO. Roma, Italia.

GLIESSMAN, S. R. 2001. Agroecosystem sustainability: developing practical strategies. Book Series Advances in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.

GLIESSMAN, S.R. 2007. Agroecology: The ecology of sustainable food systems. Second edition. University of California. Santa Cruz.

GLIESSMAN, S.R.; ROSEMEYER. M. 2010. The Conversion to Sustainable Agriculture. Principles, Processes, and Practices.

GLIESSMANN SR. 2000. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC/Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.

GÓMEZ A, RAMÍREZ H CJ, CRUZ K RG, RIVERA P JH. 1985. Manejo y control integrado de malezas en cafetales y potreros de la zona cafetera colombiana. Chinchiná, FNC – Cenicafé. 254 p. (Mecanografiado).

GÓMEZ A, RIVERA JH. 1987. Descripción de arvenses en plantaciones de café. Chinchiná, Cenicafé. 490 p.

GÓMEZ A. 1990. Las coberturas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos Cenicafé No. 151:1-4.

GOMEZ A., A. 1990. Las malezas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos Cenicafé N° 151: 1-4.

GÓMEZ A., A.; RIVERA P., H. 1995. Descripción de arvenses en plantaciones de café. 2. ed. Chinchiná, Cenicafé. 490 p.

GÓMEZ B, L.M. 2016. Estudio de la conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el municipio de El Carmen de Viboral, Colombia.

GÓMEZ HM, GAVIRIA P MT, JURADO O. 2002. Avances en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr., en Colombia. Estudio de caso fases I-II-III-IV-V. 1998 – 2002. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

GÓMEZ, A. 1990. Las coberturas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos Cenicafé, 151, 1-4. <http://hdl.handle.net/10778/922>

GÓMEZ, L., CABALLERO, A., BALDIÓN, J. (1991). Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá(Colombia): FNC. 131p.

GÓMEZ, MASERA. 1999. Especialistas en agricultura sostenible han ideado una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas.

GONZÁLEZ MT, POSADA FJ, BUSTILLO AE. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Cenicafé 44 (3): 93-102.

GRIFFON B, D. 2008. Estimación de la biodiversidad en agroecología. .Agroecología 3: 25-31.

GRIFFON D. 2008. Lo pequeño es hermoso: Una alternativa para la solución de la crisis agrícola. <http://desarrollo.ecoportel.net/content/view/full/78989>.

GRIME, J.P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* 86: 901-910.

GUÉDEZ, C; CASTILLO, C; CAÑIZALES, L; OLIVAR, R. 2009. Control Biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. Academia Trujillo Venezuela. Vol. VII. (13).

GUHARAY F, MONTERROSO D, STAVER C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. *Agroforestería de las Américas* 8 (9): 22-29.

GUTIERREZ C, JG.; AGUILERA G. LI.; GONZALEZ E, CE. 2008. Agroecología y sustentabilidad vol.15, n 46.

GUZMÁN C G.I.; ALONSO M A.M. 2007. La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas* 16 (1): 24-36. Enero 2007.

HAGGAR JP, SCHIBLI C, STAVER C. 2001. Cómo manejar árboles de sombra en cafetales. *Agroforestería en las Américas* 8(29):37-41.

HART DR. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza.

HERRERA E JS, PALMA O MR. 1997. Efecto de la aplicación de nitrógeno en la producción de café bajo sombra de Inga sp. p. 400-406. En: Seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura. (6 : Noviembre 22-24 1995 : Tegucigalpa). Tegucigalpa : Instituto Hondureño del café.

HERRERA J, ALIZAGA R, ALIZAGA G. 1993. Efecto de la madurez del fruto de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra sobre la germinación y el vigor de las semillas. *Agronomía Costarricense* 17(1):25-32.

HIDALGO M, JA.; ACEVEDO O, A. 2012. Efectos de la biodiversidad en el control biológico dentro de los agroecosistemas.

HILJE L, RAMÍREZ O. 1992. Una propuesta comprensiva para el desarrollo de programas de manejo integrado de Plagas (MIP) en América Central. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* No. 24-25. pp. 63-71.

HILL, S.B. 1985. Redesigning the food system for sustainability. *Alternatives* 12:32-36.

HILL, S.B. 1998. Redesigning agroecosystems for environmental sustainability: A deep systems approach. *Systems Research and Behavioral Science* 15:391-402.

HINCAPIÉ G.E; SALAZAR G.L. 2003. Concentración óptima de glifosato aplicado con selector de arvenses en cultivos de café y efecto de una lluvia simulada sobre la efectividad su control. In: Congreso de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal, 33. Montería, Abril 8-12, 2003. Memorias. Montería, COMALFI, p. 126-127.

HINCAPIÉ G.E; SALAZAR G.L.F. 2007. Las arvenses y su manejo en sistemas de producción de café.

HOLM L, PLUCKNETT D, PANCHO J, HERBERGER J. 1977. The world's worst weeds, distribution and biology. Honolulu, University Press of Hawaii. 609 p.

HRUSKA AJ. 1994. Nuevos temas en la transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas para productores de bajos recursos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* No. 32, pp. 36-43.

- HUMBOLDT REPORTE. 2008. Especies invasoras atentan contra la biodiversidad / Informes del Instituto Humboldt. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/iavh/component/k2/item/272-especies-invasoras-atentan-contra-la-biodiversidad/-informes-del-instituto-humboldt>.
- HUNTER JR, SULZER A. 1996. Genetic diversity. In: Fundamentals of conservation biology, M. L. Hunter Jr. y A. Sulzer (Eds). Blackwell Science, Cambridge, MA. pp.79-103.
- IBARRA A, VARELA A. 2002. Aislamiento, identificación y caracterización de hongos como agentes potenciales de control biológico en algunas regiones colombianas. *Revista Colombiana de Entomología*, 28 (2):129-137.
- ICE RA, WARD JR. 1997. El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental. Washington, Smithsonian Institution - SMBC. Consejo para la Defensa de los Recursos Naturales - NRDC. 51 p.
- ICO. 2019. Informe sobre desarrollo cafetero de 2019
- IGAC. 2007. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Antioquia. 2. ed. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. 595-599.
- INGUNZA A.S. 1996. La "Broca del Café" (*Hypothenemus hampei* Ferr.): Importancia, Distribución Geográfica, Forma de Ataque y Especies de Cafeto que ataca e Influencia de la Altitud sobre el Nivel del Mar en el Grado de Ataque.
- IPAF (Instituto para la pequeña agricultura familiar). 2010. Marco teórico para el desarrollo de la agricultura familiar. 43 pp. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/cipaf/inst/doc/marcoteoricopamp.pdf>.
- ISMAN, M. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual review of entomology*. 51(1): 45-66.
- JARAMILLO A, ESCOBAR B, SANTOS JM. 1980. Flujos de radiación solar y de energía en cafetales. In: Concurso Nacional de Meteorología y Climatología, 2. Bogotá, Sociedad Colombiana de Meteorología. 28 p.
- JARAMILLO A, ESCOBAR B. 1983. Balance de energía en *Coffea arabica*. L. *Cenicafé* 34(4):115-126.
- JARAMILLO A, GÓMEZ L. 1989. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. *Cenicafé* 40(3):65-79.
- JARAMILLO A. 2005. Clima andino y café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 196 p.
- JARAMILLO DF. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 613 p.
- JARAMILLO J.; BORGEMEISTER C.; BAKER, P. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research* 96, 1–12.
- JONG DE B. 2004. Café y servicios ambientales. En I Congreso internacional sobre desarrollo de zonas cafetaleras. Memorias. Tapachula, Chiapas, México.
- KAISER CN, HANSEN DM, MULLER CB. 2008. Exotic pest insects: another perspective on coffee and conservation. *Oryx* 42 (1), 143-146.
- KAWAREE, R.; CHOWWANAPHOONPOH, S. 2009. Stability of Chemical Components and Antioxidant Activity of Volatile Oils from Some Medicinal Plants in Thailand. *CMU Journal of Natural Sciences* 8(1).

KIARA, J.M.; NAGED, T.F. Establishment of rust resistant arabica coffee cultivar under temporary shade and inorganic fertilizer regimes in Papua Nueva Guinea. p. 816-820. En: Colloque Scientifique International Sur le Cafe (16 : Avril 9-14 1995 : Kyoto). Paris : ASIC, 1995. 345 p.

KRAKER C, PÉREZ G. 2011. Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la antigua Guatemala. Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana*, 27 (2), 291-30.,

KRAKER-CASTAÑEDA, C.; PÉREZ-CONSUEGRA SG. 2011. Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la Antigua Guatemala, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 27(2): 291-303.

KREBS, C.J. (1978). Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and row ed. New York. 678p.

KULIK A. 2004. Balance de la interacción entre plantas superiores en ambientes semiáridos: mecanismos y procesos C. Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). General Segura, 1. 04001 Almería, España. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente.

KUMAR D. 1982. Primary investigations into some flowering abnormalities of coffee in Kenya. *Kenya Coffee* 47:16-24.

KUMAR, M.S.; MANEEMEGALAI, S. 2008. Evaluation of larvicidal effect of *Lantana camara* Linn. against mosquito species *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Advances in Biological Research* (2): 39-43.

LABRADOR MJ, ALTIERI M. 1994. Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables.

LAURENT C. 1988. A farm typology, a product and a tool for a development programme. In: Fanning Systems Research and Extension Symposium. Fayetteville, U.S.A.

LEGUIZAMÓN JE. 1997. La mancha de hierro del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 246:1-8.

LEON J, FOURNIER L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. *Turrialba* 12:65-74.

LEON S, TL. 2014. Perspectiva ambiental de la agroecología. *La Ciencia de los Agroecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogota.

LIN, B.B. 2011. "Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change." *BioScience*, 61: 183–193.

LÓPEZ T, G. s.f. *Sistemas Agroforestales*. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. SAGARPA.

LÓPEZ B M.; GONZÁLEZ JA.; DÍAZ S.; CASTRO I.; GARCÍA-LLORENTE M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16 (3): 69-80. Septiembre 2007.

LÓPEZ D. 1983. Aspectos físico-químicos de la materia orgánica en el suelo. *Suelos Ecuatoriales*. Vol XIII, N° 1. Medellín, mayo. p. 1-13.

LÓPEZ DE LEÓN EE. 1997. La sostenibilidad en el café, un enfoque tecnológico amigable con el medio ambiente. En: XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. *Memorias*. San José, Costa Rica, 67-83 pp.

LÓPEZ RIDAURA S, MASERA O, ASTIER M. 2001. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: El marco MESMIS *BOLETIN DE ILEIA*•

LOREAU, M. 2000. Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances *Oikos* 91: 3–17.

LOREAU, M., NAEEM, S. Y INCHAUSTI, P. 2002. Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. Oxford. University Press, Oxford .

MACERA, P.JE.; PEÑA, SEJ.; GIRALDO, HR.; SANTOS, MA. (2003). Introducción a la modelación ecológica. Principios y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Magdalena, Universidad del Valle. Santafé de Bogotá, 112 p.

MACHADO MM, NICHOLLS CI, MÁRQUEZ SM, TURBAY S. 2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. IDESIA (Chile) Diciembre 2014 / Enero-Febrero, 2015, Volumen 33, N° 1. Páginas 69-83

MACHADO, M., NICHOLLS, C., MÁRQUEZ, S., TURBAY, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico.1 (33): 69–83p.

MACHÍN SOSA, B., ROQUE JAIME, A.M., ÁVILA LOZANO, D.R., & ROSSET, P.M. 2013. Agroecological Revolution: The Farmer-to-Farmer Movement of the ANAP in Cuba. Jakarta, ANAP & La Via Campesina (disponible en: [www.viacampesina.org/downloads/pdf/en/Agroecological-revolution-ENGLISH.pdf](http://www.viacampesina.org/downloads/pdf/en/Agroecological-revolution-ENGLISH.pdf)).

MACIP-RÍOS R, MUÑOZ A. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 185-195.

MADRIGAL I, BENOIT P. 2010. Caracterización de la absorción de plaguicidas en la materia orgánica particulada de suelos. *Revista Latinoamericana de recursos naturales*. 6 (1): 51-66.

MALAGÓN CD. 1995. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1ª ed. Ed. Canal Ramírez, Antares Ltda. Santafé de Bogotá. 632 p.

MALLET J. 1996. The genetics of biological diversity: from varieties to species. *In: Biodiversity: a biology of numbers and difference*, K. J. Gaston (Ed) Oxford University Press, Oxford. pp. 41-57.

MANTILLA J.; ARGUELLO A.; MÉNDEZ H. 2000. Caracterización y tipificación de los productores de cacao del departamento de Santander. Corpoica. IMPRECOL S.A.

MARASAS M, BLANDI ML, DUBROVSKY N, FERNANDEZ V. 2014. Transición agroecológica: de sistemas convencionales de Producción a sistemas de producción de base ecológica. Características, criterios y estrategias. En: *Agroecología Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*.

MARASAS M, FERNANDEZ V, BALORIANI G, CAP G, LARROSA C, ROUAUX J. 2011. Estudio de la Agrobiodiversidad en Sistemas de Producción Hortícola Familiar. Buenos Aires. Argentina. Cuadernos de Agroecología 6 ( 2) 4 pp

MÁRQUEZ, G. SM. 2013. Trabajo de tesis: Riesgo ambiental por uso del clorpirifos en zonas de ganadería de leche y propuesta de conversión agroecológica, en san pedro de los milagros, Colombia.

MARTÍNEZ C.R. 2009. Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha*, Vol. 22, N.º 2, Abril-Junio 2009, pp. 23-39.

MARTÍNEZ JT. 1991. Efecto del control y manejo de las malezas sobre el comportamiento de la cenosis y *Coffea arabica* L. bajo dos niveles de iluminación. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo, Granma, Cuba.

MARTINEZ M. 1997. Sistemática molecular: comparación entre diferentes métodos y sus aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 60: 123-136.

- MASERA OR, ASTIER M, LÓPEZ-RIDAURA S. 1999. Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad MESMIS. Mundiprensa – GIRA – UNAM. México.
- MASERA OR. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE/CIGA/ECOSUR/CIEco/UNAM/GIRA/Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. 1a edición.
- MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de Recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA-Mundi-prensa, México.
- MATHIEU FO, BRUN L, FREROT B, SUCKLING DM, FRAMTON C. 1999. Progression in field infestation is linked with tramping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col: Scolytidae). J. Appl. Ent. 123: 535-540.
- MATIENZO B, Y.; SIMONETTI JA.; VÁZQUEZ M, LL.; ARIAS R.; MATAMOROS T M.; DÍAZ F Y.; TORRES L T.; PORRAS G A. 2015. Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos. Fitosanidad 19(1) abril (2015) 45-55
- MAUNDER AH. 1973. La extensión agrícola. Manual de consulta (versión abreviada). FAO (Roma).
- MAYR E. 1992. A local flora and the biological species concept. *American Journal of Botany*, 79: 222-238.
- MAZÓN A, L.; VILLAO B, D.; NÚÑEZ, W.; SERRANOLUYÓ, M. 2017. Análisis de punto de equilibrio en la toma de decisiones de un negocio: caso Grand Bazar Riobamba –Ecuador Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial. Junio 2017 Vol.3 No.8 14-24
- MCNEELY, J.A., MILLER, K.R., REID, W.V., MITTERMEIR, R.A., WERNER, T.B. (1990). Conserving the worlds biological diversity. International Union for Conservation of Nature Resources. WRI, Conserv. Int., World Wildlifw Funders, World Bank, Washington DC.
- MEDEL R, MARCELO A, REGINO Z, JORDANO P, VAZQUEZ D, BASCOMPTE J. 2011. Ecología y evolución de interacciones planta-animal. S. Soliveres Ecosistemas 20 (2): 121.128.
- MEFFE GK, CARROLL CR. 1994. Genetics: conservation of diversity within species. *In: Principles of conservation biology*, G. K. Meffe y C. R. Carroll (Eds) Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA. pp. 143-178.
- MESTRE A, SALAZAR JN. 1990. La investigación agronómica del café en Colombia. In: Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Chinchiná. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé, p. 65-69.
- MOGUEL P, TOLEDO V. 1999. Café, luchas indígenas y sostenibilidad; el caso de México.
- MONTAGNINI, F; SOMARRIBA, E; MURGUEITIO, E; FASSOLA, H; EIBL, B. 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.
- MONTENEGRO GH, MALAGÓN CD. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Sección imprenta y ediciones IGAC. 813 p.
- MONTES CO, CADENA RA. 2012. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 10 No. 1 (98 - 108) Enero - Junio 2012
- MONTILLA R, CAMACHO B, QUINTERO A Y CARDOZO G. 2006. Parasitismo por *Beauveria bassiana* sobre la broca del café, en el estado Trujillo, Venezuela. *Agronomía Trop*. 56(2): 183-198.
- MONTOYA SA, CÁRDENAS R. 1994. Biología de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de café con diferentes edades», *Cenicafé* 45 (1):5-13.

- MONZÓN A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo Integrado de Plagas. (Costa Rica). 63:95-103
- MOORHEAD LC, PHILPOTT SM, BICHER P. 2010. Epiphyte biodiversity in the Coffee agricultural matrix: Canopy stratification and distance from forest fragments. *Conservation Biology*, 24 (3), Jun: 737-746. .
- MORA-D J.; IBRAHIM M.; BERMÚDEZ MB. 2011. Tipificación de hogares campesinos con base en indicadores de medios de vida en la zona cafetalera de Colombia, Costa Rica y Nicaragua
- MORENO AM. 2007. Fundamentos sobre sistemas de producción. En: ARCILA P, et al. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé.
- MORENO CE. 2000. *Diversidad de quirópteros en un paisaje del centro de Veracruz, México*. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver., México. 150 pp.
- MORENO LG. 2002. Tabi: variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. Avances Técnicos Cenicafé No. 300:1-8. 2002.
- MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Primera Edición.
- MORENO, C.E. 2013. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: CYTED.
- MORENO. A.M. 2007. Productividad de café en sistemas intercalados en sistemas de producción de café.
- MOSQUERA CS. 2010. Evaluación del movimiento del agua y plaguicidas en suelos de uso agrícola y su predicción de contaminación hacia las aguas subterráneas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 29 p.
- MUDAPPA D, RAMAN T. 2009. Brewing trouble: Coffee invasion in relation to edges and forest structure in tropical rainforest fragments of the Western Ghats, India. *Biological Invasions*, 11 (10), 2387-2400.
- MUKO, K.N.; OHIRI, F.C. 2000. A preliminary study on the anti-inflammatory properties of *Emilia sonchifolia* leaf extracts. *Fitoterapia*. 71(1):65-68.
- MUSCHLER RG. 2000. Árboles en cafetales. Turrialba, CATIE. 139 p. (Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Módulo No. 5).
- NAEEM S. 1999. La Biodiversidad Y El Funcionamiento De Los Ecosistemas: Manteniendo Los Procesos Naturales Que Sustentan La Vida. Tópicos en Ecología. Número (4) Otoño.
- NAEEM, S. Y WRIGHT, J.P. 2003. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecology Letters* 6: 567-579.
- NAIR.KR. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3 (2): 97-128.
- NICHOLLS CI, ALTIERI MA. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 65 p. 50 – 64.
- NICHOLLS, C. ALTIERI, M. 2006. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 77.
- NICHOLLS, C.I., ALTIERI, M.A., VÁZQUEZ, L. 2016. Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *J Ecosys Ecograph* S5: 010. doi:10.4172/2157-7625.S5-010, 8 p.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.; VÁZQUEZ, L. 2015. Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología* 10(1): 61-72.

NJOROGE, J.M. 1994. Weeds and weed control in coffee. *Experimental Agriculture* 30 (4): 421-429.

NÚÑEZ M A. 2005. Bases científicas de la agricultura tropical sustentable. *Motion Magazine* June 11, 2005.

ODUM EP.; SARMIENTO FO. 1998. *La Ecología: el puente entre ciencia y sociedad*. México DF: McGraw Hill Interamericana de México.

OECD-FAO. 2011. *agricultura Outlook, 2011-2020*. (Disponible en: <http://www.agrioutlook.org/pages>).

OESTERHELD, M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas: Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecología austral*. 18. 337-346.

ONG CK, HUXLEY P. 1996. *Tree-crop interactions. A physiological approach*. Wallingford, CAB International. 386 p.

ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICALES - OTS. SAN JOSE. COSTA RICA. 1986. *Sistemas agroforestales; principios y aplicación en los trópicos*. San José, OTS - CATIE. 817 p.

ORTIZ T, ASTIER M. 2003. Sistematización de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. *LEISA (Especial)*: 4-6.

P.R.D.R.C. 1997. *Programa de Reestructuración y Desarrollo de las Regiones Cafeteras, Crece, Manizales, Colombia*.

PÉREZ , N. 2004. *Manejo Ecológico de Plagas*. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural-CEDAR. Universidad Agraria de la Habana, San José de las Lajas, Cuba 296 p.

PÉREZ H. 2007. Manejo de la broca del café en la República de Panamá. En: *La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques* (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 33-36 pp.

PÉREZ M. 2010. *Horticultura de base ecológica en el cordón bonaerense sur. Una aproximación desde sus prácticas*. Tesis Magíster Scientiae en Procesos Locales de Innovación y Desarrollo Rural (PLIDER). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 130 pp.

PERFECTO I, RICE R. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience Reports* 46(8):598-608.

PERFECTO I, VANDERMEER J, PHILPOTT M. 2010. Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo. *Agroecología* 5: 41-51.

PERFECTO, I.; VANDERMEER. J. 2015. COFFEE AGROECOLOGY. A new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development.

PLAN DE DESARROLLO "Juntos Construyendo Futuro" ANDES CIUDAD EDUCADORA ELKIN DARÍO JARAMILLO JARAMILLO ALCALDE 2012-2015

PLAN DE DESARROLLO: "ANDES: INCLUSION, ORDEN Y PROGRESO VERDE". 2014.

POHLAN HA. J. 2005. Manejo de la cenosis en cafetales y sus impactos sobre insectos, con especial énfasis en la broca del café. En *Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México* (Barrera JF, ed). Mexico: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, 22-30 pp.

- PONTE S. 2003. Estándares, comercio y equidad: lecciones de la industria de los cafés especiales. *Ensayos sobre Economía Cafetera* 16(19): 131-163.
- PONTE S. 2004. Estándares y sostenibilidad en el sector cafetero: una aproximación global a la cadena de valor. *Ensayos sobre Economía Cafetera* 17 (20):31-83.
- POWER, A.G. 1999. Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1: 185-196.
- PRAGER, M; RESTREPO, J.M; ÁNGEL, D.I; MALAGON, R; ZAMORANO, A. 2002. AGROECOLOGÍA. Una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria.
- PRETTY J.N., MORISON, J.I.L. & HINE, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95: 217-234.
- PRETTY, J.N. & HINE, R.E. 2001. Reducing food poverty with sustainable agriculture: A summary of new evidence. Colchester, UK, University of Essex.
- PRIMAVESI A. 1984. Manejo ecológico del suelo 5. ed. Buenos Aires, "El Ateneo" Pedro García S.A. 499 p.
- PRIMAVESI A., M.; PRIMAVESI O. 2008. Agroecología y manejo del suelo.
- PROMECAFE, 2007. Manejo integrado de la broca del café, diseñado con tres componentes. Instituto internacional de cooperación para la agricultura.
- PUERTA GI. 2006. Sistema de aseguramiento de la calidad y la inocuidad del café en la finca. Federación Nacional de cafeteros, avance técnico 351.
- PULGARÍN JA. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta del café. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 309 p.
- QUINTERO C, BUSTILLO A E, BENAVIDES P, CHÁVES, B. 1998. Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 24 (3-4):141-147.
- RADOSEVICH SR. 1987. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technology* 1: 190-198.
- RAINFOREST ALLIANCE. NEW YORK. ESTADOS UNIDOS. 2004. Estándares para agricultura sostenible. Módulo de estándares adicionales para café. Certificación Rainforest Alliance, Versión 2004. Red de Agricultura Sostenible. 41 p.
- RAMÍREZ M, GONZÁLEZ M, BELLO A, ROMERO S. 2007. Campaña nacional contra la broca del café en México: operación y perspectivas. En: *La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques* (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). Mexico: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 73-81 pp. Fecha
- RAMIREZ M, LG. 1995. Producción de café bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de Poro. p. 135-139. En: SIMPOSIO sobre caficultura latinoamericana. Tegucigalpa : CONCAFE : IICA, 1995. 2 vols.
- RAMOS R, M.; SÁNCHEZ DE LEÓN Y.; DÁVILA N, M. et al. 2014. Manejo de Malezas en Cafetales Orgánicos.
- RESTREPO M, RIVERA JH. 1993. Estudio sobre la diversidad de la flora arvense asociada a la zona cafetera colombiana. Chinchiná, Cenicafé. 23 p.

RESTREPO M. J.; ÁNGEL S DI.; PRAGER M M. 2000. Agroecología. Actualización Profesional en Manejo de Recursos Naturales, Agricultura Sostenible y Pobreza Rural. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF

REYES I, BUSTILLO AE, CHÁVES B. 1995. Efecto de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre el parasitoides de la broca del café *Cephalonomia stephanoderis*. Revista Colombiana de Entomología. 29(4):199-204.

RICE EL. 1984. Allelopathy. 2. ed. Orlando, Academic Press. 422 p.

RICE, R. A.; WARD, J. R. 1997. El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental. Washington, Smithsonian Institution - SMBC. Consejo para la Defensa de los Recursos Naturales - NRDC. 51 p.

RITCHIE TJ. 1991. Specifications for the ideal model for predicting crop yields. In: Climate risk in crop production: models and management for semiarid tropics and subtropics. Wallingford, CAB. p. 97-122.

RIVERA P., J. H. 1997. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. Avances Técnicos Cenicafe No. 237:1-8..

RIVILLAS CE, SERNA CA, CRISTANCHO MA, GAITÁN AL. 2011. La roya del cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos de control. FNC, CENICAFE.

RIVILLAS O, CA.; SERNA G, CA.; CRISTANCHO, MA.; GAITÁN B, AA. 2011. La Roya del Cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos del control. Cenicafe.

RODRÍGUEZ H, C., 2006. Plantas contra plagas 1: Potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Colegio de Postgraduados, Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM), Red de Acción en Plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL). Texcoco – México.

ROJAS A, HARTMAN K, ALMONACID R. 2012. El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 93-104. código SICI: 0121-7606(201206)16:30<93:IPCSLB>2.0.TX;2-L

ROJAS M. 2007. Acciones y estrategias ante la broca del café en Costa Rica. En: La Boca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques (Barrera JF, García A, Domínguez V, Luna C, eds). México: Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur, 17-23 pp.

ROJAS, A.; HARTMAN, K.; ALMONACID, R. 2011). El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 93-104

ROJAS, A.; HARTMAN, K.; ALMONACID, R. 2012. El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 93-104

ROSSET, P.; ALTIERI, M. 2017. Agroecología ciencia y política. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología SOCLA.

ROSSET, P.M. 1999. The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations. Food First Policy Brief 4: 1-22.

ROSSET, P.M., MACHÍN SOSA, B. ROQUE JAIME, A.M. & ÁVILA LOZANO, D.R. 2011. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38(1): 161-191.

- RUIZ, DM.; MARTINEZ, JP.; FIGUEROA, A. 2015. Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol 13 No. 1 (129-138)
- SALAZAR A, OROZCO C FJ, CLAVIJO P J. 1989. Características morfológicas, productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra. *Cenicafe* 39(2):41-63.
- SALAZAR E., H.M.; BAKER, P.S.; CHAVES C., B. 1998. Registro de arvenses visitadas por *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae). In: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 25. Cali, Julio 16 - 18, 1998. Resúmenes. Cali, SOCOLEN,. p. 53.
- SALAZAR G L.F.; HINCAPIÉ G. É. 2005. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances técnicos de CENICAFE* N° 333.
- SALAZAR G LF.; HINCAPIÉ G E. 2007. Las arvenses y su manejo en los cafetales. En: *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Cenicafé,.309 p.
- SALAZAR G, CHAVES C B, RIAÑO NM, ARCILA J, JARAMILLO A. 1994. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L var. Colombia. *Cenicafé* 45(2):41-50.
- SALAZAR G, LF. 2020 reconozca las arvenses nobles en el cultivo del café. *Avances técnicos CENICAFE*.
- SALAZAR G., L.F.; RIVERA P., J.H. 2003. Efecto de la interferencia y el manejo integrado de arvenses sobre el desarrollo del cultivo del café. In: Congreso de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal, 33. Montería, Abril 8-12, 2003. *Memorias*. Montería, COMALFI, 2003. p. 118-119.
- SALAZAR G., M. R.; ARCILA P., J.; RIAÑO H., N.M.; BUSTILLO P., A. 1993. Crecimiento y desarrollo del fruto de café y su relación con la broca. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 194:1-4..
- SALAZAR, H.M.; BAKER, P.S. 2000. Impacto de liberaciones de *Cephalonomia stephanoderis* sobre poblaciones de *Hypothenemus hampei*. *Revista Cenicafé* 53 (4): 306-316.
- SALAZAR, L.F.; HINCAPIÉ, E. 2007. Las arvenses y su manejo en los cafetales. *Sistemas de producción de café en Colombia* (5):101–130.
- SAN ROMÁN L.; CÁRDENAS J. 2016. Buenas prácticas para el desarrollo de agricultura sostenible y afrontar el cambio climático. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE)
- SÁNCHEZ JA. 2003. La Agroforestería y el desarrollo sostenible. San Pedro Sula, Fundación Hondureña de investigación Agrícola - FHIA. Programa de Cacao y Agroforestería, 19 p.
- SANS F.X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16 (1): 44-49. Enero 2007.
- SANTOS, D.R; BENAVIDES, M. 2011. Efecto de diferentes niveles de insumos y tipos de sombra sobre el comportamiento de las principales plagas del cultivo de café (*Coffea arabica* L), Masatepe, Nicaragua.
- SANTOS-BARRERA G, URBINA-CARDONA N. 2011. The role of the matrix-edge dynamics of amphibian conservation in tropical montane fragmented landscapes. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1), 679-687.
- SAÑA V. 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 277 p.
- SARANDÓN S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas. Argentina. 350 - 394p.

SARANDÓN SJ, FLORES CC. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

SARANDÓN SJ, MARASAS M, PÉREZ M, PÉREZ R. 2012. El camino de la Transición agroecológica. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 90 pp.

SARANDÓN SJ, ZULUAGA MS, CIEZA R, GÓMEZ C, JANJETIC L. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología. p 19-28.

SARANDÓN, S. J. 2019. Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. Universidad Nacional de La Plata.

SCALONE E, M. 2007. "Introducción al enfoque de sistemas en agricultura y su aplicación para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles".

SERRADA R. 2008. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid.

SHRIVASTAVA S.; JHA, A.K. 2016. Effect of leaf extract of *Lantana camara* on growth of seedlings of *Cicer arietinum*. International Journal of Information Research and Review. 03(07): 2612-2616.

SILVEIRA, L.C. 2007. Manejo do habitat para conservação de inimigos naturais em cafeeiros orgânicos manejo du Broca du café. ANAIS. Workshop international. Londrina – Paraná, Brasil pp. 209-220.

SMITHSONIAN MIGRATORY BIRD CENTER. WASHINGTON. ESTADOS UNIDOS. 2001. Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización de café "Bird Friendly®", certificado orgánico bajo sombra. In: taller "Café Bajo Sombra". Bucaramanga, Enero 24 al 26, 2001. Memorias. 19 p.

SOLBRIG OT. 1991. *From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity*. IUBSSCOPE-UNESCO, Cambridge, 124 pp.

SOLE, R.V.; MANRUBIA. S.C. 1996. Orden y Caos en Sistemas Complejos. Barcelona. Politex, UPC.

SOLE, R.V.; GOODWIN, B. 2001. Signs of Life: How Complexity Pervades Biology. New York: Basic Books.

SOMARRIBA E. 1987. Investigación agroforestal del proyecto UNU/CATIE 1979- 1987. Turrialba, CATIE, 130 p.

SOTO L, PERFECTO I, CASTILLO HJ, CABALLERO NJ. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. Agriculture Ecosystems and Environment 80:61-69.

SOUZA J. 2009. La problemática del uso de plaguicidas en Argentina. Modelos productivos e impacto en el ambiente. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina, RAP-AL. Buenos Aires. 7 p.

SPEELMAN EN.; LÓPEZ-RIDAURA S.; COLOMER NA.; ASTIER M.; MASERA O. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies International Journal of Sustainable Development & World Ecology 14 (2007) 345–361

SPEELMAN, ES.; LOPEZ, NA.; ASTIER M.; MASERA, O. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. International Journal of Sustainable

STARBUCKS COFFEE COMPANY. SCIENTIFIC CERTIFICATION SYSTEMS (SCS). SEATTLE, ESTADOS UNIDOS. 2004. Lineamientos generales de evaluación de C.A.F.E. Practices. Seattle, Starbucks. 27 p.

STUPINO, SA.; IERMANÓ, MJ.; GARGOLOFF.; A.; BONICATTO, M. 2014. Biodiversidad en los agroecosistemas. Biodiversidad en Agroecosistemas.

SUÁREZ JV. 1979. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de café. Avances Técnicos Cenicafe N° 89: 1-4.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. 2012. Estudio sobre el sector del Café en Colombia. No. 5 Diciembre, 2012

TEJEDA C, SUTHERLAND WJ. 2004. Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation* (2), May: 169-179.

TILMAN, D., 2001. Functional diversity. In: Encyclopedia of Biodiversity. In: S. A. Levin (ed.). Encyclopedia of Biodiversity Vol. 3. pp. 109–120. Academic Press, San Diego, CA.

TINSLEY IJ. 2005. Chemical concepts in pollutant behavior. 1ed. Ed Wiley Interscience Publication. New York, 265 p.

TIRADO R. 2003. Interacciones positivas entre plantas: Mecanismos y consecuencias. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente año XII N°2 2003 Mayo-agosto

TITTONELL, P. 2014. Seguridad alimentaria y servicios ecosistémicos en un mundo en evolución: ha llegado la hora de la agroecología. En: agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del simposio internacional de la FAO. Roma, Italia.

TITTONELL, P. 2019. Agroecological transitions: multiple scales, levels and challenges. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. L UNCUYO. 51(1):231-246

TORQUEBAU E. 1993. Conceptos de agroforestería: una introducción. Chapingo, Universidad Autónoma Chapingo. 89 p.

TRAPP S, MATTHIES M. 1998. Chemodynamics and environmental modeling. Berlín: Springer. 285 p.

TRAPP S, MC FARLANE J. 1995. Plant contamination, modeling and simulation of organic chemical processes. United States of America: Lewis Publishers. 254 p.

TROJER H. 1968. The phenological equator for coffee planting in Colombia. In: Agroclimatological Methods. Proceedings of the Reading Symposium. París, UNESCO, Vol 7. p 107-117.

TRUJILLO H.I.; ARISTIZÁBAL, L.F.; BUSTILLO A.E.; JIMÉNEZ, M. 2006. Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. Revista Colombiana de Entomología 32(1): 39-44.

UNEP. (1992). Convention on Biological Diversity. UNEP – Environmental Law and Institutions Program Activity Centre, Nairobi. Disponible en: <http://www.cdb.int>.

URIBE A. 1977. Constantes físicas y factores de conversión en café. Avances Técnicos Cenicafe No.65:1-3.

UTZ KAPEH FOUNDATION. AMSTERDAM. HOLANDA. 2006. Utz Kapeh Código de Conducta Versión 2006 rev.01. Amsterdam, 2006. 37 p. UTZ KAPEH FOUNDATION. Code of Conduct. Version 2006. 36 p.

VALENCIA, C. A., GIL, Z. N., & CONSTANTINO, L. M. (2005). Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana: Guía de campo. Centro Nacional de Investigaciones de Café y Colciencias.

VALERIO D.; GARCÍA A.; ACERO R.; CASTALDO A.; PEREA J.; MARTOS J. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Departamento de producción animal y gestión. Universidad de Córdoba. N° 1 Vol 1. 9p.

VAN NOORDWIJK, HAIRIAH K, URNIATUN. 2000. Tree-soil-crop interactions. Bogor, International Centre for Research in Agroforestry –ICRAF. 12 p. ETZ, M. The coffee plant; this evergreen plant needs shade, moisture. Tea and Coffee Trade Journal 141(5):16-17, 25-26, 30-33. 1971.

VANDERMEER J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge, U K, Cambridge Univ. Press.

VARGAS R, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta Biológica Colombiana, vol. 16, núm. 2, 2011, pp. 221-246 Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá, Colombia.

VÁZQUEZ ET AL. 2011. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica.

VÁZQUEZ ET AL. 2014. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. Fitosanidad 18(3) septiembre (2014) 151-162

VÁZQUEZ LL, FERNÁNDEZ E. 2004. Identificación de problemas y generación de componentes para el Manejo Integrado de Plagas. En: Manejo Integrado de Plagas en una Agricultura Sostenible. Intercambio de experiencias entre Cuba y Perú. Lima, Perú. pp. 41-66.

VÁZQUEZ LL, GARCÍA C R, PEÑA M E. 2005. Observaciones sobre la presencia de broca del café (*Hypothenemus hampei*) en los frutos que caen al suelo Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal., Ciudad de La Habana, CP 11600. FITOSANIDAD vol. 9, no. 2, junio

VÁZQUEZ LL, MATIENZO Y, ALFONSO J, MORENO D, ÁLVAREZ A. 2009. Diversidad de especies de hormigas (hymenoptera: Formicidae) en cafetales afectados por *Hypothenemus Hampei* ferrari (coleoptera: curculionidae: scolytinae). FITOSANIDAD vol. 13, no. 3, septiembre 2009

VÁZQUEZ LL, MATIENZO Y, GRIFFON D. 2014. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. Revista Fitosanidad, Vol 3, 2014

VÁZQUEZ LL, MATIENZO Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Ciudad de La Habana. Cuba.

VÁZQUEZ LL. 2003. Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas para agricultores y extensionistas (La Habana). Ed. CIDISAV. 566p.

VÁZQUEZ LL. 2004. El Manejo Agroecológico de la Finca. Una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias. Ed. ACTAF (La Habana).121p.

VÁZQUEZ LL. 2006. Manejo agroecológico de plagas. Tendencias y percepciones acerca del manejo de plagas en la producción agraria sostenible. Ciudad de La Habana, Cuba.

VÁZQUEZ LL.; ALFONSO J.; RAMOS Y.; MARTÍNEZ A.; MORENO D.; MATIENZO Y. 2012. Relaciones de *hypothenemus hampei* Ferrari (coleoptera: curculionidae: scolytinae) con el suelo del cafetal como base para su manejo agroecológico.

VÁZQUEZ M, LL.; GARCÍA C, R.; PEÑA M, E. 2005. Observaciones sobre la presencia de broca del café (*hypothenemus hampei*) en los frutos que caen al suelo fitosanidad vol. 9, no. 2.

VÁZQUEZ, L. L. 2015. Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria. Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología. La Habana.

VÁZQUEZ, L.L. 2011. Supresión de poblaciones de plagas en las fincas mediante prácticas agroecológicas. Preguntas y respuestas para facilitar el manejo sostenible de tierras. Instituto de investigaciones en sanidad vegetal. Cuba.

VÁZQUEZ, L.L. Y MATIENZO, B.Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana. Cuba.

VÁZQUEZ, M, L. L. 2015. Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria. Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología. La Habana.

VÁZQUEZ, L.L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Agroecología 8 33-42

VEGA FE, MERCADIER G. 1998. Insects, coffee, and ochratoxin A. Florida Entomologist 81: 543-544.

VELASCO YA, ROPERO MC, ARMBRECHT I. 2010. Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y de sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36 (1), 116-126.

VERA M., L.Y.; GIL P., Z.N.; BENAVIDES M., P. Identificación de enemigos naturales de *Hypothenemus hampei* en la zona cafetera central colombiana. *Cenicafé* 58(3):185-195. 2007.

VIGUERA, B.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M.R.; DONATTI, C.; HARVEY, C.A.; ALPÍZAR, F. 2017. Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 47 páginas.

VILLANUEVA C.; SEPÚLVEDA CJ.; IBRAHIM M. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Serie técnica. Informe técnico no. 387. CATIE, 2011

VILLARREYNA A, RA. 2016. Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del café.

VIRGINIO F.E.; ANDRADE R.; SÁNCHEZ L. (sin fecha). Manejo Integral de Hierbas en Cafetales. ISBN: 978-94-90283-00-1. UTZ Certified, ACERES, CATIE.

WADE, L. 2014. Enfoques agroecológicos del fitomejoramiento: Diseño de cultivos, y sistemas para mejorar la aptitud, la intensificación sostenible, los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria y nutricional. En : Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición actas del simposio internacional de la FAO.

WALISZEWSKI SM, XÓCHITL MG. 2008. Uso de ácido sulfúrico en las determinaciones de plaguicidas organoclorados. 1. Calidad químico-analítica de la precipitación de grasas por el ácido sulfúrico concentrado en muestras de alto contenido de lípidos. *Revista internacional de contaminación ambiental* 24: 33-38.

WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. 2007. Coffee pest, diseases and their management.

WANG CJ, LIU ZQ. 2007. Foliar uptake of pesticides-Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 87: 1-8.

WANG L, JIANG X, YAN D, WU J, BIAN Y, WANG F. 2007. Behavior and fate of chlorpyrifos introduced into soil-crop systems by irrigation. *Chemosphere* 66: 391-396.

WANG, J.; ZHU, F.; ZHOU, X.M.; NIU, C.Y.; LEI, C.L. 2006. Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored products research*. 42 (3): 339-347.

WEINBERG J. 2009. Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM. Marco de acción para proteger la salud humana y el medio ambiente de los plaguicidas peligrosos. International Pops Elimination Network. 76 p.

WEYLAND, F.; POGGIO, SL.; GHERSA, CM. 2008. Agricultura y biodiversidad Facultad de Agronomía, UBA. Ciencia Hoy #106 12/8/08 09:56 Página 27.

WHITTAKER RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.

WILSON EO. 1988. Biodiversity. National Academy Press. Washington DC.

ZACHARIA JT, KISHIMBA MA, MASAHIKO H. 2010. Biota uptake of pesticides by selected plant species; the case study of Kilombero sugarcane plantations in Morogoro Region, Tanzania. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 97: 71-75.

ZAMORA R, GARCIA P, GOMEZ L, VALLADARES F. 2004. Las interacciones planta- planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 371-393. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

ZHOU, L.X.; AND Y.; DING. 2002. A cinnamide derivate from *Solanum verbascifolium* L. *Journak of Asian Natural Products Research*, 4: 185-187.

ZIMDAHL RL. 1980. Weed crop competition; A review. Oregon, International Plant Protection Center. 196 p.

ZIMDAHL RL. 1993. *Fundamentals of weed science*. San Diego, Academic Press, 450 p.

## 8 ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Adopción de prácticas para el manejo y control de la broca del café

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Nombre de la Finca (Vereda): \_\_\_\_\_

Cédula: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

PRÁCTICAS DE MANEJO	Si lo realizan	No lo realizan	Está de acuerdo	No está de acuerdo
Incremento de la biodiversidad funcional				
Eliminación de frutos infestados				
Colecta de frutos del suelo				
Regulación de la sombra				
Establecimiento de coberturas vivas				
Establecimiento de cercas vivas.				
Conservación de enemigos naturales existentes y aplicación de otros para reducir la infestación de la plaga.				
Trampas de captura con atrayentes				
Manejo agroecológico del suelo				
Podas				
Nivel de infestación				
Posición de la broca				
Seguimiento y registro				
Compostaje de la pulpa con protección de plásticos los primeros días.				
Utilización de plantas repelentes y / o atrayentes de la broca.				

**Anexo 2. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Antioquia. Adopción de prácticas para el manejo y del suelo.**

**Nombre y Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Nombre de la Finca (Vereda):** \_\_\_\_\_

**Cédula:** \_\_\_\_\_ **Teléfono:** \_\_\_\_\_

<b>PRÁCTICAS DE MANEJO</b>	<b>Si lo realizan</b>	<b>No lo realizan</b>	<b>Está de acuerdo</b>	<b>No está de acuerdo</b>
Labranza mínima o de conservación				
Incorporación de abonos orgánicos				
Incorporación de abonos verdes				
Incorporación de caldos minerales y biopreparados naturales.				
Activación de los organismos funcionales del suelo.				
Manejo agroecológico de plagas				
Utilización de barreras y cercas vivas perimetrales				

**Anexo 3. Encuesta para la socialización y validación de la propuesta de conversión agroecológica de los sistemas cafeteros. Municipio de andes. Antioquia. Plantas para la diversificación.**

**Nombre y Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Nombre de la Finca (Vereda):** \_\_\_\_\_

**Cédula:** \_\_\_\_\_ **Teléfono:** \_\_\_\_\_

<b>ESTRATO</b>	<b>ESPECIES</b>	<b>¿Presen- cia en el cafetal? SI O NO</b>	<b>Función que cumple</b>	<b>Conocimiento ancestral, PADRES ABUELO...</b>	<b>¿Control que le rea- liza?</b>	<b>¿Esta dispuesto a incluirlos en el diseño? SI O NO</b>
<b>BAJO</b>	Bandera española (Lantana cámara)					
	Cascabelillo ( Crota- laria micans)					
	Altamisa (Ambrosia artemisifolia)					
	Bejuco (Cissus sicyoides)					
	Ajenjo (Artemisa ab- sinthium)					

	Hierbamora (solanum nigrum)					
	Lavaplato (Solanum verbascifolium)					
	Clavel chino (Emilia sonchifolia)					
	Tripa de pollo ( <b>Alternanthera pungens</b> )					
	Hinojo					
	Sabila					
	Limoncillo					
	Aji					
	Canavalia					
	Crotalaria					
	Guandul					
	Lupinos					
<b>MEDIO</b>	Tefrosia (Tefrosia candida)					

	Erythrina fusca					
	Erythrina rubrinervia					
	Leucadena leucocephala					
	Platano (Musa sp.)					
	Maiz (Zeamaiz)					
	Frijol (Pahaseolus vulgaris)					
	Tabaco					
	Botón de oro					
	yuca					
<b>ALTO</b>	Guamo santafereño (Inga edulis)					
	Nogal cafetero (Cordia alliodora)					
	Cambulo Erythrina sp					
	Carbonero, Albizzia sp.,					

	Alnus acuminata Kuntz. Aliso					
	citricos					
	aguacate					
	mango					

**Anexo 4. Formato de evaluación de broca (*Hypothenemus hampei* F) en campo.**

<b>FECHA</b>				
<b>NOMBRE DEL PREDIO</b>				
<b>NOMBRE DEL PROPIETARIO</b>				
<b>NUMERO DE RAMA</b>	<b>TOTAL FRUTOS</b>	<b>TOTAL FRUTOS BROCADOS</b>	<b>PORCENTAJE DE INCIDENCIA</b>	<b>POSICION DE LA BROCA</b>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				

<b>27</b>				
<b>28</b>				
<b>29</b>				
<b>30</b>				