

ESTUDIO DE LA CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS CONVENCIONALES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris*), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, COLOMBIA





**ESTUDIO DE LA CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS CONVENCIONALES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris*),
EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, COLOMBIA**

LINA MARÍA GÓMEZ BETANCUR

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DOCTORADO EN AGROECOLOGÍA
MEDELLÍN
FEBRERO, 2017**

**ESTUDIO DE LA CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS CONVENCIONALES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris*), EN
EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, COLOMBIA**

LINA MARÍA GÓMEZ BETANCUR

Ingeniera Agrónoma, Magister en Educación, c.Ph.D. Agroecología

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

TUTORA

SARA MARÍA MARQUEZ GIRON PhD. Agroecología

COMITÉ TUTORIAL

CLARA INÉS NICHOLLS ESTRADA Ph. D. Entomología

**GLORIA PATRICIA ZULUAGA SANCHEZ Ph. D. Agroecología,
Sociología y Desarrollo Rural Sostenible**

LUIS L. VÁZQUEZ MORENO Ph. D. en Ciencias

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

GRICA - GISAS

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DOCTORADO EN AGROECOLOGÍA

MEDELLÍN

FEBRERO, 2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS porque me ilumina.

A mi esposo Gillante, a mis hijos, José Miguel, Alejandro y Salome, por su amor y paciencia en este trayecto de mi formación doctoral; ellos han sido fuente de inspiración y motivación en todos los momentos.

A mis padres José Duvan y Amanda, a mis hermanos Isabel Cristina, Martha Inés y Duvan Alberto, por su cariño, apoyo y ánimo para seguir mis estudios.

A la Doctora Sara María, por su fortaleza, compromiso y dedicación

A los agricultores por su solidaridad y camaradería

AGRADECIMIENTOS

Al comité tutorial, encabezado por la Doctora Sara María Marquez Girón, por su apoyo, consejos y acompañamiento, a la Doctora Clara Nicholls, a la Doctora Gloria Zuluaga y al Doctor Luis Vázquez por sus recomendaciones y disponibilidad.

A los productores Adriana López, Beatriz Gallo, David Echavarría, Diana Tobón, Diego López, Don Miguel, Edison Ramírez, Fanny Gutiérrez, Israel Osorio, María Isabel Gómez, Natalia López, Olmo Tamayo, Oscar Urrego, Sebastian Giraldo, Victor Tamayo.

A Elsa María, amiga, colega y compañera, por su apoyo incondicional y fortaleza en momentos de debilidad.

A Luis Fernando Restrepo, mi profesor y amigo, quien me acompañó en el camino estadístico que recorrí durante mis estudios académicos.

Al Grupo GISAS de la Universidad de Antioquia, por su invaluable apoyo durante mi formación.

A los Doctores Miguel Altieri y Victor Toledo por sus conocimientos y directrices.

A la Universidad de Antioquia, la Gobernación de Antioquia y la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología SOCLA, por la financiación para llevar a cabo la investigación.

¡Mi sentimiento de eterna gratitud a todos aquellos que hicieron posible la realización del presente trabajo!

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN GENERAL	15
PALABRAS CLAVES	16
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. HIPÓTESIS	24
3. OBJETIVOS	24
3.1. GENERAL	24
3.2. ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
4.1. SISTEMAS	25
4.2. ENFOQUE DE SISTEMAS	26
4.3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN:	27
4.3.1. Recursos de un agroecosistema:	28
4.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL	29
4.4.1 EL CULTIVO DEL FRÍJOL	29
4.4.2. MORFOLOGÍA:	30
4.4.3. VARIEDADES COMERCIALES FRÍJOL	31
4.5. CARACTERIZACIÓN	32
4.6. TIPIFICACIÓN	33
4.7. SOSTENIBILIDAD	34
4.8. CAMPESINADO	35
4.9. TIPOS DE AGRICULTURA	38
4.10. CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA	39
4.11. DISEÑO DE UN SISTEMA AGROECOLÓGICO	44
4.11.1. MANEJO AGROECOLÓGICO DEL AGROECOSISTEMA	45
4.11.2. LOS POLICULTIVOS EN EL DISEÑO AGROECOLÓGICO DE FINCAS	49
4.11.3. INTERACCIONES ENTRE PLANTAS	51

5. METODOLOGÍA	55
5.1. ZONA DE ESTUDIO.....	58
5.1.1. Municipio de El Carmen de Viboral.....	59
5.1.2. Descripción física:.....	59
5.1.3. PROBLEMÁTICAS ECONÓMICAS Y ECOLÓGICAS DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE EL CARMEN DE VIBORAL.....	62
6. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS L), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO	64
6.1. RESUMEN	64
6.2. PALABRAS CLAVE.....	64
6.3. INTRODUCCIÓN.....	64
6.4. METODOLOGÍA.....	67
6.4.1. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	67
6.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
6.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
6.5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	70
6.5.2. TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL.....	77
7. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL, EN TRANSICIÓN Y AGROECOLÓGICA DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS L), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO	85
7.1. RESUMEN	85
7.2. PALABRAS CLAVE.....	86
7.3. INTRODUCCIÓN.....	86
7.4. METODOLOGÍA.....	91
7.4.1. ETAPA DE PLANIFICACIÓN:.....	91
7.4.2. ETAPA DE EVALUACIÓN:.....	92
7.4.3. ETAPA DE ANÁLISIS Y RETROALIMENTACIÓN:.....	92
7.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	93
8. PROPUESTA DE DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN SISTEMA DE CONVERSIÓN DE FRÍJOL AGROECOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO	121
8.1. RESUMEN	121

8.2. PALABRAS CLAVE.....	122
8.3. INTRODUCCIÓN.....	122
8.4. METODOLOGÍA.....	126
8.4.1. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	126
8.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	127
8.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	129
8.5.1. ETAPA 1: CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	129
8.5.2. ETAPA 2: CICLO DE CAPACITACIONES.....	130
8.5.3. ETAPA 3: EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DEL MANEJO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL INSITU.....	135
8.5.4. ETAPA 4: ENCUENTROS CAMPESINO A CAMPESINO.....	136
8.5.5. ETAPA 5: DISEÑO AGROECOLÓGICO.....	137
8.5.6. ETAPA 6: IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO AGROECOLÓGICO EN CAMPO.....	143
8.5.7. ETAPA 7: SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DE DISEÑO.....	144
9. EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE TRES SISTEMAS TRADICIONALES DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS L), EN EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO.	146
9.1. RESUMEN:.....	146
9.2. PALABRAS CLAVES:.....	147
9.3. INTRODUCCIÓN.....	147
9.4. METODOLOGÍA.....	152
9.4.1. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	154
9.4.2. PROPIEDADES FÍSICAS.....	154
9.4.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	157
9.5. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.....	160
9.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	161
10. LA MILPA COMO ALTERNATIVA DE CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS CONVENCIONALES DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, COLOMBIA	175
10.1. RESUMEN.....	175
10.2. PALABRAS CLAVE:.....	176
MILPA, CONVERSIÓN, AGROECOLOGÍA, POLICULTIVOS, FRÍJOL, MAÍZ, CALABACÍN,.....	176
10.3. INTRODUCCIÓN.....	176
10.4. METODOLOGÍA.....	183

<i>Descripción física:</i>	183
10.4.1. <i>METODOLOGÍA ESTADÍSTICA</i>	192
10.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	194
11. CONCLUSIONES	201
12. RECOMENDACIONES	202
13. BIBLIOGRAFÍA	203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Semillas de frijol y Vaina de frijol abierta con los granos.....	31
Figura 2. Pilares agroecológicos de la conversión	43
Figura 3: Manejo del agroecosistema	45
Figura 4: Factores que contribuyen a que arriben poblaciones de plagas a la finca	47
Figura 5: Principales vías de dispersión de poblaciones de plagas.....	48
Figura 6: Beneficios de los policultivos	50
Figura 7: Interacciones entre plantas	52
Figura 8 : Diagrama de la metodología	55
Figura 9: Enfoque de investigación para la tesis.....	56
Figura 10: Localización del departamento de Antioquia en Colombia	60
Figura 11: Localización de El Carmen de Viboral en Antioquia	60
Figura 12: División política del municipio de El Carmen de Viboral.....	61
Figura 13: Metodología para la caracterización y tipificación de los sistemas productivos de frijol	69
Figura 14: Histogramas asociados a los valores propios.....	72
Figura 15: Plano factorial aspectos socioeconómicos	73
Figura 16: Plano factorial cultivos	74
Figura 17: Plano factorial tenencia de animales	75
Figura 18: Aspectos relacionados con la producción de la finca.	76
Figura 19: Aspectos de uso de elementos	77
Figura 20: Análisis de clúster	79
Figura 21: Finca convencional	80
Figura 22: Finca en transición	82
Figura 23: Finca en conversión	83
Figura 24: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas convencionales	105
Figura 25: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas convencionales.....	106
Figura 26: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas convencionales.....	106
Figura 27 : Gráfica de la dimensión económica de fincas convencionales.....	107
Figura 28: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas en transición.....	109

Figura 29: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas en transición	109
Figura 30: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas en transición	110
Figura 31: Gráfica de la dimensión económica de fincas en transición	111
Figura 32: Gráfica de la dimensión sociocultural de fincas agroecológicas.....	113
Figura 33: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas agroecológicas.....	113
Figura 34: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas agroecológicas	114
Figura 35: Gráfica de la dimensión económica de fincas agroecológicas	115
Figura 36: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas agroecológicas, en transición y convencionales	117
Figura 37: Gráfica de la dimensión tecnológica en fincas agroecológicas, en transición y convencionales	119
Figura 38: Gráfica de la dimensión ambiental en fincas agroecológicas, en transición y convencionales	119
Figura 39: Gráfica de la dimensión económica en fincas agroecológicas, en transición y convencionales	119
Figura 40. Etapas de la conversión agroecológica.....	124
Figura 41: Municipio de El Carmen de Viboral.....	127
Figura 42: Diagrama de la metodología	128
Figura 43: Reunión primera etapa.....	129
Figura 44: Capacitación sobre enfoque de sistemas	131
Figura 45: Presentación del mapa actual de la finca por los campesinos	131
Figura 46: Presentación del mapa soñado de la finca	131
Figura 47: Agricultores presentando el mapa de sueños junto al mapa soñado	132
Figura 48: Productor explicando el manejo de su finca	135
Figura 49: Encuentro de socialización entre campesinos.	136
Figura 50: Muestra de trabajos	136
Figura 51: Productor explicando el manejo del frijol en su finca.....	137
Figura 52: Diseño 1	138
Figura 53: Diseño 2	138
Figura 54: Diseño 3	142
Figura 55: Implementación del Diseño 3.....	143

Figura 56: Prácticas agroecológicas realizadas en la siembra por los productores	144
Figura 57: Grupo de productores de El Carmen de Viboral.	144
Figura 58: Socialización de productores	145
Figura 59: Parcela experimental	158
Figura 60. Dinámica de comportamiento de las variables por tratamiento	169
Figura 61: Comportamiento de la precipitación.....	170
Figura 62. Plano factorial derivado del análisis de componentes principales	172
Figura 63. Distribución espacial de las submuestras sobre los factores.	173
Figura 64: Localización de El Carmen de Viboral en Antioquia	184
Figura 65 : Diseño de monocultivo de frijol.....	185
Figura 66: Diseño de asociación frijol-maíz	186
Figura 67: Diseño agroecológico para la conversión de frijol	190
Figura 68 : Comportamiento de la precipitación durante el ciclo del cultivo en el 2014	197
Figura 69 : Gráfica del coeficiente del uso equivalente de la tierra LER o UET ..	198

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Plaguicidas utilizados en el cultivo de fríjol en el Oriente antioqueño	23
Tabla 2 : Características del modelo campesino y agroindustrial.....	38
Tabla 3: Diferencias entre el enfoque convencional y el enfoque agroecológico..	40
Tabla 4: Objetivos, metodología e instrumentos de medición.	57
Tabla 5: Marco lógico	68
Tabla 6. Porcentaje asociado con la tenencia o no de la tierra	70
Tabla 7: Distribución de las fincas según el análisis de Clúster	80
Tabla 8. Puntos críticos y porcentaje de prioridad para cada dimensión de la evaluación de sostenibilidad de los sistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral	93
Tabla 9: Encuesta de evaluación de sostenibilidad de los sistemas de producción de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral departamento de Antioquia	101
Tabla 10: Evaluación de la sostenibilidad en fincas convencionales	103
Tabla 11: Evaluación de la sostenibilidad en fincas en transición.....	107
Tabla 12: Evaluación de la sostenibilidad en fincas agroecológicas	112
Tabla 13: Comparación de la sostenibilidad entre fincas agroecológicas, en transición y convencionales	115
Tabla 14: Participación en capacitaciones con el grupo de agricultores	130
Tabla 15 : Relación entre prácticas agroecológicas, calidad de cultivo y suelo .	132
Tabla 16: Cultivo principal, cultivos acompañantes y biodiversidad funcional	139
Tabla 17: Prácticas agroecológicas seleccionadas para el diseño de conversión	141
Tabla 18: Propiedades químicas	154
Tabla 19: Clases por tamaño de la estructura.....	154
Tabla 20: Grado de la estructura	155
Tabla 21: Consistencia de los agregados.....	155
Tabla 22: Resistencia del suelo a la penetración	155
Tabla 23: Estado de la materia orgánica superficial.....	156
Tabla 24: Velocidad de infiltración.....	156

Tabla 25: Cobertura del suelo	157
Tabla 26: Presencia de invertebrados	157
Tabla 27: Presencia de lombrices	157
Tabla 28: Actividad microbiana indirecta	158
Tabla 29: Definición de las variables	161
Tabla 30: Propiedades químicas	162
Tabla 31: Análisis descriptivo por tratamiento	165
Tabla 32: Coeficiente de variación por tratamiento	166
Tabla 33: Análisis multivariado de la varianza.....	167
Tabla 34: Comparación canónica	167
Tabla 35: Correlación de las variables por tratamiento	171
Tabla 36: Ejemplos de LER en policultivos	182
Tabla 37: Cultivo principal, cultivos acompañantes y biodiversidad funcional	187
Tabla 38: Prácticas agroecológicas seleccionadas para el diseño de conversión	189
Tabla 39: Variables respuesta utilizadas	192
Tabla 40: Asignación aleatoria de los tratamientos	193
Tabla 41: Análisis descriptivo y comparativo	194
Tabla 42: Análisis de correlación para cada tratamiento	195
Tabla 43: Análisis de componentes principales por tratamiento.....	196
Tabla 44: Milímetros de lluvia durante los meses del año 2014.....	197
Tabla 45: Rendimiento en toneladas por hectárea de cada cultivo.....	198
Tabla 46: Comportamiento del LER en cada uno de los tratamientos evaluados.	198

RESUMEN GENERAL

Antecedentes: Los sistemas de producción de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) de El Carmen de Viboral, en su mayoría convencionales, atraviesan por grandes problemas ecológicos y económicos, como el deterioro del suelo, calidad y disponibilidad del agua, contaminación del aire, afectación de la salud humana, pérdida de biodiversidad, resistencia a plagas y enfermedades, ruptura en el ciclaje de nutrientes, generación de residuos sólidos, modificación en las condiciones del paisaje, altos costos de producción y baja productividad. Los sistemas agroecológicos asemejan su funcionamiento al de un ecosistema natural, recuperando los procesos más afectados por la producción actual de monocultivos. **Objetivo:** Estudiar la conversión agroecológica de sistemas de cultivos convencionales de fríjol (*Phaseolus vulgaris*), de manera participativa, en el municipio de El Carmen de Viboral, (Colombia). **Materiales y métodos:** Se caracterizaron y tipificaron los sistemas de producción de fríjol del municipio, se evaluó la sostenibilidad en cada una de las tipologías encontradas. Se realizó una propuesta de diseño participativa para la conversión agroecológica del cultivo fríjol adecuada a los agricultores y a las características de la región, fundamentada en principios claves de la sostenibilidad, donde se incluyeron las dimensiones social, ambiental, económica y tecnológica, finalmente, se implementó y evaluó la propuesta de diseño para la conversión agroecológica. **Resultados:** Se evidenció el fortalecimiento de las comunidades productoras de fríjol en el municipio de El Carmen del Viboral, debido al carácter participativo de esta investigación por medio del rescate del conocimiento tradicional y de la articulación con asociaciones campesinas que lograron llevar a cabo una producción en armonía con la naturaleza. La caracterización y tipificación, mostraron que el municipio de El Carmen de Viboral, cuenta con 3 tipos de sistemas productivos, convencionales, de transición y agroecológicos, con manejos al interior de los grupos muy similares. La evaluación de la sostenibilidad en cada una de las tipologías, demostró diferencias significativas en cada una de las dimensiones, con resultados de insostenibilidad en los sistemas de producción convencional por

el inadecuado manejo. Se elaboró una propuesta de diseño participativo, con uso de biodiversidad funcional, abonos orgánicos y biopreparados, la cual fue implementada y evaluada, dando como resultado la confirmación de las bondades y servicios ecosistémicos de los policultivos, la labranza mínima y el manejo agroecológico de plagas y enfermedades.

PALABRAS CLAVES

Agroecología, conversión, frijol, policultivos, sostenibilidad, convencional, tradicional, diseño, campesinos.

SUMMARY

Background: Bean production systems (*Phaseolus vulgaris*) from El Carmen de Viboral, most of which are conventional, are suffering from major ecological and economic problems, such as soil deterioration, water quality and availability, air pollution, human health, loss of biodiversity, resistance to pests and diseases, rupture of nutrient cycling, solid waste production, changes in landscape conditions and high production costs and low productivity. Agroecological systems are similar to those of a natural ecosystem, recovering the processes most affected by the current production of monocultures. **Objective:** To study the agroecological conversion of conventional bean (*Phaseolus P. vulgaris*) systems, in a participatory way, in the Municipality of El Carmen de Viboral, (Colombia). **Materials and methods:** The bean production systems of the Municipality were characterized and typified. In addition, sustainability was evaluated in each of the typologies found. A participatory design proposal was developed for the agroecological conversion of the appropriate bean crop to the farmers and the characteristics of the region, based on key principles of sustainability, which included the social, environmental, economic and technological dimensions. Finally, a design proposal was developed and evaluated for agroecological conversion. **Results:** It was possible to confirm the strengthening of the bean producing communities in the Municipality of El Carmen de Viboral, due to the participative nature of this investigation through the rescue of the traditional knowledge and the articulation with peasant associations that were able to carry out a production friendly with nature. The characterization and typification showed that the municipality of El Carmen de Viboral has three types of production systems, conventional, transitional and agroecological, which have a similar management process within each group. The evaluation of sustainability in each of the typologies, showed significant differences in each of the dimensions, with unsustainability results in conventional production systems due to inadequate management. A participatory design proposal was developed, using functional biodiversity, organic and bio-prepared fertilizers, which was implemented and evaluated, resulting in the

confirmation of the benefits and ecosystem services of polycultures, minimum tillage and agroecological management of pests and diseases.

KEYWORDS

Agroecology, conversion, beans, polycultures, sustainability, conventional, traditional, design, farmers.

INTRODUCCIÓN

El fríjol (*Phaseolus vulgaris*), según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se produce en 129 países y su producción mundial creció entre 2003 y 2013, hasta llegar a 22.8 millones de toneladas, producción concentrada con el 64.8% en siete países: Myanmar (16.2 %), India (15.9 %), Brasil (12.7 %), México (5.7 %), Tanzania (4.9 %), Estados Unidos (7.9 %) y China (4.5 %) (FIRA 2015).

El rendimiento de Colombia está en 1.39 toneladas por hectárea. En general el mayor consumo per cápita se da en países con bajo ingreso per cápita; los de mayor consumo son: Nicaragua, Cuba, Brasil, Uganda y Salvador. En Colombia el consumo es de 3.4 kilos por persona (Fenalce 2015)

En Colombia se cultivan dos tipos de frijoles, de acuerdo con los sistemas de producción, los volubles de crecimiento indeterminado o de enredadera, y los arbustivos o de arbolito de crecimiento determinado y durante los últimos 20 años, el área de cultivo de fríjol ha variado entre 164.600 hectáreas (has), con una producción de 132.150 toneladas (ton) y un rendimiento de 803 Kg/ha y 120.000 has, 132.000 ton, con un rendimiento de 1.1 ton /ha en el año 2009. El 93% del área de fríjol está en la zona andina, el resto se siembra en los valles interandinos y la costa atlántica (Fenalce 2015)

Aunque el fríjol, se siembra en muchas regiones del país, la mayor producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca (22%), Tolima (19%), Huila (16%), Antioquia (14%) y Santander (14%). El área promedio de siembra en Colombia para fríjol es de una hectárea, es decir, economía campesina. En Antioquia la mayor producción está en el oriente, con reportes de la oficina Regional de Fenalce en el 2011 de 11053 hectáreas, con un rendimiento de 1,39 toneladas por hectárea, para un total en producción de 15361 toneladas.

A nivel regional los sistemas productivos de fríjol presentan problemas de índole ambiental por el manejo intensivo que se hace de los sistemas productivos, aplicando paquetes de revolución verde, que genera consecuencias como la contaminación y compactación de suelo, donde hay pérdida de fertilidad y erosión conllevando a reducir niveles de sostenibilidad, ineficiente uso de la tierra, poca o nula resiliencia al cambio climático y a crisis en el mecateo de precios en los productos.

La presente investigación se propuso estudiar la conversión agroecológica de los sistemas productivos de fríjol convencional en El Carmen de Viboral, oriente antioqueño, y para alcanzar tal propósito se partió de la caracterización y tipificación de los sistemas agrícolas en el municipio, descrita en el capítulo 6; luego se evaluó la sostenibilidad de las tipologías halladas, con indicadores seleccionados de manera participativa, que va descrito en el capítulo 7; todo lo anterior con el fin de diseñar una propuesta agroecológica participativa cuyos resultados se pueden leer en el capítulo 8 y la implementación del diseño agroecológico en predios del municipio para evaluar su desempeño productivo cuyos resultados se presentan en los capítulos 9 y 10.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de El Carmen de Viboral se encuentra localizado en la cordillera central de los Andes, al oriente del departamento de Antioquia. El municipio posee tres pisos térmicos y su altitud varía entre los 800 y los 3.000 msnm, lo que permite cultivos tales como: fríjol, papa y maíz (Alcaldía del Municipio 2015)

Algunas de las problemáticas que han afectado de forma directa e indirecta la realización de prácticas responsables de cultivos y la sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral son: El conflicto armado, la cerámica carmelitana, los floricultivos, el fraccionamiento de la tierra, el uso de agrotóxicos y la comercialización (Gómez y García 2007).

Según el texto “El Carmen y sus pobladores” (2002), la dinámica social cambió en la segunda mitad del siglo XIX cuando se introdujo un nuevo estilo de vida en la población, enfocado en el oficio de la preparación, el molde y la decoración de piezas de cerámica.

Igualmente durante esta época, se promovió la tecnificación química, las grandes producciones y la comercialización de cultivos como maíz, papa, frijol y hortalizas.

Los monocultivos en El Carmen de Viboral se han configurado como un modelo de producción comercial dominante y constituyen una práctica agrícola que genera desequilibrios ecológicos con consecuencias como la insostenibilidad de los sistemas productivos. Hacia 1960, en el municipio se sembraban muchas variedades de frijol (petaco, cachetón, mocho, de árbol, entre otras), eran semillas tradicionales adaptadas a las condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, pocos años después, llegó la variedad de frijol Cargamanto, de alta productividad y buena aceptación en el mercado, con propiedades mejoradas y certificadas (Colección de estudios de localidades 1992)

Y aunque la propuesta de monocultivo se había institucionalizado entre los productores locales, fue vulnerable a un conjunto de enfermedades y plagas que acabaron sometiendo los cultivos a tratamientos muy agresivos con productos de mayor toxicidad, y la consecuente erosión del suelo, que por malas prácticas en su uso y manejo, vuelve los sistemas insostenibles desde el punto de vista del manejo de los recursos naturales, con graves implicaciones ambientales y de salud para los pobladores de las zonas rurales y de los consumidores de los productos generados en dichos sistemas (Altieri y Nicholls 2012).

El frijol es cultivado, en formas excesivamente agresivas con el medio ambiente, lo que las hace insostenibles. Es notable el alto uso de insumos químicos de síntesis en el cultivo del frijol, alcanzando el 60 % de los costos totales de producción.

El sistema de producción regional de frijol, evidencia serios problemas de productividad y competitividad derivados de a) técnicas altamente contaminantes,

b) material vegetal y semillas en su mayor parte importados, c) capacitación, transferencia de tecnología, asistencia técnica y empresarial insuficientes, d) organización y agremiación de los productores precaria, e) baja generación de valor agregado a los productos, f) sistema de comercialización con un alto número de intermediarios y g) carencia de sistemas de información adecuados (Corpoica, FAO, Gobernación de Antioquia 2007).

Para el manejo de plagas y enfermedades de este cultivo, los agricultores del oriente antioqueño utilizan 18 insecticidas y 11 fungicidas, para 29 productos en total. Entre éstos, cinco son insecticidas de la categoría toxicológica I, con ingredientes activos como el Carbofurán, Metamidofos y Metomil, y cuatro son de la categoría toxicológica II, cuyos principios activos son: Diazinon, Profenofos, Dimetoato y Etoprof (Loaiza 2005).

De igual manera, Loaiza (2005), analizó la problemática del uso de plaguicidas con los productores de la subregión Oriente en contexto y los resultados fueron: Intoxicaciones en humanos y animales, falta de equipos de protección, malos hábitos cuando se aplican los plaguicidas (comen, fuman, beben), mala disposición final de envases, empaques y residuos de plaguicidas, altos costos de producción por el alto uso de insumos (abonos, fertilizantes y plaguicidas), tutorado y mano de obra, alta incidencia de plagas y enfermedades: trips, babosas, chizas, trozadores, pudrición de raíces, hinchazón de raíz, mancha anillada, antracnosis, falta de asistencia técnica y orientación dirigida y práctica, alta contaminación de suelos, aire, agua, biodiversidad. Cabe anotar según el mismo autor, que los productores realizan hasta doce aplicaciones en el ciclo del cultivo.

En la subregión Oriente antioqueño, CORNARE (2002) encontró que 29,5 % de los productores usuarios de plaguicidas entierran los empaques, 30,4 % los queman al aire libre, 9,2 % los dejan en campo abierto y 2,7 % los reciclan. De los productores, 23 % lavan sus equipos directamente sobre las fuentes de agua,

propiciando así contaminación por plaguicidas; 53,4 % lo hacen en pocetas o tanques cuyo destino final pueden ser las fuentes de agua; 54,8 % de los agricultores vierten al suelo los residuos del lavado de los equipos de aspersión, práctica considerada adecuada, más aún si se hace en el cultivo; pero 6,4 % lo hace en las fuentes de agua, práctica considerada inadecuada por la contaminación que ocasionan al agua, si se tiene en cuenta que los plaguicidas, fungicidas y herbicidas utilizados son las categorías toxicológicas I y II (Tabla 1).

Tabla 1: Plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol en el Oriente antioqueño

TIPO DE PLAGUICIDA	CATEGORÍA	INGREDIENTE ACTIVO
Insecticidas	I	Carbofuran, Metamidofos, Metomil
	II	diazinon, profenofos, dimetoato, etoprof
	III	malathion, clorpirifos, lambdacihalotrina, fipronil, tyociclam, cartap, cipermetrina, imidacloprid
	IV	deltametrina
Fungicidas	II	Mancozeb
	III	cymoxamilMancozeb, propineb, benomil, azufre, metalaxilmancozeb, corbendazin, hexaconazol, difenoconazol, fentin hidróxido

Fuente: Loaiza 2005

En síntesis, los sistemas de producción convencional de frijol de El Carmen de Viboral, atraviesan por grandes problemas ecológicos y económicos, como el deterioro del suelo, calidad y disponibilidad del agua, contaminación del aire, afectación de la salud humana, pérdida de la biodiversidad, resistencia de plagas y enfermedades, ruptura en el ciclaje de nutrientes, generación de residuos sólidos, modificación en las condiciones del paisaje, altos costos de producción y baja productividad.

Lo anterior, evidenció que el sistema productivo del cultivo de frijol generaba un desequilibrio a nivel de la sostenibilidad, donde los factores ambientales,

tecnológicos, económicos y sociales estaban afectados de manera negativa por los malos manejos en los sistemas productivos, de tal manera que un estudio de la conversión bajo los principios de la agroecología podría solucionar los bajos niveles de sostenibilidad generados por la agricultura convencional, teniendo en cuenta la dinámica de los indicadores de sostenibilidad del cultivo en el municipio de El Carmen del Viboral, Antioquia.

2. HIPÓTESIS

El estudio de un sistema de cultivo de frijol bajo los principios de la agroecología contribuye a solucionar los bajos niveles de sostenibilidad generados por los sistemas convencionales de producción.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Estudiar la conversión agroecológica de sistemas de cultivo convencionales de frijol (*Phaseolus vulgaris*), de manera participativa, en el municipio de El Carmen de Viboral, (Colombia).

3.2. ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización y la tipificación de los sistemas de producción de frijol en el municipio de El Carmen de Viboral.
- Evaluar la sostenibilidad en sistemas de producción según las tipologías encontradas.
- Elaborar de manera participativa con la comunidad, una propuesta de conversión agroecológica que involucre los saberes tradicionales y experiencias significativas de los productores.

- Evaluar el desempeño productivo de varias alternativas de sistemas de producción de frijol en transición y en conversión agroecológica, en el Municipio de El Carmen de Viboral.

4. MARCO TEÓRICO

La teoría general de sistemas es una herramienta aplicable a la finca, y antes de abordar el tema de conversión agroecológica, cabe recordar algunos rasgos y principios de la teoría sistémica.

4.1. SISTEMAS

Según Spedding, 1979, un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común, que están en la capacidad de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas y tiene límites específicos basados en todos los mecanismos de retroalimentación significativos. Otros autores consideran el sistema como el arreglo de componentes físicos, conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo (Becht 1974, Hart 1985). De igual manera Robbins (1994), define el sistema desde el enfoque de sistemas como un conjunto de partes interrelacionadas e interdependientes, dispuestas de tal manera que producen un todo unificado.

Todo sistema posee unas características básicas que ayudan a la identificación y comprensión del mismo entre las que se encuentran:

4.1.1. La sinergia: Cuando la suma de las partes es diferente al todo (Bertoglio 1989, Marrocco 2011). En general se puede aceptar que las totalidades de sinergia pueden denominarse con el nombre de conglomerados. La diferencia entre un sistema y un conglomerado o colección, radica en que en este último, las relaciones entre las partes constituyentes no afecta la conducta de las partes.

- 4.1.2. La recursividad:** Cuando un sistema está compuesto a su vez por otros sistemas menores a los que se les denomina subsistemas (Malagón y Prager 2001, Marrocco 2011)
- 4.1.3. La jerarquía:** Es el ordenamiento de los sistemas, de acuerdo con los objetivos de estudio, los cuales están compuestos por otros sistemas, interrelacionados. La jerarquía implica la idea de niveles donde los de más abajo están contenidos en los niveles superiores (Velásquez 2000, Malagón y Prager 2001).
- 4.1.4. La homeóstasis:** Es cuando parte de las salidas del sistema vuelven a entrar, con el objeto de mantener ciertas variables dentro de rangos estandares y alcanzar la meta deseada, logrando que el sistema en cuestión se autoregule y se retroalimente (Millan 2000, Velásquez 2000, Malagón y Prager 2001).

4.2. ENFOQUE DE SISTEMAS

El enfoque de sistemas en la agricultura, tiene como objetivo central la realización de un análisis más integral de problemas y causas que los originan, a fin de identificar las posibles soluciones en la práctica de una agricultura que considere adecuadamente el potencial del medio ambiente, así como los recursos del agricultor y sus expectativas (Saravia 1983, Malagón y Prager 2001).

Cualquier nivel jerárquico estudiado, ya sea biológico, físico, socio-político o económico, involucra aspectos sociales, ya que el objetivo último de cualquier sistema, debe estar en función del bienestar del hombre, puesto que su comprensión lleva al cuidado de un bien común, y sus objetivos deben darse con criterios de sostenibilidad, equidad y responsabilidad (Van Dyne y Abramsky 1975, citados por Malagón y Prager 2001).

Abordar interdisciplinariamente los sistemas de producción, desde el enfoque sistémico permite conocer y explicar las producciones agrícolas rurales, permitiendo analizar desde la multidimensionalidad las interrelaciones de lo

agropecuario con sus vínculos en contexto con el entorno (Marshall et al. 1994, Escudero 1998).

4.3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN:

Mazoyer (1987) define el sistema agrario como el modo de explotación del entorno históricamente creado y sostenible, un sistema de fuerzas de producción adaptado a las condiciones bioclimáticas de un espacio determinado y que responde a condiciones sociales y a las necesidades del momento. El sistema agrario agrupa a los sistemas de producción que responden a características similares, iguales necesidades específicas, exigencias del medio y condiciones agroecológicas. Para caracterizar un sistema agrario, se consideran tres elementos que influyen en la organización regional de la actividad agropecuaria:

- a) el ecosistema local propio
- b) las relaciones sociales de producción y de intercambio
- c) las fuerzas productivas.

Los sistemas de producción agropecuarios o agrosistemas, son considerados como el resultado de una forma de organización social de la producción, con un nivel de desarrollo tecnológico determinado, junto a una base natural dada, para obtener productos de interés (Rodríguez et al. 2003). El concepto de agroecosistema ofrece un marco de referencia para analizar sistemas de producción agropecuarios en su totalidad, incluyendo el complejo conjunto de entradas y salidas y las interacciones entre sus partes (Gliessman 2002). Desde un punto de vista agroecológico el estudio de los agroecosistemas se concentra en asuntos puntuales del área de la agricultura, pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales (Hecht 1999). Los agroecosistemas no terminan en los límites del campo de cultivo o de la finca puesto que ellos influyen y son influenciados por factores de tipo cultural, por tanto el enfoque de sistemas no sólo se ve desde la parte biológica, sino también tiene implicaciones económicas. Solamente al desarrollar y manejar sistemas de producción eficientes en todo sentido será posible que los alimentos básicos estén al alcance de toda la población.

En síntesis, un sistema de producción agropecuario consiste en la forma en que el productor organiza la utilización de sus recursos en función de sus objetivos y necesidades, condicionado por factores externos de carácter socioeconómico y ecológico.

Elementos estructurales

a) Medio natural: (suelo, clima, etc.). Son determinados, presentan ciertos cambios y no son estáticos.

b) Medio humano: relaciones estructurales, sociales y económicas.

c) Medio técnico: Tiene en cuenta tipos de sistemas de producción existentes, maquinaria, herramientas, material vegetal y animal que existe en el medio.

(FAO 2005)

4.3.1. Recursos de un agroecosistema:

La agricultura depende de recursos como el sol, viento, aire, agua, suelo, animales, plantas, minerales y combustibles fósiles para su existencia y funcionamiento (de Graaff 1993). Los recursos combinados comúnmente en un agroecosistema son agrupados de la forma siguiente (Malagón y Prager 2001):

4.3.1.1. Recurso humano: Conformado por las personas que habitan y trabajan en una parcela y explotan sus recursos para la producción agrícola basándose en sus incentivos tradicionales o económicos.

4.3.1.2. Recursos de capital: Son los bienes y servicios creados, comprados o prestados por las personas relacionadas con la parcela para facilitar la explotación de los recursos naturales para la producción agrícola.

4.3.1.3. Recursos de producción: Comprenden la producción agrícola y pecuaria de la parcela. Se transforman en recursos de capital si se venden y los residuos (rastreo, estiércol) son insumos nutrientes reinvertidos en el sistema.

4.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL

Defumier (1988) citado por Apollin (1999), define el sistema de producción como el conjunto estructurado de actividades agrícolas pecuarias y no agropecuarias establecido por un productor y su familia para garantizar la reproducción de su explotación, resultado de la combinación de los medios de producción y de la fuerza de trabajo disponible en un entorno socioeconómico y ecológico.

El sistema de producción se define pues a nivel de familia campesina y sería una combinación de varios subsistemas: de cultivo, crianza, transformación y actividades no agrícolas.

4.4.1 EL CULTIVO DEL FRÍJOL

Desde el punto de vista taxonómico, el frijol es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Lineo en 1753. Pertenece a la tribu Phaseolae de la subfamilia papilionoidae dentro del orden Rosales y la familia Leguminosae.

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., y *P. acutifolius* A. (López et al. 1985).

Según estudios hechos en el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (López et al.1985), se considera que los hábitos de crecimiento, pueden ser agrupados en cuatro tipos principales:

1. **Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo:** El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada. La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre al mismo tiempo.
2. **Tipo II: hábito de crecimiento indeterminado arbustivo:** Tallo erecto sin aptitud para trepar, termina en una guía corta. Estas plantas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.
3. **Tipo III: hábito de crecimiento indeterminado postrado:** Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa.
4. **Tipo IV: hábito de crecimiento indeterminado trepador:** A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo

que se traduce en su habilidad trepadora. La etapa de floración es más larga que la de los otros hábitos, presentando, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración.

4.4.2. MORFOLOGÍA:

La raíz: En la primera etapa de desarrollo, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo (Arias et al. 2007).

El tallo: Es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, tiene fuerte dominancia apical.

Las Hojas: Son de dos tipos, simples y compuestas, y están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples, aparecen en el segundo nudo del tallo. Las hojas compuestas trifoliadas son las hojas típicas del fríjol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis (Arias et al. 2007).

La Inflorescencia: Puede ser terminal o axilar; en ellas se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales.

La Flor: Es una típica flor papilionácea. El botón floral, está envuelto por las bracteolas que tienen forma ovalada o redonda. La morfología floral del fríjol favorece el mecanismo de autopolinización, cuando se produce el derrame del polen (antesis), éste cae directamente sobre el estigma (Arias et al. 2007).

El Fruto: Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad (Arias et al. 2007).



Figura 1: Semillas de fríjol y Vaina de fríjol abierta con los granos.

La Semilla: La semilla posee reservas nutritivas concentradas en los cotiledones. Puede tener varias formas: ovalada, redonda, cilíndrica, arriñonada (Figura 1). Internamente, la semilla está constituida por el embrión y la radícula; tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales de fríjol (Arias et al. 2007).

4.4.3. VARIEDADES COMERCIALES FRÍJOL

Dentro de las variedades de fríjol que se destacan en las regiones colombianas están las de origen criollo, como el Cargamanto en Antioquia, el bola roja en el altiplano cundiboyacense, o el mortiño en Nariño. El fríjol de la clase Calima, también perteneciente a la familia criolla, es más versátil y se cultiva en varias regiones. El fríjol Cargamanto, de gran difusión del país, se siembra en las regiones antes mencionadas en alturas desde 1.800 hasta 2.500 msnm.

La investigación en el desarrollo de semillas más resistentes y productivas ha dado frutos en lo que respecta al fríjol. Variedades como el Diacol nima, Diacol

catío, Diacol calima, que se siembran en condiciones de clima medio a cálido (800 y 1.800 m.s.n.m) han ganado espacios dentro del consumo nacional. Su principal ventaja es el precio, ya que es inferior al Cargamanto sin tener menor calidad; esto ha abierto puertas, principalmente al Diacol Calima, dentro de los mercados fríjoleros del país (Voyest 2000).

En el clima frío moderado predomina la siembra de variedades regionales de fríjol voluble tipo cargamanto blanco, que es sembrado por el 75% de los agricultores del oriente antioqueño y por el 80% de los agricultores de Urrao (suroeste). En cuanto a variedades mejoradas, se tienen el ICA Viboral y el corpoica 106, ambas tipo cargamanto, que son sembradas por el 5% de los agricultores del oriente y por el 3,3% de los productores del municipio de Urrao (Quirós et al. 2003). Los agricultores tienen preferencia por las variedades regionales tipo cargamanto por varias razones, entre las que se destacan su adaptación a las condiciones de producción y la preferencia en los mercados por este tipo de fríjol, que tiene precios más altos en comparación con los otros que se ofrecen. Una de las razones del bajo uso de las variedades mejoradas es la poca oferta de semilla (Arias 2001).

4.5. CARACTERIZACIÓN

Todo proceso de investigación, transferencia y aplicación de nuevas tecnologías, debe ser desarrollado con base en el conocimiento de las circunstancias del productor rural, sus limitaciones y posibilidades (Coronel y Ortuño 2005). El conocimiento y la información sobre las técnicas de producción agrícola y pecuaria definen el conjunto de alternativas tecnológicas aplicables, es decir, la combinación de insumos y las formas de usarlos en un entorno y una actividad específicos determinando las actividades productivas viables desde la perspectiva ecológica y económica (García y Calle 1998).

Este tipo de caracterización de situaciones productivas, más la planificación racional de las labores de investigación y extensión, inicialmente determina grandes zonas agroecológicas y posteriormente se definen zonas homogéneas o

dominios de recomendación (Berdegué y Larrain 1988), además que tipifica los productores y describe los sistemas productivos con el objetivo de conocer en detalle la dinámica local, microregional y departamental, identificando los patrones productivos y los factores limitantes (García y Calle 1998). En este sentido, es necesario seleccionar métodos apropiados para lograr una mejor clasificación de los productores (Coronel y Ortuño 2005).

En términos prácticos, la información generada constituye el fundamento para formular y gestionar políticas agropecuarias, que operen mediante la ejecución de planes y programas de investigación y transferencia que validen tecnologías adecuadas y sostenibles para cada región (García y Calle 1998). Permitiendo con la caracterización, identificar y describir las características principales y las interrelaciones del sistema finca y el productor; en tanto que la tipificación refiere el establecimiento y construcción de grupos posibles, basados en las características observadas, considerando diversos aspectos en que se desarrollan los sistemas de producción y sus reacciones frente a los cambios del entorno (Cabrera et al. 2004).

4.6. TIPIFICACIÓN

Con base a una tipificación se pueden establecer grupos con similitudes según características sociales, ecológicas, económicas y tecnológicas que constituyen ser analizados e intervenidos bajo diferentes enfoques (Carvajal et al. 2014).

Defumier (1990), indica que es un error considerar al campesinado como un conjunto homogéneo al que se pueden proponer «paquetes tecnológicos» uniformes. La realidad, es con frecuencia mucho más heterogénea de lo que esto supone; por tanto, es conveniente buscar y concebir soluciones apropiadas a las condiciones de cada una de las categorías de productores.

Un trabajo de tipificación y clasificación de sistemas de finca, ordena la diversidad y facilita la visualización, análisis y comprensión de la agricultura campesina existente en una zona determinada pues cada tipología, es una forma de conceptualizar dicha realidad, la cual ofrece varios resultados: la organización

conceptual de la diversidad existente en la agricultura campesina; la determinación de dominios de recomendaciones; un listado de unidades de producción representativas y las poblaciones de las que es posible hacer inferencias de resultados (Berdegue 1991).

Así la planificación de acciones de investigación requiere distinguir los diferentes grupos o tipos que coexisten en la población estudiada, considerando los diversos aspectos en que se desarrollan los sistemas de producción y sus reacciones frente a los cambios del entorno (Cabrera et al. 2004).

4.7. SOSTENIBILIDAD

Gliessman (2002), indica la base ecológico-productiva del término sostenibilidad, entendida como “rendimiento sostenido”, o la capacidad de cosechar de manera permanente la misma biomasa, a partir de un sistema que puede renovarse a sí mismo o que su renovación no está en riesgo. Pero esta sostenibilidad no puede ocurrir sin la confluencia de las dimensiones social y económica, que también influyen en los agroecosistemas.

Para Astier et al. (2008) y Sarandón y Flores (2014), la sostenibilidad es un concepto complejo y multidimensional que implica entender la interrelación entre aspectos ambientales, económicos y sociales, por lo que no tiene sentido hablar de sostenibilidad “ambiental” o “económica” por separado. Es también un concepto dinámico que requiere articular diversas escalas temporales, espaciales e institucionales. No se refiere a un estado ideal predefinido, sino a un devenir continuo, en el que son importantes el camino y el punto de llegada, por tanto, la sostenibilidad no se lograría de manera indefinida, pues al igual que el equilibrio son dinámicos, lo cual es inherente al concepto de sostenibilidad.

En otras palabras, la sostenibilidad económica ha de converger con una sostenibilidad ecológica, teniendo en cuenta tres principios básicos y generales (Jiménez 2000, citado por Toro 2007):

- Conservación de la naturaleza, como condición previa para un mejor uso de los recursos naturales y de los ecosistemas, manteniendo sus procesos vitales, su diversidad, su fertilidad y su productividad.

- Capacidad de carga, como propiedad de los ecosistemas que marcaría el límite cuantitativo de éstos para soportar una determinada presión humana (uso de recursos y generación de contaminación), donde influyen factores como la cantidad y densidad de población, el nivel de vida y la tecnología.
- Resiliencia, como capacidad de los sistemas naturales para soportar y recuperarse de determinados impactos, cambios bruscos y esfuerzo.

4.8. CAMPESINADO

Chayanov (1966, citado por Toledo 1999) señaló que la economía campesina hace parte de la economía familiar y demostró que la organización de la unidad económica campesina constituye una unidad de producción, consumo, transformación social y económica ocurriendo al interior del grupo familiar con un objetivo primordial, la satisfacción de sus necesidades de consumo y no el lucro.

Chayanov (1974, citado por Toledo 1999) igualmente operativizó el concepto de campesinidad o grado de campesinización mediante los siguientes criterios:

- a) Energía utilizada
- b) Escala o tamaño del ámbito espacial y productivo de su manejo
- c) Autosuficiencia
- d) Naturaleza de la fuerza de trabajo
- e) Diversidad
- f) Productividad ecológica y energética y del trabajo
- g) Producción de desechos o capacidad de reacomodo y reciclaje de los residuos
- h) Naturaleza del conocimiento
- i) Cosmovisión.

La economía campesina es un subconjunto de la agricultura familiar y su particularidad radica en que la tierra es, además de un activo productivo, un patrimonio familiar. La lógica del campesino está centrada en la obtención de una remuneración por su trabajo que les proporcione los medios de vida necesarios o parte de ellos (Shanín 1972, Forero et al. 2013,).

La economía campesina debería ser evaluada por tanto, no por su función económica lucrativa y de acumulación, sino por su función económica de generación de empleo y de producción agropecuaria o de alimentos y otros bienes primarios, por su función ambiental de mantenimiento de la base de recursos naturales y servicios ecosistémicos, y por su función social de mantenimiento del tejido social y de la cultura rural (Chaparro 2014).

Justamente y en acuerdo con Morales (2004) y Toledo (2005) el desarrollo rural no está concebido en realidad para mejorar las condiciones de vida de los pobladores rurales, sino para completar la neocolonización de todos los territorios con la ciencia, la tecnología y el mercado hegemónicos, en otras palabras, con el desarrollo, política a todas luces incompatible con la sostenibilidad.

La discusión sobre los contenidos de la campesinidad, o más directamente, la definición de campesino, es un debate ya histórico. Antes de describir las aportaciones que desde nuestro punto de vista constituyen los más importantes y representativos acercamientos a la naturaleza de lo campesino, señalamos algunos aspectos que centrarán esta descripción.

Según plantean Moyano y Sevilla (1978) no es posible hallar una definición adecuada de campesinado, pues esta se va construyendo históricamente, es decir, cada momento histórico daría sentido a la manifestación filosófica del ser campesino, y se basa en las características de su economía y de sus formas de producción agropecuaria, que se van modificando de acuerdo a las presiones externas hacia la modernización o a la integración al sistema económico dominante, o factores intrínsecos inherentes a la dinámica campesina.

El campesinado puede definirse como un modo de vida, es decir, un complejo interactivo entre naturaleza, trabajo y sociedad, como grupo social, caracterizado por su modo de vida rural, organizado familiar y comunalmente, estratificado internamente pero subordinado en su conjunto a poderes externos al grupo y a las fuerzas del mercado, y que obtiene sus medios de subsistencia de la producción

agropecuaria y de otras actividades desempeñadas por la unidad familiar de rentas mixtas, a partir de una estrategia multiuso en su relación con el ecosistema, que tiene como correlato la pluriactividad en su relación con el medio económico. Y, la economía campesina sería aquella forma de producción basada fundamentalmente en la mano de obra familiar, organizada en pequeñas explotaciones agropecuarias de tecnología intensiva en trabajo, que usan medios de producción naturales y que precisan en diversos grados del recurso a los bienes comunales, a las actividades complementarias y al mercado para asegurar su reproducción económica (Domínguez 1993).

En el contexto de la racionalidad económica con predominio de los valores de uso, el campesino está obligado a adoptar estrategias que maximicen la variedad de productos producidos, manipulando el paisaje natural buscando la diversidad biológica; el campesino intenta evitar la especialización de sus actividades productivas, contradictoriamente con las tendencias predominantes de los proyectos de modernización rural, lo que explica que el campesino no solamente es agricultor (Cárdenas 2002).

Estas definiciones, junto con la de la agroecología, nos van acercando a un contexto en el que se observa ya la inclusión de la variable ambiental y el manejo de los recursos naturales como una parte componente tanto de la definición del ser campesino, en su sentido ontológico, como de la economía campesina en su variante productiva (Palermo 1980, Altieri y González 1991). Han sido varios los autores que han insistido en el carácter energéticamente eficiente, ecológicamente conservacionista y alimentariamente suficiente de tal forma de explotación.

La sostenibilidad de la agricultura campesina depende de relaciones sociales distintivas y de los procesos ecológicos, y estas relaciones y procesos difieren marcadamente de los asociados con la producción capitalista (Tabla 2). La economía campesina es una economía solidaria, que pretende incorporar a la gestión de la actividad económica, los valores universales que deben regir la

sociedad y las relaciones entre toda la ciudadanía, como son la equidad, justicia, fraternidad económica, solidaridad social y democracia directa. Necesitamos recurrir a la sociología si queremos comprender adecuadamente las relaciones sociales que sostienen las buenas prácticas agrícolas y los movimientos sociales agrarios que han surgido en defensa del modo de vida campesino (Sevilla y Woodgate 2013).

Tabla 2 : Características del modelo campesino y agroindustrial.

PARÁMETRO	MODO CAMPESINO	MODO AGROINDUSTRIAL
Energía	Se basa en el uso predominante de la energía solar	Tiende a maximizar el uso de energía fósil
Escala	El rasgo propio es la pequeña escala	Requiere y supone de predios mayores
Autosuficiencia	Alto grado	Baja, todo lo que se produce va al mercado
Fuerza de trabajo	Basado en el trabajo de la familia o la comunidad a la que pertenecen	Basado en la contratación de mano de obra
Diversidad	Sistema diverso de uso múltiple	Sistema especializado
Conocimientos	Derivados de la práctica cotidiana y las memorias de los productores	Compuestos de información originada en centros de investigación
Cosmovisión	Visión no materialista de la naturaleza	Visión productivista

Fuente: Toledo et al. 2002

4.9. TIPOS DE AGRICULTURA

Dos modos radicalmente diferentes de concebir, manejar y utilizar la naturaleza, son el modo agrario tradicional y el modo agroindustrial, que conforman dos racionalidades productivas y ecológicas distintas de manejo, apropiación y producción del ecosistema. Se trata de dos modos no sólo con diferentes rasgos, sino con distintos orígenes históricos: el modo agrario tradicional encuentra sus raíces en los orígenes mismos de la especie humana y en el proceso de coevolución que tuvo lugar entre la sociedad humana y la naturaleza, y el agroindustrial, que es una propuesta urbano-industrial, diseñada para generar

alimentos, materias primas y energías requeridas para los enclaves no rurales del planeta, surgida con la revolución verde.

El factor clave que dio lugar a la transformación de lo tradicional a lo agroindustrial, fue un cambio nuevo de uso en las fuentes de energía (carbón, petróleo, gas), que potenció la capacidad del productor para extraer un flujo mayor de bienes de la naturaleza, logrando un incremento en la productividad del trabajo, modificando la escala de la producción, especializando a los productores, lo que aumentó su dependencia de los insumos externos y consolidó la industria.

Sin embargo, para avanzar en un proceso de transición hacia sistemas agroecológicos de producción en el contexto actual, es importante reconocer que no alcanzan sólo un conjunto de tecnologías apropiadas, sino que se requieren, por un lado, conocer los argumentos y las variables que influyen en la toma de decisiones de los productores, las estrategias colectivas de organización que fortalezcan las decisiones que se vayan tomando y el poder de negociación con otros actores, y por el otro, políticas públicas y redes institucionales que estimulen y generen una estructura de sostén para la perdurabilidad y sustentabilidad de dichas experiencias. Esto variará según el contexto histórico y político (Boy 2005).

4.10. CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA

La conversión trata de lograr un equilibrio en el manejo del agroecosistema que permita minimizar los problemas que presenta la agricultura convencional, a partir del diseño de agriculturas biodiversas, sostenibles, resilientes y eficientes (Tabla 3). Para lograrlo, se requiere romper con el hábito de la dependencia de insumos a la hora de hallar una solución a los problemas, como por ejemplo insecticidas sintéticos para el control de plagas, para pasar a mirar el sistema y encontrar las estrategias que recuperen los mecanismos de regulación biótica, como estimular la presencia de enemigos naturales a partir del manejo de la agrobiodiversidad; lo que significa que más que resolver las consecuencias negativas de determinada práctica, se pretende prevenirlas minimizando los riesgos (Cap et al. 2012).

Tabla 3: Diferencias entre el enfoque convencional y el enfoque agroecológico

ENFOQUE CONVENCIONAL	ENFOQUE AGROECOLÓGICO
Maximiza la renta y la ganancia	Optimiza la productividad del sistema
Predomina una mirada reduccionista	Predomina una mirada sistémica y holística
Predomina la uniformidad de los sistemas productivos	Promueve la biodiversidad cultivada y asociada; pone en valor la heterogeneidad en los sistemas productivos
Posee una alta dependencia de insumos externos	Estimula el aprovechamiento de los recursos locales y minimiza la dependencia de insumos externos al sistema.
Mayor énfasis en la “calidad formal” de los productos, realzando propiedades externas (brillo, color, homogeneidad de tamaño, ausencia de manchas)	Prioriza alimentos sanos y la “calidad real” de los alimentos vinculada al contenido de vitaminas, oligoelementos etc, y la ausencia de residuos de agrotóxicos
Predomina una visión corto plazista	Visión de sostenibilidad
Se basa en recetas generales y universales	Se basa en la comprensión de las particularidades locales y la elección de estrategias de manejo apropiadas a esa condición local.

Fuente: CAP et al. 2012

Es posible afirmar que los sistemas con alto nivel de artificialización son, por principio:

1. Ineficientes, porque están diseñados para utilizar una gran cantidad de insumos materiales y energéticos costosos.
2. Dependientes, debido a que estos recursos en su mayoría provienen de una fuente que los suministra a merced de las fluctuaciones en los mercados.
3. Frágiles, porque al escasear o faltar tales recursos el sistema colapsa.
4. Poco resilientes y altamente riesgosos, pues no tienen la capacidad de recuperarse en un breve lapso al impacto de agentes externos. En los sistemas agropecuarios de monocultivo y dependientes de recursos externos, los subsidios absorben los costos asociados a la simplificación de la agrobiodiversidad y raramente consideran aquellos relativos a las

externalidades que producen (deforestación, contaminación, degradación, daños a la salud) (Funes 2009).

Altieri y Nicholls (2009) afirman que en muchas áreas del mundo los campesinos han desarrollado sistemas agrícolas adaptados a las condiciones locales que les permiten una producción continua necesaria para subsistir, a pesar de cultivar en ambientes marginales de tierra, con variabilidad climática no predecible y un uso muy bajo de insumos externos. Parte de este desempeño está relacionado con el alto nivel de agrobiodiversidad que caracteriza a los agroecosistemas tradicionales, lo cual tiene efectos positivos en su funcionamiento.

De igual manera, Reid y Swiderska (2008), señalan: los ecosistemas que poseen una «diversidad funcional» rica, es decir, especies que llenan un amplio espectro de funciones ecológicas, son más estables y se adaptan mejor al cambio climático que los sistemas empobrecidos. Agregan que la biodiversidad y los servicios de ecosistemas son los cimientos sobre los cuales se construyen muchas estrategias de adaptación, que también pueden ser útiles al pensar en la mitigación del cambio climático.

Estos procesos son cruciales, pues condicionan la sostenibilidad de los agroecosistemas. La mayoría de estos procesos se optimizan mediante interacciones que emergen de combinaciones específicas espaciales y temporales de cultivos, animales y árboles, complementados por manejos orgánicos del suelo (Altieri y Nicholls 2007b). Es por esto que las estrategias de diversificación agroecológica desempeñan papeles importantes, ya que tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas. Sin embargo, es de anotar que las tecnologías promovidas son multifuncionales en tanto su adopción implique, cambios favorables simultáneos en varios componentes y procesos agroecológicos. Algunos cultivos de cobertura funcionan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves de diferentes cultivos, ya que incrementan la entomofauna benéfica, activan la

biología del suelo, mejoran el nivel de materia orgánica y con eso la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo, más allá de reducir la susceptibilidad a la erosión (Altieri 1995).

Cuando se inicia con un proceso de conversión de sistemas convencionales, caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos, a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo se le considera un proceso transicional y llega a componerse de tres fases (Gliessman 1998):

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, malezas, 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.

Paralelamente a lo largo de las tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos (Altieri 1991):

- 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.

En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales tal como se muestra en la Figura 2.

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

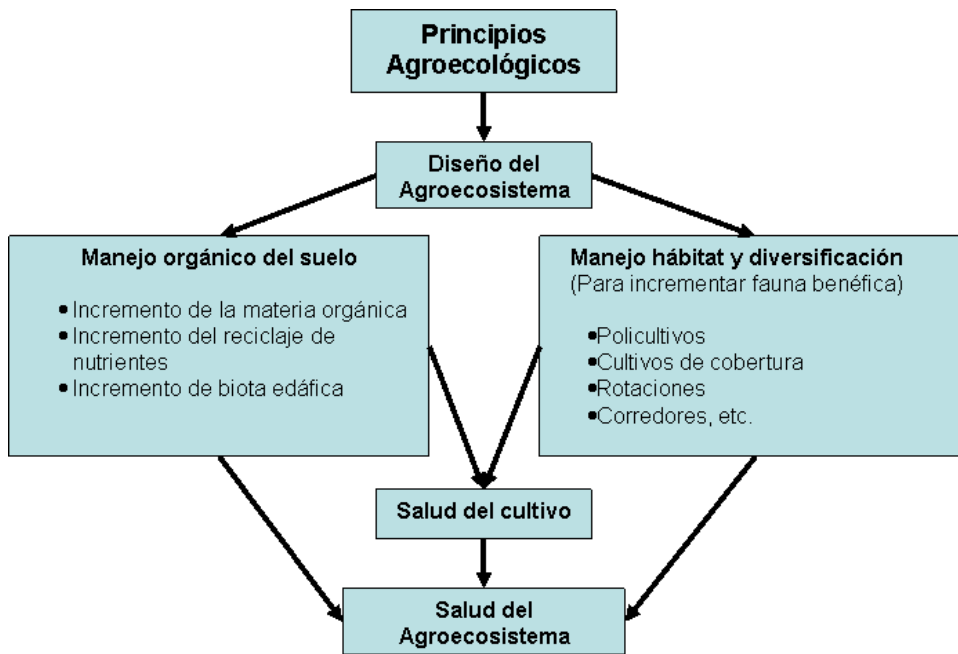


Figura 2. Pilares agroecológicos de la conversión

Fuente: Altieri y Nicholls 2007a

Todo lo anterior, conduce al diseño agroecológico de la finca, donde se intenta transformar la estructura y función del agroecosistema al promover diseños diversificados que optimizan los procesos claves. La promoción de la biodiversidad en agroecosistemas es la estrategia clave en el rediseño predial, ya que la investigación ha 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 (Power, 1999).

4.11. DISEÑO DE UN SISTEMA AGROECOLÓGICO

El objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal, que permita aumentar la eficiencia biológica general y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema, con la consecuente regulación de insectos plagas y proliferación de enemigos naturales, basado en principios agroecológicos que pueden ser aplicados a través de varias técnicas y estrategias.

Autores como Altieri y Nicholls (2007a) sostienen que la mayoría de las prácticas que promueven los entusiastas de la agricultura sostenible, se quedan en las primeras fases, y aunque se cumple con el objetivo de reducir el uso de insumos agroquímicos externos, porque tienen un menor impacto ambiental, estos manejos dejan intacta la estructura del monocultivo y no conducen a que los agricultores realicen un rediseño productivo de sus sistemas en la mayoría de los casos el MIP se traduce en “manejo inteligente de plaguicidas” y la sustitución de insumos, sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional en la que el objetivo es superar el factor limitante, aunque esta vez se realiza con insumos alternativos y no agroquímicos. Este tipo de manejo ignora el hecho de que el factor limitante (una plaga, una deficiencia nutricional, etc.) no es más que un síntoma de que un proceso ecológico no funciona correctamente, y que la adición de lo que falta, hace poco por optimizar el proceso irregular. Es claro que la sustitución de insumos ha perdido su potencial agroecológico, pues no va a la raíz del problema sino al síntoma.

Es importante entender que comúnmente denominamos como plagas, enfermedades y malezas a organismos que se han convertido en factores limitantes de la producción agropecuaria, al ocasionar daños a las plantas cultivadas y los animales de crianza, y se ven reflejados en costos por prácticas de control y manejo, disminución de rendimientos, mala calidad de los productos y

restricciones de mercados (Vázquez 2011b). Por tanto dichos conceptos son de índole económica y social, que evidencian como sus poblaciones se han incrementado a consecuencia de ineficientes e insostenibles prácticas agrícolas. Por lo anterior es evidente la necesidad de conocer el ciclo de vida de las plagas o la plaga principal del cultivo en investigación, como es el caso de la Mosca Blanca en fríjol.

4.11.1. MANEJO AGROECOLÓGICO DEL AGROECOSISTEMA

Teniendo en cuenta la Figura 3 es posible afirmar que el manejo agroecológico de plagas, se sustenta en la finca como sistema de producción y con los principios de la agroecología como ciencia de la complejidad, que ofrece las bases y procesos adecuados para transformar los sistemas agrícolas (Altieri y Nicholls 2007b).

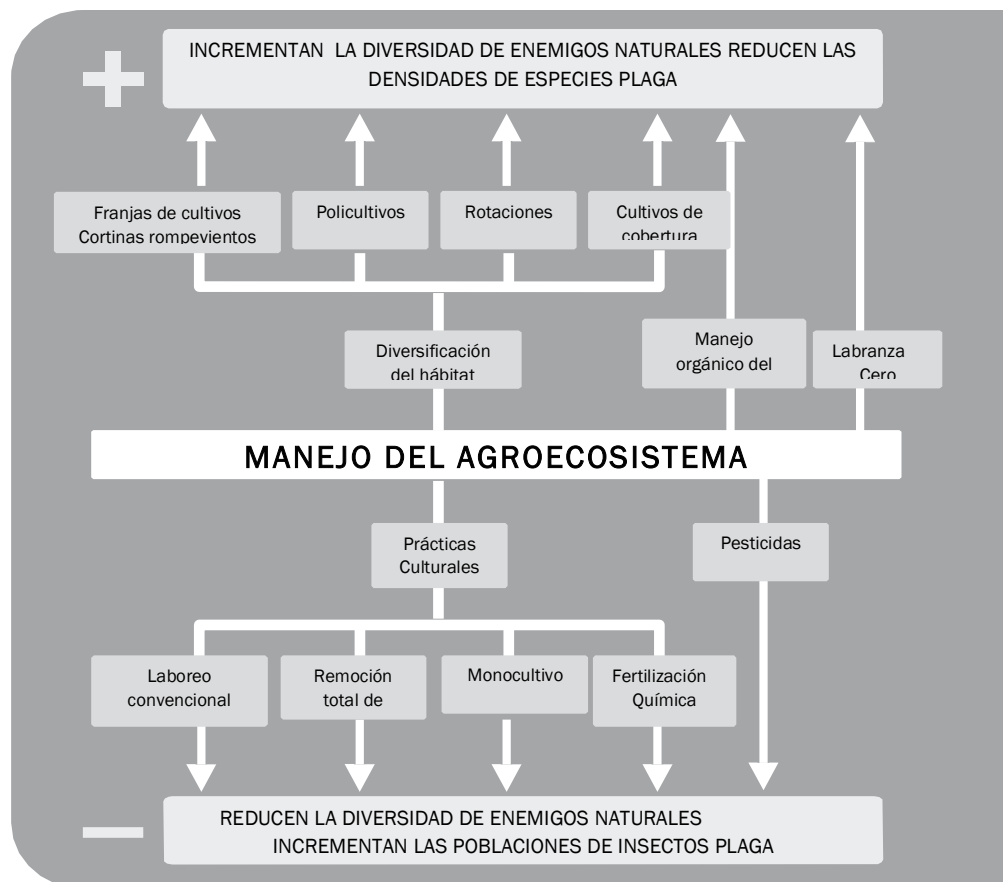


Figura 3: Manejo del agroecosistema

Fuente: Altieri y Nicholls 2007b

En el marco de este contexto, el manejo agroecológico de plagas debe estar dirigido a indagar las causas que están generando ese desequilibrio presente en el sistema (clima, suelo o por la tecnología de cultivo, entre otros factores que contribuyen a que se encuentre estresada o enferma) y no en “apagar incendios” atacando las plagas directamente, ya que la producción agropecuaria depende del entorno-región en el que se encuentre y del rol que juegan los agricultores, que debería ser de adopción con tecnologías adecuadas para las características de sus agroecosistemas y sustentables (Vázquez 2011a).

Dichos desequilibrios han emergido por la implementación de paquetes tecnológicos de revolución verde, cargados de la intensificación en monocultivos y el uso indiscriminado de plaguicidas que de manera irresponsable se aplican a las plantas y el suelo. Cuando se siembra un cultivo, una parte de los organismos nocivos se encuentran en el suelo o en plantas que son hospedantes secundarios, esperando para atacar; otros, están en fincas cercanas y son atraídos por el olor o el color del cultivo, ayudados por las corrientes de aire (Vázquez 2011b). También algunas de las plagas las introduce el mismo agricultor, (Figuras 4 y 5) a través del material de siembra, la materia orgánica y los medios de transporte.

Debido entonces a las múltiples formas como arriban y se dispersan las plagas en la finca, es que la diversificación en los sistemas productivos requiere de una transformación pasando de simples a complejos, donde docentes, científicos, agricultores y técnicos direccionen esfuerzos en un mismo sentido, es decir, que se deje de lado la especialización de los agroecosistemas para dar entrada a la concientización holística de nuevos sistemas productivos que involucran los principios agroecológicos (Vázquez 2011a).

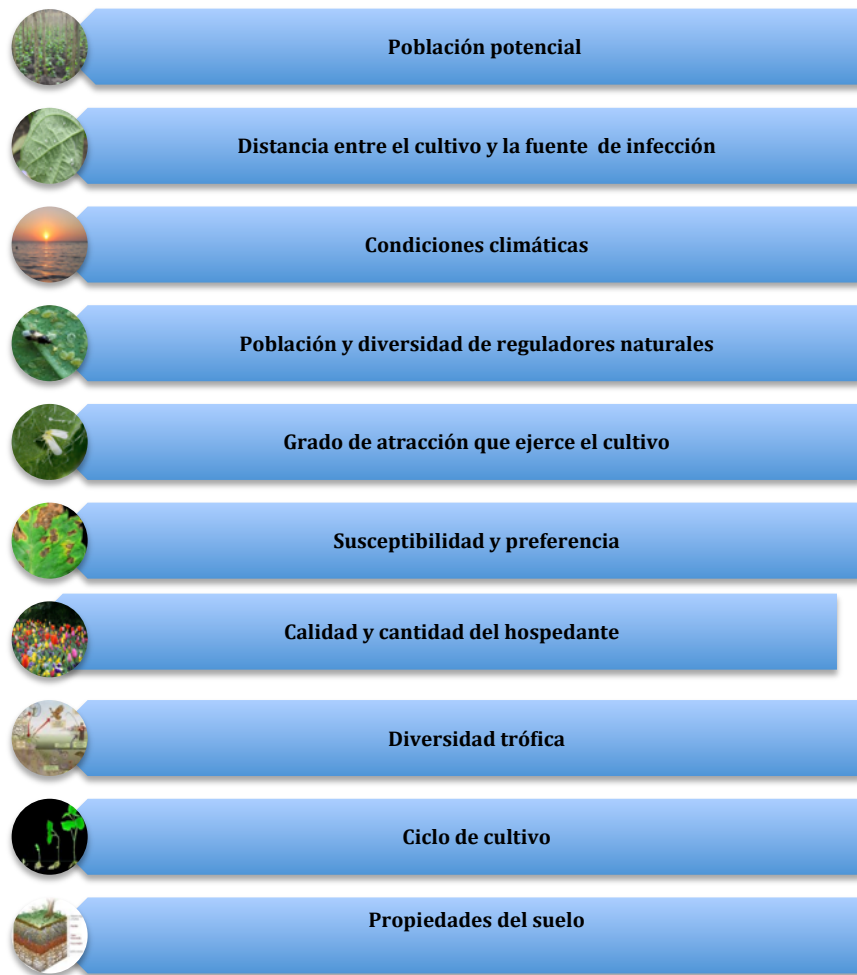


Figura 4: Factores que contribuyen a que arriben poblaciones de plagas a la finca
Fuente: Tomado y adaptado de Vázquez 2011a

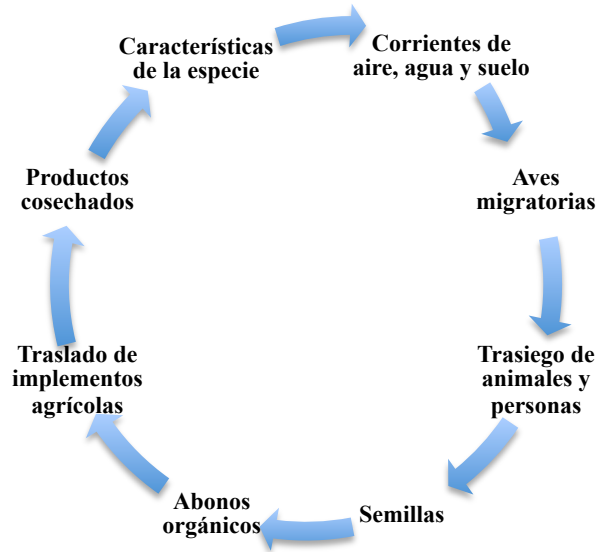


Figura 5: Principales vías de dispersión de poblaciones de plagas

Basados en los principios de la agroecología como ciencia, los agroecosistemas obtienen el equilibrio y la sostenibilidad, dependiendo de las relaciones entre la Biocenosis y el Biotopo, evidentes en la interacción cultivo – suelo, donde los diferentes tipos de biodiversidad, generan sinergismos que contribuyen en los procesos de los agroecosistemas y favorecen los servicios ecológicos como la microbiología del suelo, el ciclaje de nutrientes y el aumento de insectos benéficos (Altieri 1995; Gliessman 2002). Principios que manejados de forma correcta a nivel espacial y temporal en cultivos, arboles, animales y suelo permiten producciones sostenibles, utilizando recursos de la finca y reciclando nutrientes y materia orgánica, para fomentar las relaciones tróficas y por ende el control biológico (Altieri y Nicholls 2003).

Etapas del manejo agroecológico de plagas

1. Identificar adecuadamente el problema
2. Monitorear la plaga, conocer su ciclo vital y la de sus enemigos naturales.
3. Determinar umbrales de daño económico
4. Tomar decisiones de manejo de acuerdo a la información obtenida,
5. Elección de una combinación apropiada de técnicas de manejo haciendo uso de control natural, cultural y biológico en conjunto.

6. Evaluar las decisiones a nivel de pequeños, medianos y grandes agricultores.
7. Transferir los resultados a nivel de los agricultores y asesores técnicos.

Para el manejo agroecológico del cultivo de frijol, constituye una estrategia importante, tener en cuenta la problemática de la relación mosca blanca con el geminivirus y de esta forma son claves la etapa de semillero y un período crítico, posterior al trasplante, en que la planta es más sensible a la enfermedad (Vázquez et al. 1996).

De ahí que los efectos de las prácticas agronómicas realizadas por los agricultores, contribuyen a disminuir el problema y no a eliminarlo (Salguero 1993). Lo importante es que el productor entienda que en el periodo crítico la vigilancia es requerida de manera frecuente y profunda. Por tanto, es importante considerar el tiempo que transcurre entre la cosecha y la siembra del siguiente cultivo, los focos de infestación, así como las fechas de las nuevas siembras en la zona, entre otros factores socio-económicos.

De esta manera, la integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica, a lo que agregaría con un orden y estructuración en el tiempo y el espacio según el sistema regional y el sistema finca (Altieri y Nicholls 1999).

4.11.2. LOS POLICULTIVOS EN EL DISEÑO AGROECOLÓGICO DE FINCAS

Los policultivos son una evidencia de la gran diversidad en cosechas y prácticas de manejo que usan los agricultores en todo el mundo para suplir las necesidades de comida, vestido, combustible, medicamentos, materiales de construcción, forraje y dinero (Figura 6). Estos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de doce o más siembras entremezcladas. Los componentes de un

policultivo pueden sembrarse en la misma fecha o en otra diferente; la cosecha de los distintos cultivos puede ser simultánea o a intervalos. En Latinoamérica, más del 40% de la yuca, 60% del maíz y 80% de los frijoles se cultivan combinados entre sí o con otros cultivos (Francis et al. 1976, Leihner 1983).

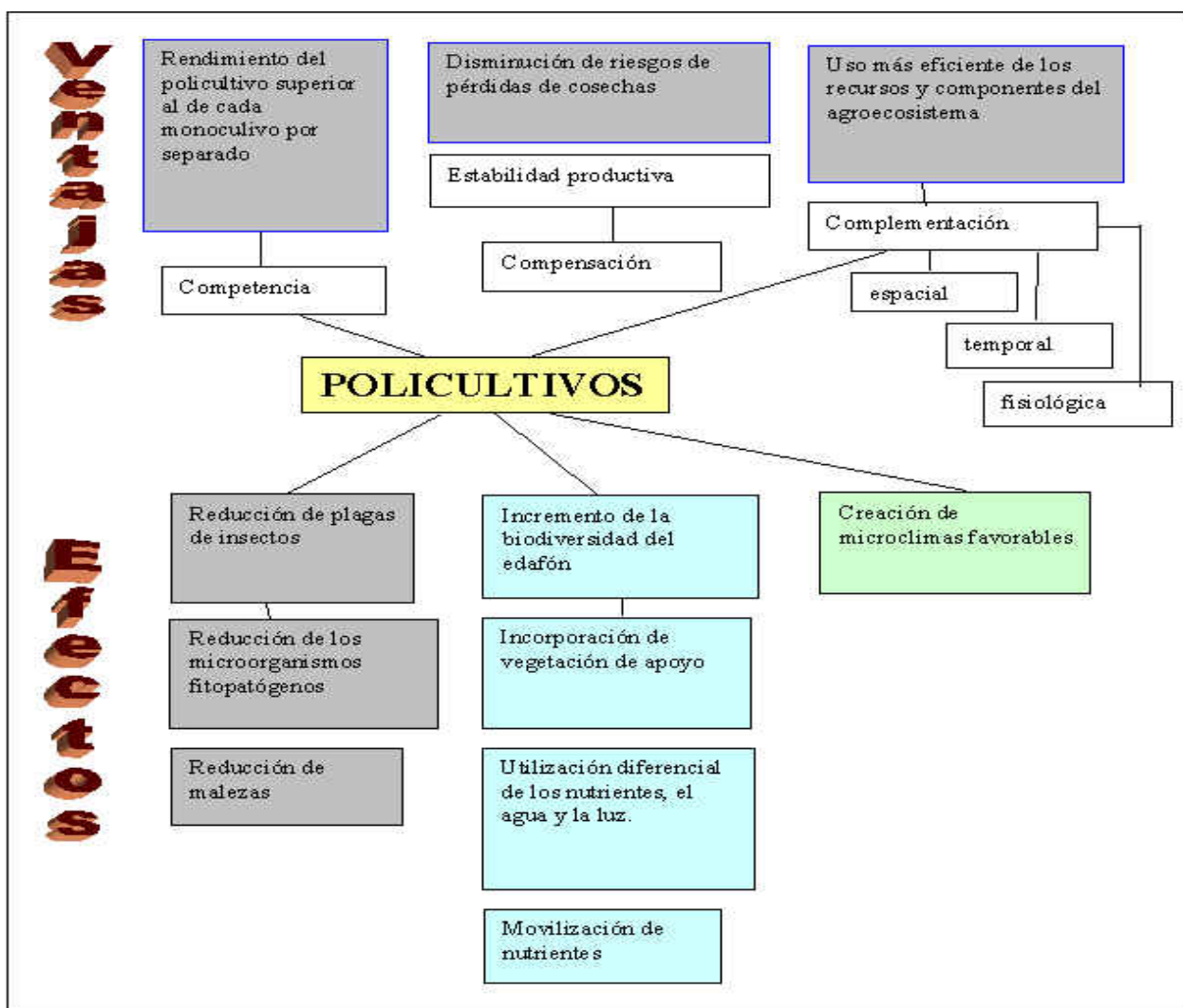


Figura 6: Beneficios de los policultivos

Fuente: Ibáñez, 2009

Una herramienta para el estudio y evaluación de policultivos, es el Uso Equivalente de la Tierra (UET) (conocido en inglés como Land Equivalent Ratio. LER). El UET provee una medida del rendimiento obtenido por sembrar 2 o más cultivos intercalados, comparados con los mismos cultivos sembrados en forma separada como monocultivos (Liebman 1999).

Conviene tener en cuenta que la interacción entre plantas tiene tanto un efecto sobre las condiciones ambientales por al menos una de las plantas, como una respuesta a esos efectos por la otra planta, ya que las plantas pueden afectarse mutuamente a través de mecanismos distintos a los recursos compartidos, parece más apropiado definir estos dos componentes como el efecto sobre la condición ambiental (efecto de una interacción) y el otro como la respuesta a la condición ambiental alterada (respuesta de una interacción) (Grace 2004).

4.11.3. INTERACCIONES ENTRE PLANTAS

Según el mismo Grace, los mecanismos por los cuales las plantas pueden interactuar se pueden dividir en los que conllevan contacto directo y los que son indirectamente mediados. Estas interacciones indirectas pueden darse a través del uso de recursos compartidos, a través de efectos sobre factores no consumibles por la planta o a través de la actuación de otros grupos tróficos.

Es por estos mecanismos que el análisis de los resultados de los experimentos de competencia, a menudo revelan la evidencia de interacciones positivas (de facilitación) en las que la presencia de una especie mejora el crecimiento de otra (Goldberg y Barton 1992; Ryser 1993; Wied 1998).

Tales efectos de facilitación de las plantas establecidas sobre plántulas a menudo se denominan EFECTOS NODRIZA y se han referido para muchos tipos de comunidades, incluyendo desiertos, bosques, praderas y pastizales.

Las plantas interactúan de formas muy diferentes: mediante el uso de recursos compartidos, modificando mutuamente sus respectivos ambientes físico y químico, por contacto directo y a través de influencias sobre otros niveles tróficos. Y es de esta manera que las plantas pueden actuar facilitando mutuamente su crecimiento, supervivencia y reproducción.

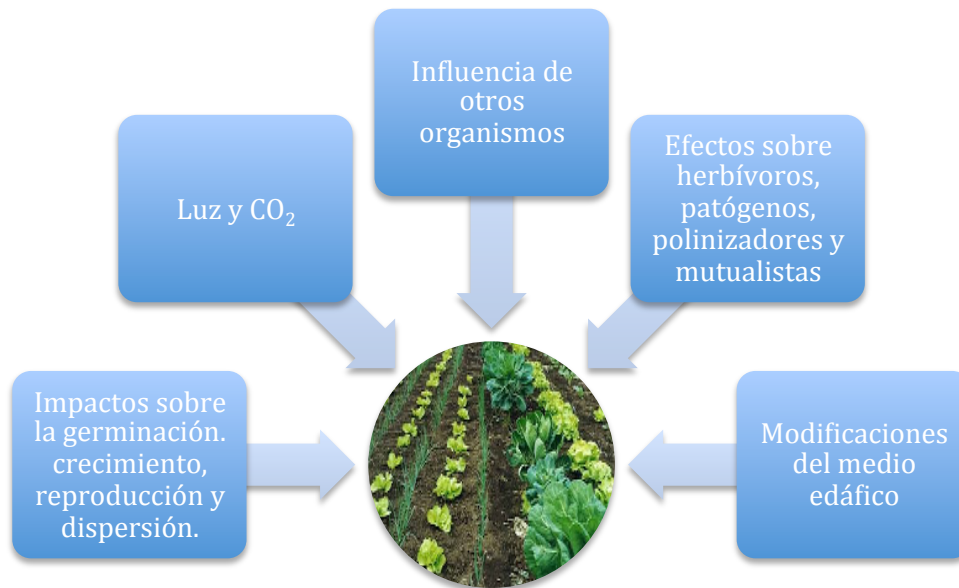


Figura 7: Interacciones entre plantas

Fuente: Tomado y adaptado de Grace 2004

Como se presenta en la Figura 7 las plantas vecinas pueden interactuar de varias formas y estas interacciones pueden tener distintas consecuencias. El sombreado, el uso de recursos comunes del suelo como el nitrógeno y el agua, el uso compartido del dióxido de carbono atmosférico, y el contacto físico son algunas de las muchas maneras en que las plantas vecinas pueden interactuar.

Todos los procesos de los sistemas biológicos naturales, como el reciclado de nutrientes, la productividad y la diversidad de especies pueden verse afectados por las interacciones entre organismos vecinos. A medida que los investigadores dirigen sus investigaciones hacia los mecanismos de uso de recursos en poli y monocultivos, se hace más evidente que las ventajas de producción de los policultivos están asociadas con el uso de una mayor proporción de luz, agua y nutrientes disponibles o con el uso más eficaz de una determinada unidad de recursos (Willey 1990).

Estas formas de mejorar la utilización de recursos reflejan tres fenómenos:

- a. Complementación en el uso de ellos
- b. Facilitación entre especies
- c. Cambios en la partición de recursos

En términos ecológicos: la complementación (a) minimiza el traslape de nichos entre las especies asociadas y disminuye al mínimo la competencia por recursos. Además, se considera como temporal cuando las mayores demandas de recursos de los policultivos se producen en períodos diferentes, espacial cuando los doseles o raíces captan recursos en diferentes zonas y fisiológicas cuando existen diferencias bioquímicas entre los cultivos en cuanto a sus respuestas frente a los recursos del medio ambiente.

Dicha complementariedad se ve reflejada en una mayor cobertura por los doseles de los policultivos, donde se aminora la luz solar que alcanza a llegar al suelo y se evita además que el agua se pierda por evaporación, por una mejor captura de las plantas; Reddy y Willey (1981) lo comprobaron en combinaciones de mijo/maní.

La Facilitación (b) es la relación interespecífica dentro de un ecosistema donde al menos una de las especies se beneficia de crecer junto a otra. Esta facilitación se hace presente cuando especies que crecen en policultivo tienen acceso a recursos que no se encuentran en monocultivos o cuando gozan de mejores condiciones en un hábitat, teniendo como resultado una conversión de recursos más eficaz (Vandermeer 1989).

Según Connell y Slatyer (1977) por ejemplo la facilitación se da desde las mismas interacciones que pueden ocurrir durante la sucesión como son: la facilitación, la tolerancia y la inhibición. Estos autores definen la facilitación como un proceso en el que las especies de los primeros estadios de sucesión modifican el ambiente de modo que las nuevas condiciones resultan más adecuadas para las especies de etapas de sucesión posteriores, de tal manera que la facilitación se presenta desde las etapas iniciales de cualquier sucesión en los ecosistemas.

La facilitación puede estar causada por distintos mecanismos, incluyendo el incremento del suministro de recursos. Por ejemplo, estudios con coberturas artificiales de distintas densidades mostraron como el sombreado pudo reducir la pérdida de humedad de la superficie del suelo por evaporación directa, lo cual a su vez favorece la germinación, la supervivencia y el crecimiento inicial de plántulas (Callaway 1995). Como observación típica de la compleja naturaleza de las

interacciones entre plantas, el establecimiento de las plántulas puede ser mejorado por un sombreado discreto de sus vecinas, pero una vez que las plántulas han desarrollado buenos sistemas radiculares, la interacción se convierte en competencia, con la subsecuente inhibición del crecimiento de las plántulas.

Si una de las especies componentes de un policultivo es una leguminosa que porta la bacteria que fija el nitrógeno en sus raíces, el nitrógeno atmosférico puede transferirse a las no leguminosas asociadas e incrementar considerablemente su rendimiento (Ofori y Stern 1987). Este es uno de los tipos más comunes de facilitación que resulta de la habilidad fijadora de nitrógeno de las leguminosas, aumentando el suministro de nitrógeno en el suelo. Además, algunas plantas de zonas húmedas tienen la habilidad para liberar oxígeno de sus raíces en cantidad suficiente para oxigenar los suelos de humedal (Chapin et al. 1994).

También existen ejemplos relevantes de facilitación mediada por factores no consumibles. Callaway (1995) describe distintas vías mediante las cuales las plantas pueden modificar el substrato haciendo que otras plantas crezcan mejor.

Se ha visto que algunos arbustos y árboles perennes de zonas áridas pueden afectar las características físicas de los suelos, haciéndolos menos compactos y más favorables para el crecimiento de las plantas del sotobosque. En ambientes desérticos, ciertos arbustos pueden concentrar nutrientes edáficos alrededor de su base, convirtiéndolas en microtopos enriquecidos. Los “Troncos Nodriza” son también una importante vía de facilitación. Esta relación se establece cuando los árboles caídos se convierten en substratos idóneos para el establecimiento de nuevas plantas, que subsecuentemente irán enraizando en el suelo cuando crezcan (Grace 2004).

Es claro entonces que en los sistemas productivos se presentan relaciones que benefician los protagonistas bióticos de manera particular y por tal motivo el llamado de la agroecología es a complejizar e integrar los componentes y sus relaciones a nivel del sistema finca, basados en la elaboración y seguida adopción de diseños productivos sustentables y resilientes a las actuales crisis.

5. METODOLOGÍA

La metodología empleada durante la investigación se esquematiza en la Figura 8:

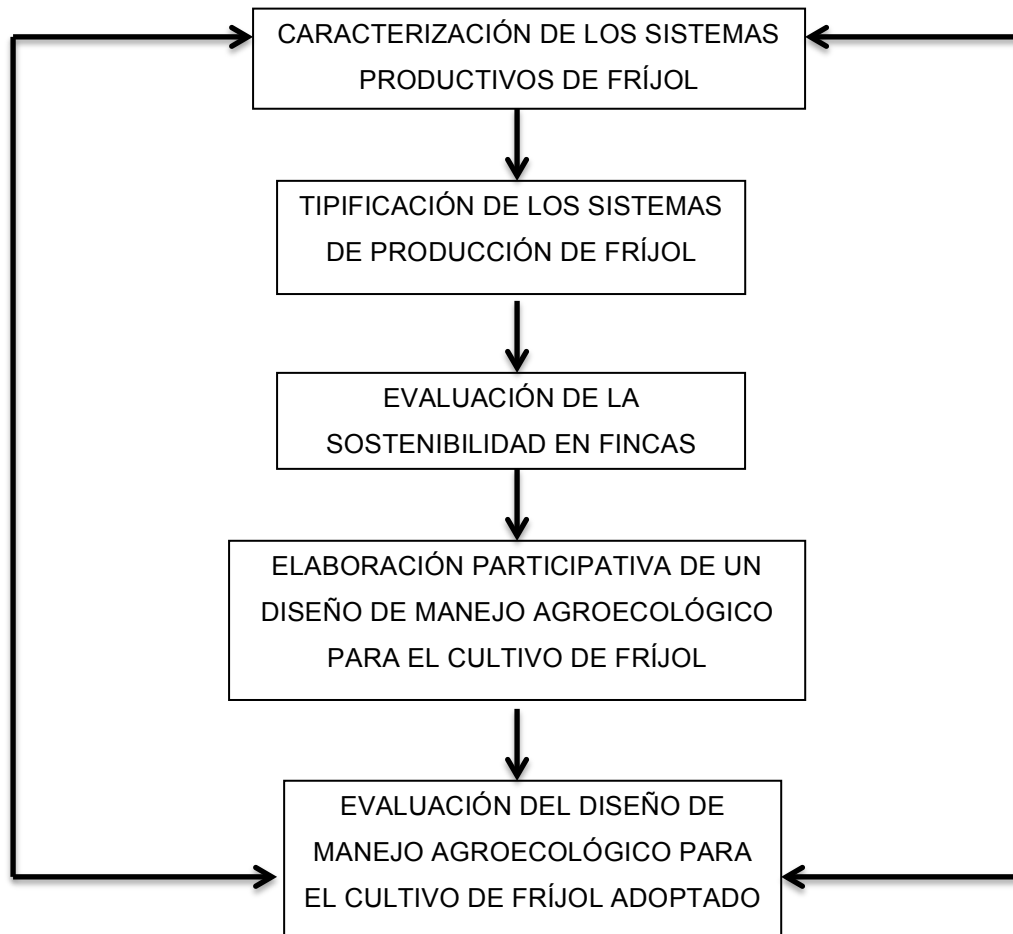


Figura 8 : Diagrama de la metodología

El diagrama de la metodología (Figura 8) describe los métodos generales empleados durante el desarrollo de la investigación, iniciando con la caracterización y tipificación de algunas fincas del municipio de El Carmen de Viboral; posteriormente, se evaluó la sostenibilidad en cada una de las tipologías encontradas. Se realizó una propuesta de diseño participativa para la conversión agroecológica del cultivo fríjol adecuada a los agricultores y a las características de la región, fundamentada en principios claves de la sostenibilidad, donde se

incluyeron las dimensiones social, ambiental, económica y tecnológica, que fue implementada y evaluada en su desempeño productivo.

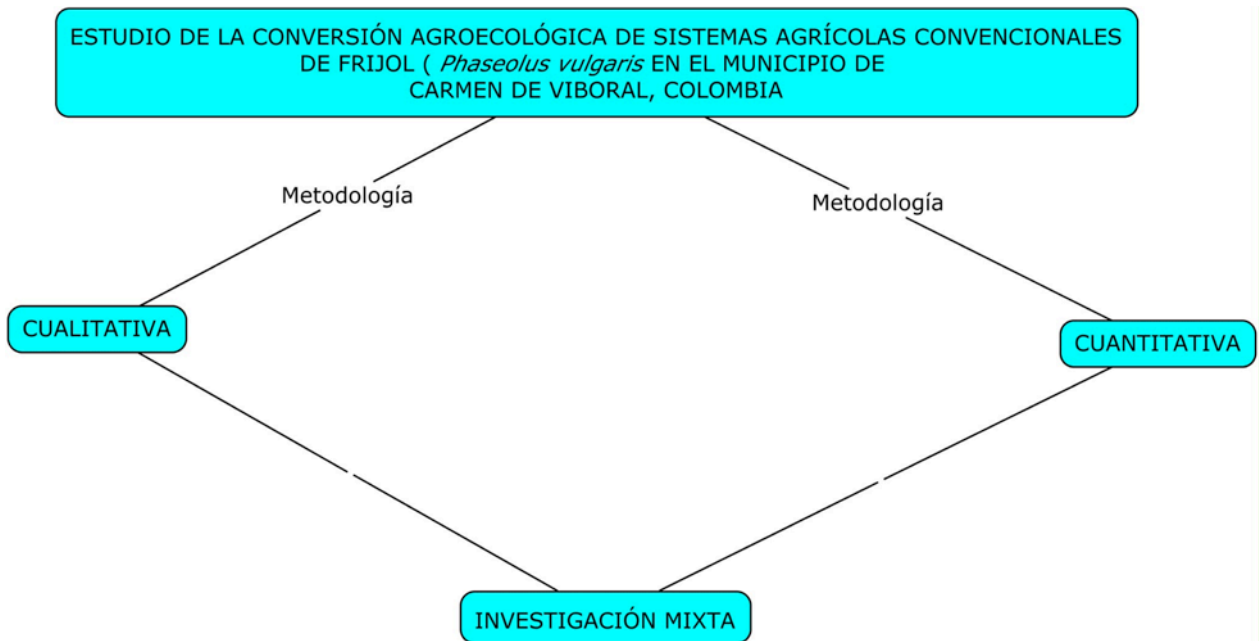


Figura 9: Enfoque de investigación para la tesis

Fuente: Sampieri et al. 2010

El estudio de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol al manejo agroecológico en el municipio de El Carmen de Viboral fue una investigación de tipo mixto (Figura 9), donde se utilizaron los enfoques cualitativo y cuantitativo, para dar respuesta a la hipótesis por medio del uso de métodos como la investigación acción participativa, y la investigación experimental.

Si bien aún se encuentran autores como Rosado (2010) separando los enfoques de investigación cualitativos y cuantitativos para el desarrollo de proyectos, es importante resaltar que actualmente son muchos más los autores (Sampieri et al. 2010, Niño 2011), que mencionan la combinación y aplicación de ambos enfoques en los proyectos, ya que en ocasiones un solo enfoque no da respuesta a la multitud de interrogantes y cuestionamientos generados en la investigación.

La tabla 4 presenta cada uno de los objetivos específicos de la investigación, describiendo la metodología a utilizar en el proceso y los instrumentos de medición que permitirán lograr el propósito final de estudiar la conversión agroecológica de fríjol en el Carmen de Viboral.

Tabla 4: Objetivos, metodología e instrumentos de medición.

OBJETIVOS	METODOLOGÍA	INSTRUMENTOS
Realizar una caracterización y tipificación ambiental, sociodemográfica, productiva y económica de los sistemas de producción de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral	Por medio de la Investigación-acción-participación, aplicando el enfoque de sistemas en predios de la zona	Encuestas Entrevistas Talleres
Evaluar la sostenibilidad en sistemas de producción de fríjol, según las tipologías de manejo encontradas en la caracterización.	Los indicadores de sostenibilidad estuvieron basados en metodologías y criterios de diferentes autores, de la mano con la comunidad, para ajustarlos, de tal forma que correspondan con los objetivos de la investigación pero validados desde el grupo de productores participante	Se evaluó la sostenibilidad en 9 fincas del Carmen de Viboral, 3 de ellas convencionales, 3 en Transición y 3 agroecológicas.
Construcción de manera participativa con la comunidad un diseño de conversión agroecológica basado en los saberes tradicionales y experiencias significativas de los productores.	Para el diseño se tuvo en cuenta: El mejoramiento de la calidad y fertilidad de suelos, la conservación del agua, la regulación de plagas y enfermedades, la conservación de la biodiversidad, el fomento de los polinizadores, el aumento de la resiliencia de los sistemas productivos y la	Entre las prácticas validadas para el diseño agroecológico estaban: Policultivo de fríjol, maíz y calabacín a espaciamiento adecuado, rotación de cultivos, visitas periódicas al cultivo, desinfestación de herramientas, aplicación de materia orgánica, cobertura del suelo, recolección de plantas enfermas, eliminación de focos

	seguridad alimentaria. Todo lo anterior validado con la comunidad, desde sus saberes tradicionales y experiencia	de infección, siembra de plantas hospederas de enemigos naturales y repelentes a la plaga y adecuado manejo de plagas por medio del manejo agroecológico
Implementar el diseño elaborado de manera participativa con los productores, en un predio del municipio de El Carmen de Viboral.	En una finca del municipio de El Carmen de Viboral con sistema convencional de frijol, se implementó el diseño agroecológico, elaborado en el paso anterior	Se seleccionó una parcela en la finca convencional donde se sembró el arreglo vegetal estructurado en el diseño agroecológico.
Realizar seguimiento al sistema agroecológico implementado, aplicando enfoque de sistemas y evaluación de la sostenibilidad	Los indicadores de sostenibilidad validados con la comunidad en el paso 3, fueron utilizados en este objetivo, para realizar la evaluación, basados en el enfoque de sistemas.	En la finca donde se implementó la conversión agroecológica, se llevó a cabo la evaluación.

5.1. ZONA DE ESTUDIO

Los sistemas de producción del cultivo de frijol en Colombia están determinados fundamentalmente por sus condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas, como son suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas, con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje. Ello muestra que el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos y Quiros 2002). El frijol se adapta bien desde 200 hasta 1.500 msnm y necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta el rendimiento. El exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades (Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica 1991). El frijol se ha venido sembrando por parte de productores minifundistas, correspondiendo un alto porcentaje a áreas de ladera, con pérdida de la

sostenibilidad, lo cual se deriva de un manejo inadecuado en la preparación, siembra y laboreo del suelo, al igual que por contaminación derivada de la aplicación de agroquímicos que alteran el balance biológico de los ecosistemas (Lobo 1992).

La zona de estudio fue el municipio de El Carmen de Viboral

5.1.1. Municipio de El Carmen de Viboral

El Carmen de Viboral es un municipio de Colombia localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia (Figuras 10 y 11). Limita por el norte con los municipios de Marinilla, Rionegro y El Santuario, por el este con el municipio de Cocorná, por el sur con el municipio de Sonsón y Abejorral, por el oeste con los municipios de La Unión y La Ceja (Figura 12).

5.1.2. Descripción física:

Extensión total: 448 Km²

Habitantes: 46751 (DANE, 2015)

Zona Urbana: 30107 habitantes

Zona Rural: 16453 habitantes

Veredas: 55

Extensión área urbana: 2.44 Km²

Extensión área rural: 445.56 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2.150 msnm

Temperatura media: 17°C

Distancia de referencia: 56 Km de la Ciudad Medellín

Coordenadas: 6°04'55"N 75°20'03"O



Figura 10: Localización del departamento de Antioquia en Colombia



Figura 11: Localización de El Carmen de Viboral en Antioquia

Fuente: Alcaldía de El Carmen de Viboral



Figura 12: División política del municipio de El Carmen de Viboral.
 Fuente: Alcaldía de El Carmen de Viboral.

5.1.3. PROBLEMÁTICAS ECONÓMICAS Y ECOLÓGICAS DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE EL CARMEN DE VIBORAL

Algunas de las problemáticas que han afectado de forma directa e indirecta la sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas productivos en el municipio, se remontan a 1978, cuando surgieron en la zona distintos actores del conflicto armado, lo que perjudicó la vida familiar y comunitaria de las veredas carmelitanas con el fenómeno del desplazamiento forzado (Corporación Jurídica Libertad 2012). Según el texto “El Carmen y sus pobladores” (2002), la dinámica social cambió en la segunda mitad del siglo XIX cuando se introdujo un nuevo estilo de vida en la población, enfocado en el oficio de la preparación y decoración de piezas de cerámica; las cuales representaron una fuente de empleo que incluyó a cerca de 2.000 trabajadores en 17 empresas, beneficiando indirectamente sus familias, unos 10.000 carmelitanos. Pero con el tiempo artesanos y proveedores de materia prima se fueron quedando desempleados y volvieron a cultivar la tierra como forma de subsistencia, promoviéndose la tecnificación química de cultivos como maíz, papa, frijol y unas pocas hortalizas.

Mientras la cerámica desaparecía como actividad económica principal de El Carmen, la crisis económica fue parcialmente solucionada con el cambio en la tenencia de la tierra, ya que aparecieron las fincas de recreo y el arriendo de la tierra a empresas para el cultivo de flores. Los antepasados carmelitanos eran dueños de grandes extensiones de tierra y al retornar todo ese personal, que trabajaba en la cerámica al campo, El Carmen empezó a convertirse en área de minifundio, dando origen a pequeñas parcelas y a los monocultivos como el modelo de producción comercial dominante, generando desequilibrios ecológicos con consecuencias como la insostenibilidad de los sistemas productivos, pasando de sembrar diversidad en variedades de frijol (petaco, cachetón, mocho, de árbol, entre otras), que eran semillas tradicionales adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, a sólo una, la variedad de frijol Cargamanto, con propiedades mejoradas, de alta productividad y buena aceptación en el mercado, de tal manera

que el frijol Cargamanto, junto al maíz y la papa, se convirtieron en los productos tradicionales del municipio. El monocultivo entonces fue vulnerable al conjunto de plagas y enfermedades que acabaron dependiendo de tratamientos con plaguicidas de alta toxicidad, generando la erosión, al favorecer el suelo descubierto con la siembra de una única variedad de plantas (CEAM 2007)

Sin embargo, en la primera década del siglo XXI, El Carmen de Viboral ha sido epicentro de un pequeño movimiento comunitario que propone la protección del medio ambiente desde la adopción de prácticas agroecológicas en los sistemas de cultivo. La idea es generar un sistema de producción autosostenible, donde los insumos necesarios para cada uno de los procesos, sean producto de las actividades de la finca, lo que representa una reducción de los costos de producción y obtención de materias primas.

6. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO

6.1. RESUMEN

El fríjol es un producto básico de la canasta familiar, catalogando el departamento de Antioquia como primer productor y primer consumidor a nivel nacional. Esta investigación se llevó a cabo con el fin de realizar la caracterización y tipificación de los agroecosistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia. Para la caracterización se seleccionó una muestra significativa de 72 fincas, según el contexto del municipio, se contó con la participación de agricultores productores de fríjol, de los cuales se recolectaron datos mediante la aplicación de una encuesta y realizando análisis estadístico a las variables evaluadas y análisis de clúster para obtener las tipologías, dando como resultado tres tipos de sistemas productivos, coherentes con el manejo que los agricultores hacen de sus cultivos, evidenciando fincas con manejo agroecológico, que utilizan insumos orgánicos, biopreparados, rotaciones de cultivos, manejo de policultivos, labranza mínima; fincas en transición donde se están reemplazando algunas labores convencionales por agroecológicas como el uso de abonos orgánicos, y por último, fincas de agricultura convencional con predominio de monocultivos, fertilizantes químicos y plaguicidas que afectan negativamente el ambiente y la salud de las familias.

6.2. PALABRAS CLAVE

Agroecología, caracterización, cultivo de fríjol, tipificación, sistemas productivos

6.3. INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos de hortalizas, fríjol y maíz, en municipios del oriente antioqueño, son complejos y diversos, por tal motivo, una caracterización integral y sistemática, facilita conocer el productor, la familia los sistemas de producción y la

finca, en las dimensiones social, económica, tecnológica y ambiental, de manera que se puedan clasificar y tipificar con ayuda de indicadores.

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). 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.

Defumier (1990), indica que es un error considerar a los productores como un conjunto homogéneo al que se pueden proponer «paquetes tecnológicos» uniformes. La realidad, es con frecuencia mucho más heterogénea; por tanto, es conveniente buscar y concebir soluciones apropiadas a las condiciones de cada una de las categorías de productores.

Para caracterizar dichos sistemas, es necesario seleccionar indicadores representativos de índole cualitativo y cuantitativo que describan de forma contextualizada la realidad de la región (Machado et al. 2015). Por lo anterior, algunos autores como Sarandón (2002) y Astier et al. (2008) han diseñado metodologías para la caracterización de sistemas agropecuarios que permiten hacer seguimiento a su evolución y proponer diseños agroecológicos para fortalecer los procesos de ciclaje en el sistema finca (Collinson 1983, Valerio et al. 2004).

El proceso de construir una tipología comienza con la selección de la población y de los factores por clasificar, de acuerdo con las hipótesis de origen socioeconómico o físicobiológico que se asuman. Dependiendo del modelo de análisis, se realizan tipificaciones a nivel de zonas geográficas, comunidades e individuos. Como lo establece Laurent (1988), el resultado de una tipología es

efecto de los criterios empleados en la caracterización, por lo que tendría que demostrarse una relación significativa de correlación entre las variables empleadas para una clasificación de zonas, que además se usarían para clasificar a nivel de fincas, antes de suponer que una tipología de zonas resuelve el problema de identificar grupos objetivo homogéneos.

Es importante tener en cuenta entonces que los agroecosistemas al ser dinámicos y estar sujetos a diferentes tipos de manejo, arreglos de cultivos en el tiempo y espacio, está cambiando continuamente de acuerdo a factores biológicos, socioeconómicos y ambientales, que determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola y condicionando el tipo de biodiversidad presente (Altieri y Nicholls 2007b).

Defumier (1990), señala la importancia de realizar la caracterización y tipificación de los sistemas de producción no sólo para identificar las potencialidades y limitaciones ecológicas, económicas, sociales y políticas de cada región, sino también para tener una idea del modo como influyen los diferentes factores sobre los que se pueden concebir razonablemente acciones para encausar el desarrollo agrícola de acuerdo al interés generado.

Guarnan y Lerdón (1999) realizaron un estudio de caracterización y tipificación con agricultores usuarios del Centro de Gestión Empresarial de Paillaco (CEGE), con el propósito de encontrar características afines, y que sirvieran para la generación de acciones diferenciadas de trabajo, pues sostienen que en América latina, las diferentes condiciones socioeconómicas modifican el carácter del agricultor, lo mismo que el trabajo familiar sobre la tierra, la posesión de los medios de trabajo, la búsqueda de la producción y la relación que sostiene con los mercados, y por tanto, éste no presenta un perfil único ni estático, sino una variedad de características cambiantes.

Con el fin de identificar y clasificar los sistemas productivos en el municipio de El Carmen de Viboral, se realiza esta investigación en la que se caracterizan las formas de agricultura desde las dimensiones social, económica, productiva y ambiental, facilitando la tipificación que contribuye a una optimización y diversificación de los agroecosistemas agropecuarios para favorecer la adopción agroecológica y tener un manejo adecuado de los recursos naturales.

6.4. METODOLOGÍA

6.4.1. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Municipio de El Carmen de Viboral, localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia cuyas coordenadas son: 6° 4' 55" N, 75° 20' 3" W, con 16453 habitantes en la zona rural, 55 veredas y perteneciente a la zona de vida: bosque húmedo montano bajo.

Para realizar el presente estudio se utilizó el método de Márquez (2013), aplicando el enfoque sistémico, observando y recolectando datos de las experiencias vividas por los productores en una muestra de setenta y dos (72) fincas, que tienen en común la producción del cultivo de frijol, ya que este constituye la actividad productiva de mayor importancia significativa para el desarrollo económico del municipio de El Carmen de Viboral en el departamento de Antioquia, con la finalidad de conocer el manejo y las interrelaciones productivas desde los aspectos sociales, económicos, ambientales y culturales que se desarrollan y los componentes que integran las familias que las administran.

A continuación se resume el paso a paso de la metodología utilizada:

La caracterización y tipificación de los sistemas productivos de frijol se inició con la selección de la población muestra de 72 productores (Tabla 5), con quienes se recolectó la información (Figura 13), mediante el uso de encuestas que contemplaron las dimensiones sociodemográficas, ambientales, productivas y económicas, seguida de la digitación de la información, para ser analizada

estadísticamente bajo el enfoque de correspondencia múltiple y análisis de clúster, logrando la caracterización y agrupamiento de productores por tipologías.

Tabla 5: Marco lógico

OBJETIVO	METAS	ACTIVIDADES	INDICADORES DE GESTIÓN	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
Realizar un diagnóstico de la ocupación productiva de las fincas mediante la aplicación de una encuesta	72 fincas son encuestadas	Diseño de la encuesta para el diagnóstico	Encuesta diseñada/diseño programado	Documento formato de encuesta	El diseño de la encuesta este acorde con la información que se requiere
		Aplicación de la encuesta a 72 familias	Encuestas aplicadas/ 72 encuestas programadas	Encuestas diligenciadas	La disponibilidad de tiempo por parte de los productores para la aplicación de la encuesta
		Tabulación de la información	Información tabulada/ tabulación programada	Tablas con la información tabulada	La información suministrada por la encuesta sea relevante
		Consolidación del documento diagnóstico	Documento consolidado/ consolidación programada	Documento diagnóstico	Disponibilidad de equipos de computo para la consolidación de la información

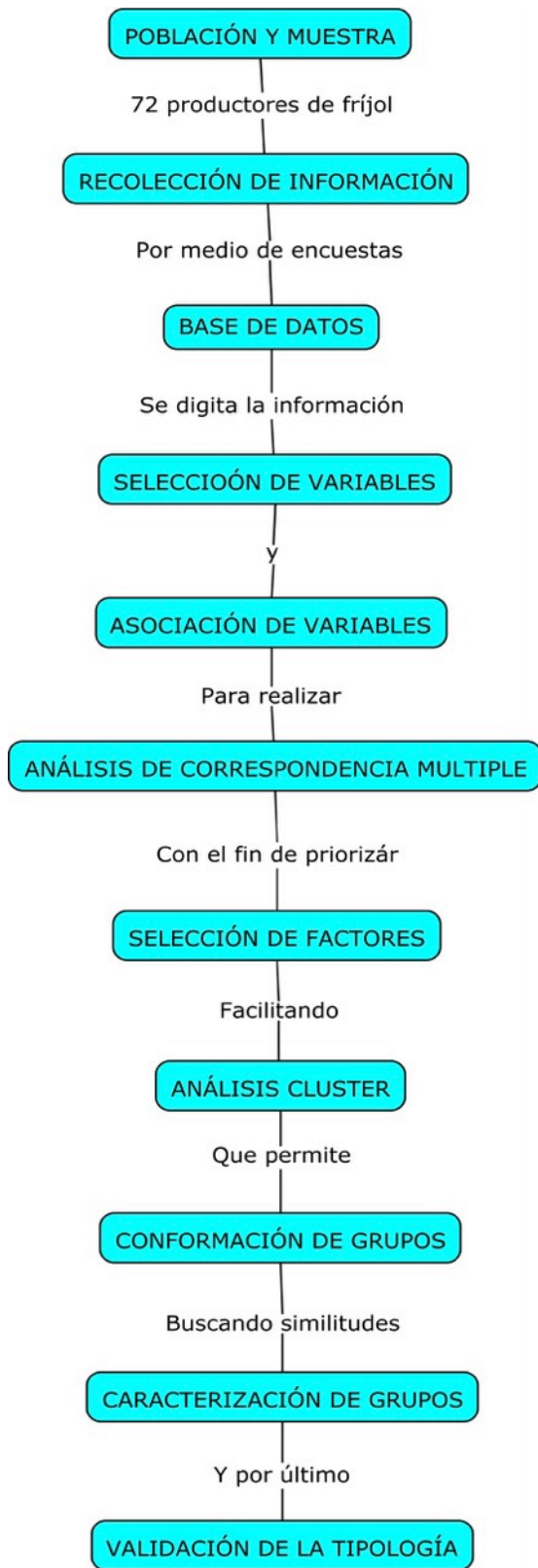


Figura 13: Metodología para la caracterización y tipificación de los sistemas productivos de fríjol

6.4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó el análisis factorial de correspondencias múltiples, donde se tuvo en cuenta variables de tipo activo y suplementario, complementándose con análisis de frecuencias para cada modalidad de respuesta positiva, comparándose los porcentajes asociados con la tenencia o no de la tierra, mediante el uso del método Z con factor de ajuste. Se utilizaron los paquetes estadísticos SPAD Versión 3.5 y SAS UNIVERSITY EDITION. Se elaboró una encuesta, que fue sometida a juicio de expertos.

Para determinar el tamaño de la muestra se empleó la técnica denominada, muestreo aleatorio de proporciones con base en un nivel de confiabilidad del 95% y un error máximo permisible del 10%. El parámetro P adoptó el valor de 0.5, debido a que no existen estudios anteriores en la región de interés, se aplicó factor de ajuste por finitud. El tamaño definitivo de la muestra fue de 72. Y se realizó un análisis de clúster con el fin de tipificar los sistemas productivos.

6.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 6 se describe el porcentaje asociado con cada pregunta, teniendo en cuenta si es o no propietario del predio. Detectando que existe diferencia estadística a favor del propietario de la tierra en los siguientes aspectos: tenencia de la tierra, realización de la preparación del suelo, elaboración de germinadores y almácigos, manejo de registros sanitarios, uso de plantas repelentes, mayor capacitación y conocimiento de los aspectos agroecológicos.

Tabla 6. Porcentaje asociado con la tenencia o no de la tierra

INDICADOR	% Propietario	% No Propietario
Tipo de tenencia en la finca	57.8 a	42.2 b
Cuenta con análisis de suelos	17.0 b	43.3 a
Realiza preparación de suelo	82.9 a	53.4 b
Elabora germinadores y almácigos	70.7 a	36.7 b

Aplica enmiendas antes de siembra (Cal)	36.6 a	30.0 a
Realiza podas	12.2 b	40.0 a
Maneja registros de producción	14.6 b	30.0 a
Maneja registros sanitarios	24.4 a	10.0 b
Lleva inventarios	53.7 a	60.0 a
Siembra el frijol asociado con otro cultivo	68.3 a	60.0 a
Realiza rotaciones de cultivos	26.8 a	20.0 a
Usa plantas repelentes	24.4 a	13.3 b
Usa biopreparados	12.2 a	13.3 a
Siembra plantas hospederas de enemigos naturales	58.4 a	53.3 a
Utiliza los desechos del cultivo para producir abonos	41.6 a	43.3 a
Emplea biodigestor	9.8 a	13.3 a
Utiliza laguna de oxidación	9.8 a	10.0 a
Emplea el principio de lodos activos	12.2 a	13.3 a
Utiliza aireación mecánica	14.6 b	30.0 a
Utiliza herbicidas en el cultivo de frijol	56.1 b	66.7 a
Utiliza plaguicidas en el cultivo de frijol	53.7 a	40.0 b
Categorías toxicológicas más utilizadas	2.4 a	3.3 a
Utiliza guantes para aplicaciones	12.2 b	20.0 a
Utiliza overol para aplicaciones	14.6 a	16.7 a
Utiliza gorro para aplicaciones	19.5 b	40.0 a
Utiliza tapabocas para aplicaciones	43.9 a	46.7 a
Conoce el manejo agroecológico	22.0 a	13.3 b
Han recibido algún tipo de capacitación	36.6 a	20.0 b

Fuente propia. Letras distintas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

Los histogramas asociados (Figura 14) con los valores propios, para cada tema relacionado con la encuesta, está justificando que la proyección de las

modalidades está bien definida en cada plano factorial de correspondencias múltiples.



Figura 14: Histogramas asociados a los valores propios

Al evaluar los aspectos sociodemográficos representados en el primer plano factorial, se destaca que los campesinos que son dueños de su predio al igual que

tener cultivos predominantes. De otro lado algunos campesinos encuestados que siembran frutas, a la vez poseen pastos y frijól bola roja. Ver Figura 16.

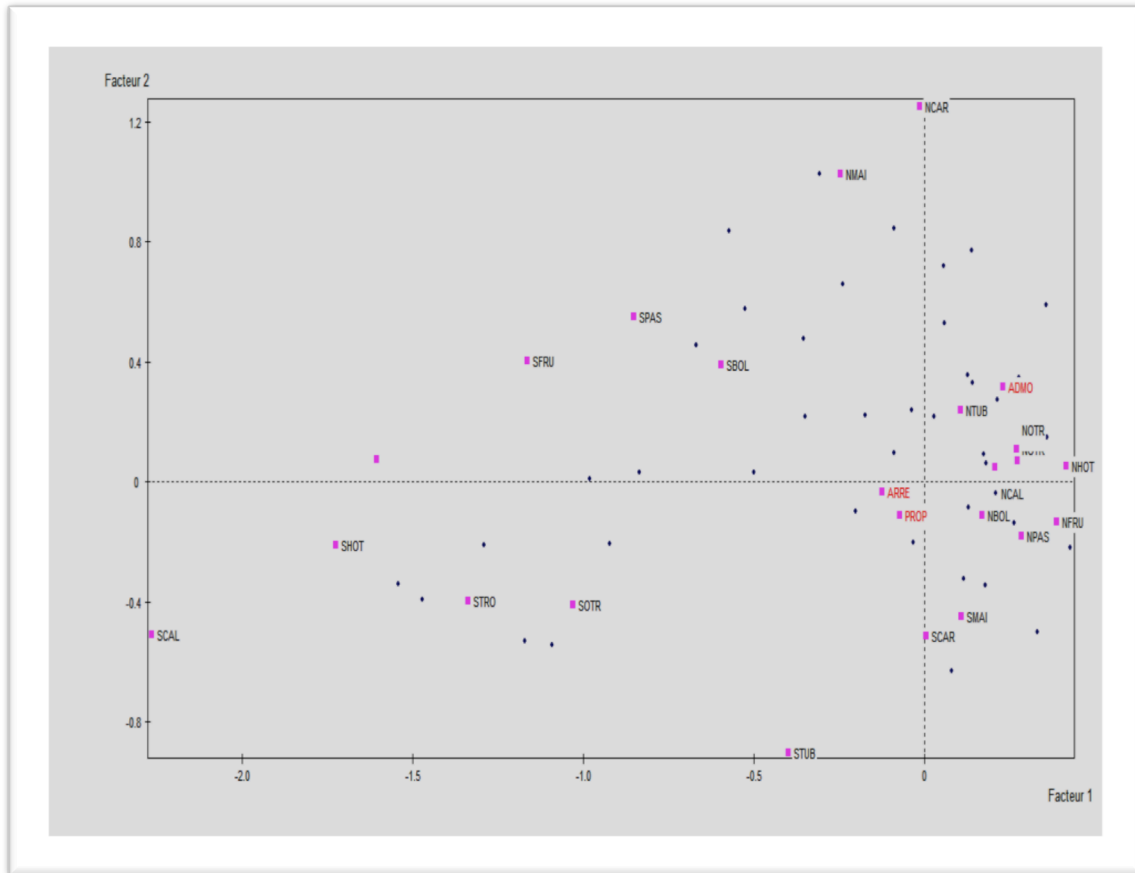


Figura 16: Plano factorial cultivos

Al evaluar de manera conjunta la tenencia de animales, se encontró relación entre los que poseen caballos para sus labores cotidianas, que a la vez tienen perro (s), gallinas, vacas y cerdos. Lo anterior está más asociado con los que poseen título de propiedad. Los que están en sistema de administración en general no tienen animales en sus predios. Sólo dos campesinos indagados afirmaron tener peces y conejos, lo que no es común para los demás encuestados (Figura 17).

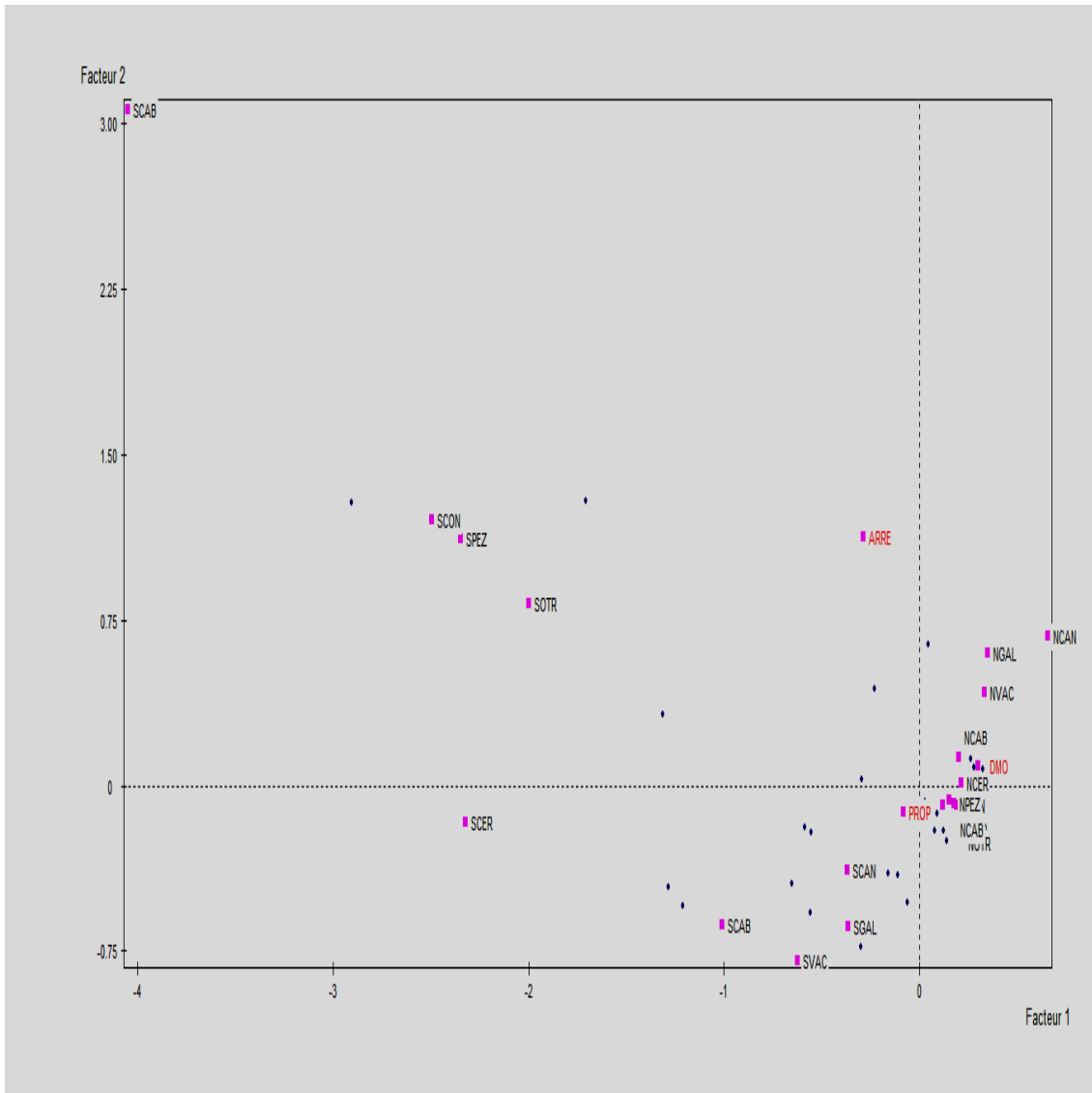


Figura 17: Plano factorial tenencia de animales

Al evaluar aspectos relacionados con la producción se detectó que los que poseen títulos de propiedad de sus fincas elaboran podas a los árboles o cultivos que lo requieran, adicionalmente utilizan el material desechable como compos o abono, efectúan rotación de cultivos, llevan registros de la producción animal y agrícola, además, tienen sistema de inventarios, efectúan enmiendas y usan sistemas de labranza. De otro lado pocos campesinos utilizan plantas hospederas, plantas repelentes y sistema de biopreparados. Los que están en arriendo se

La tipificación de los sistemas de producción de fríjol, se analizó estadísticamente con un análisis de clúster y como lo confirman los resultados, en Colombia los agricultores poseen diferentes alternativas de producción que pueden ir desde prácticas de agricultura convencional hasta manejo agroecológico (Clavijo et al. 2006). Lo anterior se evidenció en el análisis de clúster (Figura 20) donde se formaron 3 grupos de sistemas productivos en los que se comparten características similares en el manejo de la finca

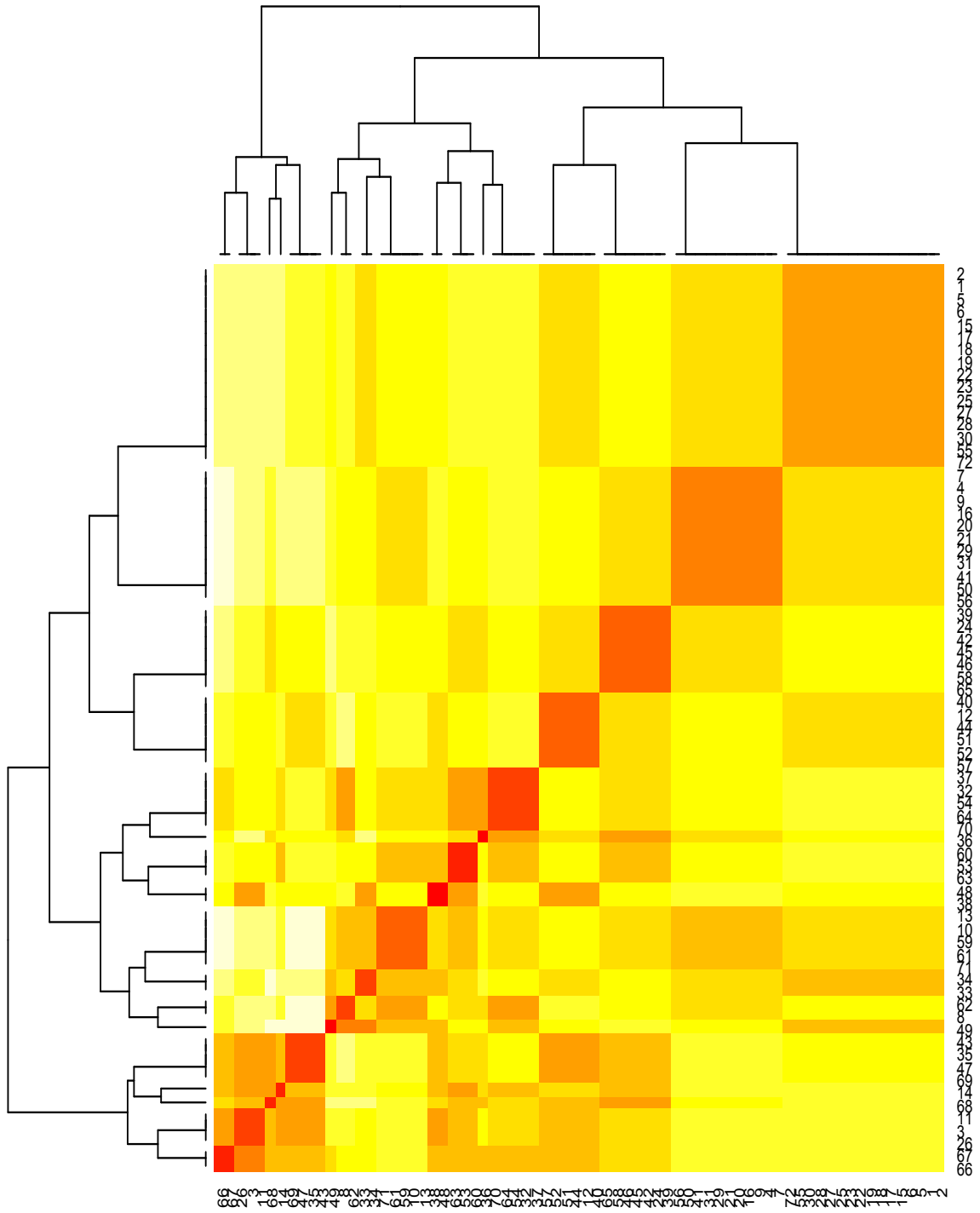


Figura 20: Análisis de clúster

Tabla 7: Distribución de las fincas según el análisis de Clúster

CLÚSTER	FINCAS	TIPOLOGÍAS
CLÚSTER 1	3-11-14-26-35-43-47-49-66-67-68-69	CONVENCIONAL
CLÚSTER 2	8-10-13-32-33-34-36-37-38-48-53-54-57-59-60-61-62-63-64-70-71	CONVERSIÓN FASE INICIAL
CLÚSTER 3	1-2-4-5-6-7-9-12-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-27-28-29-30-31-39-40-41-42-44-45-46-50-51-52-55-56-58-65-72	CONVERSIÓN FASE INTERMEDIA

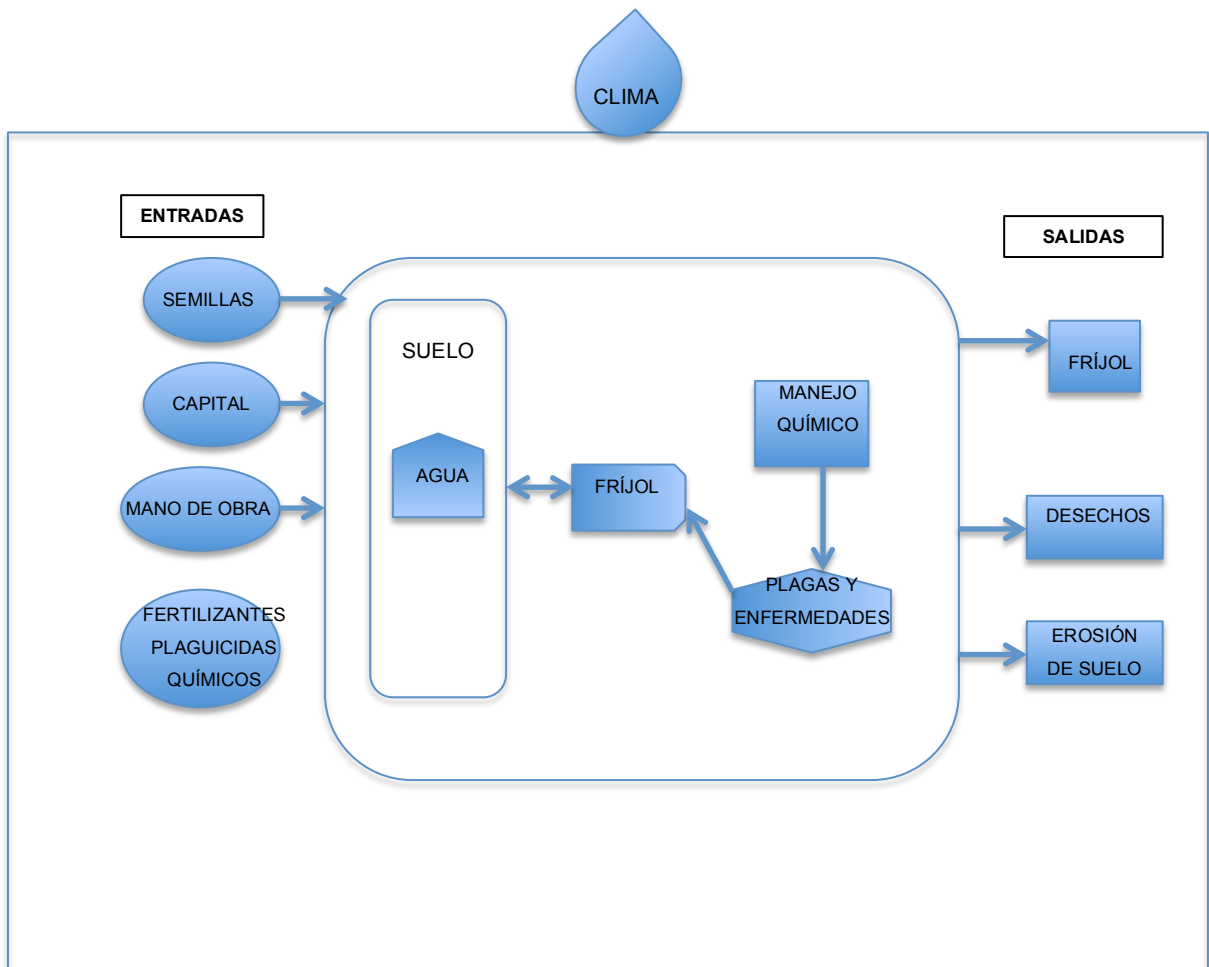


Figura 21: Finca convencional

La Tabla 7 muestra las fincas pertenecientes a cada uno de los clúster según la tipología. En el clúster 1, se encuentran las fincas que poseen una agricultura convencional (Figura 21), donde realizan aplicaciones de fertilizante químico, usan plaguicidas, compran la semilla, realizan labranza intensiva, que junto con los monocultivos son causantes de procesos erosivos, debido a la exposición del suelo a factores ambientales por la falta de cobertura vegetal y se vislumbra un efecto negativo en la biodiversidad del ecosistema al manejar una sola especie en grandes espacios de terreno (Altieri 1999), de tal manera que este tipo de cultivo es dependiente de insumos externos por tener sistemas frágiles y con pocas defensas (Salomón et al. 2012).

El clúster 2 evidencia una agricultura en transición, es decir una fase inicial de la conversión, donde se combinan algunas prácticas de la agricultura convencional con prácticas agroecológicas, como por ejemplo el uso de abonos orgánicos y químicos, aplicación de enmiendas antes de siembra, realización de podas, pero aún siguen usando plaguicidas en el proceso productivo (Figura 22), mejorando de algún modo el concepto de modo el uso de los recursos naturales (Toledo 1992, Guha y Gadgil 1993; Toledo et al. 2002) pues, considerando que el desarrollo sostenible representa, en los hechos, un nuevo paradigma de desarrollo con repercusiones directas en el manejo de los agroecosistemas. Por lo tanto es correcto decir que en varias fincas se puede encontrar que el productor implementa algunas prácticas que han sido traídas por la revolución verde, con otras menos dañinas que podrían ser llamadas prácticas de agricultura con enfoque agroecológico; en general mezclan diferentes alternativas de producción en función de obtener un mejor rendimiento de sus cultivos, dependiendo siempre de sus capacidades de adquisición, conocimientos, proyecto de vida y estrategias de mercado (Gliessman 1998, Clavijo et al. 2006).

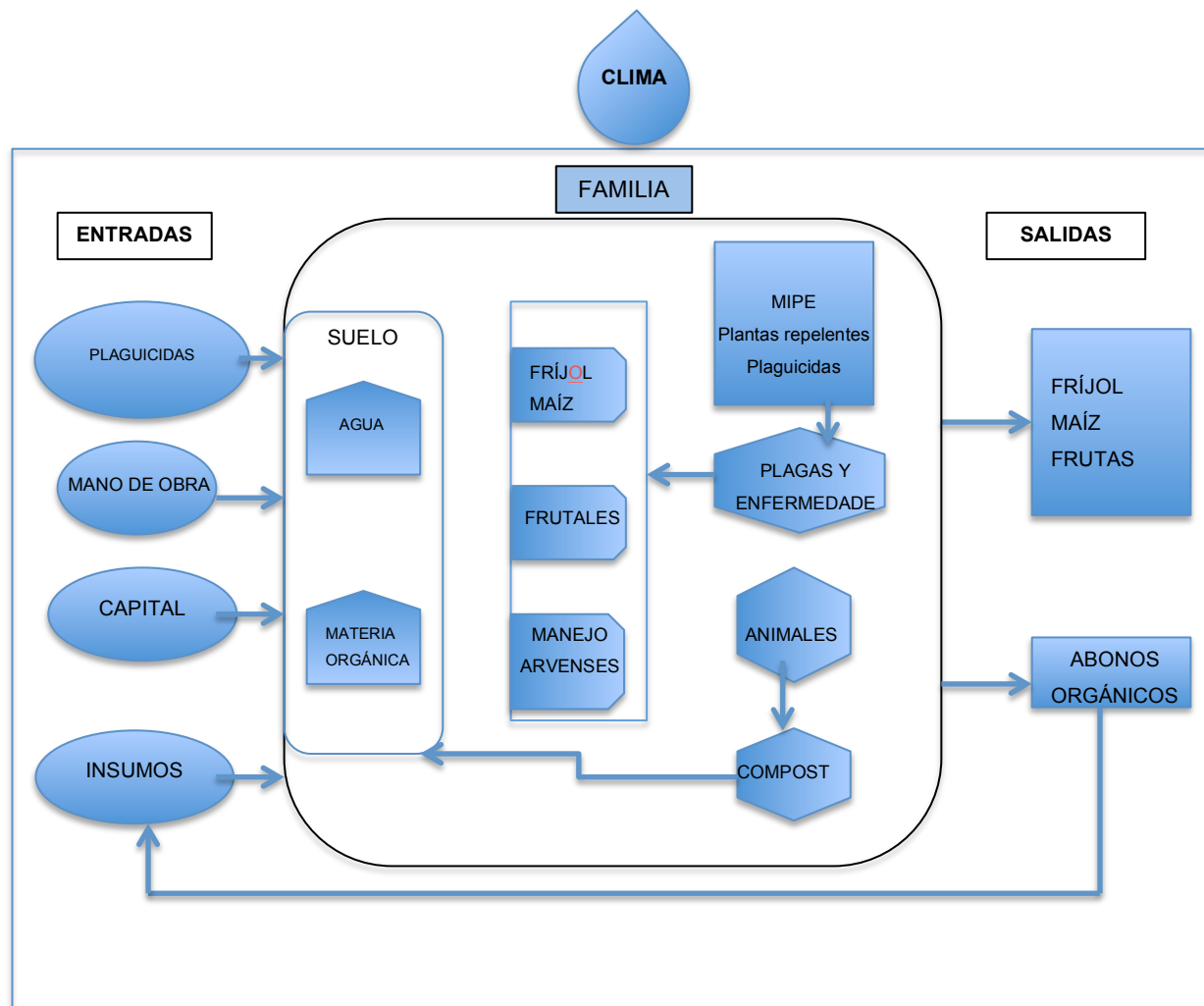


Figura 22: Finca en transición

Para lograr que una finca se mueva progresivamente de la agricultura convencional a la agroecología son importantes 2 pilares fundamentales: el mejoramiento de la calidad de los suelos y el manejo de hábitat mediante la diversificación de la vegetación (Altieri, Nicholls 2007a).

La agricultura de transición es una herramienta que brinda la oportunidad de convertir un agroecosistema de insostenible a sostenible, busca ir paso a paso cambiando las prácticas de manejo de los sistemas productivos para finalmente lograr el equilibrio entre uso de recursos naturales, calidad de vida y ganancias

económicas. Partiendo de la mezcla de prácticas convencionales y orgánicas, se da inicio a la agricultura de transición (Altieri 1999, Gliessman 2002, Clavijo et al. 2006).

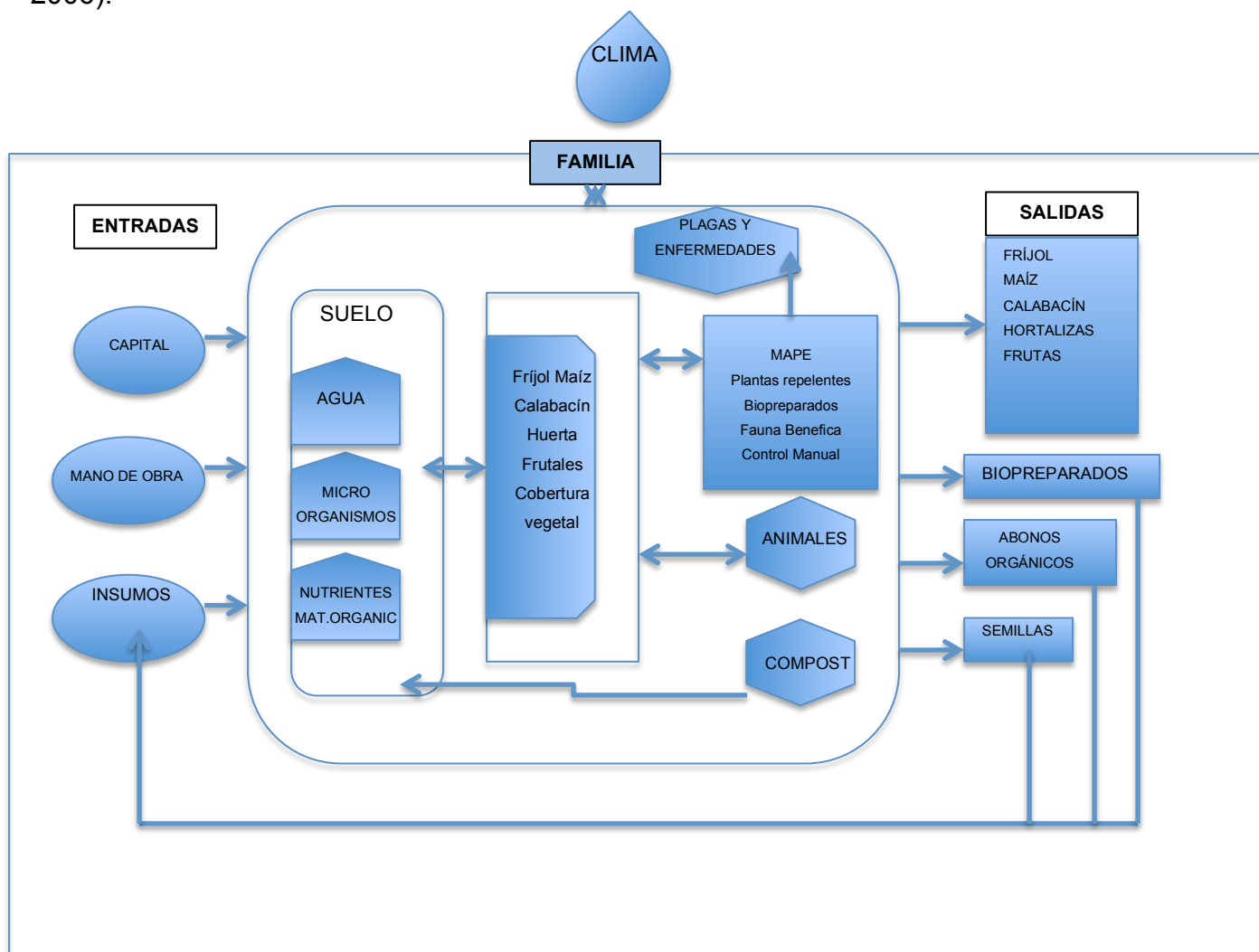


Figura 23: Finca en conversión

El clúster 3, es el de sistemas productivo en fase intermedia de conversión agroecológica (Figura 23), con prácticas como el policultivo, uso de biopreparados, labranza mínima, aplicación de enmiendas antes de siembra, rotaciones de cultivo y utilización de los desechos del cultivo para producir abonos, es decir, prácticas agroecológicas de manejo en los sistemas productivos que favorecen el equilibrio ambiental, donde se tiene en cuenta la producción del cultivo, la calidad de los productos, el manejo adecuado y sostenible de los recursos naturales, las interacciones dentro del cultivo la economía, los saberes y los aspectos culturales

de la población, con el fin de lograr un sistema de producción realmente sostenible tanto social como ambiental y económico (Gliessman 2002, Martínez 2006, Gliessman et al. 2007).

7. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL, EN TRANSICIÓN Y AGROECOLÓGICA DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO

7.1. RESUMEN

El municipio de El Carmen de Viboral, se caracteriza por presentar una tradición en el cultivo de fríjol, pero ha sufrido históricamente la influencia del proceso de modernización de la agricultura, que ha intensificado el uso de los recursos naturales con prácticas basadas en métodos de producción dependientes de insumos externos y de alto impacto socioambiental como son la deforestación, la disminución de fertilidad del suelo y la contaminación de fuentes de agua. Actualmente, se han generado iniciativas para desarrollar sistemas productivos armónicos con la naturaleza, inspirados en principios agroecológicos, que conllevan a lograr la sostenibilidad, como capacidad que tiene una sociedad de conseguir el bienestar y mejorar la calidad de vida, considerando intensificar la producción sin agotar los recursos naturales ni degradar el ambiente, para que puedan ser aprovechados también por las generaciones futuras. Por lo anterior, se evaluó la sostenibilidad de los sistemas de producción de fríjol, integrando componentes de tipo económico, tecnológico, social y ambiental, mediante la identificación de puntos críticos e indicadores y mediante una encuesta, aplicada a tres fincas de cada una de las tipologías de agricultura encontradas en la caracterización a partir de los clústers obtenidos de la tipificación, es decir convencional, en transición y agroecológica. Cada indicador se estimó asignando un valor en escala de 1 a 3, siendo 1 el valor menos deseable y 3 el valor óptimo. Para cada finca se calculó el valor promedio de sostenibilidad, el cual se graficó con el objeto de visualizar las fincas que se encontraban más cercanas al óptimo y cuáles por debajo del nivel medio de sostenibilidad. Adicionalmente, se compararon las fincas entre sí, según el manejo agronómico, dando como resultado que las fincas con manejo convencional, obtuvieron los niveles más bajos de sostenibilidad por la poca participación de la mujer en la finca, el uso de monocultivos, plaguicidas y fertilizantes químicos que contaminan y deterioran los

recursos naturales y las fincas con manejo agroecológico sostenibilidad alta al darle alta importancia a la participación de la mujer en la toma de decisiones, además de usar policultivos, rotación de cultivos, manejo agroecológico de plagas y enfermedades, entre otros.

7.2. PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad, indicadores, agroecología, dimensión social, dimensión tecnológica, dimensión económica, dimensión ambiental.

7.3. INTRODUCCIÓN

En el municipio de El Carmen de Viboral se encuentran tres tipos de sistemas productivos de frijol, caracterizados y clasificados según el manejo del cultivo, la estructura familiar y la tenencia de la tierra. Entre las tipologías halladas, se encuentra la convencional, con el uso de monocultivos como un modelo dominante de producción, generando desequilibrios ecológicos al sistema, la agricultura en transición con la mezcla de prácticas agroecológicas y convencionales y la conversión agroecológica cuyo funcionamiento se asemeja al de un ecosistema natural. Al evaluar la sostenibilidad de cada una de las tipologías, se pueden realizar comparaciones con el uso de indicadores, que miden la eficiencia y eficacia del impacto que tiene el manejo en los sistemas de producción.

El principal objetivo de la agricultura a mediados del siglo XX, era la satisfacción de las necesidades inmediatas de alimentos, y mejorar el nivel de autoabastecimiento de la población, mediante un incremento de la productividad aplicando los modelos de la agricultura moderna o Revolución Verde (Gómez 2000; Sarandón y Flores 2014); pero la utilización de estas prácticas convencionales en la agricultura, contribuyó a la dependencia creciente de agroquímicos, contaminación de alimentos, aguas, suelos y personas por plaguicidas y fertilizantes sintéticos, desarrollo de resistencia a los plaguicidas de ciertas plagas y patógenos, pérdida de la capacidad productiva de los suelos, debido a la erosión, degradación, salinización y desertificación, pérdida de

nutrientes de los suelos debida a la falta de reposición, junto con lixiviación y baja eficiencia en el uso de fertilizantes, eutrofización de embalses, disminución de los acuíferos en zonas de regadío, dependencia creciente de combustibles fósiles y disminución de la eficiencia productiva en términos energéticos, pérdida de biodiversidad, pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos, erosión cultural por la pérdida de técnicas de cultivo propias de agricultores tradicionales (Sarandón y Sarandón 1993, FAO 2002, Sarandón y Flores 2014, Cerrada 2014).

Estas prácticas convencionales sustituyeron la matriz tecnológica campesina por otra científica, en la que la fertilidad natural del suelo y su consideración como algo vivo, fue reemplazada, al igual que el aire y el agua dejaron de ser un contexto interrelacional con otros seres vivos, para transformarse solo en insumos productivos, cuyos ciclos y procesos naturales fueron forzados, hasta obtener un máximo rendimiento, según las demandas del mercado, sin considerar el grado de reversibilidad del deterioro causado y que la biodiversidad fuera obviada, despreciándose el proceso de coevolución que la había generado (Guzmán et al. 2000).

En contraste con los más modernos sistemas de producción rural, las culturas tradicionales tienden a implementar y desarrollar sistemas ecológicamente correctos para la apropiación de los recursos naturales (Toledo 1992, Guzmán et al. 2013), pues desde la llegada de la revolución verde, se han planteado dudas sobre la sostenibilidad de los procesos agrícolas tal como se han venido manejando hasta ahora, en donde prima la alta dependencia de los fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas, la destrucción de los hábitats naturales, la contaminación ambiental y los riesgos a la salud de los seres humanos.

En tal sentido se plantean alternativas como la agroecología (Rigby et al. 2001, Sevilla 2006), que busca, a través de la diversificación productiva, subsanar las necesidades básicas de autoabastecimiento, obteniendo alimento diverso y nutritivo, abrigo, vivienda, leña, fuerza de trabajo animal, entre otros, y muchas veces poder complementar estas actividades con otras no agrarias como son las

artesanías o el adicionar valor agregado a sus productos, de modo que se cubran sus necesidades materiales básicas, y al mismo tiempo buscar, mediante la aplicación de “tecnologías blandas” con el medio ambiente y de poco impacto, incrementar la capacidad de autorregulación y resiliencia de los agroecosistemas, utilizando tecnologías apropiadas, que pueden ser fabricadas, controladas, entendidas, desarrolladas y mejoradas en el ámbito comunitario sin necesidad de grandes inversiones ni dependientes de conocimientos externos (Villasante 2006, Cuéllar et al. 2013).

La agroecología como ciencia ha dado un aporte sustancial para el manejo sostenible de agroecosistemas, brindando una visión integral de los sistemas agrícolas y en tal sentido, se explica que al aumentar la biodiversidad de plantas en un cultivo, aumenta también la complejidad de la estructura del ecosistema así como las relaciones tróficas (Reijntjes 1992) y las culturas rurales e indígenas logran el respeto a sus entornos, a sus territorios y a sus formas de utilizar los recursos naturales (Morales 2004).

La implementación de una biodiversidad funcional es de gran importancia y está relacionada con los servicios agroecosistémicos que se deben establecer en cada sistema específico (Márquez 2013). La biodiversidad otorga resiliencia a los ecosistemas, pues el uso diversificado dota al sistema de producción de mayor capacidad de resistencia frente a la incertidumbre y de mayor flexibilidad y adaptabilidad ante los riesgos ecológicos y económicos, en tanto que el uso especializado resulta en mayor riesgo frente a eventualidades ecológicas y económicas por su inflexibilidad (Perrings 1994), además el uso diversificado resulta adecuado porque se basa, reconoce y aprovecha la variabilidad natural (paisajes, condiciones y especies) intrínseca de los ecosistemas, lo que permite comprender la resistencia y adaptabilidad de las economías campesinas (Toledo 1999), y de esta biodiversidad depende la economía humana (Barbier et al. 1994)

Recientemente se ha incrementado la demanda de evaluar la biodiversidad en los sistemas de producción, y por ello se han generado diversos sistemas, algunos de ellos en el marco de la evaluación de la sostenibilidad (Dellepiane y Sarandón 2008).

Márquez (1998) definió la sostenibilidad como el proceso que permite alcanzar el desarrollo y el bienestar de la sociedad, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para alcanzar las mismas metas, por tanto que la sostenibilidad de los modos de vida se debe dirigir hacia la armonía en el aprovechamiento de la naturaleza sin agotarla, pues los ecosistemas poseen recursos limitados y en este sentido comprende un equilibrio de la oferta de bienes y servicios ambientales y su demanda por parte de la sociedad.

Gliessman (2002), se refiere a la sostenibilidad como “rendimiento sostenido”, o la capacidad de cosechar de manera permanente la misma biomasa, a partir de un sistema que puede renovarse a sí mismo o que su renovación no está en riesgo. Pero esta sostenibilidad no puede ocurrir sin la confluencia de las dimensiones social y económica, que también influyen en los ecosistemas, y por ser la sostenibilidad un concepto complejo y multidimensional, no tiene sentido hablar de sostenibilidad social, ambiental o económica por separado; no se refiere a un estado ideal predefinido, sino a un devenir continuo, en el que son importantes el camino y el punto de llegada, y al igual que el equilibrio son dinámicos (Astier et al. 2008).

Poder generar una agricultura eficiente y rentable, incluso bajo el marco de lo autosostenible, sólo es posible aplicando parámetros e innovaciones tecnológicas que nos conduzcan a una productividad y competitividad local y regional, en la capacidad de tomar decisiones (Sarandón y Flores 2009), bajo evaluaciones técnicas permanentes de procesos aplicados con la misma comunidad, a los sistemas culturales de manejo (teniendo en cuenta relaciones ecológicas de factores como suelo, agua, aire, luz, flora, fauna), de los insumos orgánicos

empleados y un diálogo permanente de saberes entre el equipo técnico y la comunidad rural (Marco y Reyes 2003).

En 1992, la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, reconoció el importante papel que los indicadores podrían desempeñar para ayudar a los países en la recolección de información y en la toma de decisiones con respecto al desarrollo sostenible, al interior de cada país, y en 1995, a nivel internacional, la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) aprobó su programa de trabajo sobre indicadores de desarrollo sostenible, en un programa que se desarrolló hasta 2001, siendo ampliamente probado, aplicado y utilizado en muchos países como base para el desarrollo de indicadores (Luxen y Bryl 1997).

Por otro lado, Soto y Schuschny (2009), establecen algunas bases conceptuales y herramientas metodológicas aplicables al proceso de diseño, cálculo y análisis de un indicador de desarrollo sostenible definido a nivel de una unidad de análisis; sostienen que se debe tener claridad sobre los objetivos y el contexto en el que se construirá el indicador, para darle sustento conceptual, así como de disponer de información de calidad que le dé validez. Se destaca también la importancia de utilizar las herramientas metodológicas con rigurosidad en cada etapa del proceso de construcción, con el fin de obtener un indicador compuesto con sustento técnico. Estos tres elementos se consideran indispensables para que el indicador compuesto sea útil y efectivo para el fin para el que sea construido.

El objetivo, de evaluar la sostenibilidad, fue medir el grado de variación alcanzado en un proceso de desarrollo rural sostenible con familias participantes del programa agroecológico, aplicando un procedimiento metodológico sencillo basado en indicadores donde los agricultores participaron desde la reflexión, definición, evaluación y retroalimentación

7.4. METODOLOGÍA

La metodología para evaluar la sostenibilidad, inició con la caracterización de los sistemas productivos de frijol del municipio El Carmen de Viboral, donde por análisis de clúster, se obtuvieron 3 tipos de manejo, convencional, en transición y agroecológico, y a los cuales se les evaluó la sostenibilidad, según la metodología elegida que consistió en obtener en un primer momento la priorización de los puntos críticos en los agroecosistemas con la participación de los productores y elaborando un conjunto de indicadores adecuados al contexto trabajado para evaluar la sostenibilidad de manera sencilla y de bajo costo.

El procedimiento metodológico que se empleó para orientar el trabajo de evaluación propuesto, corresponde principalmente a la adaptación del método de MESMIS (Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) (Astier et al, 2008) y del planteado por Sarandón (2002) y Sarandón y Flores, (2009).

El proceso metodológico se dividió en etapas y fases, así:

7.4.1. ETAPA DE PLANIFICACIÓN:

a. Caracterización de los sistemas productivos . Se realizó la caracterización de los sistemas productivos a nivel local, sus principales dificultades y la construcción de un ideal de la agricultura que quieren implementar, con el grupo de productores que formaron parte del proceso y otros que también cultivan frijol, con los cuales se completó la muestra significativa de 72 fincas.

b. Identificación de puntos críticos. Se identificaron los puntos más críticos con relación a la sostenibilidad de la actividad de producción de frijol y para alcanzar el ideal construido de agricultura agroecológica, para las condiciones locales. Luego se priorizaron haciendo uso de porcentajes. Detectándose entre otros, que el mercado local, así como en la mayoría de los países, es incipiente, y el conocimiento de los consumidores sobre la producción orgánica es escaso.

c. Definición de indicadores de medición: De acuerdo con los puntos críticos más importantes para la sostenibilidad, priorizados por el grupo de agricultores, se

determinó el conjunto de indicadores a evaluar. Los indicadores se seleccionaron teniendo en cuenta su relación con los riesgos para la sostenibilidad y a la vez, incluyeron un número reducido de medidores para facilitar el ejercicio de evaluación.

Según Astier et al. (2008) Los indicadores deben ser definidos como variables que concedían información sobre la condición y/o tendencia de los atributos considerados como relevantes en el sistema. También, deben ofertar información para el proceso de toma de decisiones, dentro de los indicadores de sostenibilidad se trabajaron las dimensiones tecnológicas, socioculturales, económicas y ambientales.

7.4.2. ETAPA DE EVALUACIÓN:

a. Aplicación del sistema de indicadores. Se partió de realizar una encuesta de caracterización a una población significativa y representativa de los productores de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral, y luego de obtener una tipificación de los sistemas productivos de la zona, y generándose como resultado la presencia de productores convencionales, agroecológicos y en transición, se procedió a evaluar la sostenibilidad, mediante la identificación participativa de puntos críticos y posterior selección de los indicadores socioculturales, económicos, ecológicos y tecnológicos, a 3 agricultores por cada tipología.

7.4.3. ETAPA DE ANÁLISIS Y RETROALIMENTACIÓN:

a. Presentación y análisis de resultados. El sentido principal de la evaluación fue permitir un análisis comparativo, unas fincas con otras dentro de situaciones similares y hacer comparaciones generales entre sí (convencionales con agroecológicas). La mejor forma de hacer la interpretación de la información recolectada en la evaluación fue mediante recursos gráficos en donde se visualiza el comportamiento de cada uno de los indicadores según la tipología evaluada.

b. Ajuste de planes de trabajo. La evaluación permitió encontrar dónde están las mayores debilidades y avances para hacer nuevos planes de manejo en el

proceso de conversión de los sistemas productivos de fríjol, que conducen al mejoramiento del estado general de la sostenibilidad, estableciendo prioridades y detectando nuevos indicadores sensibles para el logro de la sostenibilidad.

7.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ETAPA DE PLANIFICACIÓN:

a. Caracterización de los sistemas productivos. Se realizó la caracterización de los sistemas productivos a nivel local, con una muestra significativa de 72 fincas, donde cultivan fríjol.

b. Identificación de puntos críticos. Se identificaron los puntos más críticos entre los problemas identificados, para lograr la sostenibilidad, y para alcanzar el ideal construido de agricultura sostenible, para las condiciones locales. Luego se priorizaron (tabla 8).

Tabla 8. Puntos críticos y porcentaje de prioridad para cada dimensión de la evaluación de sostenibilidad de los sistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral

DIMENSIÓN	PUNTOS CRÍTICOS	PORCENTAJE DE PRIORIDAD
AMBIENTAL	Preocupación de la calidad del agua en la zona	40
	Pérdida de suelo por manejo inadecuado	87
	Deterioro de la calidad del suelo	78
	Manejo de monocultivo	50
	Control químico de plagas	70
	Control químico de arvenses	83
	Área poco significativa de bosque en los predios	65
	Utilización de los residuos	90
SOCIO CULTURAL	Bajo apoyo institucional	81
	Baja capacidad de asociación	75
	Apoyo familiar	93
	Baja participación de la mujer	61
	Baja capacitación y acompañamiento en los procesos	73

	Problemas de seguridad en la región	60
ECONÓMICA	Frijol en monocultivo= mayor producción	77
	Diversidad de producción disminuye el rendimiento	85
	La producción debe contribuir a la seguridad alimentaria	100
	La contratación de mano de obra externa disminuye la rentabilidad del cultivo	89
	La rentabilidad de la finca no sostiene la familia	91
	Las ventas a los acopiadores les generan un precio más bajo	79
TECNOLÓGICA	Disminuir plaguicidas	72
	Disminuir fertilizantes	67
	Preferencia por monocultivos	74
	Erradicación de arvenses	82
	Faltan tratamientos para el aumento de materia orgánica en el suelo	95
	Eliminación química de la plaga	76
	Presencia del componente animal en el sistema	66
	Dar valor agregado a los productos	88

c. Definición de indicadores de medición: De acuerdo con los puntos críticos más importantes para la sostenibilidad, se determinó el conjunto de indicadores a evaluar.

Los indicadores fueron definidos como variables que producían información sobre la condición y/o tendencia de los atributos considerados como relevantes en el sistema. Además, generaron información para el proceso de toma de decisiones. Los indicadores de sostenibilidad que se trabajaron están incluidos dentro de las dimensiones tecnológicas, socioculturales, económicas y ambientales. (Astier et al. 2008, Sarandón 2002)

Se seleccionaron 37 indicadores: 10 para la dimensión sociocultural, 7 para la económica, 8 para la ambiental y 12 para la tecnológica. Para cada indicador se explica su objetivo y las consideraciones para el establecimiento de los rangos para su evaluación.

Dimensión social: Considera el acceso equitativo a los bienes de la naturaleza, tanto en términos intergeneracionales como intrageneracionales entre géneros y entre culturas, educación, productores y su grupo familiar.

También a escala del individuo, para atender a las necesidades básicas, que potencie la ocupación del campo y el desarrollo rural, que sea compatible con la preservación de la diversidad cultural, fomentando la equidad social del sistema (Sarandón 2002).

Dimensión medioambiental: Considera aquellos aspectos que tienen que ver con preservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad (Riechmann 1995).

Dimensión económica: Incluye a todo el conjunto de actividades humanas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, es decir, qué tan eficiente es la combinación de los recursos tierra, trabajo y capital. Incluye por lo tanto, todas las actividades relacionadas a la producción, costos, ingresos, beneficios, entre otros, de las empresas agrícolas a medio y largo plazo. Cada vez más las empresas asumen que para mantener la rentabilidad económica de sus actividades productivas es necesario contemplar nuevos conceptos de riesgo y de oportunidad, asociados a los aspectos medioambientales y al impacto social de la producción o a la calidad de las relaciones laborales, entre otras cuestiones (Valentín 2002).

En la dimensión sociocultural se seleccionaron los siguientes indicadores:

Composición familiar: El tamaño del grupo familiar refleja las posibilidades de apoyo para sus integrantes y para las actividades que estos desarrollan. En el presente caso se establecieron tres rangos posibles de tamaños de la familia, de acuerdo con el número de integrantes, 1-3, 4-6 y más de 6.

Participación de la mujer en la toma de decisiones: Con este indicador se evidenció el grado de empoderamiento de las mujeres y su participación en

condiciones de igualdad en los procesos de toma de decisiones. La evaluación del indicador se realizó clasificándola en tres niveles: baja, media y alta.

Tenencia de la tierra: La propiedad del predio por parte del campesino, representa un bien productivo, la posibilidad de garantizar buenas condiciones a nivel familiar y su identidad cultural. En la evaluación de este indicador se manejaron tres posibilidades: ser propietario, arrendatario y administrador.

Calidad de los servicios públicos: Por medio de este indicador se conoció, de manera general, el grado de satisfacción del campesino-productor con respecto a la calidad del agua obtenida del acueducto y la energía eléctrica suministrada por las Empresas Públicas de Medellín. La evaluación del indicador se realizó clasificando la calidad en tres niveles: baja, media y alta.

Organizaciones a las que pertenece: Este indicador buscó evaluar la capacidad de asociación del campesino, pues de esta manera es más resiliente y lo integra con la comunidad. Para su evaluación, se establecieron los rangos de ninguna, una y dos o más.

Modalidad de trabajo: En la evaluación de este indicador se utilizaron dos opciones: independiente o asociado para actividades del sistema productivo de frijol o complementarias.

Grado de formación: Este indicador permitió apreciar el nivel de educación recibida, por el campesino-productor entrevistado. Para su evaluación se emplearon los ciclos: primaria, secundaria y universitaria.

Asistencia técnica: En general, productores del municipio de El Carmen de Viboral, reciben asistencia técnica, por lo tanto, este indicador evalúa el tipo de profesional que la realiza, se incluyeron las categorías de técnico o tecnólogo y agrónomo/veterinario.

Capacitación: Este indicador evalúa si el productor ha tenido o no capacitaciones de temas agroecológicos.

Seguridad en la zona: Por medio de este indicador se evidenció la percepción de seguridad de los campesinos integrantes del grupo de trabajo y aunque en el municipio las autoridades gubernamentales afirman que no poseen problemas de orden público, ni de seguridad en la zona rural, son los campesinos los que perciben la realidad de esta situación. Para su evaluación se establecieron tres niveles: baja, media y alta.

En la dimensión económica se seleccionaron los siguientes indicadores:

Producción promedia del cultivo de frijol: Este indicador permitió evaluar la eficiencia productiva del campesino en el sistema productivo. Se establecieron tres rangos: Baja (menos de 1000 kilos /hectárea), media (entre 1000 y 1500 kilos /hectárea) y alta (más de 1500 kilos /hectárea),

Destino de la producción: Por medio de este indicador se evaluaron tres modalidades de destino del frijol, utilizadas por los campesinos del grupo de trabajo: autoconsumo, comercialización y combinados.

Mano de obra: Con este indicador se buscó identificar la tendencia en los sistemas productivos con respecto a la contratación de trabajadores para colaborar en las labores a realizar o si la mano de obra era de índole familiar. Para la evaluación de este indicador se establecieron tres rangos: familiar, contratada y ambos.

Diversidad de la producción: Desde el punto de vista económico, es fundamental conocer la dependencia de los campesinos por la unidad de producción en estudio y para ello se debe indagar por la existencia de otras unidades que los haga más resilientes ante un evento climático o de mercado. Para tal efecto se evaluaron tres alternativas: una sola unidad (el frijol), entre 2 y 3, y 4 o más unidades.

Origen de los ingresos: Este indicador evaluó de donde obtenía el productor sus ingresos, si sólo era de la finca, si era de otra actividad o de una combinación de ambas.

Sistema de comercialización: Fue importante conocer el tipo de comercialización

que el productor le daba a sus productos, pues ha sido un cuello de botella en las cadenas productivas y requiere ser fortalecido con organizaciones de productores. Los rangos establecidos en este indicador fueron: Acopiador, cooperativa y mercados agroecológicos.

En la dimensión tecnológica se seleccionaron los siguientes indicadores, teniendo en cuenta las labores que realizan los campesinos para conocer el tipo de sistema que poseen y qué tan lejos están del sistema agroecológico:

Policultivos: Con este indicador se determinó qué tan generalizado se encontraba el monocultivo de frijol entre los productores participantes. Para su evaluación se emplearon las categorías de: Sí o NO.

Tipo de abono utilizado: Esta es otra de las prácticas de manejo del subsistema que involucra una de las mayores utilidades de agroquímicos en el sistema y lo aleja significativamente de la sostenibilidad, para su evaluación se plantearon tres opciones: química, combinada y orgánica.

Control de plagas y enfermedades: Esta actividad es la responsable del mayor deterioro ambiental debido al alto uso de plaguicidas químicos, por tal motivo se seleccionó este indicador que emplea las categorías de: control químico, Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Agroecológico de Plagas (MAP).

Manejo de arvenses: Es necesario saber si el campesino las maneja o no y como es dicho manejo, el indicador se evaluó con los siguientes rangos: químico, manual y combinado.

Rotaciones de cultivo: Este indicador es importante en la medida en que se cortan ciclos de plagas al utilizar plantas de diversas familias en cada ciclo de cultivo. Los valores evaluados fueron Sí o NO los utiliza.

Índice de diversidad vegetal: La biodiversidad es un factor clave en cualquier arreglo vegetal que se este trabajando, pues da estabilidad al sistema por las funciones ecológicas que posee. El índice utilizado fue el de Shannon cuyos

rangos evaluados fueron, menos de 2, entre 2 - 3 y mayor a 3.

Presencia de materia orgánica: A partir de este indicador se puede conocer la salud de un suelo y por ende el desarrollo del sistema productivo de frijol. Los rangos evaluados fueron: alta, media y baja.

Actividad biológica del suelo: Este indicador se midió con presencia o no de microorganismos, usando el método de aplicar agua oxigenada a una porción de suelo.

Tipo de labranza: Del laboreo que se lleva a cabo en el suelo, depende su fertilidad, la cantidad de materia orgánica y de microorganismos, por tal motivo es importante conocer este indicador. Los valores evaluados fueron: Labranza mínima, intermedia o intensiva.

Prepara los abonos: La preparación de los abonos en la finca es un indicador que evidencia y garantiza la calidad del abono utilizado, la fertilidad del suelo y la retroalimentación del sistema con el uso de los residuos.

Componente animal en el sistema: Este indicador asegura mayor sostenibilidad en la finca, porque provee a la familia de seguridad alimentaria diversa y a los sistemas productivos de abono orgánico. Se evaluó su presencia o no en el sistema.

Valor agregado del producto: El darle valor agregado a los productos que salen de la finca, puede mejorar los ingresos considerablemente, valorizando los productos y logrando jugar con el mercado. Los rangos evaluados fueron: se le da valor a agregado a todos los productos, algunos productos o a ningún producto.

En la dimensión ambiental los indicadores evaluados fueron:

Calidad del agua: Este es un indicador de vital importancia para el crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol. Y teniendo en cuenta su relevancia se evaluó clasificándola en tres niveles: mala, regular y buena.

Calidad del suelo: Un suelo de buena calidad permite obtener cultivos sanos y con altos rendimientos, brindando estabilidad y resiliencia a todo el sistema finca. Este indicador está definido por las propiedades físico-químicas del suelo, el nivel de fertilidad y presencia de los organismos biológicos. Esto permitió evaluar cada sistema de estudio en tres rangos: malo, regular y bueno.

Nivel de erosión del suelo: Tan importante como evaluar la calidad del suelo es conocer también la pérdida del mismo, por tal razón medir la erosión complementa positivamente el conocimiento del recurso suelo. Los rangos de medida fueron: alta, media y baja.

Manejo de cultivos multiestrato: Los doceles de las plantas sirven para proveer de sombra, producir biomasa y ser una fuente diversa de ingresos y alimentos. Su presencia garantiza además diversidad de sistemas radiculares que favorecen el aprovechamiento del suelo y su agua. Se evaluó con la presencia o no.

Aplicación de plaguicidas: Esta práctica de la revolución verde, afecta de manera negativa el ambiente, el suelo y el agua, de ahí la importancia de saber en que medida el productor aun la utiliza y con que frecuencia. En los rangos se evaluó el uso SÍ o NO.

Aplicación de herbicidas: Las arvenses, aún llamadas erróneamente malezas, son un indicador importante como hábitat de enemigos naturales, repelentes, alelopáticos y cortar ciclos de plagas, un buen manejo de arvenses favorece la sostenibilidad en la finca, contrario a lo que sucede con el uso de herbicidas que contaminan el suelo y el agua, los rangos de evaluación fueron: SÍ o NO aplica herbicidas

Porcentaje de área en bosque: El contar con este indicador en la finca, asegura proveer de agua de nacimiento, ser pulmon natural, tener biomasa que ingrese

como insumo al ciclo de la materia orgánica, los valores evaluados fueron: 0%, 1%-5% y mayor al 5%.

Uso eficiente de residuos: Un sistema se reconoce como tal por la retroalimentación que se genera al interior de él, este indicador evidencia la sostenibilidad de los sistemas productivos, cuando todo lo que sale como residuo, vuelve a ser utilizado, los rangos de evaluación fueron: SÍ o NO hay uso eficiente de residuos.

Para construir la escala de medición, se propuso una escala de uno a tres, siendo uno el nivel menos deseable en ese aspecto para la sostenibilidad, dos el punto crítico extremo y tres el nivel óptimo o deseable para el mismo indicador.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

a. Aplicación del sistema de indicadores. Se partió de realizar una encuesta de caracterización a una población significativa y representativa de los productores de frijol en el municipio de El Carmen de Viboral, y luego de obtener una tipificación de la zona, y generándose como resultado la presencia de productores convencionales, agroecológicos y en transición, se procedió a evaluar la sostenibilidad, mediante la aplicación de una encuesta (tabla 9) de medición de los indicadores socioculturales, económicos, ecológicos y tecnológicos, a dos agricultores por cada tipología.

Tabla 9: Encuesta de evaluación de sostenibilidad de los sistemas de producción de frijol en el municipio de El Carmen de Viboral departamento de Antioquia

VEREDA:	FECHA
LOCALIZACIÓN Y NOMBRE DE LA FINCA:	
NOMBRE DEL ENCUESTADO:	

DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL			
Tipo de tenencia en la finca	Administrada	Arrendada	Propia
Composición familiar	1-3	4-6	Más de 6
Grado de formación	Primaria	Secundaria	Universitaria

Participación de la mujer	Baja	Media	Alta
En cuantas organizaciones participa	Ninguna	Una	Dos o más
Modalidad de trabajo	Independiente	Otro	Asociado
Recibe asistencia técnica	No	-	Sí
Ha recibido algún tipo de capacitación	No	-	Sí
Seguridad en la zona	Baja	Media	Alta
Calidad de servicios públicos	Malos	Regulares	Buenos
DIMENSIÓN TECNOLÓGICA			
Policultivos	No	-	Sí
Manejo de arvenses	Químico	Combinado	Manual
Rotaciones de cultivo	No	-	Sí
Índice de Diversidad Vegetal (Shannon)	Menos de 2	2 – 3	Más de 3
Presencia de materia orgánica	Baja	Media	Alta
Actividad biológica del suelo	Baja	Media	Alta
Tipo de labranza	Intensiva	Intermedia	Minima/Cero
Qué tipo de abono utiliza	Químico	Ambos	Orgánico
Preparación de abonos	No	-	Sí
Control de plagas y enfermedades	Químico	MIP	MAP
Componente animal en el sistema	No	-	Sí
Valor agregado del producto	No	Pocos productos	Muchos productos
DIMENSIÓN AMBIENTAL			
Calidad del agua	Mala	Regular	Buena
Calidad del suelo	Mala	Regular	Buena
Nivel de erosión del suelo	Alta	Media	Baja
Manejo de cultivos multiestrato	No	-	Sí
Aplicación de plaguicidas	Sí	-	No
Aplicación de herbicidas	Sí	-	No
Porcentaje de área en bosque	0%	1 – 5 %	Mayor al 5%
Uso eficiente de residuos	No	-	Sí
DIMENSIÓN ECONÓMICA			
Producción promedio del cultivo de frijol	Menos de 1000k/Ha	1000 kilos/Ha	Más de 1000k/Ha
Diversidad de la producción	1 unidad	Entre 2-3	4 ó más
LER o UET	Menor de 1	1	Mayor a 1
Destino de la producción	Comercialización	Autoconsumo	Combinado
Tipo de Mano de obra	Contratada	Ambas	Familiar

Origen de los ingresos	De la finca	Otra actividad	Ambas
Sistema de comercialización	Al Acopiador	Cooperativa	Mercados Agroecológicos

ETAPA DE ANÁLISIS Y RETROALIMENTACIÓN:

a. Presentación y análisis de resultados. El propósito principal de la evaluación fue permitir realizar un análisis comparativo de unas fincas con otras dentro de situaciones similares (convencionales con convencionales), y hacer comparaciones generales entre sí (convencionales con agroecológicas). La mejor forma de hacer la interpretación de la información recolectada en la evaluación fue mediante recursos gráficos en donde se visualiza el comportamiento de cada uno de los indicadores según la tipología evaluada.

b. Ajuste de planes de trabajo. La evaluación permitió encontrar los indicadores correspondientes a las mayores debilidades y así como a los principales avances para hacer nuevos planes de manejo en el proceso de conversión de los sistemas productivos de frijol, que conducen al mejoramiento del estado general de la sostenibilidad, estableciendo prioridades y detectando nuevos indicadores sensibles para el logro de la sostenibilidad.

Los resultados de la evaluación de los indicadores de sostenibilidad con las dimensiones sociocultural, ambiental, económica y tecnológica de los campesinos-productores del municipio de El Carmen de Viboral que participaron en la investigación, se presenta en las siguientes tablas y gráficas

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN FINCAS CONVENCIONALES

Tabla 10: Evaluación de la sostenibilidad en fincas convencionales

DIMENSIÓN	INDICADOR	FABIO	JESÚS	ARNOLDO
SOCIOCULTURALES	Tipo de tenencia de la finca	3	3	1
	Composición familiar	2	1	2
	Grado de formación	1	1	1
	Participación de la mujer	2	2	1
	En cuántas organizaciones participa	2	1	1
	Modalidad de trabajo	1	1	1
	Recibe asistencia técnica	3	1	3

	Ha recibido algún tipo de capacitación	1	1	1
	Seguridad en la zona	3	3	3
	Calidad de servicios públicos	3	3	3
TECNOLÓGICOS	Policultivos	1	1	1
	Manejo de arvenses	1	2	1
	Rotaciones de cultivos	3	3	1
	Índice de diversidad vegetal	1	1	1
	Presencia de materia orgánica	2	1	1
	Actividad biológica del suelo	2	1	1
	Tipo de labranza	2	2	1
	Qué tipo de abono utiliza	1	2	1
	Preparación de abonos	1	1	1
	Control de plagas y enfermedades	1	1	1
	Componente animal en el sistema	1	1	1
	Valor agregado del producto	1	1	1
AMBIENTALES	Calidad del agua	3	3	3
	Calidad del suelo	2	2	1
	Nivel de erosión del suelo	2	2	1
	Manejo de cultivos multiestrato	1	1	1
	Aplicación de plaguicidas	1	1	1
	Aplicación de herbicidas	1	1	1
	Porcentaje área en bosque	2	1	2
	Uso eficiente de residuos	1	1	1
ECONÓMICOS	Diversidad de la producción	2	1	1
	Destino de la producción	3	3	1
	Tipo de mano de obra	1	2	1
	Origen de los ingresos	1	1	3
	Sistema de comercialización	1	1	2

En la tabla 10 se evidencia, como en la agricultura convencional se ven afectados los sistemas productivos. Los tres agricultores convencionales encuestados coincidieron en puntos como el bajo nivel de escolaridad, la utilización de mano de obra contratada, la falta de interés por las capacitaciones, el manejo de monocultivos, la baja diversidad vegetal con que cuentan en sus predios, la utilización de productos químicos en la fertilización y en el control de plagas y enfermedades, para estos controles generalmente utilizan productos químicos de nivel toxicológico I aplicados en forma indiscriminada. Por otro lado, los suelos de estos predios analizados, presentan bajos contenidos de materia orgánica y actividad biológica baja. Se evidencian también, como lo sostienen en sus investigaciones Yanggen et al. (2003), Gliessman et al. (2007), la falta de

capacitaciones en el manejo de agroquímicos, y la inconsciencia por parte de las personas encargadas de aplicarlos del riesgo que la toxicidad de dichos productos, pudiendo presentar síntomas como dolores de cabeza, mareos, debilidad muscular, vómitos, visión borrosa, irritaciones hasta enfermedades crónicas y la muerte (Altieri 1999, Yanggen et al. 2003; Chirinos y Geraud-Pouey 2011), y los residuos que quedan en los cultivos, afectando también al consumidor final (Cerisola y Dominguez 1998, Chirinos y Geraud-Pouey 2011).

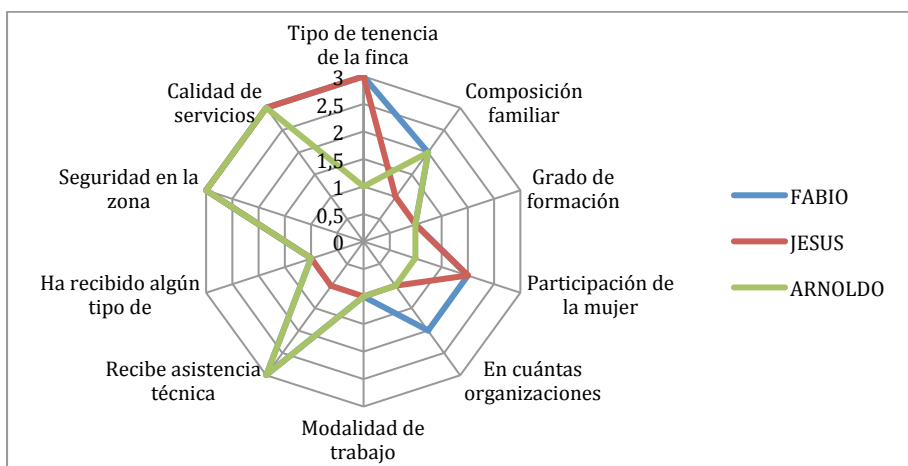


Figura 24: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas convencionales

La participación de la mujer en la toma de decisiones a nivel productivo, es realmente bajo (Figura 24), esta se limita a servir en la casa y a apoyar en las labores que los hombres crean concernientes, así como la falta de interés en recibir capacitaciones que puedan enseñarles formas alternativas de cultivar, así como el no pertenecer a grupos en los que interactúe con otros productores, son características que priman en este grupo de productores.

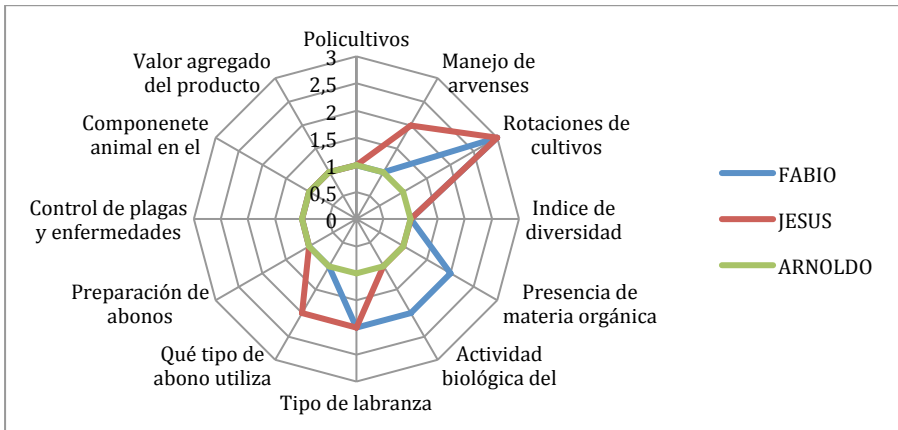


Figura 25: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas convencionales

La figura 25 muestra el comportamiento de los sistemas productivos de frijol, analizando indicadores como el uso de policultivos, donde como se esperaba, ninguno de los productores los maneja, es decir, sólo tienen en cuenta una variedad y lo confirma el índice de diversidad donde se obtuvo valores bajos, de igual manera, la presencia de materia orgánica es pobre y no preparan abonos en la finca, aunado a la falta de animales que garanticen desechos para compostar. La labranza intensiva, presente en estos sistemas, promueven pérdidas importantes de suelos debido a la erosión (Gliessman 1998, Altieri 1999, Giraldo y Valencia 2010), acelerada por el monocultivo, que requiere suelos sin cobertura vegetal (Gliessman 1998, Espinoza et al. 2007), evidenciándose la pérdida de fertilidad del mismo (Altieri 1999, Silveti 2011).

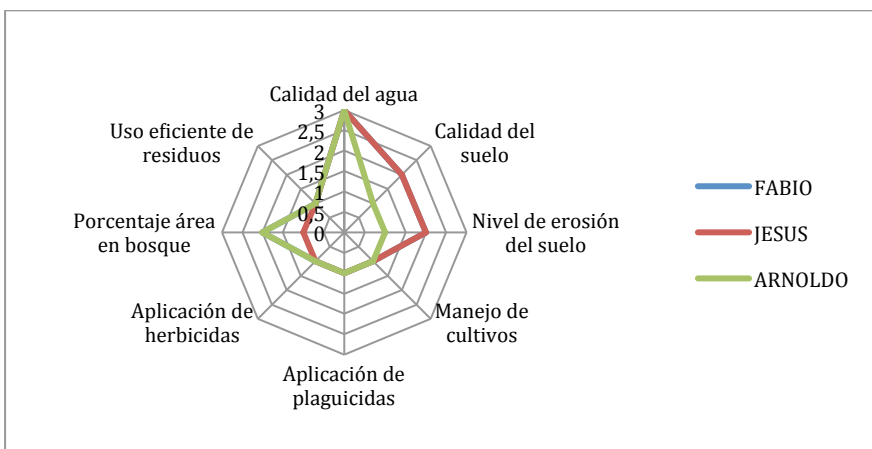


Figura 26: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas convencionales

La utilización de riego es otra práctica que se evidenció, pues aunque utilizan el agua del acueducto para usos en la vivienda, para el cultivo utilizan el agua proveniente de los acuíferos, causando contaminación (Figura 26), principalmente por los lixiviados, como lo explica Gliessman (1998), y otros (Altieri 1999, Brown y Reyes 2003, Copatti et al. 2009).en esta práctica usan más agua de la que requiere el cultivo, excedente que se pierde por la evapotranspiración y escorrentía, que a la vez va contaminada con los fertilizantes y/o plaguicidas sintéticos que usa el productor para sus sistemas productivos, dejando de pensar en las generaciones futuras. (Altieri, 1999, Maldonado, 1985).

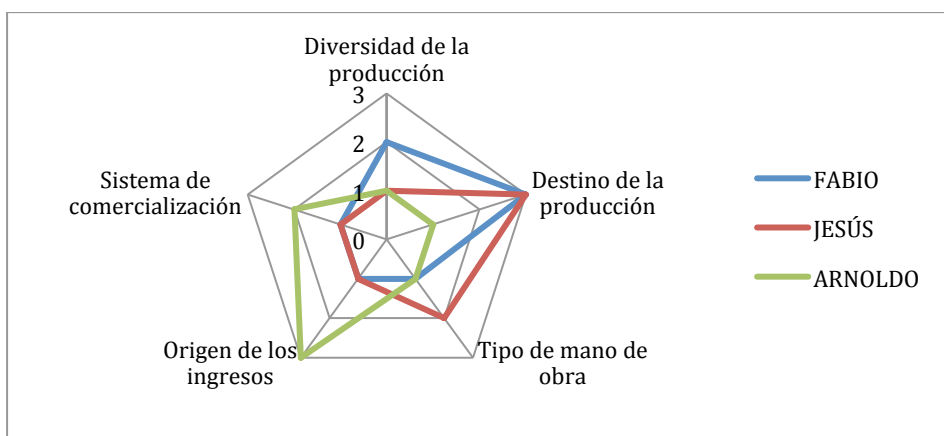


Figura 27 : Gráfica de la dimensión económica de fincas convencionales

En cuanto a la dimensión económica (Figura 27), los tres agricultores coinciden en especializar el suelo a pocos cultivos, lo que favorece la proliferación de plagas y enfermedades, debiendo utilizar dosis altas de productos químicos para su control, y aumentando con esto, los costos de producción, con el aumento de mano de obra contratada. Más del 90% de la producción es destinada a la comercialización, y no todos la emplean para el autoconsumo.

Tabla 11: Evaluación de la sostenibilidad en fincas en transición

DIMENSIÓN	INDICADOR	BEATRIZ	FANNY	NATALIA
SOCIOCULTURALES	Tipo de tenencia de la finca	3	3	2
	Composición familiar	2	1	2
	Grado de formación	3	3	3
	Participación de la mujer	3	3	3
	En cuántas organizaciones participa	2	2	2
	Modalidad de trabajo	1	3	2

	Recibe asistencia técnica	1	3	1
	Ha recibido algún tipo de capacitación	3	3	3
	Seguridad en la zona	3	3	3
	Calidad de servicios públicos	3	3	3
TECNOLÓGICOS	Policultivos	3	3	3
	Manejo de arvenses	3	3	3
	Rotaciones de cultivos	3	3	3
	Índice de diversidad vegetal	2	2	2
	Presencia de materia orgánica	2	2	2
	Actividad biológica del suelo	2	3	2
	Tipo de labranza	3	3	2
	Qué tipo de abono utiliza	3	3	3
	Preparación de abonos	3	3	3
	Control de plagas y enfermedades	3	3	3
	Componente animal en el sistema	3	1	3
	Valor agregado del producto	1	2	2
AMBIENTALES	Calidad del agua	3	3	3
	Calidad del suelo	2	3	2
	Nivel de erosión del suelo	3	3	2
	Manejo de cultivos multiestrato	3	3	3
	Aplicación de plaguicidas	3	3	3
	Aplicación de herbicidas	3	3	3
	Porcentaje área en bosque	1	2	2
	Uso eficiente de residuos	3	3	2
ECONÓMICOS	Diversidad de la producción	2	3	2
	Destino de la producción	2	3	3
	Tipo de mano de obra	3	1	2
	Origen de los ingresos	2	3	2
	Sistema de comercialización	1	3	1
	Producción	2	2	2
	LER	2	2	2

En este grupo de agricultura en transición (Tabla 11), se evidencian algunas prácticas de agricultura con enfoque agroecológico, puesto que ellos mezclan diferentes alternativas de producción en función de obtener un mejor rendimiento de sus cultivos y dependiendo siempre de sus capacidades de adquisición, conocimientos y estrategias de mercado (Gliessman 1998, Clavijo 2006;).

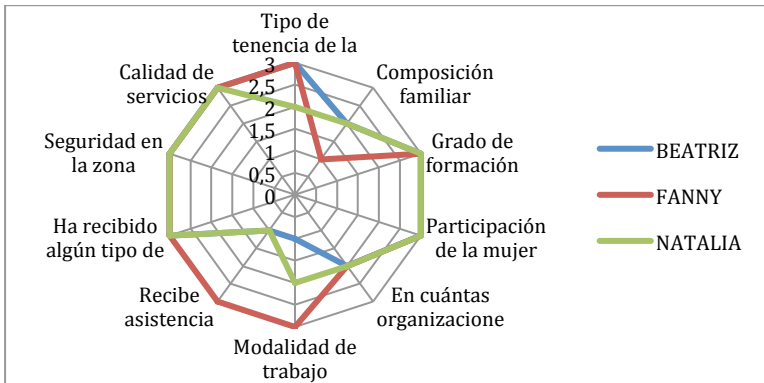


Figura 28: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas en transición

Entre las prácticas agroecológicas más predominantes están el interés por recibir capacitaciones (Figura 28), la alta participación de la mujer en la toma de decisiones a nivel productivo, la formación que presentan los agricultores encuestados, y la participación en organizaciones.

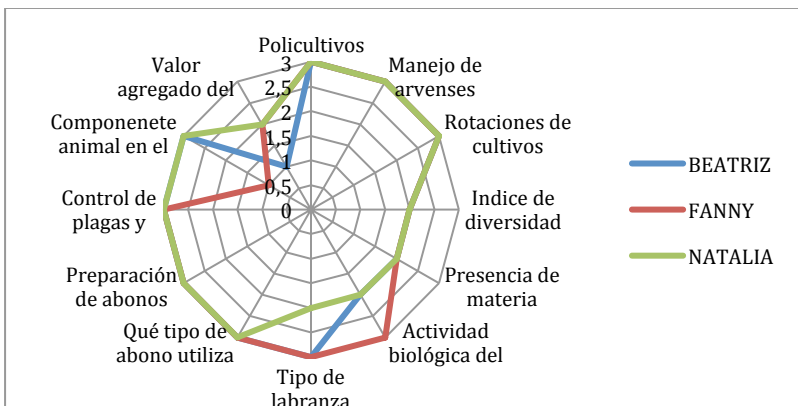


Figura 29: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas en transición

La etapa de transición de agricultura convencional a agroecológica, se fundamenta en el mejoramiento de la calidad del suelo, característica que se ha ido mejorando, y la diversidad de la biota edáfica, gracias a la diversificación de la vegetación (Altieri y Nicholls 2007b), de esta manera se presencia mayor actividad biológica (Figura 29), en los predios de agricultura agroecológica que en los convencionales, evidenciándose además que empieza a existir una entomofauna benigna dentro del agroecosistema.

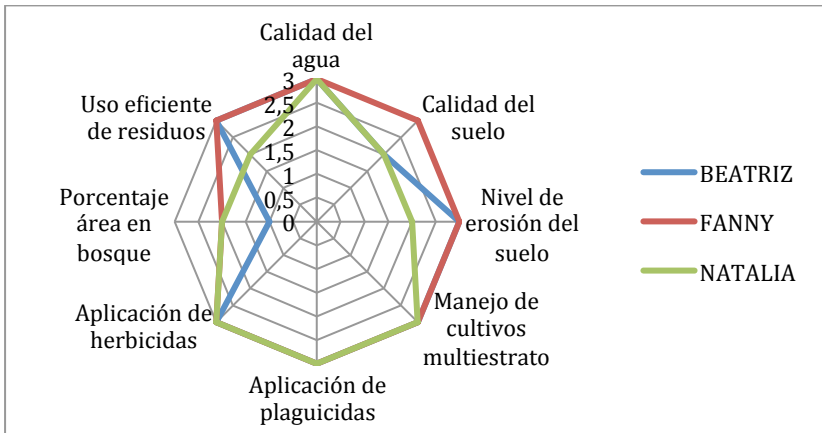


Figura 30: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas en transición

Según las etapas que propone el protocolo de clasificación diseñado por Clavijo (2006) con base en los aportes de Gliessman y Rosemeyer (2010), se puede saber en qué nivel de la agricultura de transición está cada productor, encontrando a este grupo de agricultores ubicado en la etapa de sustitución, en la que el uso de los insumos sintéticos es bajo, y se aplica el manejo integrado de plagas con productos orgánicos no tóxicos para los organismos benéficos ni para el medio ambiente, usan biopreparados para prevenir y después de evaluar umbrales económicos de plagas, en algunas ocasiones refuerzan con plaguicidas; en la fertilización de suelos usan mezcla de fertilizantes químicos con abonos de tipo orgánico aplicados según el requerimiento del cultivo y después de un análisis de suelos (Figura 30), para desyerbar los cultivos en este nivel el productor reduce el uso de herbicidas e inicia desyerbas mecánicas o manuales sólo en períodos críticos.

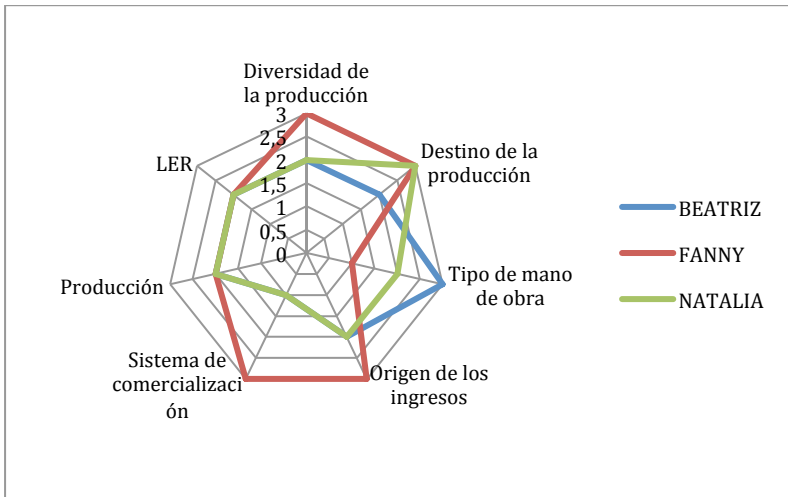


Figura 31: Gráfica de la dimensión económica de fincas en transición

En la Figura 31 de la dimensión económica se observa una marcada diferencia en cuanto al sistema de comercialización, obteniendo las agricultoras Beatriz y Natalia, un valor mínimo, ya que toda la producción es llevada al acopiador, y Fanny, un valor máximo de tres por vender en mercados especializados; se presentan también diferencias en el tipo de mano de obra, el destino de la producción y el origen de los ingresos. Lo que denota que si bien ninguno de los productores, cada una adopta todas las prácticas agroecológicas, por lo menos aplican algunas, teniendo en cuenta su contexto y los recursos con los que cuentan.

FINCAS AGROECOLÓGICAS

Tabla 12: Evaluación de la sostenibilidad en fincas agroecológicas

DIMENSIÓN	INDICADOR	ISRAEL	ADRIANA	DAVID
SOCIOCULTURALES	Tipo de tenencia de la finca	3	3	3
	Composición familiar	2	1	2
	Grado de formación	3	3	3
	Participación de la mujer	3	3	3
	En cuántas organizaciones participa	3	3	2
	Modalidad de trabajo	3	3	3
	Recibe asistencia técnica	3	1	3
	Ha recibido algún tipo de capacitación	3	3	3
	Seguridad en la zona	3	3	3
	Calidad de servicios públicos	3	3	3
TECNOLÓGICOS	Policultivos	3	3	3
	Manejo de arvenses	3	3	3
	Rotaciones de cultivos	3	3	3
	Índice de diversidad vegetal	3	3	2
	Presencia de materia orgánica	3	3	2
	Actividad biológica del suelo	3	3	2
	Tipo de labranza	3	3	3
	Qué tipo de abono utiliza	3	3	3
	Preparación de abonos	3	3	3
	Control de plagas y enfermedades	3	3	3
	Componente animal en el sistema	3	3	3
	Valor agregado del producto	3	3	3
AMBIENTALES	Calidad del agua	3	3	3
	Calidad del suelo	3	3	3
	Nivel de erosión del suelo	3	3	2
	Manejo de cultivos multiestrato	3	3	3
	Aplicación de plaguicidas	3	3	3
	Aplicación de herbicidas	3	3	3
	Porcentaje área en bosque	3	3	2
	Uso eficiente de residuos	3	3	3
ECONÓMICOS	Diversidad de la producción	3	3	3
	Destino de la producción	3	3	3
	Tipo de mano de obra	3	2	3
	Origen de los ingresos	3	3	2
	Sistema de comercialización	3	3	3
	Producción	3	3	3
	LER	3	2	3

Este grupo de productores (Tabla 12), se caracteriza por llevar ya varios años implementando labores agronómicas limpias, comprometidos con la consecución

de un ambiente sano, familiarizados y con confianza en alternativas tecnológicas que no ponen en riesgo (principalmente desde el punto de vista económico) su producción. En las gráficas se puede evidenciar que algunos de los productores no se alcanzan a observar, debido a que sus prácticas culturales son bastante homogéneas.

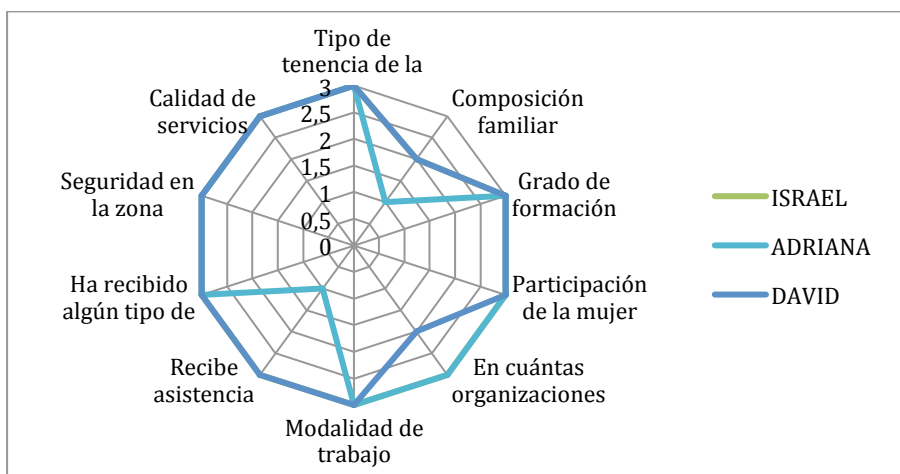


Figura 32: Gráfica de la dimensión sociocultural de fincas agroecológicas

En la Figura 32, dos de los tres productores encuestados, obtuvieron el máximo nivel en la dimensión sociocultural, ya que poseen finca propia, la participación de la mujer es relevante, les interesa pertenecer a varios grupos en los cuales se retroalimenten y capacitarse constantemente.

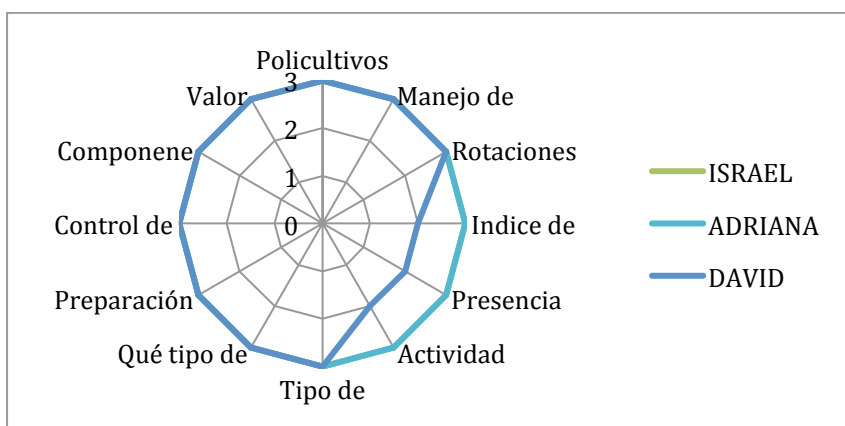


Figura 33: Gráfica de la dimensión tecnológica de fincas agroecológicas

Sólo uno de los agricultores presenta en su predio índice de diversidad vegetal, contenido de materia orgánica y actividad biológica de suelo, un poco más bajas que los demás (Figura 33), pero esto debido a que no cuenta aún con las características de un suelo ideal, a causa de los muchos años en que fue sometido a la aplicación de insumos químicos, pues su recuperación ha sido la más lenta.

El control de la vegetación espontánea se realiza a través del deshierbe manual asociado a rotaciones de cultivos y a la utilización de rastrojos de cobertura vegetal. Los aportes externos se ven más como activadores de la dinámica biológica del suelo, que como fertilizantes propiamente dichos.

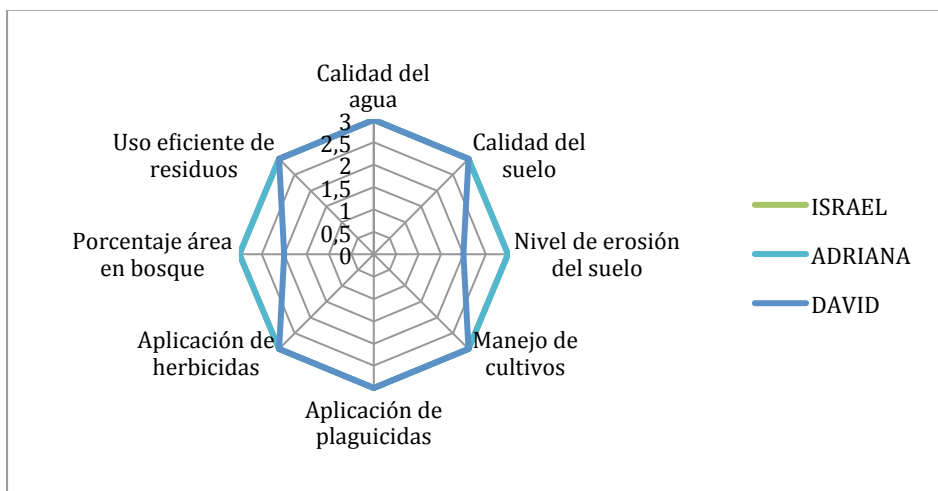


Figura 34: Gráfica de la dimensión ambiental de fincas agroecológicas

Gliessman y Rosemeyer (2010), proponen cómo evaluar si un agroecosistema es sostenible, con una serie de items aplicados en la dimensión ambiental (Figura 34), y los 3 agricultores cumplen con todos ellos, los puntos evaluados son: 1) Un mínimo efecto negativo en el ambiente, esto implica no liberar sustancias tóxicas a corrientes de agua o a la atmósfera, 2) preservar la fertilidad del suelo y evitar la erosión, 3) utilizar el agua de manera racional para que pueda ser usada tanto por los seres humanos como por el ecosistema, 4) reemplazo del uso de insumos externos por un mejor ciclaje de nutrientes dentro del agroecosistema, 5) valorar y

conservar la biodiversidad no sólo en ecosistemas naturales o silvestres sino también en sistemas intervenidos como el caso de los cultivos, 6) garantizar la igualdad en el acceso a las prácticas agrícolas y a la vez permitir el control local de los recursos de uso agrícola.

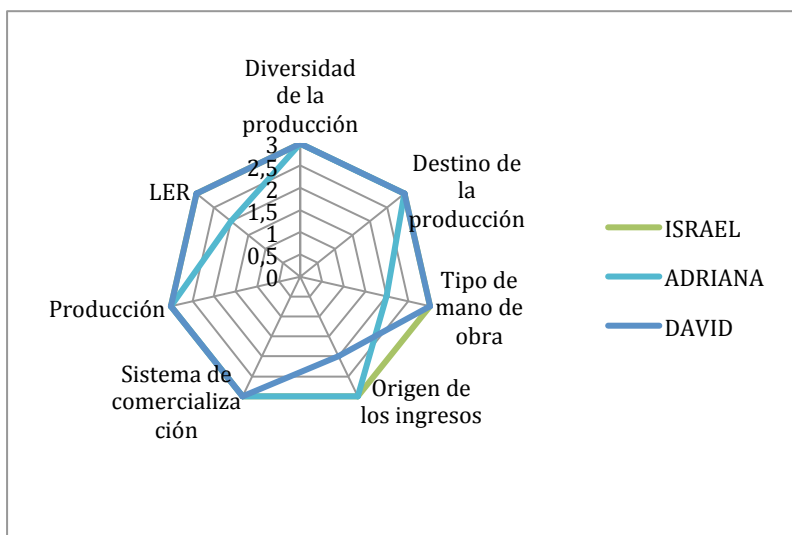


Figura 35: Gráfica de la dimensión económica de fincas agroecológicas

La agricultura agroecológica no da resultados inmediatos, pero su implementación va beneficiando el entorno, y esto a largo plazo, dará mejores dividendos y contribuirá a la sostenibilidad del sistema. El elevado número de especies cultivadas (Figura 35) también muestra ser un importante generador de rentas diversificadas.

Tabla 13: Comparación de la sostenibilidad entre fincas agroecológicas, en transición y convencionales

DIMENSIÓN	INDICADOR	AGROECOLÓGICO	TRANSICIÓN	CONVENCIONAL
SOCIOCULTURALES	Tipo de tenencia de la finca	3	2	1
	Composición familiar	2	2	2
	Grado de formación	3	3	1
	Participación de la mujer	3	3	1
	En cuántas organizaciones participa	3	2	1
	Modalidad de trabajo	3	2	1
	Recibe asistencia técnica	3	1	3
	Ha recibido algún tipo de capacitación	3	3	1
	Seguridad en la zona	3	3	3

	Calidad de servicios públicos	3	3	3
TECNOLÓGICOS	Policultivos	3	3	1
	Manejo de arvenses	3	3	1
	Rotaciones de cultivos	3	3	1
	Índice de diversidad vegetal	3	2	1
	Presencia de materia orgánica	3	2	1
	Actividad biológica del suelo	3	2	1
	Tipo de labranza	3	2	1
	Qué tipo de abono utiliza	3	3	1
	Preparación de abonos	3	3	1
	Control de plagas y enfermedades	3	3	1
	Componente animal en el sistema	3	3	1
	Valor agregado del producto	3	2	1
AMBIENTALES	Calidad del agua	3	3	3
	Calidad del suelo	3	2	1
	Nivel de erosión del suelo	3	2	1
	Manejo de cultivos multiestrato	3	3	1
	Aplicación de plaguicidas	3	3	1
	Aplicación de herbicidas	3	3	1
	Porcentaje área en bosque	3	2	2
	Uso eficiente de residuos	3	2	1
ECONÓMICOS	Diversidad de la producción	3	2	1
	Destino de la producción	3	3	1
	Tipo de mano de obra	3	2	1
	Origen de los ingresos	3	2	3
	Sistema de comercialización	3	1	2
	Producción	3	2	2
	LER	3	2	1

La tabla 13, donde se comparan las 3 tipologías halladas en los sistemas productivos de El Carmen de Viboral, muestra las diferencias en cada uno de los indicadores evaluados, lo que se traduce en sostenibilidad o insostenibilidad de la finca, confirmando como los paquetes tecnológicos proporcionados por la agricultura convencional, siguen privilegiando el uso de monocultivos, ignorando la estrategia de uso múltiple del suelo manejada por los campesinos (Krishnamurthy y Gómez 2002). Sin embargo, la agricultura convencional sigue en la búsqueda de productividad y cada vez más los agricultores pierden autonomía quedando más dependientes de insumos externos y del mercado.

Los resultados de la transición evidencian medianamente las mejoras y cambios en el manejo del sistema productivo de frijol, por el uso de prácticas que afectan menos el ambiente de manera negativa, confirmando lo dicho por Müller et al. (2004), cuando menciona que para la transición agroecológica es necesario que los agricultores y sus comunidades tengan un espacio garantizado y privilegiado, tanto en la discusión y diagnóstico de su problemática, como también en las decisiones y en la evaluación de los resultados. Pues se trata, fundamentalmente, de crear las condiciones necesarias para que los agricultores sean los sujetos de su propio desarrollo, garantizando la sustentación de las acciones, resultado que obtienen los sistemas productivos en transición con la mezcla de prácticas agroecológicas y convencionales.

La transición empieza por la difusión informal campesino a campesino, tan pronto como el agricultor determina una tecnología que le convence o le gusta a nivel de los ensayos; sin embargo, en ocasiones, hay un rechazo de los agricultores por la propuesta agroecológica, pues en su percepción hay riesgos, y demanda mayor cantidad de mano de obra (Ferreira 2009).

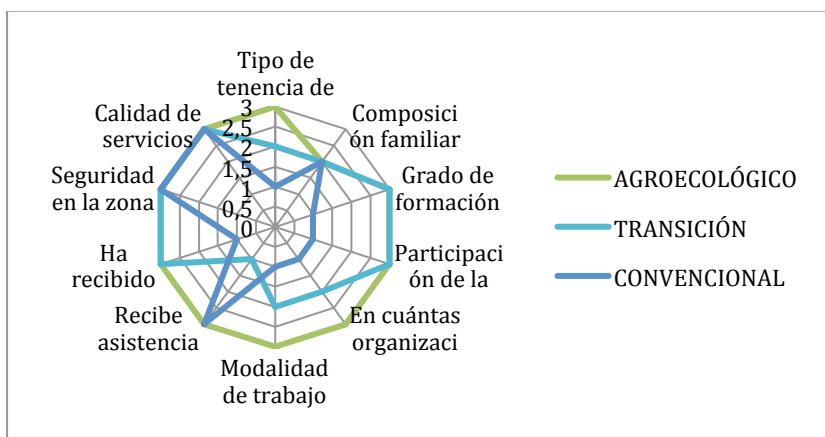


Figura 36: Gráfica de la dimensión sociocultural en fincas agroecológicas, en transición y convencionales

Las figuras 36, 37, 38 y 39 evidencian gráficamente el comportamiento de cada uno de las tipologías agrícolas en las dimensiones sociocultural, tecnológica,

ambiental y económica en El Carmen de Viboral, donde los convencionales en cada uno de los indicadores evaluados muestra insostenibilidad por el uso de prácticas como el monocultivo, plaguicidas, fertilizantes químicos, poca participación de la mujer y baja asistencia a capacitaciones, con productores agroecológicos que muestran sostenibilidad en todas las dimensiones con el uso de policultivos, abonos orgánicos, alta participación de la mujer, asistencia frecuente a capacitaciones y protegiendo el suelo y el grupo en transición donde combinan manejo agroecológico y manejo convencional, con sostenibilidad media. Así Campanhola y Graziano da Silva (2000) consideran que, lo que es sostenible en un país o región en un determinado período de tiempo y en un cierto proceso de desarrollo, no necesariamente será sostenible en otro. El contexto debe ser caracterizado y las iniciativas de sostenibilidad deben ser adaptadas a las necesidades y capacidades particulares, además de la necesidad de considerar las interacciones con los sistemas externos, pues el que es sostenible aisladamente puede no ser cuando está sujeto a fuertes interferencias externas. En definitiva, la sostenibilidad debe ser vista como un concepto universal y no negociable en cuanto a sus objetivos, pero sin un modelo o criterios únicos, ya que puede ser alcanzada por medio de muchos caminos y con diferentes etapas, sectores y estadios de desarrollo.

Desde la dimensión sociocultural y siguiendo las palabras de Carmo (1998), la producción familiar con sus características de diversificación e integración de actividades vegetales y animales, y por trabajar en menor escala, representa el modelo ideal al desarrollo de una agricultura ambientalmente sostenible.

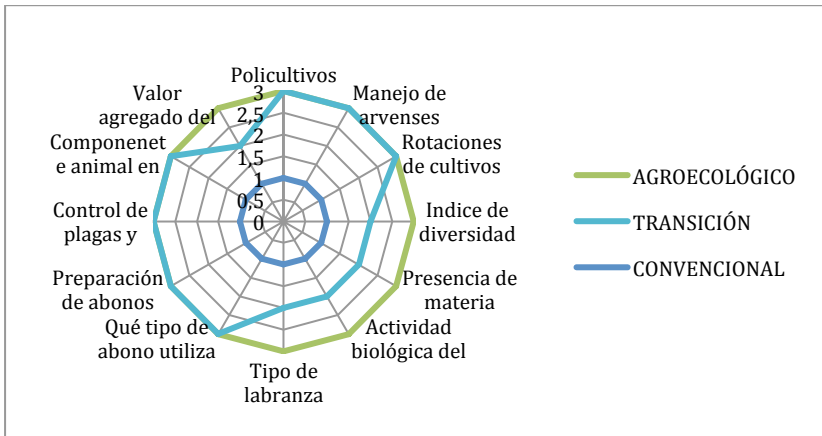


Figura 37: Gráfica de la dimensión tecnológica en fincas agroecológicas, en transición y convencionales

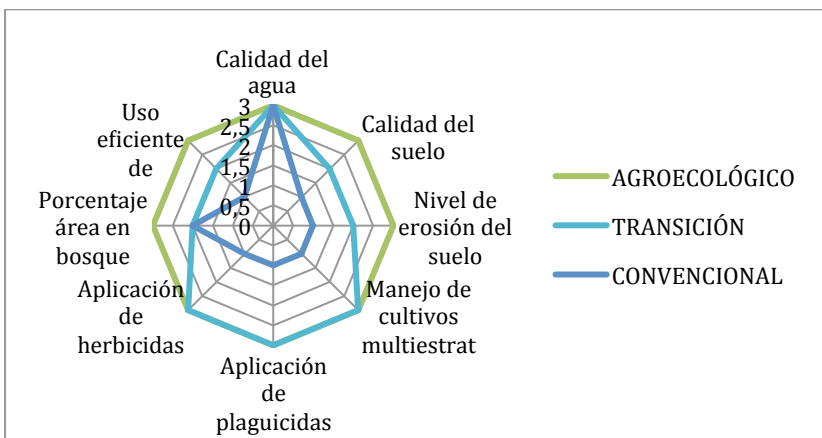


Figura 38: Gráfica de la dimensión ambiental en fincas agroecológicas, en transición y convencionales

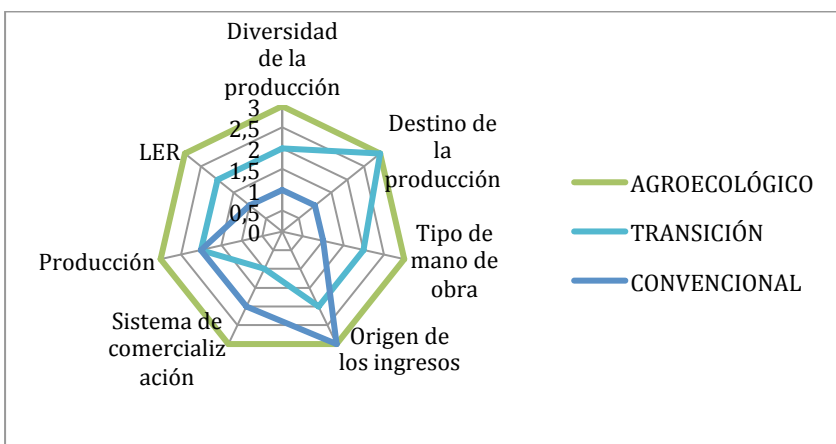


Figura 39: Gráfica de la dimensión económica en fincas agroecológicas, en transición y convencionales

Altieri (1989) menciona que los policultivos generan dieta diversificada, ingresos extra, estabilidad de la producción, disminución de riesgos, reducción de la incidencia de insectos y enfermedades, y eficiencia de la mano de obra (control del barbecho). De esa forma, puede obtener mejores retornos con baja dependencia de insumos externos.

La agroecología requiere de un considerable nivel de conocimiento relacionado al funcionamiento y las interacciones de los procesos naturales. El interés en aprender sobre estas interacciones para mantener y promover la cosecha es esencial para una agricultura orgánica exitosa.

Es importante para los agricultores que deseen la conversión agroecológica de su producción, intercambiar conocimientos con otros agricultores de su región que ya participen en este tipo de agricultura, ya que algunos de ellos pueden estar más especializados en la producción de compost y en abonos verdes, pues aprender de campesino a campesino permite adquirir experiencia de primera mano sobre las condiciones locales, los posibles beneficios y desafíos relacionados con la aplicación del manejo agroecológico y reconocer que los sistemas productivos de frijol convencionales sólo sustituyen, unos cuantos nutrientes fundamentales en el suelo, agotando la fertilidad, con uso excesivo de plaguicidas que conduce a la contaminación de los recursos hídricos y de tierras; contrario a lo que sucede en un sistema agroecológico donde los nutrientes integrados a la materia orgánica optimizan el uso y la fertilidad del suelo a través de procesos que incluyen el reciclaje de residuos vegetales y animales, así como el uso de leguminosas para fijar el nitrógeno atmosférico.

8. PROPUESTA DE DISEÑO PARTICIPATIVO DE UN SISTEMA DE CONVERSIÓN DE FRÍJOL AGROECOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO

8.1. RESUMEN

El municipio de El Carmen de Viboral en la actualidad cuenta con 3 tipos de sistemas productivos en el cultivo de fríjol, con evidencias y resultados de una agricultura convencional con bajos niveles de sostenibilidad, una agricultura agroecológica totalmente sostenible y una agricultura en transición cuyo propósito es mejorar la sostenibilidad de la finca por medio de la conservación de los recursos con los que cuenta el sistema productivo. En el Carmen de Viboral se realizó esta investigación acción participativa de productores de fríjol soportada en la innovación, recurso que aprovecha el conocimiento empírico y saber local de los productores, de su entorno y posee una perspectiva comunitaria en la toma de decisiones; se estudió la conversión de sistemas convencionales a sistemas agroecológicos por medio de un diseño de agroecosistemas diversificados y sostenibles. La incorporación de innovaciones locales se logró con la adaptación e implementación de los talleres AIL (Apoyando Innovaciones Locales), de los cuales surge el diseño de manejo del cultivo de fríjol, realizado de manera participativa, teniendo en cuenta la caracterización del sistema productivo, las demandas de la finca y la disponibilidad de recursos a nivel local. El objetivo de esta investigación fue realizar una propuesta de diseño participativa agroecológica en los sistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral en el departamento de Antioquia, que garantice la sostenibilidad y seguridad alimentaria del agricultor y su familia.

El método de investigación acción participativa empleado correspondió a la recopilación y sistematización de experiencias agrícolas, con un grupo de 16 productores de diferentes veredas del municipio, con quienes se realizaron las siguientes 7 etapas: conformación del grupo de trabajo, ciclos de capacitación, evaluación participativa del manejo de los agroecosistemas, encuentro campesino a campesino, diseño agroecológico, implementación del diseño y socialización de

la propuesta final de diseño. A partir de esta metodología se obtuvo como resultado una propuesta de diseño de sistema de producción agroecológica de frijol para el oriente antioqueño.

8.2. PALABRAS CLAVE

Comunidad, agroecología, diseño predial, conversión, transición, participativo.

8.3. INTRODUCCIÓN

El Carmen de Viboral vive tiempos de cambio a nivel rural, desde lo agrícola y lo social, con transformaciones marcadas por momentos de crisis, donde el sistema productivo intensivo en el cultivo de frijol, ha evidenciado una alta vulnerabilidad, al conjunto de plagas y enfermedades, lo que condujo a tratamientos agresivos con productos tóxicos, que afectan la salud humana y la contaminación de suelos y vegetales, de ahí la importancia de construir una propuesta de diseño agroecológica de manera participativa y con aportes comunitarios de experiencias y conocimientos.

El trabajo comunitario, se basa en un intercambio de recursos y la principal dificultad para realizarlo, es la complejidad de los entornos. Según Hombrados (1996), esto es importante, porque si las personas presienten que los resultados de la investigación pueden ser utilizados en contra de sus intereses, podrían incluso intentar sabotear los esfuerzos del investigador para recabar la información necesaria.

En tal sentido, Méndez y Gliessman (2002) proponen la unión de la agroecología y las ciencias sociales, como base para lograr la interdisciplinariedad en investigaciones relacionadas con el trabajo participativo y la construcción de diseños desde el enfoque agroecológico, teniendo en cuenta la realidad campesina y generando cambios en la agricultura y el desarrollo rural, pues se valoran y rescatan los saberes locales manteniendo y acrecentando la diversidad de prácticas productivas, que contribuyen a la sostenibilidad y a la resiliencia (Toledo 2005).

La investigación Acción Participación (IAP) posee esa perspectiva comunitaria, en el modo de hacer investigación, la toma de decisiones se realiza en conjunto y orientada a la transformación de comunidades con el objetivo de construir tejido social. (Valenzuela 2006), construyendo dialécticamente el saber, al considerar el objeto a investigar como un sujeto protagonista de la investigación y a la finalidad de la investigación como transformación social, lo que implica, que la comunidad sea la autogestora del proceso, apropiándose de él.

Sobre la perspectiva de transformación social, Sevilla (2006) habla de la necesidad de realizar actividades conjuntas investigador-agricultores para el diseño participativo de acciones productivas y de cambio social, que mejoren niveles de vida. El objetivo de la IAP es, conseguir que la comunidad se convierta en el principal agente de cambio, para transformar su realidad y para alcanzar este objetivo es necesario según Quintana (1986, citado en Veloso 2000):

- ✓ Concienciar a la comunidad de su realidad y sus necesidades.
- ✓ Dotarla de habilidades y capacidades para la toma de decisiones.
- ✓ Lograr el compromiso de la comunidad para la puesta en marcha de la acción transformadora.
- ✓ Facilitar la autogestión de la acción transformadora.

En tal sentido y teniendo en cuenta la promoción e incorporación de innovaciones locales con comunidades, el CDE (Centro del Desarrollo) elaboró una metodología y guía didáctica que se conoce como El Taller AIL (Apoyando Innovaciones Locales) (bruschweiler y Rist 2005), cuyo objetivo principal consiste en incrementar las capacidades de comunicación, reflexión e interacción entre niveles descentralizados de la administración pública y otros grupos de actores del ámbito local, a fin de lograr la identificación y la definición de medidas concretas para la promoción colaborativa de innovaciones.

En la investigación acción participativa de producciones agropecuarias, el enfoque de sistemas reconoce que la agricultura se desarrolla en territorios con

determinadas características biofísicas y sociales comunes, logrando analizar y actuar de manera integrada, al considerar la finca como un todo, cuyas partes están relacionadas, es decir, el manejo de la finca y el proceso de conversión agroecológica, realizado con base en el enfoque de sistemas, favorece los sinergismos presentes en el agroecosistema, jugando un papel importante en el proceso de transición de sistemas convencionales, a sistemas diversificados (Márquez 2013).

Una ventaja que presenta la conversión de los agricultores para llevar a cabo prácticas agroecológicas, ha sido que las prácticas de agricultura convencional no fueron tomadas en su totalidad por factores de incapacidad económica y por la imposibilidad de usar estas prácticas en las condiciones geográficas encontradas en algunos predios del trópico (Clavijo 2006, Gliessman et al, 2007, León 2009).

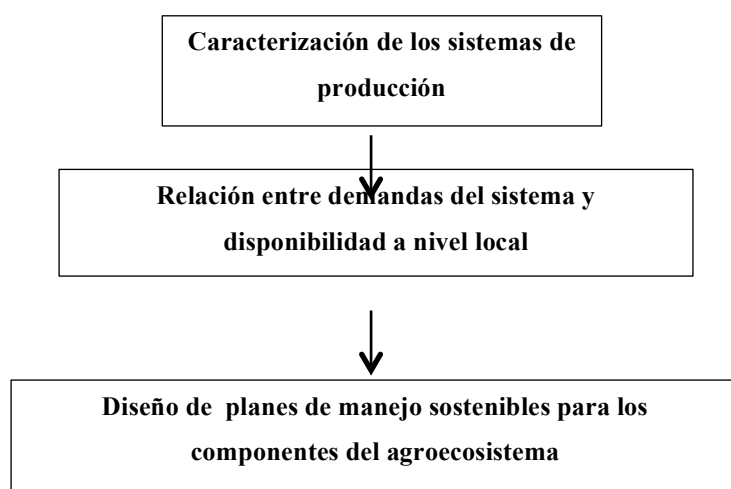


Figura 40. Etapas de la conversión agroecológica

Fuente: Márquez 2013

De las relaciones e interacciones entre el suelo y el cultivo, según Márquez (2013), se desprenden las etapas para el diseño de manejo que se adopta en la conversión agroecológica del sistema finca (Figura 40) iniciando con la caracterización del sistema productivo, en segundo lugar se relacionan las demandas de la finca y la disponibilidad a nivel local y en tercer lugar se elabora el

diseño de manera participativa con los productores, teniendo en cuenta los servicios ecológicos que prestan los sistemas agroecológicos.

Al respecto Altieri y Nicholls (2002), Altieri y Nicholls (2010), Rosset et al (2016), proponen diseñar sistemas agrícolas, que consideren las condiciones edafoclimáticas, el tipo de agricultor y los recursos locales, desarrollando y promoviendo tecnologías adaptadas de la agricultura ancestral, imitando la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales presentes en la zona.

En el proceso de conversión agroecológica se considera que los sistemas subsidiados y con alto nivel de intervención humana son, por principio: 1) ineficientes, puesto que están diseñados para utilizar una gran cantidad de insumos externos y energéticos costosos, 2) dependientes, debido a que estos recursos en su mayoría provienen de una fuente que los suministra a merced de las fluctuaciones en los mercados, 3) frágiles, porque al escasear o faltar tales recursos el sistema colapsa, y 4) poco resilientes y altamente riesgosos, pues no tienen la capacidad de recuperarse en un breve lapso al impacto de agentes externos. En los sistemas agropecuarios de monocultivo y dependientes de recursos externos, los subsidios absorben los costos asociados a la simplificación de la agrobiodiversidad y raramente consideran la deforestación, contaminación, degradación y daños a la salud que producen (Funes, 2009, Citado por Márquez, 2013).

De igual manera, Reid y Swiderska (2008), señalan que los ecosistemas que poseen una «diversidad funcional» rica, es decir, especies que cubren un amplio espectro de funciones ecológicas, son más estables y se adaptan mejor al cambio climático que los sistemas empobrecidos. Agregan que la biodiversidad y los servicios de ecosistemas son los cimientos sobre los cuales se construyen muchas estrategias de adaptación, que también pueden ser útiles al pensar en la mitigación al cambio climático.

La conversión agroecológica del sistema sólo se podrá lograr con la participación activa de los campesinos ganaderos del municipio que requieren de un cambio de conciencia ambiental, pues se aferran al sistema convencional de producción de leche y, por el contrario, cada día tratan de especializarlo e intensificarlo más, en busca de aumentar la producción y sus ingresos, sin importarles las consecuencias ambientales (Márquez 2013).

Aunado a lo anterior, en Colombia el 68% de la producción total agrícola está representada por producción campesina (Forero 2003), en este orden de ideas es importante entender cómo manejan los agricultores sus sistemas productivos ya que son nuestra principal fuente alimenticia y es la agroecología la que proporciona a la población rural, lo necesario para lograr una mayor diversidad de productos, generando sostenibilidad en los agroecosistemas y a la vez ofreciendo la oportunidad de tener soberanía alimentaria (Silvetti 2011).

Ahora bien, el objetivo de la investigación fue estudiar y plantear nuevas alternativas a los sistemas productivos de fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral, elaborando una propuesta de diseño participativo con los agricultores y teniendo en cuenta las dimensiones social, cultural, económica, tecnológica y ambiental, fomentando así, la conservación y optimización de los recursos naturales, para lograr la diversificación de los sistemas agropecuarios con un adecuado manejo ambiental.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de El Carmen de Viboral (Figura 41) está localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia y cuenta con una altitud de 2.150 m.s.n.m y una temperatura media de 17° C, características que lo convierten en una región ideal para la siembra de fríjol. Posee un total de 46751 habitantes (DANE 2015).



Figura 42: Diagrama de la metodología

En este orden de ideas, el taller AIL modificado, consistió en 7 etapas (Figura 42) y se caracterizó por contener ejercicios participativos. Esta diversidad de métodos didácticos, favorece el proceso de aprendizaje activo y holístico a través de actividades de grupo, juegos estratégicos, ejercicios de observación, entrevistas, visualización y discusiones en plenaria, trazando un camino que va desde la identificación y validación, a la elaboración de un plan de apoyo a las innovaciones locales que se concerta con todos los participantes (Bruschweiler y Rist 2005, Speelman 2013).

8.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de los talleres que se llevaron a cabo, basados en la metodología de IAP y el Taller AIL, se presentan a continuación:

8.5.1. ETAPA 1: CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.

En la primera etapa se ponen en práctica los pasos de la investigación acción participativa, iniciando con la conformación del grupo de productores (Figura 43), donde los criterios de selección fueron:

- Conciencia de la importancia de la conversión agroecológica
- Ser productor de frijol
- Participación de la familia en la producción.



Se continúa con la presentación de investigadores, agricultores y expectativas de cada uno de los participantes, asumiendo además, el compromiso de trabajar de manera conjunta con la comunidad y los entes administrativos, en diferentes fincas del municipio.

Figura 43: Reunión primera etapa

El “enfoque participativo comunitario” ofrece un modelo secuencial de fases para el desarrollo de los proyectos de investigación-acción (Villasante 2006, Cuéllar et al, 2013) en el que es posible insertar técnicas de investigación tanto de las ciencias sociales como de las ciencias naturales.

De esta manera se creó un ambiente favorable para el acercamiento entre los diversos actores sociales, estableciendo acuerdos en los que la experiencia de los

participantes y su conocimiento fueron la fuente principal del inter-aprendizaje. Teniendo en cuenta que la brecha entre las diferentes escalas de investigación se ha señalado como una de las principales debilidades de la investigación agroecológica (Dalgaard et al. 2003).

La participación como método de investigación permitió a la comunidad apropiarse de herramientas para la toma de decisiones y autonomía en procesos orientados a poner en práctica la agroecología; lo que implicó ir más allá del manejo técnico productivo de los agroecosistemas para situarse en perspectiva de construir formas de organización campesina (Cárdenas 2009).

8.5.2. ETAPA 2: CICLO DE CAPACITACIONES

En la segunda etapa se iniciaron las visitas a las fincas de cada productor participante y se comenzó con un ciclo de capacitaciones sobre diversos temas agroecológicos (Tabla 14).

Tabla 14: Participación en capacitaciones con el grupo de agricultores

TEMAS	NÚMERO DE ASISTENTES
Enfoque de sistemas	16
Cartografía social	16
Salud del cultivo	19
Calidad del suelo	17
Guardianes de semillas nativas	22
Elaboración de biopreparados y abonos	17
Prácticas de manejo	16
Evaluación de sostenibilidad	17
Elaboración de un diseño agroecológico	17

El primer tema fue enfoque de sistemas (Figura 44) como insumo que permite ver de manera integral la finca, con entradas, salidas, procesos y retroalimentaciones, lo que significa el logro de una mayor eficiencia en las actividades de investigación

y transferencia de tecnología (Malagón y Prager 2001).



Figura 44: Capacitación sobre enfoque de sistemas



Figura 45: Presentación del mapa actual de la finca por los campesinos



Figura 46: Presentación del mapa soñado de la finca

Cada productor elaboró el mapa de su finca actual (Figura 45) y el mapa de la finca soñada (Figura 46) a mediano y largo plazo, socializando los trabajos y compartiendo prácticas de manejo y saberes (Figura 47). A través de la elaboración de mapas los productores visualizan los cambios ocurridos en la finca e identifican necesidades que surgen como respuesta a estos cambios (Bruschweiler y Rist 2005).









Figura 47: Agricultores presentando el mapa de sueños junto al mapa soñado
 En la capacitación de calidad de suelo, los productores realizaron una evaluación rápida del suelo y la salud de los cultivos (Tabla 15), aprendiendo de propiedades físicas y químicas a nivel edáfico y sanidad vegetal a nivel de las plantas (Altieri y Nicholls 2007b, Pérez 2010).

Tabla 15 : Relación entre prácticas agroecológicas, calidad de cultivo y suelo

EVALUACIÓN	INDICADOR	PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS CON LAS QUE SE RELACIONA	DESCRIPCIÓN
SUELO	<p>pH</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de Labranza 2. Trazado y ahoyado 3. Siembra 4. Abonada 5. incorporación de socas y residuos vegetales en el lote si habia sido sembrado con anterioridad 6. Buena preparación del terreno 7. Aplicacion de materia organica 8. Cobertura del suelo 	Es la medición de la concentración de Iones Hidrógenos contenido en una sustancia o disolución.
	<p>Estructura</p> 		Es la forma como se agrupan las partículas del suelo en agregados naturales o peds. Se evalúa por el nivel de consistencia presente
	<p>Textura</p> 		Está relacionada con el tamaño de las partículas del suelo.

<p>Resistencia del suelo</p> 		<p>Es la fuerza con la cual el suelo impide la penetración de las raíces.</p>
<p>Porosidad y permeabilidad</p> 		<p>La porosidad está compuesta por pequeñas cavidades o poros que existen en el suelo y la permeabilidad es la facilidad con que el agua y el aire se mueven por esos poros.</p>
<p>Materia orgánica</p> 		<p>Está relacionada con la fertilidad. Se mide según la cantidad de residuos descompuestos de plantas y animales</p>
<p>Color</p> 		<p>Es un indicador muy útil de la calidad del suelo.</p>
<p>Cobertura vegetal</p> 		<p>Es la cantidad y permanencia de las coberturas vivas o muertas de la vegetación.</p>
<p>Retención de humedad</p> 		<p>Para conocer la humedad que presenta el suelo se toma un puñado de tierra a la profundidad de las raíces y se le da forma aplicándole presión con la mano.</p>
<p>Actividad biológica</p> 		<p>La biota edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida en el interior del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca y en los troncos caídos en descomposición.</p>

	<p>Velocidad de infiltración del agua</p> 		<p>Es el tiempo con que el agua penetra en el suelo.</p>
CULTIVO	<p>Hervivoría</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Podas 2. Aplicación de biopreparados 3. Uso de policultivos 4. Rotaciones de cultivo 5. Uso de semillas sanas y productivas de frijol 6. Época de siembra apropiada 7. Espaciamiento adecuado entre cultivos 8. Visitas periódicas al cultivo 9. Desinfestación de herramientas 10. Recolección de plantas enfermas 11. Eliminación de focos de infección 12. Siembra de plantas hospederas de enemigos naturales 13. Adecuado manejo de plagas por medio del manejo agroecológico de plagas y enfermedades 	<p>La herbivoría es la relación planta animal más frecuente en la naturaleza; es una forma de depredación en el que el organismo consume principalmente parte de las plantas</p>
	<p>Apariencia del cultivo</p> 		<p>Se relaciona con el color del follaje y la condición nutricional y fisiológica del cultivo</p>
	<p>Crecimiento del cultivo</p> 		<p>La forma como se desarrolla el cultivo puede señalar la presencia de problemas relacionados con el manejo</p>
	<p>Sanidad Vegetal</p> 		<p>La sanidad vegetal se ocupa de todo lo relacionado con la protección vegetal ante los daños ocasionados por las plagas y enfermedades, así como el diagnóstico de las mismas, que permiten aplicar las medidas de prevención y control más apropiadas</p>
	<p>Diversidad específica y espacial de los cultivos.</p> 		<p>Cantidad de especies cultivadas y su arreglo en el espacio</p>

8.5.3. ETAPA 3: EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DEL MANEJO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍJOL INSITU

Se realizaron visitas a todas las fincas de los productores, con el fin de conocer las prácticas agrícolas que cada uno de ellos le da al cultivo de fríjol, sobre aspectos como el control de plagas y enfermedades, cultivos asociados, manejo del suelo, compostaje.



Se realizaron recorridos por todas las fincas y cada productor mostró y explicó, el tipo de manejo utilizado en el cultivo de fríjol (Figura 48), mientras los demás participantes preguntaban y compartían sus experiencias personales sobre el mismo tema.

Figura 48: Productor explicando el manejo de su finca

Lo anterior confirma lo dicho por Mendoza (1995), cuando menciona que el saber campesino se construye en dos planos: uno ligado a la experiencia práctica de la vida rural y el otro fundamentado en dar explicación a hechos que se presentan en su entorno. Pues el conocimiento campesino es práctico y es posesión cultural e ideológica ancestral; permitiendo crear y trabajar en la finca con los recursos de la naturaleza (Mendoza 1995).

Los agricultores comprendieron a través de las visitas, que las prácticas de manejo sostenibles, son menos costosas y protegen los recursos con los que cuenta cada finca, además reflexionaron sobre las graves consecuencias de las prácticas convencionales y los posibles impactos negativos a largo plazo para la familia y el sistema productivo, por tanto entendieron la importancia del proceso de transición.

Durante la etapa de transición los problemas fitosanitarios y de deficiencias nutricionales son más severos y requieren de una cuidadosa atención. Es importante que el agricultor comprenda que en el tiempo de transición el manejo del cultivo será orgánico pero es probable que el comportamiento del mismo y el desarrollo de plagas y enfermedades no se equilibre sino hasta algunos años después.

8.5.4. ETAPA 4: ENCUENTROS CAMPESINO A CAMPESINO.

Las experiencias y los encuentros se sistematizaron a través del diálogo de saberes, con los mapas de las fincas, la elaboración de un manual de frijol, ponencias, encuentros campesino a campesino (Figura 49) y artículos que permitieron al productor socializar lo aprendido con otros actores sociales, logrando una visión integral del desarrollo local, con procesos de cooperación y concertación a nivel de grupo.

El fortalecimiento del capital social de los productores a través de procesos de capacitación y compartir experiencias (Figura 50) promueve la complementariedad con el capital humano y cultural, una vez que amplíen sus conocimientos y mejoren la capacidad de hacer frente a los cambios. Los encuentros campesino a campesino mejoran la vida de los pequeños agricultores y los ambientes rurales, a través del desarrollo de una agricultura sostenible dirigida por campesinos (Holt Giménez 2008).



Figura 49: Encuentro de socialización entre campesinos.



Figura 50: Muestra de trabajos

8.5.5. ETAPA 5: DISEÑO AGROECOLÓGICO

El grupo de productores validó diferentes propuestas de prácticas agroecológicas para el diseño de conversión, según las innovaciones aprendidas y compartidas. De manera que se identificaron acciones concretas y adecuadas al contexto del sistema productivo en el cultivo de frijol. Lo que pone de relieve la gran importancia de la diversidad en un entorno agrícola cuando se esta aplicando investigación científica a la diversificación de sistemas de cultivos (Vandermeer 1989)



Figura 51: Productor explicando el manejo del frijol en su finca

El diseño incluyó los actores involucrados en el desarrollo de la innovación (Figura 51), integrando su contexto desde los aspectos económico, sociocultural, tecnológico y ambiental. De esta forma se mantiene la independencia y la soberanía alimentaria de las comunidades, con base en un sistema de producción campesina diversificada (Sevilla 2006).

El diseño de manejo agroecológico, se realizó, partiendo de la caracterización de los sistemas productivos, ya realizada anteriormente en el paso 1 de la metodología de la tesis y de los principios rectores de un agroecosistema sostenible; procurando garantizar la conservación de los recursos naturales, la adaptación de los componentes al ambiente y manteniendo un nivel alto y sostenible de productividad, cumpliendo según Ríos (2000) con el objetivo de un

diseño agroecológico, que es aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema.

La validación realizada con los agricultores partió de un Diseño 1 (Figura 52), donde el frijol se maneja en monocultivo, pero pronto con los aportes, conocimientos y experiencias de cada productor se llegó al Diseño 2 (Figura 53), donde se siembra el frijol asociado a maíz como cultivo soporte, que además sirve para romper ciclos de insectos plaga y el frijol se convierte en fijador de nitrógeno, elemento esencial para el desarrollo del maíz, de manera que las estructuras vegetales asociadas a campos particulares de cultivo influyen en la clase, abundancia y tiempo de llegada de fitófagos y de sus enemigos naturales.

Con distancias de siembra de 1 metro entre surcos y 70 centímetros entre plantas, y una diferencia de 45 días entre la siembra del maíz y el frijol, con el fin de darle tiempo al maíz para que crezca y pueda ser soporte al frijol, evitando la competencia entre las 2 especies.

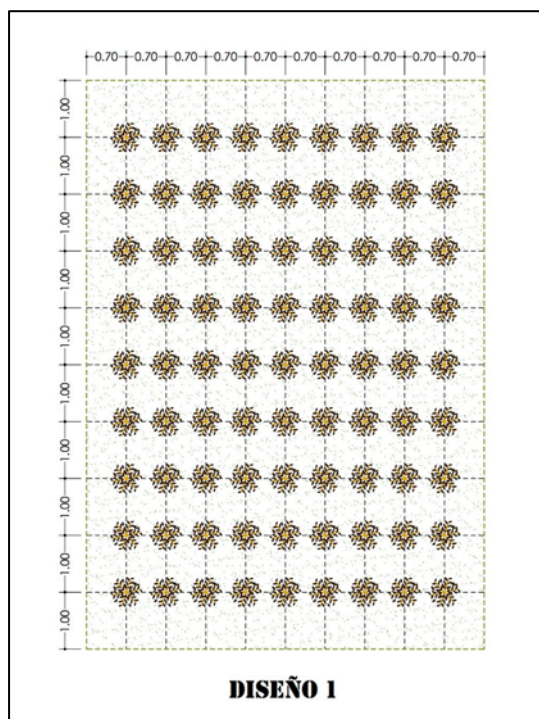


Figura 52: Diseño 1

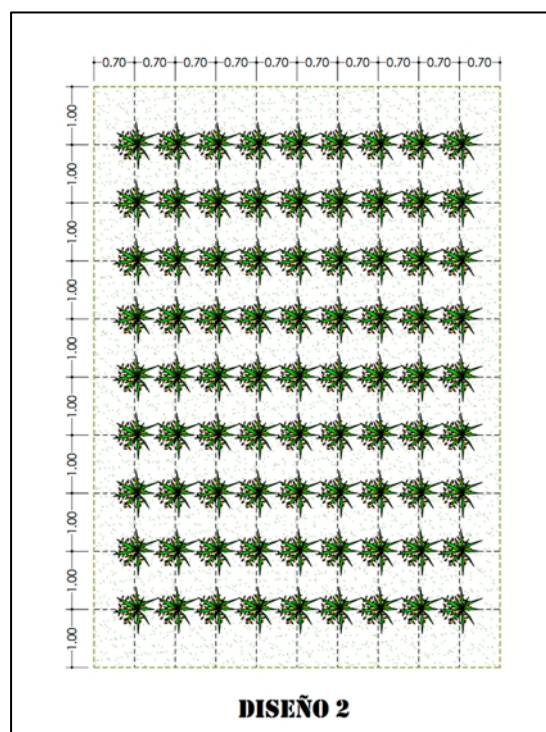


Figura 53: Diseño 2

Luego por medio de talleres se realizaron 2 listados, el primero de los cultivos principales acompañantes del frijol, donde emergieron el maíz y el calabacín, sembrando una MILPA, y la biodiversidad funcional que podría ayudar durante el proceso productivo con sus beneficios ecológicos (Tabla 16), confirmando las evidencias encontradas por Risch et al. (1983), citado por Altieri y Nicholls (2010) después de hacer una revisión en 150 investigaciones publicadas, que apoyan la idea de que los insectos fitófagos especializados fueron menos numerosos en sistemas diversificados (53% de 198 casos) y el segundo listado era de prácticas agroecológicas (Tabla 17), según la etapa del cultivo .

Tabla 16: Cultivo principal, cultivos acompañantes y biodiversidad funcional

ESTRATO	ESPECIE	DISTANCIAS DE SIEMBRA	FUNCIÓN AGROECOLÓGICA	PORCENTAJE DE PRODUCTORES
Bajo	Calabacín (Cucurbita pepo)	0,7 m entre plantas y 1 m entre surcos	El calabacín es una hortaliza de porte rastrero, este hábito de crecimiento ayuda también como cobertura y protección del suelo. Pertenece a la familia de las Cucurbitaceas (Ott 2010)	81%
	Cilantro (Coriandrum sativum)	10 cm entre plantas	Tiene acción insecticida y repelente. (Millán 2008)	100%
	Caléndula (Calendula officinalis)	10 cm entre plantas	La caléndula atrae, debido al colorido de sus flores, insectos benéficos por lo que puede ser empleada en siembras asociadas; intercalada con yerbabuena es excelente para el control de nemátodos y moscas blancas. (Millán 2008)	50%

	Albahaca (Ocimum basilicum)	10 cm entre plantas	Posee acción repelente, insecticida y acaricida. Afecta a organismos tales como polillas, moscas, mosquitos, escarabajos, pulgones, gusanos y ácaros. (Millán 2008)	75%
	Mostacilla (Rapistrum rugosum)	10 cm entre plantas	Hierba de porte bajo con pequeñas flores amarillas, y presente en huertas y jardines. (Rzedowski y Rzedowski 2001).	0% La describen los productores como tóxica para el maíz
Medio	Frijol (Phaseolus vulgaris)	0,70 m entre plantas y 1 m entre surcos	Uno de los tres cultivos básicos de la milpa, ofrece vainas tiernas para consumo inmediato o semillas secas para su almacenamiento y consumo posterior, ayuda a fijar en el suelo el nitrógeno que el maíz requiere para crecer (Muñoz 2010)	100%
	Maíz (Zea mayz)	0,70 m entre plantas y 1 m entre surcos	Es un cereal importante que hace parte de los alimentos básicos en la dieta del ser humano, sirve de soporte para el desarrollo y crecimiento de frijol y corta ciclos de plagas, se convierte además en buena fuente de biomasa para abonos orgánicos (Serratos 2009)	100%

	Botón de oro (<i>Ranunculus bullatus</i>)	15 cm entre plantas	Fuente de néctar para la alimentación de los enemigos naturales, forraje de buen valor nutricional para la alimentación animal, capacidad de restaurar suelos degradados, dinamizador los ciclos de los nutrientes en el suelo y repelente de insectos (Calle y Murgueitio 2008).	69%
--	--	---------------------	---	-----

Tabla 17: Prácticas agroecológicas seleccionadas para el diseño de conversión

PRÁCTICA AGROECOLÓGICA	ETAPA DEL CULTIVO EN QUE SE USA	PORCENTAJE DE PRODUCTORES DEACUERDO
Dstrucción de socas y residuos vegetales del lote	Antes	81%
Preparación del terreno con labranza mínima	Antes	100%
Uso de semillas sanas y productivas de frijol, maíz y calabacín, como cultivos principales	Antes	100%
Época de siembra apropiada	Antes	75%
Policultivos de frijol, maíz y calabacín, con el fin de romper ciclos de plagas y ser más eficiente con el uso del suelo	Durante	69%
Espaciamiento adecuado entre el maíz, el frijol y el calabacín.	Durante	75%
Rotación de cultivos,	Durante	50%
Visitas periódicas al cultivo	Durante	100%
Desinfestación de herramientas	Durante	81%
Aplicación de materia orgánica	Durante	87%
Cobertura del suelo	Durante	69%
Recolección de plantas enfermas	Durante	75%
Eliminación de focos de infección	Durante	75%

Siembra de plantas hospederas de enemigos naturales	Durante	69%
Adecuado manejo de plagas por medio del control biológico y el uso de biopreparados	Durante	50%
Cosechas oportunas de fríjol, maíz y calabacín	Después	100%
Almacenamiento adecuado para todos los productos	Después	100%

Al final del taller se realiza el dibujo del diseño 3 de producción de fríjol agroecológico (Figura 54), teniendo en cuenta, los cultivos principales, la biodiversidad funcional acompañante y las prácticas agroecológicas propuestas, resultando en el diseño número 3, donde el cultivo principal es fríjol, asociado a maíz y calabacín, en cuyos laterales va sembrado botón de oro, en la parte superior caléndula y en la inferior albahaca y cilantro intercalados. Esperándose llegar al rediseño para de esta manera reducir al máximo el uso de insumos, mediante la rotación de cultivos y el uso de policultivos que ejercen una acción notable sobre la fertilidad del suelo y el control de las plagas (Altieri 1999; Clavijo 2006, Espinoza et al. 2007), mejorando también la participación de los productores en el agroecosistema, en los procesos de diseño e implementación de nuevos manejos agrícolas (Gelfus 1997, Speelman 2013).

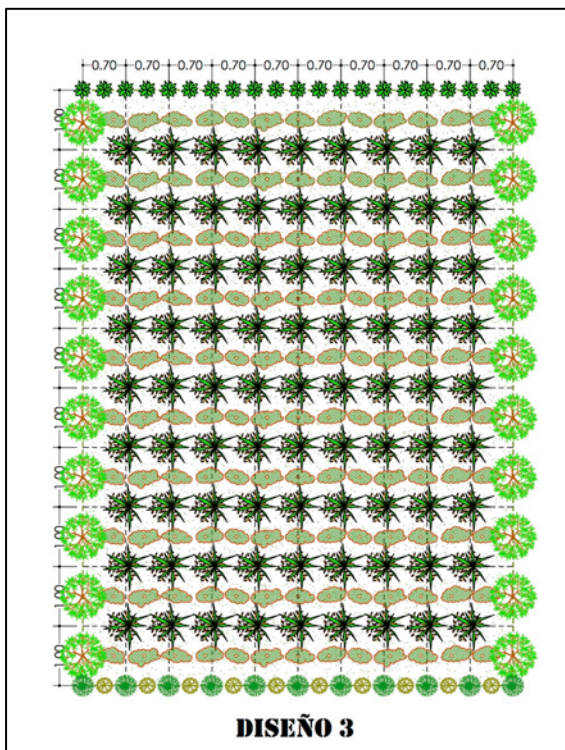


Figura 54: Diseño 3

8.5.6. ETAPA 6: IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO AGROECOLÓGICO EN CAMPO

Después de realizar el diseño 3 de manera participativa, se llevó a cabo la implementación del mismo en una de las fincas, acompañado por los diseños 1 y 2, con 3 repeticiones de cada tratamiento.



Figura 55: Implementación del Diseño 3

Dicha actividad se realizó de la mano con los productores (Figura 55), quienes participaron activamente de las labores de siembra y las prácticas agroecológicas culturales del proceso productivo elegidas, siendo protagonistas de la transformación generada. Comprobando que con el uso de prácticas agroecológicas se ayuda de diferentes formas a la conservación y el mantenimiento de los recursos naturales logrando mejores niveles de vida de productores y consumidores y manteniendo la capacidad productiva y de autorregulación del agroecosistema, donde la biodiversidad es clave y las áreas con vegetación nativa conectadas con los cultivos, sirven de hábitat para organismos con funciones ecológicas como la polinización, dispersión, control poblacional entre otras; y a la transición de sistemas convencionales a sostenibles donde se puede diseñar, planificar y manejar por el propio agricultor favoreciendo los procesos ecosistémicos que contribuyen en la eficiencia del sistema de producción (Altieri y Nicholls 2007a, Vázquez et al. 2014).



Figura 56: Prácticas agroecológicas realizadas en la siembra por los productores

8.5.7. ETAPA 7: SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL DE DISEÑO

Se compartieron los resultados de la implementación del diseño, los aprendizajes y experiencias con la comunidad



Se organizaron exposiciones para compartir conocimientos aprendidos y resultados con el grupo de productores.

Figura 57: Grupo de productores de El Carmen de Viboral.

Dialogaron y discutieron con personas que no participaron en el taller (Figura 58), lo que les permitió confrontar el diseño construido con las opiniones de un nivel más amplio de actores, que corresponde a un proceso de desarrollo comunitario,

facilitando los procesos de investigación y transferencia de tecnología, con el fin de trabajar programas y proyectos, en los sistemas productivos según la influencia del ambiente rural externo, la diversidad y las características (Van de Steeg *et al.* 2010), con la aplicación de prácticas agroecológicas, que conservaran la biodiversidad, fortalecieran las familias en el campo y produjeran alimentos saludables para los mercados locales, permitiéndoles a los agricultores tener



autonomía y no depender de los insumos del mercado (Altieri y Nicholls 2007b), como cuestión que afecta a toda la sociedad en su conjunto, y no sólo a quienes habitan en el campo y producen en el medio rural (Zuluaga 1999).

Figura 58: Socialización de productores

Pues la agroecología no es simplemente dejar de aplicar plaguicidas al cultivo, o dejar de fertilizarlo químicamente, realmente su enfoque es proactivo, buscando prevenir los problemas antes que corregirlos. En el control de plagas, busca actuar sobre las causas de aparición de las plagas, y no sobre la población misma, busca quebrar las condiciones ideales de alimentación, reproducción y crecimiento de las plagas y fomentar la protección de sus enemigos naturales, acompañado de una constante capacitación de productores, mediante las interacciones de saberes entre ellos (Alieri y Nicholls 2010, Vazquez *et al.* 2008).

9. EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE TRES SISTEMAS TRADICIONALES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris L*), EN EL CARMEN DE VIBORAL, ORIENTE ANTIOQUEÑO.

9.1. RESUMEN:

El departamento de Antioquia es el primer productor y consumidor de frijol en Colombia. No obstante, el sistema de producción evidencia problemas de productividad relacionados con la alta incidencia de plagas y enfermedades, agravados por el uso de prácticas agrícolas inadecuadas, como el monocultivo y el uso de plaguicidas; Dicha problemática conllevó a la presente investigación en El Carmen de Viboral, oriente antioqueño, Colombia; mediante alianza interinstitucional entre: La Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología, la Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia con la participación de 15 campesinos de la región. De esta manera, se recopilaron y sistematizaron experiencias junto al intercambio de conocimientos entre las instituciones y el grupo de productores. Inicialmente se realizó un diagnóstico participativo del estado en que se encontraba el agroecosistema, combinando la técnica de evaluación rápida con análisis de laboratorio, para medir la fertilidad del suelo. La variedad de frijol utilizada fue Cargamanto y en maíz se utilizó la variedad criolla. Se realizaron análisis estadísticos a tres tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento y empleando un diseño de clasificación experimental completamente aleatorizado efecto fijo y análisis multidimensional de la varianza (MANOVA). Los resultados evidenciaron entre los tratamientos diferencia estadística ($p < 0.05$) para las variables: altura, número de frijoles, peso del frijol, peso de la vaina, a favor del tratamiento 3 y para las variables largo de vaina y ancho de vaina no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos desde el punto de vista unidimensional ($p > 0.05$).

9.2. PALABRAS CLAVES:

Fríjol, maíz, agricultores, conversión agroecológica, biodiversidad, sostenibilidad, policultivos.

9.3. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de policultivos maíz–fríjol en el municipio de El Carmen de Viboral, se basan en los servicios ecosistémicos que ambos cultivos aportan al sistema con beneficios mutuos, en donde se tiene un mejor uso de la tierra, se protege el suelo de la erosión, mejora su fertilidad, se cortan ciclos de plagas y enfermedades, se disminuye el número de desyerbas, se obtiene mayor eficiencia en las labores de cultivo y desaparece la necesidad de perturbar la naturaleza utilizando madera para el tutorado.

El departamento de Antioquia es el primer productor y consumidor de fríjol en Colombia, con un gran margen de diferencia respecto al consumo per cápita del país, al ser un producto clave en la seguridad alimentaria de la población antioqueña (Arias et al. 2007). Sin embargo, los principales problemas para su producción, están relacionados con la alta incidencia de plagas y enfermedades, que se agravan por el uso de semilla de variedades susceptibles, lo cual exige el uso de plaguicidas para su manejo, con consecuencias negativas como la exposición e intoxicación de los trabajadores, la contaminación del medio ambiente y el riesgo de que el fríjol producido bajo estas condiciones contenga residuos tóxicos. Así mismo, el empleo de plaguicidas eleva los costos de producción y causa la pérdida de competitividad (Arias 2001), afectando a los pequeños productores de continuar siendo protagonistas fundamentales del sistema agroalimentario colombiano (Forero et al. 2012)

En un estudio realizado por la Universidad Sur Colombiana en 1998, se indica que la producción de fríjol en Colombia está principalmente en manos de agricultores de escasos recursos, estimándose que lo cultivan para autoconsumo y para comercialización (Reina y Solorzano 1998). Confirmado por Forero (2010), que

encontró en Colombia estudios realizados en una amplia gama de zonas rurales, mostrando a los campesinos y agricultores familiares, obteniendo ingresos que remuneran su mano de obra por encima de los jornales agropecuarios y del salario mínimo legal vigente es decir, se cuenta con evidencias que muestran que el trabajo agropecuario en sus propias parcelas es la mejor opción para que los hogares rurales obtengan niveles de ingreso por encima de la línea de la pobreza (Forero et al. 2012).

Los pequeños agricultores son aliados de la seguridad alimentaria y actores protagónicos en el esfuerzo de los países por lograr un futuro sin hambre, pues no sólo producen la mayor parte de los alimentos para el consumo interno de los países de la región, sino que habitualmente desarrollan actividades agrícolas diversificadas, que les otorgan un papel fundamental a la hora de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad (Salcedo y Guzmán 2014).

Una forma de aumentar los ingresos de los agricultores, es mediante una producción sostenible, al adoptar la agroecología, como ciencia que brinda un adecuado manejo del agroecosistema, produciendo cultivos sanos, fuertes y resistentes al ataque de plagas y enfermedades y protegiendo el medio ambiente y la salud del ser humano, además invita al no uso de agroquímicos y a la diversificación de cultivos dentro de la finca (Gómez y Agudelo 2006).

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, afirma que en el clima frío moderado predomina la siembra de frijol voluble tipo Cargamanto, que es sembrado por el 75% de los agricultores del oriente antioqueño (Arias et al. 2007). La preferencia de los agricultores por esta variedad, se debe a su adaptación a las condiciones de producción y la preferencia en los mercados por este tipo de frijol, aunque tiene precios más altos en comparación con los otros que se ofrecen (Ríos y Quiros 2002).

La investigación se desarrolla con el cultivo de frijol, por ser uno de los más importantes en varias regiones del país, especialmente en climas fríos y medios y en zonas de economía campesina, siendo el componente principal en la dieta alimenticia de la población y participando con el 1,3% en el IPC de los alimentos (Corporación Colombia Internacional 2000). Al igual que el maíz por sus diversos usos, entre los que se destaca el grano proporcionando proteínas y vitaminas y formando parte importante de la dieta humana; el tallo, que fermentado produce chicha o cerveza; Los olotes que tienen usos como combustible o como herramienta o material de construcción; las hojas, se utilizan para envolver o presentar alimentos o como materia prima para elaborar artesanías; los estilos de la inflorescencia femenina, conocidos como *cabellos de elote*, se les atribuyen propiedades medicinales y el almidón que convertido en glucosa es una buena fuente de energía. Habría que agregar que en los últimos siglos el maíz ha sido materia prima de productos industrializados, como adhesivos, materiales de construcción, artesanías, además de la dieta del ganado y en la elaboración de esculturas religiosas (Vargas 2014).

Por consiguiente, se aprovechan los beneficios ecosistémicos de los dos cultivos bajo principios agroecológicos, estableciendo un asocio entre maíz y frijol, con siembra de las dos especies en el mismo sitio, en proporciones de dos a seis semillas de maíz y una a cuatro de frijol, sirviendo el maíz de soporte para el crecimiento del frijol y el frijol facilitando la fijación de nitrógeno al suelo. La principal característica de esta asociación es que, si bien, los rendimientos de cada especie son menores a los logrados en los correspondientes monocultivos, la combinación de ambos rendimientos es mayor por unidad de área, siendo más eficiente en el uso de recursos económicos y ambientales (agua, nutrientes y luz), al igual que en mano de obra y tierra (Vélez et al. 2007).

Gutiérrez et al. (2007), destaca los sistemas de policultivos maíz-frijol como más rentables, generando más beneficios económicos, lo que repercute en el bienestar de las familias campesinas, al hacer un mejor uso de su tierra, aprovechando los

espacios, y obteniendo estabilidad ecológica y energética con el consecuente incremento de la productividad, al constituirse uno de los cultivos en fuente de recurso no disponible para el otro y porque además al existir diversidad en el sistema de raíces, exploran de diferente forma el suelo, reduciendo la competencia entre ellos y siendo más eficaz la obtención de nutrientes, además de aprovechar mejor el agua y la luz, que de otro modo se perderían o serían aprovechados por las arvenses, controlando por tanto la presencia de estas últimas. Otra ventaja importante es que se pueden proteger los cultivos entre sí de condiciones meteorológicas adversas, como fuertes vientos, climas fríos o muy cálidos y de sol excesivo, logrando integrar mayores cantidades de biomasa al agroecosistema y de mejor calidad (Samayoa et al. 2003, Toalá 2009).

Los pueblos mesoamericanos han combinado el frijol con el maíz en su dieta, con consecuencias benéficas (Vargas 2014), desde lo agrícola, culinario y nutrimental. Esta asociación permite mostrar los servicios ecosistémicos entre las dos especies con manejo agroecológico, conllevando a fortalecer aspectos de biodiversidad y seguridad alimentaria, con el uso de recursos locales que dan lugar a sistemas estables, productivos y eficientes, tanto a nivel energético como de trabajo, donde se incorpora el conocimiento tradicional coligado con la ciencia moderna (Altieri y Nicholls 2004), de esta manera se direcciona el pensamiento crítico a lo ecológico, a lo ambiental a la conservación de los recursos que se tienen y se aprovechan mediante el uso de tecnologías respetuosas con la naturaleza, buscando ante todo el equilibrio ambiental (Assis et al 2002).

Dicha perspectiva incorpora los avances de la ciencia con la participación creativa de los agricultores, respetando su conocimiento, cultura y experiencias locales, para reducir la entrada y dependencia de insumos externos (Oliveira et al. 2014), todo esto con la aplicación de principios agroecológicos en los sistemas agrícolas, contextualizados con el territorio y los recursos disponibles; que aunados a las dimensiones biológica, climática, ecológica, social y económica logran el éxito de un agroecosistema (Altieri y Francis 1992). Ahora bien, la interacción entre los

procesos sociales externos e internos y entre los procesos biológicos y ambientales, debe ser analizada de manera hologramática, con transformaciones que logren en el ambiente y el territorio, desde el desarrollo rural.

Vázquez et al. (2008), menciona un modelo de agricultura donde es vital obtener producciones de buena calidad y libres de sustancias nocivas al hombre, que estén al alcance de la población, sin generar contaminantes ni otros elementos que afecten la salud de las personas. De esta manera, si se adoptan las prácticas agroecológicas, se logra un ahorro significativo en el costo económico, social y ambiental, cambiando el campo de manera justa y basados en calidad, equidad, productividad, competitividad y sostenibilidad.

Por lo anterior, la agroecología al promover nuevas tecnologías y prácticas, optimiza los componentes biológicos y tecnológicos de los agroecosistemas, fundamentada en principios ecológicos y reconociendo el papel de los productores y extensionistas en la participación activa de redes de aprendizaje social (Marco y Reyes 2003). Redes que están presentes y facilitan la investigación, a partir de una mirada académica, estadística, ecológica y social, evaluando la viabilidad técnica de los tratamientos de asociación para los cultivos frijol y maíz, que han sido implementados de forma tradicional por varios agricultores y transmitidos por herencia familiar o de campesino a campesino.

La asociación frijol con maíz se utiliza como policultivo, pues es ventajosa y adecuada por la facilitación que presentan ambos cultivos, el maíz sirve como soporte para frijol voluble, contribuye a generar un microclima en tiempos de cambio climático, es barrera física, sitio de refugio de insectos benéficos y fomenta el manejo ecológico de arvenses y el frijol como leguminosa beneficia al maíz con la fijación de nitrógeno al suelo, al igual que genera microclima que conserva la humedad en el sistema. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar tres sistemas de producción tradicional de frijol en El Carmen de Viboral.

9.4. METODOLOGÍA

El área de estudio fue el municipio de El Carmen de Viboral, localizado en el departamento de Antioquia (Colombia), con una extensión territorial de 448 Km² que incluyen el casco urbano y 55 veredas.

Como población participante de esta investigación se trabajó con 15 agricultores del municipio, asentados en las veredas: Viboral, Cristo Rey, Samaria, Rivera, Altogrande, Camargo y Campoalegre; con experiencia en agricultura tradicional, convencional y agroecológica, algunos de los cuales han retornado al sector rural como alternativa a la vida urbana.

Se realizaron encuentros comunitarios entre agricultores y la población de tradición urbana, que recientemente han optado por el campo y la agricultura ecológica como estilo de vida, en los que compartieron conocimientos y experiencias. De esta manera, las prácticas agrícolas tradicionales son transmitidas y han sido parte de la agricultura durante miles de años, siendo la fuerza motriz para el desarrollo agrícola (Leitgeb et al. 2011), pues todo ese conocimiento ancestral constituye la base de actividades de investigación de científicos y profesionales de todas las disciplinas académicas, interesados en formular estrategias de desarrollo rural a partir de distintos enfoques participativos.

Ahora bien, en los encuentros se utilizó la investigación acción participativa y el taller AIL (Bruschweiler y Rist 2005) ajustado al contexto social de El Carmen de Viboral. Dicha metodología se caracterizó por varios ejercicios participativos en grupos y discusiones, trazando un camino que fue desde la identificación y validación, hasta la elaboración de diseños agroecológicos locales de manera participativa, con los cuales se planteó una alternativa de aumentar la biodiversidad en las fincas, mediante la implementación de policultivos, sembrando maíz, frijol.

En cuanto al material vegetal, para el maíz se utilizó la variedad Criolla y en frijol la variedad Cargamanto, que es de hábito voluble y muy utilizada en el departamento de Antioquia, se siembra en alturas desde 1.800 hasta 2.500 m.s.n.m., apetecida en el mercado, por el tipo de grano, color, forma y tamaño (generalmente superior a 60 g/100 semillas). No obstante, una característica desfavorable de los frijoles tipo Cargamanto es su alta susceptibilidad a enfermedades (Montoya y Castaño 2009).

La metodología utilizada para este trabajo de investigación, tuvo un enfoque mixto, con técnicas cualitativas y cuantitativas, que permitieron una visión integral del objeto de estudio, contándose con capacitación y sensibilización de productores, contextualizados de su territorio, con principios agroecológicos en temas como el enfoque de sistemas, la distribución espacial y en técnicas de evaluación rápida, con el fin de analizar diversos componentes en las fincas, de manera participativa; la metodología cuantitativa utilizada, se basó en la medición de peso, tamaño y número, tanto de vainas, como de granos de frijol, para lo cual se utilizaron balanza y calibrador digitales.

Como base para la recomendación del abonamiento aplicado al cultivo, se trabajó con los resultados de las características fisicoquímicas y biológicas obtenidas en las evaluaciones rápidas y de laboratorio, al igual que con metodologías de los agricultores, como la presencia de ciertas arvenses determinando si el suelo era ácido y/o infértil, y las lombrices como signo de suelo vivo y fértil. Otro indicador muy usado fue el color de las hojas que refleja el estado nutricional de las plantas y por lo tanto el contenido de nutrientes del suelo (Altieri y Nicholls 2002), indicadores estos con los que se estimó la calidad del suelo para el estudio.

Es entonces que de manera participativa se realiza la evaluación rápida del componente suelo con los 15 productores, para capacitarlos en la evaluación del mismo, desde el punto de vista agroecológico y adopten una herramienta fácil y ágil para la toma de decisiones sobre el abono a aplicar en sus fincas, y en la

implementación de policultivos en sus lotes. En la investigación se tuvieron en cuenta los siguientes propiedades (Tablas 18 a la 28) :

9.4.1. PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 18: Propiedades químicas

RANGO			
INDICADOR	BAJO	MEDIO	ALTO
Materia orgánica	Menor del 5%	5% - 10%	Mayor 10%
pH	Menor a 5.5	5.5 - 7	Mayor a 7
Al (meq/100 g suelo)	Menor del 1%	1% - 5 %	Mayor de 5%
Ca	Menos de 3	3 -6	Mayor de 6
Mg	Menos de 15	15 - 25	Mayor de 25
K	Menor de 0.2	0.2 – 0.4	Mayor de 0,4
P (mg/Kg)	Menor de 15	15 - 30	Mayor de 30
S (mg/Kg)	Menor de 5	5 -10	Mayor de 10
Fe (mg/Kg)	Menor de 2.5	2.5 - 5	Mayor de 5
Mn (mg/Kg)	Menor de 0.6	0.6 - 2	Mayor de 2
Cu (mg/Kg)	Menor de 0.6	0.6 - 2	Mayor de 2
Zn (mg/Kg)	Menor de 1.6	1.6 - 4	Mayor de 4

Fuente: Adaptado de Arias et al. 2007

9.4.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 19: Clases por tamaño de la estructura

Clase por tamaño	Laminar (mm)	Prismática y Columnar (mm)	Bloques (mm)	Granular (mm)
Muy Fina	Menor de 1	Menor de 10	Menor de 5	Menor de 1
Fina	1 - 2	10 - 20	5 - 10	1 – 2
Media	2 - 5	20 - 50	10 - 20	2 – 5
Grande	5 - 10	50 - 100	20 - 50	5 -10

Muy Grande	Mayor de 10	Mayor de 100	Mayor de 50	Mayor de 10
------------	-------------	--------------	-------------	-------------

Fuente : Adaptado de USDA 1999

Tabla 20: Grado de la estructura

Clasificación	Grado de la estructura
Débil	Agregados o “peds” son apenas reconocibles al observarlos in situ en suelo húmedo. Cuando es removido el suelo, la estructura se quiebra fácilmente y genera pocos agregados o “peds” observables
Moderada	Los agregados o “peds” están moderadamente bien formados y bien definidos in situ. Cuando es removido el suelo, son observables numerosos agregados bien formados
Fuerte	Los agregados o “peds” están bien formados y son muy evidentes in situ. Cuando es removido el suelo, la estructura se quiebra en agregados o “peds” muy evidentes y bien definidos

Fuente : Adaptado de USDA 1999

Tabla 21: Consistencia de los agregados

	Consistencia de los agregados
Poco consistentes	Se rompen fácilmente ante la presión con los dedos
Consistentes	Requieren una presión moderada con los dedos para romperse
Muy consistentes	Requieren una presión mayor para romperse

Fuente : Adaptado de USDA 1999

Tabla 22: Resistencia del suelo a la penetración

	Resistencia a la penetración	Rangos (del 1 al 10)
Muy resistente	Suelo muy resistente a la penetración y/o el	1-3

	cultivo tiene muy baja capacidad de penetración.	
Resistente	Suelo resistente a la penetración y/o el cultivo tiene baja capacidad de penetración.	3-5
Moderadamente resistente	Suelo moderadamente resistente a la penetración y/o el cultivo tiene capacidad media de penetración.	5-8
Sin resistencia	El suelo no ofrece resistencia a la penetración.	8-10

Fuente: Perez 2010

Tabla 23: Estado de la materia orgánica superficial

Estado de la materia orgánica superficial clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Presencia generalizada de residuos poco descompuestos, de tamaño medio a grande y/o olor desagradable.	1-4
Presencia generalizada de residuos parcialmente descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable.	4-7
Presencia generalizada de residuos bien descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable.	7-10

Fuente: Adaptado de Altieri y Nicholls 2002

Tabla 24: Velocidad de infiltración

Velocidad de infiltración clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Muy Lenta, < 1,5 cm/ hora.	1-3
Lenta, 1, 5 – 5,0 cm/ hora.	3-5
Moderada, 5,0 – 15,5 cm/hora.	8-10
Rápida, 15,5 – 50,0 cm/hora.	5-8
Muy rápida, > 50, 0 cm/hora.	3-5

Fuente : Adaptado de USDA 1999

Tabla 25: Cobertura del suelo

Cobertura del suelo clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo
La totalidad del suelo está desnudo durante todo el año.	1-3	7
El suelo tiene una cobertura entre el 1 al 40% de su área, durante por lo menos 6 meses del año.	3-5	
El suelo tiene una cobertura entre el 40 al 80% de su área, durante por lo menos 10 meses del año.	5-8	
El suelo tiene una cobertura mayor del 80% de su área, durante más de 10 meses del año.	8-10	

Fuente: Adaptado de Altieri y Nicholls 2002

9.4.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Actividad biológica del suelo

Tabla 26: Presencia de invertebrados

	Presencia de invertebrados
Sin presencia	No se observa ningún tipo de invertebrado.
Baja presencia	Se ve muy poca diversidad y número de invertebrados.
Presencia moderada	Se ve fácilmente mayor cantidad y diversidad de invertebrados.
Alta presencia	Se ve gran cantidad y diversidad de los invertebrados.

Fuente: Adaptado de Altieri y Nicholls 2002

Tabla 27: Presencia de lombrices

	Presencia de lombrices
Sin presencia	No se observan lombrices ni túneles.
Baja presencia	Se ven muy pocas lombrices y túneles.
Presencia moderada	Se ven fácilmente lombrices y túneles.
Alta presencia	Se ve gran cantidad de lombrices y túneles.

Fuente: Adaptado de Altieri y Nicholls, 2002

Tabla 28: Actividad microbiana indirecta

Actividad biológica del suelo clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
No se observan invertebrados, lombrices ni túneles y no hay actividad microbiana indirecta.	1-3
Se ven muy pocos invertebrados, lombrices, túneles, y baja actividad microbiana indirecta (poco sonido y no hay visualización de la reacción).	3-5
Presencia moderada de invertebrados, lombrices, túneles, y moderada actividad microbiana indirecta (sonido y no hay visualización de la reacción).	5-7
Alta presencia de invertebrados, lombrices, túneles, y actividad microbiana indirecta (sonido fuerte y visualización de la reacción).	7-10

Fuente: Pérez 2010

Arreglos espaciales en los sistemas de producción de la asociación frijol con maíz.

Cada parcela estuvo compuesta de la siguiente manera:

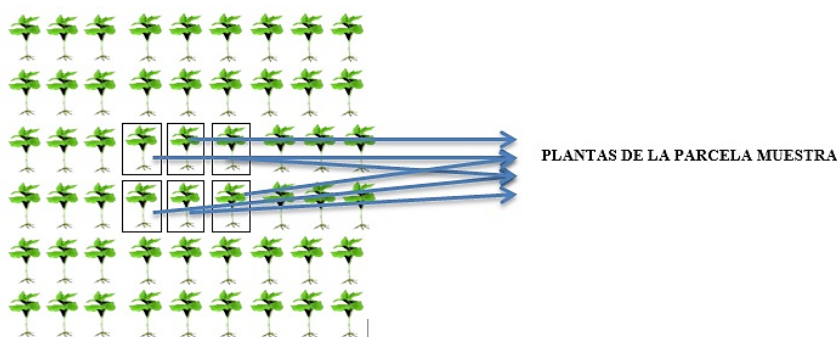


Figura 59: Parcela experimental

- Seis surcos de nueve plantas cada uno, para un total de 54 sitios por parcela (Figura 59).
- Distancias de siembra entre surcos 1 metro y 70 centímetros entre plantas.

- Tres repeticiones por cada uno de los tratamientos.
- Con realización de raleo posterior a la emergencia de las semillas.

Los datos analizados fueron de la parcela muestra compuesta por 6 plantas centrales en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

Tratamientos de asociación para el cultivo de frijol.

Los tratamientos evaluados según validación previa con los agricultores fueron:

TRATAMIENTO 1: Frijol y maíz sembrados simultáneamente.

Siembra de maíz y frijol simultáneo, 4 semillas de frijol y 3 de maíz por hoyo, con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, con 54 sitios en cada una de las repeticiones y aplicación de bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea.

TRATAMIENTO 2: Frijol en monocultivo orgánico.

Siembra de 4 frijoles por hoyo, con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, con 9 plantas por hilera, lo que da como resultado un número de 54 plantas por parcela. Aplicación de Bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea.

TRATAMIENTO 3:

Frijol sembrado 45 días después de sembrar el maíz.

Siembra primero del maíz, 3 semillas por hoyo, con bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, lo que da 54 sitios por parcela de tratamiento.

Cuando el maíz cumplió 45 días después de siembra, se sembró el frijol, para completar de esta manera los tratamientos y sus repeticiones.

En cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se realizó una selección de plantas de maíz y frijol, dejando 1 de maíz y 2 de frijol por sitio.

El diseño se generó de manera participativa, encaminado desde el MAPE (Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades), el cual se fundamenta en principios de prevención. Los productores participantes aportaron ajustes y mejoras al desarrollo del ciclo de cultivo con tiempos de siembra, cantidad de semilla a sembrar y raleo.

Debido a la gran importancia de la biodiversidad los policultivos son más amigables con el ecosistema que los monocultivos. Además, este tipo de cultivo hacen que el agroecosistema sea mucho más sostenible ya que por la variedad de plantas que estos manejan pueden existir interacciones que hacen que el uso tanto de plaguicidas como de fertilizantes no sea indispensable para mantener el sistema productivo (Altieri 1999, Giraldo y Valencia 2010, Yakarta 2011).

9.5. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

Se empleó un diseño de clasificación experimental completamente aleatorizado efecto fijo, balanceado con submuestras. Se evaluaron seis unidades muestrales dentro de cada replicación (submuestras). Los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria con base en una distribución probabilística de tipo uniforme a partir del valor semilla.

Se realizó análisis multidimensional de la varianza (MANOVA) con contraste canónico de tipo ortogonal, determinando la vía máxima de verosimilitud y la dimensionalidad del contraste. Con la función canónica generada se realizó el análisis de la varianza para saber si existía o no diferencia entre los tratamientos, teniendo en cuenta todas las variables citadas en la tabla 29.

El análisis se complementó por medio de la técnica no paramétrica de Spearman con el fin de determinar la matriz de interrelaciones entre las variables para cada tratamiento. Se suplementó con análisis de clúster, análisis de componentes principales y análisis descriptivo exploratorio de tipo unidimensional, cuyo objetivo era determinar la media aritmética, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Las variables de tipo discreto cuya distribución probabilística era la de Poisson, se transformaron con base en la familia BOX-COX, determinado el valor idóneo mediante la técnica de máxima verosimilitud. Se empleó el paquete estadístico SAS versión 8.2.

Tabla 29. Definición de las variables

Variable	Naturaleza	Distribución	Medida	Tipo
Tratamiento	Control			Suplementaria
Planta	Control			Suplementaria
Bloque	Control			Suplementaria
Altura 30	Respuesta	Normal	Centímetros	Activa
Altura 60	Respuesta	Normal	Centímetros	Activa
Número de vainas	Respuesta	Poisson	Conteo	Activa
Peso de las vainas	Respuesta	Normal	Gramos	Activa
Largo vaina	Respuesta	Normal	Milímetros	Activa
Ancho vaina	Respuesta	Normal	Milímetros	Activa
Número de frijoles	Respuesta	Poisson	Conteo	Activa
Peso frijol	Respuesta	Normal	Gramos	Activa

9.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **EVALUACIÓN RÁPIDA DE SUELO**

En cuanto al índice de calidad de suelo, los resultados obtenidos (Tabla 30) en la evaluación rápida, que fue realizada con los agricultores y en el laboratorio edafológico de la Universidad Nacional, fueron:

Tabla 30: Propiedades químicas

INDICADOR	VALOR
TEXTURA	Franco Arcilloarenosa
MATERIA ORGÁNICA	5%
pH	4.9
Al (meq/100 g suelo)	1%
Ca (meq/100 g suelo)	1.9
Mg (meq/100 g suelo)	0.35
K (meq/100 g suelo)	0.16
P (mg/Kg)	15 – 30
S (mg/Kg)	5
Fe (mg/Kg)	2.6
Mn (mg/Kg)	2
Cu (mg/Kg)	1
Zn (mg/Kg)	1

Los resultados de las propiedades químicas del suelo evidencian que aunque la textura es ideal para el frijol, los demás indicadores muestran valores muy bajos en los que se requiere una recuperación de los nutrientes presentes, al igual que del pH. Por tal motivo se realizó aplicación de materia orgánica a razón de 4 toneladas por hectárea, con el fin de mejorar disponibilidad de los elementos mayores y menores en el suelo y la cantidad de materia orgánica presente, teniendo en cuenta que el frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franca, con pH entre 5,5 y 6,5, con buen drenaje (Arias et al. 2007). Aunque el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos y Quiros 2002).

PROPIEDADES FÍSICAS

- Clase por tamaño de la estructura:

Clase por tamaño	Laminar (mm)	Prismática y Columnar (mm)	Bloques (mm)	Granular (mm)
Media	2 - 5	20 – 50	10 - 20	2 – 5

- Grado de la estructura:

Clasificación	Grado de la estructura
Débil	Agregados o “peds” son apenas reconocibles al observarlos in situ en suelo húmedo. Cuando es removido el suelo, la estructura se quiebra fácilmente y genera pocos agregados o “peds” observables

Consistencia de los agregados

	Consistencia de los agregados
Poco consistentes	Se rompen fácilmente ante la presión con los dedos

Estado de la materia orgánica superficial

- Resistencia del suelo a la penetración

	Resistencia a la penetración	Rangos (del 1 al 10)
Resistente	Suelo resistente a la penetración y/o el cultivo tiene baja capacidad de penetración.	3-5

Estado de la materia orgánica superficial clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Presencia generalizada de residuos parcialmente descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable.	4-7

- Velocidad de infiltración

Velocidad de infiltración clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Lenta, 1, 5 – 5,0 cm/ hora.	3-5

- Cobertura del suelo

Cobertura del suelo clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
El suelo tiene una cobertura entre el 1 al 40% de su área, durante por lo menos 6 meses del año.	3-5

En las propiedades físicas los productores encontraron agregados apenas reconocibles al observarlos in situ en suelo húmedo. Cuando fue removido el suelo, la estructura se quebró fácilmente y generó pocos “peds” observables, los agregados se rompieron fácilmente ante la presión con los dedos, el suelo fue resistente a la penetración por tanto el cultivo tuvo baja capacidad de penetrarlo, hubo presencia generalizada de residuos parcialmente descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable y la velocidad de infiltración fue lenta, 1, 5 – 5,0 cm/ hora. Lo que lleva a confirmar el exagerado laboreo que se había presentado en este suelo al aplicar agricultura convencional. El modelo agrícola que tiene como base: labranza intensiva, monocultivos, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos (Gliessman 1998, Altieri 1999), afectando negativamente los recursos naturales de los sistemas productivos.

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Actividad biológica del suelo

Presencia de invertebrados

	Presencia de invertebrados
Baja presencia	Se ve muy poca diversidad y número de invertebrados.

Presencia de lombrices

	Presencia de lombrices
Baja presencia	Se ven muy pocas lombrices y túneles.

Y desde la actividad biológica se encontró presencia muy baja de lombrices, invertebrados y fauna microbiana, lo que confirma la deficiente calidad del suelo al llevar tiempo trabajado con prácticas de revolución verde, implicando cambios radicales en los sistemas tradicionales de producción que afectaron negativamente tanto la salud, como la sanidad y la fertilidad del sistema agrícola, al no ser adecuadas para el contexto (León 2009).

- **EVALUACION DE LOS TRATAMIENTOS DE ASOCIACION FRÍJOL-MAÍZ**

Se detectó diferencia estadística ($p < 0.05$) para las variables: altura, número de frijoles, peso del frijol, peso de la vaina, a favor del tratamiento 3. Para las variables largo de la vaina, ancho de la vaina no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos desde el punto de vista unidimensional ($p > 0.05$), como se puede apreciar en la tabla 31. Adicionalmente se observa que a los 60 días el tratamiento 3 alcanzó la mayor altura promedio.

Resultados que confirman lo mencionado por Vélez et al. (2011), que entre los beneficios de la asociación maíz y frijol voluble está la eficiencia en el uso de la mano de obra, la tierra y los recursos económicos y ambientales (agua, nutrientes y luz).

Tabla 31: Análisis descriptivo por tratamiento

	Media±Std	Media±Std	Media±Std
Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Altura 30	21.4±2.2 ab	20.4±2.8 b	37.5±9.6 a
Altura 60	51.2±11.5 c	106.8±21.5 b	150.1±17.0 a
Número de vainas	8.0±3.1 b	15.0±6.4 ab	24.0±7.4 a
Peso de las vainas	23.2±13.2 c	62.3±44.4 b	93.3±37.8 a
Largo vaina	122.3±11.8 a	128.6±14.3 a	140.1±11.4 a
Ancho vaina	12.6±1.5 a	14.4±1.2 a	14.8±1.4 a

Número de frijoles	29±13.7 b	57.0±33.7 b	130.0±41.0 a
Peso frijol	18.2±10.6 c	42.3±31.4 b	70.1±29.1 a

El tratamiento 3 presentó la mayor heterogeneidad al evaluar la altura de la planta a los 30 días de ser sembrada. Sin embargo al mes siguiente fue el más homogéneo. Se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, el mejor comportamiento en la variable mencionada lo obtuvo el tratamiento en el que se sembró el frijol después de 45 días respecto al maíz y dicho resultado confirma las bondades del policultivo, frijol-maíz (velez et al. 2007). Para las variables número de vainas, peso de la vaina, número de frijoles y peso del frijol, el tratamiento 2 fue el más heterocedástico (Tabla 32).

La competencia dada entre dos especies se evidencia en el bajo crecimiento de ambas como lo mostraron los resultados de la asociación maíz y frijol, sembradas en tiempos simultáneos y durante el ciclo del cultivo el registro y seguimiento lo evidenció, comprobando lo encontrado por Vélez et al (2011).

Tabla 32: Coeficiente de variación por tratamiento

	Media±Std	Media±Std	Media±Std
Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Altura 30	10.1	13.5	25.5
Altura 60	22.5	20.1	11.3
Número de vainas	37.9	40.7	31.1
Peso de las vainas	56.9	71.2	40.6
Largo vaina	9.7	11.1	8.1
Ancho vaina	11.6	8.7	9.2
Número de frijoles	47.6	58.8	31.5
Peso frijol	58.1	74.0	41.6

Al efectuar el análisis multivariado de la varianza (MANOVA), se detectó diferencia altamente significativa en el efecto de los tratamientos, teniendo en cuenta todas las variables respuesta evaluadas de manera simultánea ($p < 0.0001$), como se puede apreciar en la tabla 33

Tabla 33: Análisis multivariado de la varianza

Prueba Estadística	Valor P
Wilks' Lambda	<0.0001
Pillai's Trace	<0.0001
Hotelling-Lawley Trace	<0.0001
Roy's Greatest Root	<0.0001

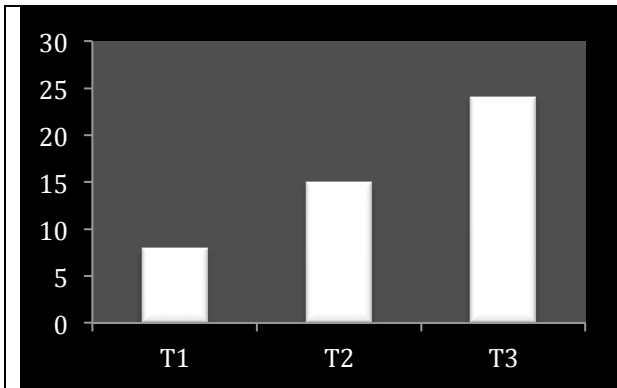
El análisis canónico efectuado en una dimensión dos, permite afirmar que entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, con base en todo el conjunto de variables, lo cual está sustentado en la Tabla 34.

Tabla 34: Comparación canónica

	Valor propio	Valor p
Dimensionalidad 1	1.416	<0.0001
Dimensionalidad 2	0.321	<0.0001
Comparación canónica		
Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
C	B	a

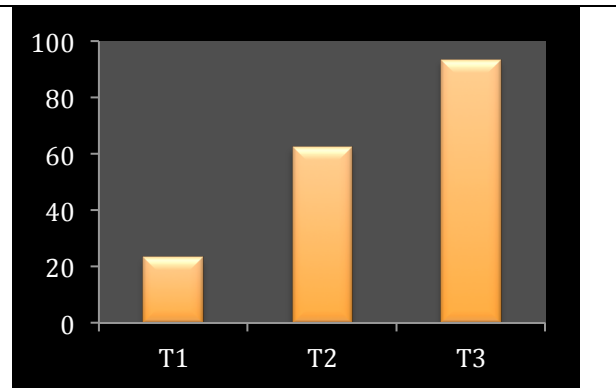
En la Figura 60, se describe el efecto promedio de los tratamientos para las variables citadas en cada recuadro.

<p>Número de vainas Existe una diferencia significativa de la variable entre los tres tratamientos. Analizando el T1 se obtuvo en promedio 8 vainas, el T2 obtuvo 15 vainas en promedio. Y por último T3 de frijol sembrado 45 días después del maíz se lograron 24 vainas en promedio.</p>	<p>Peso de la vaina La variable peso de vainas guarda relación con el número de vainas que se producen a partir de cada tratamiento. Se observa que los tratamientos 2 y 3 además de obtener más vainas también obtienen un peso significativo en las mismas.</p>
--	--



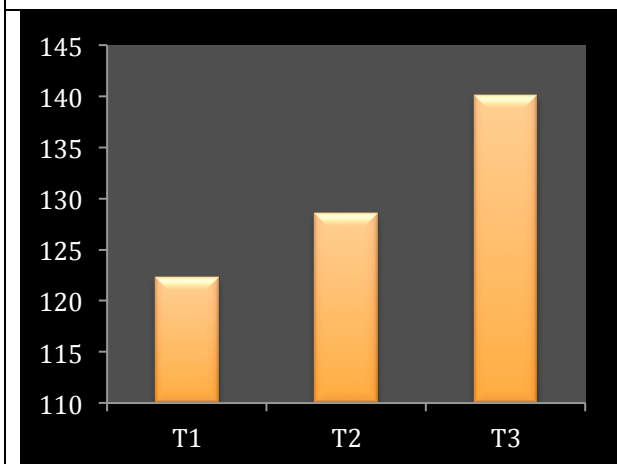
Largo de la vaina

En la variable largo de vaina se observan diferencias entre los tratamientos. En los tratamientos 1 y 2 se obtuvieron los menores valores (122 mm y 128 mm respectivamente), mientras el Tratamiento 3 obtuvo el mayor largo de vaina: 140mm.



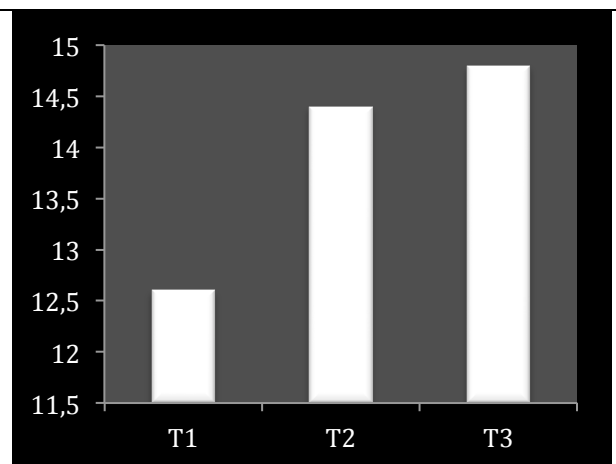
Ancho de la vaina

En la variable ancho de vaina los resultados oscilaron entre 12,6 mm (T1), 14,4 (T2) y 14,8 mm (T3), donde los tratamientos 2 y 3 tuvieron resultados similares y con los valores más altos de esta variable.



Peso del frijol

En esta variable se obtienen los mejores resultados con T3 que obtiene 70 gramos por planta, seguido del T2 con 42, 3 gramos por planta. En el T1 el resultado del peso muestra que el tamaño de frijol fue pequeño, demostrándose en un menor peso por planta.



Número de frijoles

En la variable número de frijoles las diferencias entre los tratamientos son notables, T1 obtuvo 29 frijoles, el T2 obtuvo 57 frijoles, y el T3 obtuvo un valor de 130 frijoles. Se infiere entonces que el T1 es el tratamiento con menor eficiencia en la producción, y el T3 el que tiene mayor eficiencia en la producción de frijol.

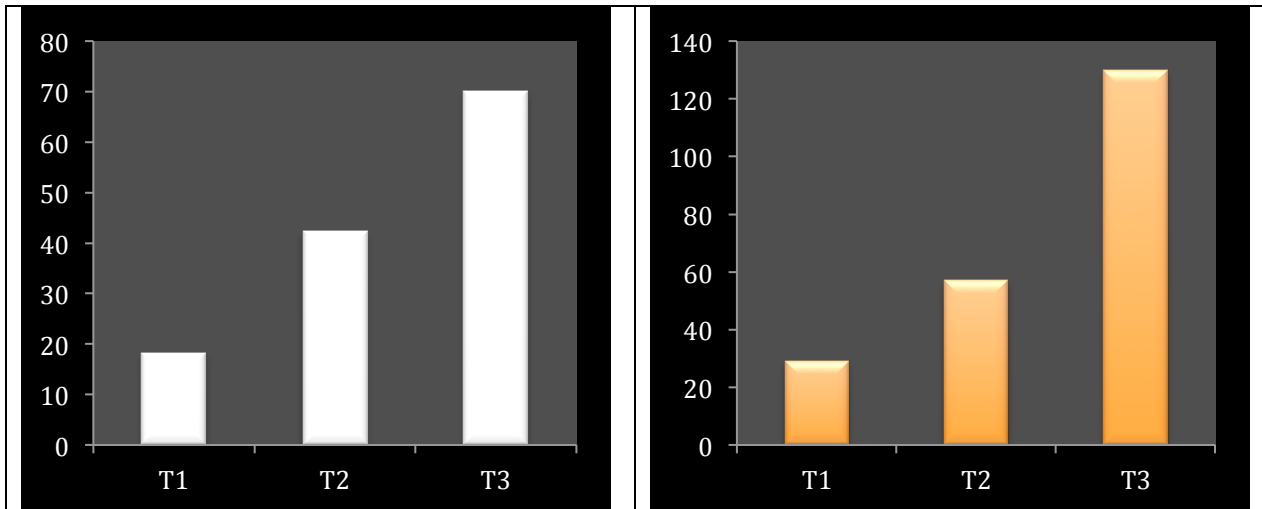


Figura 60. Dinámica de comportamiento de las variables por tratamiento

Los resultados confirman los bienes y servicios positivos de la asociación frijol y maíz. Pues se evidencia en los resultados logrados con las variables en cada uno de los tratamientos, aunado a la biodiversidad funcional que acompañó los tratamientos durante el ciclo de cultivo y el maíz brindó soporte al frijol, mientras este último fijaba con ayuda de las bacterias nitrificantes el nitrógeno al suelo, teniendo en cuenta que los sistemas de policultivos se caracterizan por la diversidad de especies de plantas integradas alrededor de la necesidad de producir biodiversidad de alimento (Francis 1986, Altieri 1994).

Complementando los resultados anteriores, se presenta la gráfica del comportamiento de la precipitación durante el ciclo del cultivo, teniendo en cuenta que la siembra fue en los meses de Marzo-abril y la cosecha en septiembre. Los datos son de la Estación: 23080650 Vereda Campoalegre del IDEAM (INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES)

Año: 2013

Latitud 0604 N

Longitud 7520 W

Elevación 2137 m.s.n.m

Fecha-instalación 1973-JUN

Departamento: Antioquia

Municipio El Carmen de Viboral

Regional 01 Antioquia

Corriente Quebrada cimarrona

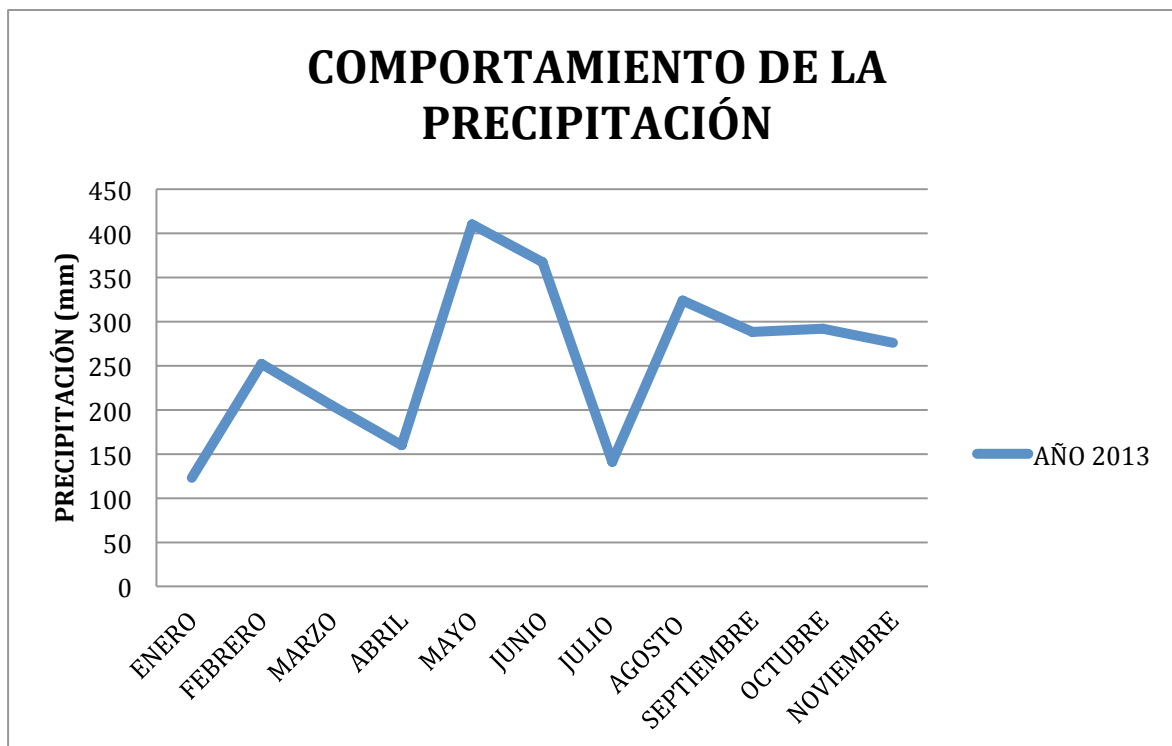


Figura 61: Comportamiento de la precipitación

En la figura 61, se evidencia que los tratamientos tuvieron estrés hídrico por sequía durante la primera etapa del cultivo y estrés hídrico por inundación en la etapa de cosecha. Lo que se convierte en una muestra de los beneficios que tiene la asociación de frijol y maíz al conservar humedad en el suelo para evitar el marchitamiento por deshidratación y evitar afectación negativa por inundaciones, aprovechando el recurso hídrico presente.

En la tabla 35 se muestra la relación bidimensional entre el conjunto de variables respuesta, destacándose para el tratamiento 1, donde se detectó relación directamente proporcional entre la altura alcanzada a los 60 días y el largo de la vaina. El número de vainas se relacionó con el peso de la vaina y el largo de la

vaina, de igual forma la variable que más se relacionó con las demás fue la longitud de la vaina. Para el tratamiento 2 el ancho de la vaina y la altura alcanzada a los 60 días no se relacionaron con ninguna otra variable de manera significativa ($p>0.05$), de igual forma sucedió para esta última variable en el tratamiento 3.

Tabla 35: Correlación de las variables por tratamiento

Tratamiento 1							
	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V2							
V3							
V4							
V5							
V6							
V7							
V8							
Tratamiento 2							
	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V2							
V3							
V4							
V5							
V6							
V7							
V8							
Tratamiento 3							
	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V2							
V3							
V4							

V5							
V6							
V7							
V8							
Las celdillas pigmentadas con negro indican relación significativa y directamente proporcional entre las variables $p < 0.05$							

V2=altura 60 días, **V3**=número de vainas, **V4**= peso de la vaina, **V5**= largo vaina, **V6**= ancho de la vaina, **V7**= número frijol, **V8**= peso frijol

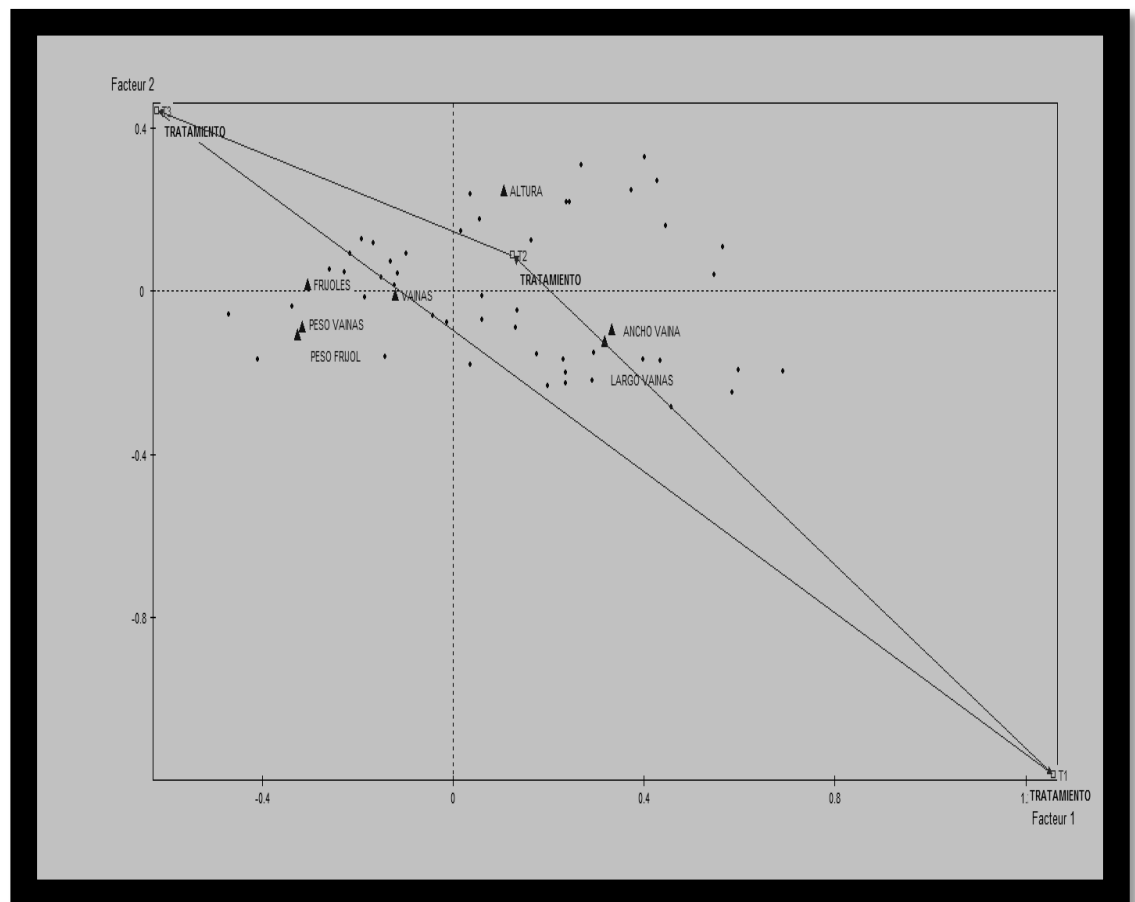


Figura 62. Plano factorial derivado del análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales permitió ratificar la disparidad entre los tratamientos al suplementarlos sobre las variables respuesta activas, como se aprecia en la figura 62. En el mismo plano se evidencia una relación más fuerte

entre el ancho de la vaina y la longitud alcanzada por ella, de igual forma se ve que la altura de la planta no tiene una interacción marcada con ninguna otra variable. De otro lado el número de frijoles, el peso de ellos, se relaciona más con el peso de la vaina.

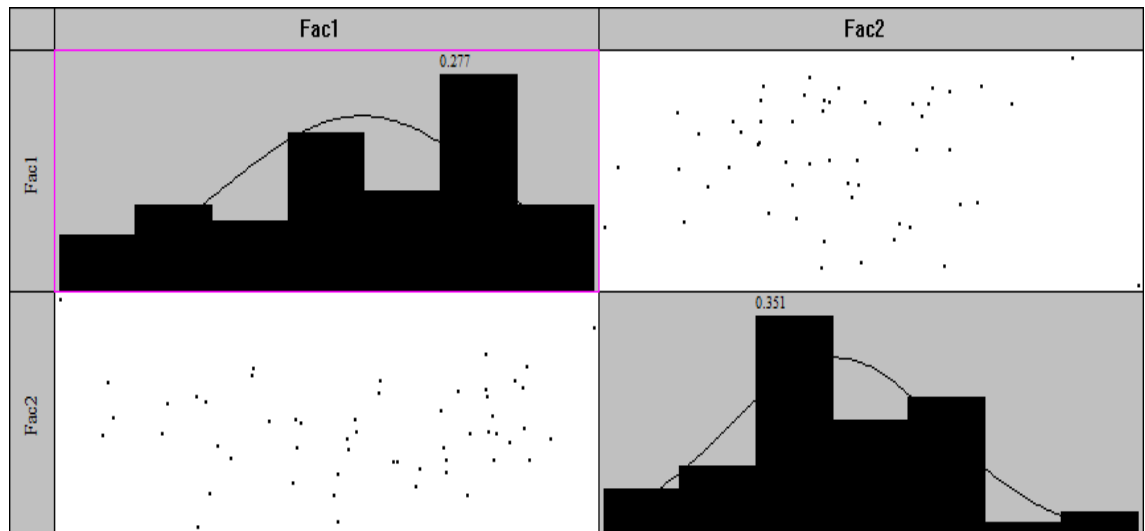


Figura 63. Distribución espacial de las submuestras sobre los factores.

En la figura 63, se observa que existe asimetría en la distribución de las plantas proyectadas sobre los ejes factoriales, se observa un aleatoriedad en la dinámica de comportamiento sobre cada factor. También se evidenció en los resultados, el principio de convivencia entre especies en un sistema de cultivo intercalado, donde la separación espacial de especies y la diferencia en tiempos de siembra, promueve una reducción en la competencia y genera eficiencia en rendimiento y uso de recursos.

El tratamiento 3, mostró los beneficios de la interacción que tienen el frijol y el maíz en asociación, ya que el frijol fija nitrógeno en el suelo y el maíz proporciona soporte y corta ciclos de plagas y enfermedades facilitando el manejo de las mismas con la consecuente obtención de mejores resultados. Desde tempranas etapas del cultivo y hasta la cosecha, se evidenciaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, respecto a las variables: altura de planta, número de

vainas, peso de vainas y grano, obteniéndose mejores resultados en el tratamiento de asociación N° 3 (siembra de maíz 45 días antes de la siembra del frijol).

10. LA MILPA COMO ALTERNATIVA DE CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS CONVENCIONALES DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris*), EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL, COLOMBIA

10.1. RESUMEN

El modelo de agricultura convencional en El Carmen de Viboral, se fundamenta en un sistema de producción dependiente de un alto uso de insumos sintéticos, donde predomina el monocultivo que se justifica como herramienta fundamental para lograr la mayor eficiencia del proceso productivo. Sin embargo, este sistema de producción ha mostrado serios problemas de sostenibilidad y ha ocasionado el deterioro de los recursos naturales de la zona. Por otra parte, la agricultura agroecológica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta en un mejor manejo del suelo, un fomento al uso de insumos locales, mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa.

Considerando la importancia que tiene el cultivo del frijol en el municipio de El Carmen de Viboral, y el conocimiento de la existencia de tres tipos de sistemas agrícolas para este producto en el municipio, se presenta esta propuesta para estudiar el proceso de conversión de agricultura convencional a agroecológica, mediante métodos participativos, fundamentados en la aplicación de principios agroecológicos, transferidos de campesino a campesino.

Para el estudio de la conversión de agricultura convencional a agroecológica, se realizó caracterización, tipificación, evaluación de la sostenibilidad a las tipologías encontradas, propuesta participativa de un diseño agroecológico y la implementación del diseño en fincas del municipio, por medio del montaje de parcelas experimentales para evaluar el desempeño productivo de frijol, en donde el tratamiento uno fue de monocultivo, el tratamiento dos una asociación de frijol con maíz sembrados con una diferencia de 45 días y el tratamiento tres frijol y calabacín sembrados 45 días después de sembrar el maíz.

En la metodología estadística, se empleó un diseño de clasificación experimental en bloque aleatorizados efecto fijo balanceado, con tres réplicas por tratamiento. Incorporando el análisis multidimensional de la varianza; se complementó con la

prueba de Tukey, con base en un nivel de significancia del 5%, con análisis de correlación de Spearman por tratamiento para evaluar la relación entre las variables, y un análisis descriptivo unidimensional para establecer la media aritmética, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Las variables a evaluar fueron el número de vainas, peso, ancho y largo de la vaina, número de granos de frijol, peso y rendimiento. Al efectuar el análisis comparativo entre tratamientos se encontró diferencia estadística entre el tratamiento 3 obteniendo los mejores resultados con respecto a los tratamientos 1 y tratamiento 2, para las variables número de vainas, peso de la vaina, número de frijoles, peso del frijol y rendimiento ($p < 0.05$). Para las variables ancho de la vaina y largo de la vaina, no se detectó diferencia estadística significativa ($p > 0.05$).

10.2. PALABRAS CLAVE:

Milpa, conversión, agroecología, policultivos, frijol, maíz, calabacín,

10.3. INTRODUCCIÓN

Hablar de innovación rural en El Carmen de Viboral, se refiere al cambio agrícola y la transformación social de un modelo dominante y emancipado, vulnerable a plagas y enfermedades y contaminante del medio ambiente, en donde surge un grupo de productores abanderados de la conversión agroecológica, cuyo eje articulador es la familia campesina, aportando alternativas de manejo en el sistema productivo, con el fin de mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de la finca.

La tendencia del paisaje agrario hacia el monocultivo y la eliminación de cualquier elemento que no forme parte de él, ha provocado grandes cambios en la flora y fauna silvestre, que antes eran asociadas a los cultivos tradicionales y las múltiples relaciones positivas que se establecían entre ellos y sus entornos cercanos, y que en la actualidad han convertido el agroecosistema en no natural, requiriendo fuentes auxiliares de energía para aumentar la producción (Brzovic et al. 1990, Cánovas 1993).

Sin embargo, a pesar de tan oscuro panorama, autores como Aguilar et al (2009), diseñaron participativamente un sistema ecológico de producción de maíz bajo condiciones de ladera, fundamentado en la no quema, el uso de abono verde, la siembra alternativa, el fitomejoramiento participativo y el control ecológico de plagas, que en su conjunto mejoraron sistemáticamente la sostenibilidad en la producción del maíz, lo que fomentó la formación de un grupo de productores indígenas que gestionan, diseñan y operan sistemas de producción sostenible de maíz en la selva de Chiapas, México.

Frente al modelo industrial y globalizado de la agricultura, cada vez más agricultores trabajan por un cambio de rumbo hacia formas ecológicamente sostenibles y socialmente justas de manejo de los recursos naturales, por esto la agroecología está en una creciente demanda a nivel regional, por ser respetuosa con el medio ambiente y con la salud de las personas, y por la oportunidad que brinda a los pequeños sistemas agrarios, ya que plantea formas de manejo basadas en conocimientos científicos y el conocimiento tradicional campesino (Sevilla y Woodgate 2013), que según Altieri (1999), Gliessman (2002) y Clavijo (2006), podría llamarse agricultura de transición.

Clavijo (2006) y González et al. (2011), sostienen que a pesar de haber aumentado la conciencia humana por disminuir la velocidad del deterioro ambiental, en fincas de producción campesina colombiana o de otros países tropicales, aún se puede encontrar que el pequeño productor implementa prácticas que han sido traídas por la revolución verde, muchas veces asociadas a otras menos dañinas que podrían ser llamadas prácticas de agricultura con enfoque agroecológico, mezcla que han acostumbrado como alternativas de producción, en función de obtener un mejor rendimiento de sus cultivos y dependiendo siempre de sus capacidades de adquisición, conocimientos, plan o proyecto de vida y estrategias de mercado, lo que hace difícil la conversión total (Altieri 1995, Gliessman y Rosemeyer 2010, Vazquez 2013, Márquez 2013).

En la transición de la agricultura de sistemas convencionales a sostenibles sobre bases agroecológicas, la biodiversidad constituye un recurso natural esencial que puede ser manejado por el mismo agricultor, favoreciendo la conservación del mismo y de los procesos ecosistémicos que contribuyen a la eficiencia del sistema de producción (Vázquez et al. 2014, Sarandón y Flores 2014).

El proceso se inicia con un cambio en la visión de los agricultores sobre sus fincas, con la decisión de trabajar con procesos naturales y comprender que se trata de comenzar un sistema de producción nuevo y distinto al convencional, utilizando modelos que están diseñados para optimizar la salud del suelo y de los cultivos. En ese proceso no es suficiente con dejar de aplicar agroinsumos químicos sintéticos, sino que se necesita, construir un sistema diferente basado en el entendimiento y manejo de los recursos locales, así como de los ciclos naturales de la energía, el agua y los nutrientes (Gliessman 1998, Domínguez 2002, Funes-Monzote 2009, López y Llorente 2010, Press et al. 2014).

La conversión de sistemas convencionales de producción, caracterizados por monocultivos manejados con altos insumos, a sistemas diversificados, se basa en la diversificación del hábitat y el manejo orgánico del suelo (Altieri y Nicholls 2007b); pasando por tres fases:

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, etc.
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 (Gliessman 1998, Clavijo 2006).

A lo largo de estas tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar (Altieri 1991):

- 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.

En México, la agricultura campesina e indígena desde hace muchos años viene practicando el sistema milpa, un sistema de producción que integra al maíz, frijol, calabaza, chile y haba, porque ha demostrado que tiene la capacidad de resistir condiciones adversas, así como también asegurar la alimentación de las familias y de los animales, y aumentar la capacidad de nutrientes de los suelos donde se vienen realizando este tipo de sistema (Gutierrez et al. 2007). Este sistema se ve como una alternativa campesina con poca tierra y en laderas, que permite a las familias obtener alimentos sanos y seguir fomentando en sus comunidades la agrodiversidad productiva. De igual forma, la metodología de la comunicación campesino a campesino ha permitido que este sistema lo compartan con más promotores y promotoras de manera horizontal, revalorizando todos sus componentes alimentarios.

El maíz es el alimento más cosechado en América, es una planta muy versátil, y brinda mayor rendimiento que muchos otros granos. Su uso relevante es la alimentación, pues el valor nutricional que tiene es muy alto, ya que proporciona vitaminas, hidratos de carbono, calcio, fósforo y potasio. Según Ortega (2003), el maíz facilita la siembra de otras plantas como la calabaza y el frijol. Al cultivarse en la misma parcela o milpa, hay un intercambio de propiedades entre ellas, lo que enriquece su valor nutricional. Incluso, los nativos americanos llamaban a estas especies “las tres hermanas” y no podían ser separadas para cultivarlas.

Muchos productores se apropian del modelo milpa en el manejo de sus predios, contemplando la importancia de reestablecer el equilibrio aumentando y conservando la biodiversidad de la zona a través de las asociaciones y rotaciones de cultivo, cubiertas vegetales, abonos verdes. Cada cultura, de acuerdo a sus saberes y tradiciones, selecciona las plantas y las combina de forma personal imprimiéndole a la milpa su sello particular, en la selección de variedades, manejo del sistema agrícola y procesamiento de productos, así como en la organización social en torno a los cultivos (Álvarez et al. 2011, Sánchez y Hernández 2014).

Está comprobado que en el sistema milpa se obtienen dos o tres cosechas que aventajan a lo que se cultivaría sembrando un solo cultivo. De esta manera, se optimiza el uso del suelo en las parcelas de los pequeños productores, y simultáneamente se producen más alimentos de calidad y libres de agroquímicos (Sánchez y Hernández 2014). La milpa produce una diversidad de alimentos a lo largo del año y alberga plantas medicinales que están disponibles en cualquier época en caso de necesidad, y otras plantas que son alimento de gran cantidad de insectos, que a su vez son alimento de otros animales, como parte de la cadena alimenticia (Linares y Bye 2011).

Según Álvarez et al. (2011), la milpa es un policultivo agroecológico en donde se conjugan conocimientos y tecnologías tradicionales haciendo uso eficiente de los recursos bióticos y abióticos de la naturaleza a lo largo del ciclo de cultivo, pues la milpa ha demostrado ser capaz de sustentar la alimentación sana y diversa de grandes poblaciones de manera sostenible.

La familia, es el elemento más importante en la milpa (Álvarez et al. 2011), ya que a través de ella se contribuye al mantenimiento de la milpa, preservando los conocimientos y tradiciones como la asociación de varios cultivos, el uso de biodiversidad acompañante con beneficios ecológicos, producir las semillas de maíz, frijol, calabacín y aromáticas, la mayor parte de los productores conservan alrededor de la milpa diferentes etapas sucesionales de la vegetación, lo que

contribuye a la conservación de especies de árboles nativos y a estructurar una matriz agroecológica (Vandermeer 1989), de esta manera, la interacción entre los agricultores y los recursos naturales es muy estrecha, llevando consigo el dominio y la conservación de la milpa.

Algunos países, como lo sostiene Turrent (2012), han ido adoptando poco a poco diferentes métodos, para hacer frente al cambio climático que afectará la producción por el uso del modelo agrícola intensivo en el uso de insumos, apoyando políticas que involucren como énfasis el extensionismo participativo, en la divulgación de prácticas agrícolas sostenibles y en el mejoramiento del manejo del agua, es decir fomentar una agricultura de transición, que avance de un nivel a otro cada vez, utilizando dentro de los sistemas productivos menos insumos sintéticos y menos prácticas convencionales como la labranza intensiva, los monocultivos y el uso de plaguicidas, con el fin de convertir una finca convencional en una finca agroecológica (Clavijo 2006,).

Al respecto, Gliessman (1998), se refiere al proceso de transición puntualizando en 4 niveles:

Nivel 1: Incrementar la eficiencia en prácticas de agricultura convencionales para reducir el consumo de insumos costosos y ambientalmente nocivos.

Nivel 2: Sustituir prácticas e insumos convencionales por prácticas alternativas sostenibles.

Nivel 3: Rediseño del agroecosistema sobre las bases de procesos ecológicos.

Nivel 4: Cambio de ética y de valores, la transición hace una cultura de sostenibilidad.

En estudios de esta índole, es necesario no sólo la motivación de los agricultores a la implementación de prácticas de cultivo más limpias, sino también el conocimiento autóctono que cada uno de ellos posee, y para esto se hace necesario la utilización de metodologías como las sugeridas por Caldas (2013), como son las encuestas, las entrevistas, las visitas de corroboración a los predios, entre otras.

Una de las principales razones por las cuales los agricultores en el mundo adoptan los policultivos, es que en la mayoría de ellos se puede obtener un mayor rendimiento en un área sembrada como policultivo que de un área equivalente, sembrada en monocultivo. Lo anterior fue confirmado por Natarajan y Willey, (1980, citados por Liebman en 1999), los cuales encontraron que 0.94 hectáreas de monocultivo de sorgo y 0,68 hectáreas de monocultivo de guandul fueron necesarias para producir las mismas cantidades de sorgo y guandul que se cosecharon en un policultivo de 1 hectárea.

A esta relación se le conoce como el Coeficiente de tierra equivalente (LER), por tanto en el ejemplo anterior el LER del policultivo fue entonces $0,94 + 0,68 = 1,62$. es decir, el rendimiento total del policultivo, por unidad de superficie, fue un 62% mayor comparado con el de los monocultivos. Siempre que LER mayor a 1, un policultivo tiene un rendimiento mayor en un área determinada que el que puede tener como monocultivos (Tabla 36). Todo lo anterior responde a que cuando dos plantas crecen juntas, es muy probable que se influyan mutuamente, bien sea directa o indirectamente, ya que cuentan con un espacio de influencia (Liebman 1999)

Tabla 36: Ejemplos de LER en policultivos

POLICULTIVOS	INVESTIGADORES Y AÑO
1.26 para mijo/maní	Reddy y Willey 1981
1,38 para maíz/fríjol	Willey y Osiru 1972
1,53 para mijo/sorgo	Andrews 1972
1,67 para maíz/guandul	Dalal 1974
1,85 para cebada/haba	Martin y Snaydon 1982
2,08 para maíz/ñame/camote	Unamma et al. 1985
2,51 para yuca/maíz/mani	Zuofa et al. 1992

Fuente: Liebman (1999).

El propósito de la presente investigación fue evaluar los resultados de un proceso de conversión agroecológica participativa del cultivo de frijol en una zona agrícola del municipio El Carmen de Viboral–Antioquia, en donde se propone la estructuración y transición de sistemas de producción convencionales a sostenibles.

10.4. METODOLOGÍA

La zona de estudio fue el municipio de El Carmen de Viboral. Es un municipio de Colombia, localizado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia (Figura 64). Limita por el norte con los municipios de Marinilla, Rionegro y El Santuario, por el este con el municipio de Cocorná, por el sur con el municipio de Sonsón y Abejorral, por el oeste con los municipios de La Unión y La Ceja.

Descripción física:

Extensión total: 448 Km²

Habitantes: 46751 (DANE, 2015)

Zona urbana: 30107 habitantes

Zona rural: 16453 habitantes

Veredas: 55

Extensión área urbana: 2.44 Km²

Extensión área rural: 445.56 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2.150 msnm

Temperatura media: 17° C

Distancia de referencia: 56 Km de la Ciudad Medellín

Coordenadas: 6°04'55"N 75°20'03"O



Figura 64: Localización de El Carmen de Viboral en Antioquia

Fuente: Alcaldía de El Carmen de Viboral

En la localidad existe una población representativa de campesinos que han retornado al campo y han optado por la agroecología como una estrategia para la producción limpia de alimentos y la dignificación de la labor campesina. Lo anterior haciendo alusión a una investigación realizada en el municipio, donde se halló un grupo significativo de estos pobladores, que desean vivir en el medio rural, pues lo contemplan como alternativa a la vida urbana (Ripollés 2004).

El método de investigación que se utilizó corresponde a una Investigación Acción Participativa (IAP), ajustada y adaptada a las unidades del taller AIL (Apoyando Innovaciones Locales), aplicando además el enfoque de sistemas en las fincas de los productores. La investigación inició conformando un grupo de 16 productores de diferentes veredas del municipio de El Carmen de Viboral con los que se realizaron visitas a finca y con la ayuda del taller AIL modificado, que consistió en 7 etapas, se trazó un camino hasta llegar a la elaboración del diseño de conversión agroecológica de frijol, concertado con todos los participantes (Bruschweiler y Rist 2005, Speelman 2013).

El grupo de productores validó diferentes propuestas de prácticas agroecológicas para el diseño de conversión según las innovaciones aprendidas y compartidas y

el diseño de manejo agroecológico, se realizó, partiendo de la caracterización de los sistemas productivos y de los principios ecológicos de un agroecosistema sostenible, cumpliendo con el objetivo de un diseño agroecológico, que según Ríos et al. (2000) es aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema.

La validación realizada con los agricultores partió de un Diseño 1 (Figura 65), donde el frijol se maneja en monocultivo y sin biodiversidad funcional acompañante, pero con los aportes, conocimientos y experiencias de cada productor se llegó al Diseño 2 (Figura 66), donde se siembra el frijol asociado a maíz como cultivo soporte, que además sirve para romper ciclos de insectos plaga y el frijol se convierte en fijador de nitrógeno, elemento esencial para el desarrollo de ambos cultivos.

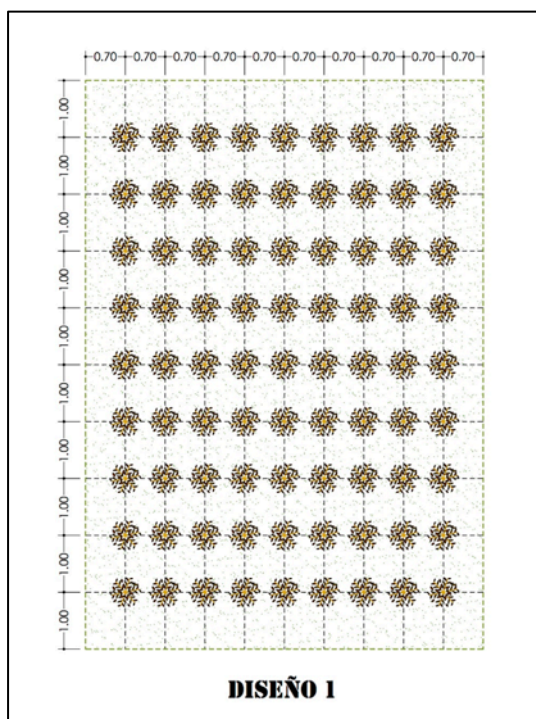


Figura 65 : Diseño de monocultivo de frijol

Con distancias de siembra de 1 metro entre surcos y 70 centímetros entre plantas, y una diferencia de 45 días entre la siembra del maíz y el frijol, con el fin de darle tiempo al maíz para que crezca y pueda ser soporte al frijol, evitando la competencia entre las 2 especies.

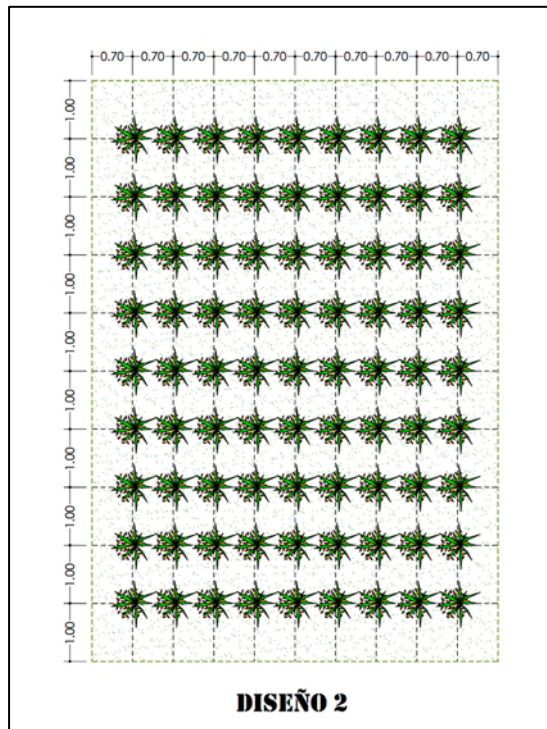


Figura 66: Diseño de asociación fríjol-maíz

Luego de foma participativa, los productores eligieron, el maíz y el calabacín como cultivos asociados al frijol, semejando una MILPA (Figura 67), y la biodiversidad funcional acompañante durante el proceso productivo, que fue seleccionada por los beneficios ecológicos aportados al sistema productivo (Tabla 37), en donde se sembró botón de oro en los límites laterales de cada parcela, en la parte superior caléndula y en la inferior albahaca y cilantro intercalados, eligiendo también las prácticas agroecológicas a implementar (Tabla 38), según la etapa del cultivo.

Tabla 37: Cultivo principal, cultivos acompañantes y biodiversidad funcional

ESTRATO	ESPECIE	DISTANCIAS DE SIEMBRA	FUNCIÓN AGROECOLÓGICA
Bajo	Calabacín <i>(Cucurbita pepo)</i>	0,7 m entre plantas y 1 m entre surcos	El calabacín es una hortaliza de porte rastroso, este hábito de crecimiento ayuda también como cobertura y protección del suelo. Pertenece a la familia de las Cucurbitaceas (Ott 2010)
	Cilantro <i>(Coriandrum sativum)</i>	10 cm entre plantas	Tiene acción insecticida y repelente. (Millán 2008)
	Caléndula <i>(Calendula officinalis)</i>	10 cm entre plantas	La caléndula atrae, debido al colorido de sus flores, insectos benéficos por lo que puede ser empleada en siembras asociadas; intercalada con yerbabuena es excelente para el control de nemátodos y moscas blancas. (Millán 2008)
	Albahaca <i>(Ocimum basilicum)</i>	10 cm entre plantas	Posee acción repelente, insecticida y acaricida. Afecta a organismos tales como polillas, moscas, mosquitos, escarabajos, pulgones, gusanos y ácaros. (Millán 2008)
	Mostacilla <i>(Rapistrum)</i>	10 cm entre plantas	Hierba de porte bajo con pequeñas flores amarillas, y presente en huertas y jardines

	<i>rugosum</i>)		(Rzedowski y Rzedowski 2001).
Medio	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0,70 m entre plantas y 1 m entre surcos	Uno de los tres cultivos básicos de la milpa, ofrece vainas tiernas para consumo inmediato o semillas secas para su almacenamiento y consumo posterior, ayuda a fijar en el suelo el nitrógeno que el maíz requiere para crecer (Muñoz 2010)
	Maíz (<i>Zea mays</i>)	0,70 m entre plantas y 1 m entre surcos	Es un cereal importante que hace parte de los alimentos básicos en la dieta del ser humano, sirve de soporte para el desarrollo y crecimiento de frijol y corta ciclos de plagas, se convierte además en buena fuente de biomasa para abonos orgánicos (Serratos 2009)
Alto	Botón de oro (<i>Ranunculus bullatus</i>)	15 cm entre plantas	Fuente de néctar para la alimentación de los enemigos naturales, forraje de buen valor nutricional para la alimentación animal, capacidad de restaurar suelos degradados, dinamizador los ciclos de los nutrientes en el suelo y repelente de insectos (Calle y Murgueitio 2008).

Tabla 38: Prácticas agroecológicas seleccionadas para el diseño de conversión

PRÁCTICA AGROECOLÓGICAS UTILIZADAS	ETAPA DEL CULTIVO EN QUE SE REALIZA
Destrucción de socas y residuos vegetales del lote	Antes
Preparación del terreno con labranza mínima	Antes
Uso de semillas sanas y productivas de frijol, maíz y calabacín, como cultivos principales	Antes
Época de siembra apropiada	Antes
Policultivos de frijol, maíz y calabacín, con el fin de romper ciclos de plagas y ser más eficiente con el uso del suelo	Durante
Espaciamiento adecuado entre el maíz, el frijol y el calabacín.	Durante
Rotación de cultivos,	Durante
Visitas periódicas al cultivo	Durante
Desinfestación de herramientas	Durante
Aplicación de materia orgánica	Durante
Cobertura del suelo	Durante
Recolección de plantas enfermas	Durante
Eliminación de focos de infección	Durante
Siembra de plantas hospederas de enemigos naturales	Durante
Adecuado manejo de plagas por medio del control biológico y el uso de biopreparados	Durante
Cosechas oportunas de frijol, maíz y calabacín	Después
Almacenamiento adecuado para todos los productos	Después

Cada parcela estuvo compuesta de la siguiente manera:

- Ocho surcos de 18 plantas cada uno, para un total de 144 sitios por parcela.
- Distancias de siembra entre surcos 1 metro y 70 centímetros entre plantas.
- Tres repeticiones por cada uno de los tratamientos.

Los datos analizados fueron de la parcela muestra compuesta por 30 plantas centrales en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones

Se aplicaron entonces los 3 diseños trabajados y validados con los productores

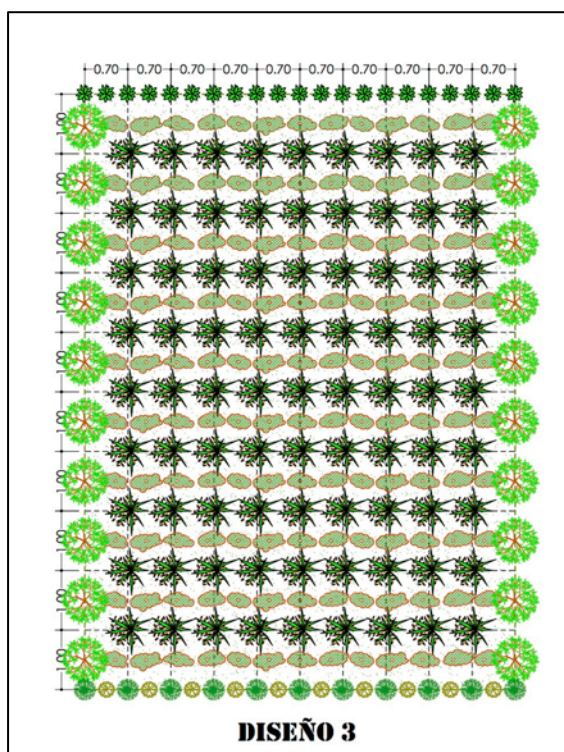


Figura 67: Diseño agroecológico para la conversión de frijol

TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE FRÍJOL.

Los tratamientos evaluados según validación previa con los agricultores fueron:

TRATAMIENTO 1: Frijol en monocultivo orgánico.

Siembra de 4 frijoles por hoyo, con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, con 18 plantas por hilera, lo que da como resultado un número de 144 plantas por parcela. Aplicación de Bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea.

TRATAMIENTO 2 : Frijol sembrado 45 días después de sembrar el maíz.

Siembra primero del maíz, 3 semillas por hoyo, con bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, lo que dio 144 sitios por parcela de tratamiento. Cuando el maíz cumplió 45 días después de siembra, se sembró el frijol.

TRATAMIENTO 3: Fríjol y calabacín sembrados 45 días después de sembrar el maíz.

Siembra primero del maíz, 3 semillas por hoyo, con bocashi a razón de 4 toneladas por hectárea con distancias de 1 metro entre hileras y 70 cms entre plantas, lo que da 144 sitios por parcela de tratamiento.

Cuando el maíz cumplió 45 días después de siembra, se sembraron el fríjol y el calabacín, para completar de esta manera los tratamientos y sus repeticiones.

En cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se realizó una selección de plantas de maíz y fríjol, dejando 1 de maíz y 2 de fríjol por sitio.

FÓRMULA PARA HALLAR EL LER O UET (USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA)

Se determinó el uso equivalente de la tierra (UET) utilizando las siguientes fórmulas:

Para la asociación frijol-maíz-calabacín

$$UET = \frac{Pf}{Mf} + \frac{Pm}{Mm} + \frac{Pc}{Mc}$$

Donde:

Pf = Rendimiento del fríjol en policultivo

Mf = Rendimiento del fríjol en monocultivo

Pm = Rendimiento del maíz en policultivo

Mm= Rendimiento del maíz en monocultivo

Pc = Rendimiento del calabacín en policultivo

Mc= Rendimiento del calabacín en monocultivo

Para la asociación frijol-maíz

$$UET = \frac{Pf}{Mf} + \frac{Pm}{Mm}$$

Donde: Pf = Rendimiento del frijol en policultivo

Mf = Rendimiento del frijol en monocultivo

Pm = Rendimiento del maíz en policultivo

Mm= Rendimiento del maíz en monocultivo

10.4.1. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

Se empleó un diseño de clasificación experimental en bloque aleatorizados efecto fijo balanceado, con tres replicas por tratamiento. Incorporando el análisis multidimensional de la varianza MANOVA cuyo fin fue evaluar de manera conjunta las variables respuesta reportadas en la tabla 39. Se complementó con la prueba de Tukey con base en un nivel de significancia del 5%, complementándose con análisis de correlación de Spearman por tratamiento para evaluar la relación entre las variables, finalmente se realizó análisis descriptivo unidimensional para establecer la media aritmética, la desviación típica y el coeficiente de variación. Se utilizó el paquete estadístico SAS UNIVERSITY EDITION. Nota: las variables número de vainas y número de frijol se transformaron para realizar el análisis de varianza con base en la familia BOX-COX.

Tabla 39. Variables respuesta utilizadas

Variable	Tipo de variable	Medida
Número de vainas	Cuantitativa discreta	Conteo
Peso de la vaina	Cuantitativa continua	Gramos
Ancho de la vaina	Cuantitativa continua	Milímetros
Largo de la vaina	Cuantitativa continua	Milímetros
Número de frijoles	Cuantitativa discreta	Conteo
Peso del frijol	Cuantitativa continua	Gramos
Rendimiento	Cuantitativa continua	Kilogramos/Ha

Modelo de clasificación experimental

$$Y_{IJS} = \mu + T_I + B_J + E_{S(IJ)}$$

Y_{IJS} : corresponde a cada una de las variables respuesta

μ : efecto promedio del experimento

T_i : efecto del i -ésimo tratamiento: tratamiento 1- frijol solo, tratamiento 2- frijol y maíz juntos, tratamiento 3 - frijol, maíz y calabacín.

B_j : efecto del bloque

$E_{S(ij)}$: error experimental

Esta se realizó con base en la generación de números aleatorios en cada uno de los bloques, en la Tabla 40 se muestra el esquema de aleatorización.

Tabla 40. Asignación aleatoria de los tratamientos

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T2	T1	T3
T3	T2	T1
T1	T3	T2

10.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 41. Análisis descriptivo y comparativo

	TRATAMIENTO 1		TRATAMIENTO 2		TRATAMIENTO 3	
	Media±Std	Cv	Media±Std	Cv	Media±Std	Cv
Vainas	14.1±5.5b	39.0	15.1±5.9b	39.0	21.1±7.4a	35.0
Peso Vaina	162.2±74.7b	46.0	168.0±63.9b	38.0	253.4±109a	43.2
Ancho Vaina	16.0±189.8a	5.2	15.9±1.5a	9.4	16.0±1.5a	9.3
Largo Vaina	148.9±17.2a	11.5	148.9±13.8a	9.2	149.7±13.3a	8.8
# de Frijoles	62.1±27.0b	43.4	66.6±27.7b	41.5	96.5±40.9a	42.3
Peso Fruto	73.5±36.7b	49.9	81.9±38.3b	46.7	126.1±56.5a	44.8
Rendimiento	1050±524b	49.9	1170±548b	46.8	1801±808a	44.8
MANOVA						
	Valor	F	Valor p			
Wilks' Lambda	0.71	7.85	<.0001			
Pillai's Trace	0.28	7.32	<.0001			
Hotelling-Lawley Trace	0.38	8.39	<.0001			
Roy's Greatest Root	0.36	16.0	<.0001			
	Valor propio	Valor p				
Dimensionalidad 1	0.3538	<0.0001				
Dimensionalidad 2	0.0158	0.3898				
Comparación canónica						
Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3				
c	b	a				

Al efectuar el análisis comparativo entre tratamientos se encontró diferencia estadística entre el tratamiento 3 (frijol, maíz y calabacín) con respecto a los tratamientos 1 (frijol solo) y tratamiento 2 (frijol y maíz juntos) para las variables número de vainas, peso de la vaina, número de frijoles, peso del frijol y rendimiento ($p < 0.05$). Para las variables ancho de la vaina y largo de la vaina, no se detectó diferencia estadística ($p > 0.05$). Ver Tabla 41.

El análisis multivariado de la varianza MANOVA, en el cual se analizan de manera simultánea todas las variables respuesta, permitió detectar diferencias altamente

significativas entre el tratamiento 3 con respecto a los tratamientos 1 y 2. ($p < 0.0001$), como se aprecia en la Tabla 42. Cabe anotar que al realizar la prueba de dimensionalidad esta fue altamente significativa en la dimensión uno ($p < 0.0001$).

Al efectuar el análisis de correlación por el método de Spearman se encontró que la relación entre las variables para cada uno de los tratamientos fue similar. El número indica que la relación fue significativa y directamente proporcional ($p < 0.05$). Ver Tabla 42.

Tabla 42. Análisis de correlación para cada tratamiento

TRATAMIENTO 1							
	A	B	C	D	E	F	G
A	1.0	0.88	0.13	0.09	0.87	0.84	0.84
B		1.0	0.26	0.18	0.84	0.85	0.85
C			1.0	0.39	0.05	0.09	0.09
D				1.0	0.18	0.21	0.21
E					1.0	0.92	0.92
F						1.0	1.0
G							1.0
TRATAMIENTO 2							
	A	B	C	D	E	F	G
A	1.0	0.88	0.13	0.09	0.87	0.84	0.84
B		1.0	0.25	0.18	0.84	0.85	0.85
C			1.0	0.39	0.05	0.09	0.09
D				1.0	0.18	0.21	0.21
E					1.0	0.92	0.92
F						1.0	1.0
G							1.0
TRATAMIENTO 3							
	A	B	C	D	E	F	G
A	1.0	0.89	0.08	0.24	0.91	0.88	0.88

B		1.0	0.16	0.30	0.86	0.89	0.89
C			1.0	0.28	0.05	0.04	0.04
D				1.0	0.29	0.28	0.29
E					1.0	0.92	0.92
F						1.0	1.0
G							1.0

V1= número de vainas, **V2**= peso de la vaina, **V3**=ancho de la vaina, **V4**=largo de la vaina , **V5**= número de frijoles, **V6**=peso del frijol, **V7**= rendimiento

El análisis de componentes principales fue muy similar para los tres tratamientos, donde el tratamiento 1 fue explicado en su variabilidad total en un 80.08%, el tratamiento 2 en 87.08% y el tratamiento 3 en un 86.62%. Como se puede apreciar en la Tabla 43. En la Figura 1, se puede ver como el tratamiento 3 se asocia más con las variables que determinan el rendimiento.

Tabla 43. Análisis de componentes principales por tratamiento

	TRATAMIENTO 1		TRATAMIENTO 2		TRATAMIENTO 3	
	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR1	FACTOR2
A	0.91746	-0.0145	0.94172	-0.01811	0.95295	-0.09698
B	0.92665	0.1422	0.91616	0.17793	0.96244	0.04325
C	-0.1567	0.8162	-0.39163	0.75081	0.07171	0.84354
D	0.27967	0.8944	0.03727	0.87666	0.32799	0.70560
E	0.95971	0.0032	0.96800	0.00517	0.97145	-0.08438
F	0.97100	0.0421	0.97650	0.05653	0.98269	-0.08098
G	0.97100	0.0421	0.97650	0.05653	0.98269	-0.08098
VP	0.6586	0.1422	0.6750	0.1958	0.6889	0.1773
%	0.8008		0.8708		0.8662	

NÚMERO DE VAINAS=A; PESO VAINA=B; ANCHO VAINA=C; LARGO VAINA=D; NÚMERO DE FRÍJOL=E; PESO FRÍJOL=F; RENDIMIENTO=F; VP= INDICA VALOR PROPIO; % =INDICA EL PORCENTAJE DE LA VARIABILIDAD TOTAL EXPLICADO.

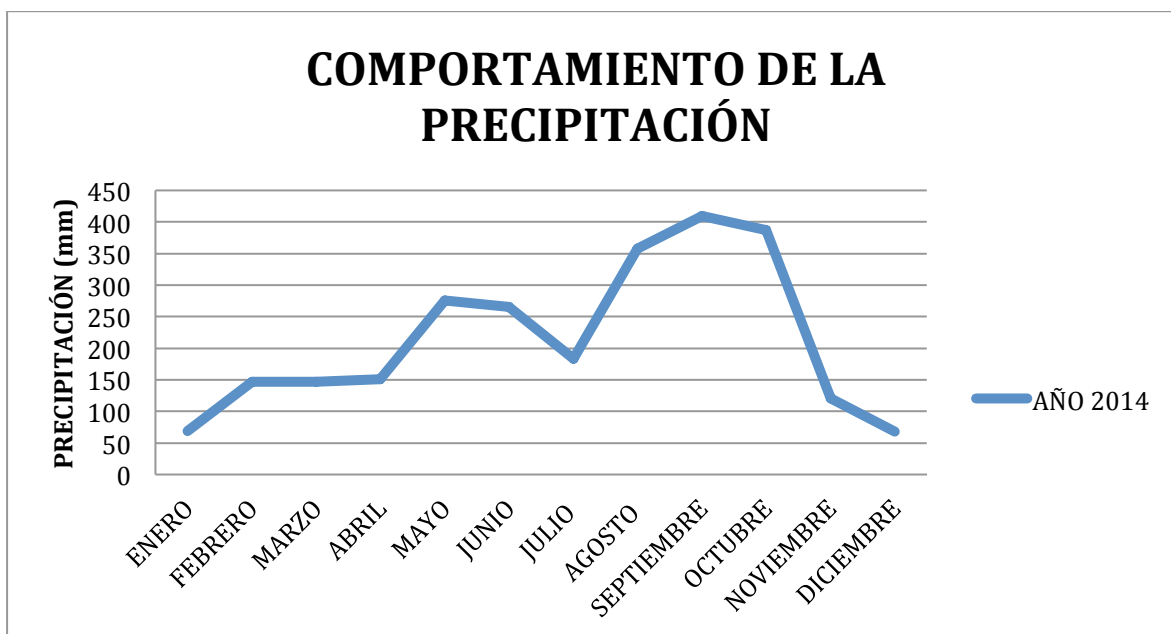


Figura 68 : Comportamiento de la precipitación durante el ciclo del cultivo en el 2014

Tabla 44: Milímetros de lluvia durante los meses del año 2014.

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN	69	147	147	151	276	266	183	358	409	387	121	68
CICLO DEL CULTIVO			SIEMBRA						COSECHA			

En la Figura 68 y la tabla 44, se evidencia un comportamiento heterogéneo de la precipitación durante el ciclo del cultivo, mostrando estrés hídrico por falta de agua durante la etapa de siembra en los meses de marzo-abril y estrés hídrico por exceso de agua durante las últimas etapas hasta cosecha en los meses de septiembre-octubre, situación que se vio reflejada en el desempeño productivo de los tratamientos, cuando obtuvo mejores resultados el tratamiento 3, es decir, la Milpa donde la asociación de frijol, maíz y calabacín, generaron microclima de protección y tolerancia a los extremos climáticos soportados durante el desarrollo del cultivo.

LER O UET (USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA)

Tabla 45: Rendimiento en toneladas por hectárea de cada cultivo

TIPO DE CULTIVO	RENDIMIENTO EN TON/HA		
	FRÍJOL	MAÍZ	CALABACÍN
MONOCULTIVO FRÍJOL	1,05		
FRÍJOL-MAÍZ	1,17	3,54	
MILPA (FRÍJOL, MAÍZ Y CALABACÍN)	1,8	4,83	10,82

Tabla 46: Comportamiento del LER en cada uno de los tratamientos evaluados.

TIPO DE CULTIVO	Pf/Mf	Pm/Mm	Pc/Mc	LER
MONOCULTIVO FRÍJOL	1,05			1
FRÍJOL-MAÍZ	1,11	0,708		1,82
MILPA (FRÍJOL, MAÍZ Y CALABACÍN)	1,71	0,966	0,27	2,95

Donde:

Pf = Rendimiento del frijol en policultivo

Mf = Rendimiento del frijol en monocultivo

Pm = Rendimiento del maíz en policultivo

Mm = Rendimiento del maíz en monocultivo

Pc = Rendimiento del calabacín en policultivo

Mc = Rendimiento del calabacín en monocultivo

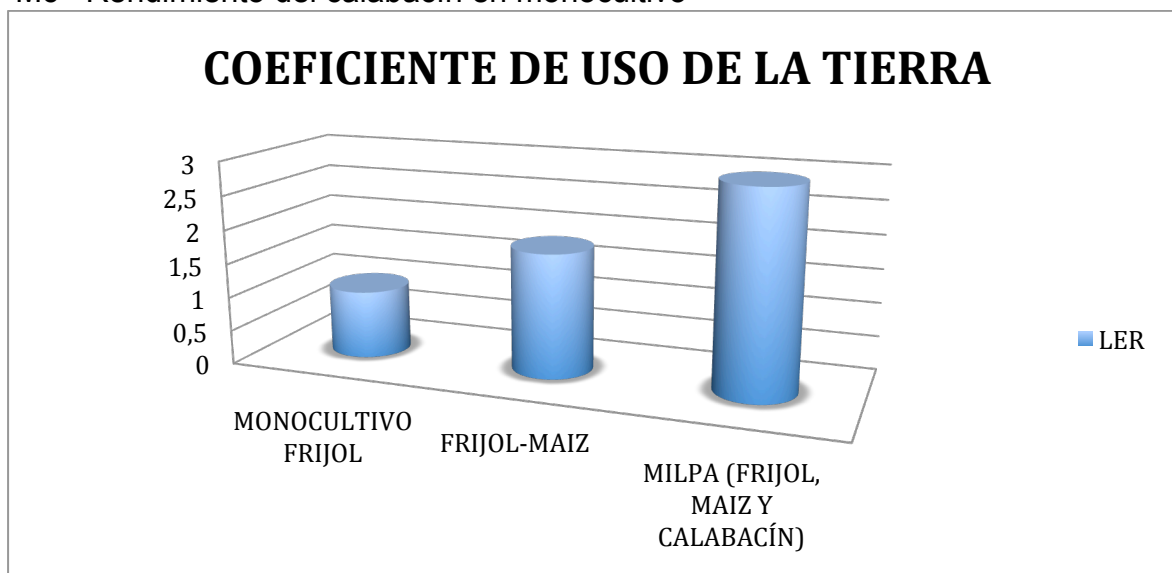


Figura 69 :Gráfica del coeficiente del uso equivalente de la tierra LER o UET

La Figura 69 y las tablas 45 y 46, muestran los resultados del LER en cada uno de los tratamientos evaluados, obteniendo la MILPA (frijol, maíz y calabacín) los niveles más altos en el uso eficiente del suelo, con 2,95 y seguido por la asociación de frijol y maíz con 1,82 , ambos tratamientos fueron comparados con el rendimiento del monocultivo.

Estos resultados confirman lo encontrado por Liebmann (1999) cuando menciona que cuando dos plantas crecen juntas, se influyen mutuamente, bien sea directa o indirectamente, ya que cuentan con un espacio de influencia, la principal característica de la asociación maíz-frijol es que, si bien, los rendimientos de cada especie son menores a los logrados en los correspondientes monocultivos, la combinación de ambos rendimientos es mayor por unidad de área, siendo más eficiente en el uso de recursos económicos y ambientales (agua, nutrientes y luz), al igual que en mano de obra y tierra (Samayoa et al. 2003, Vélez et al. 2007, Gutiérrez et al. 2007, Toala 2009), lo que se refleja en el bienestar de las familias campesinas, al hacer un mejor uso de su tierra, aprovechando los espacios, y obteniendo estabilidad ecológica y energética con incremento de la productividad.

Esta asociación junto al calabacín permite mostrar los servicios ecosistémicos entre las tres especies con manejo agroecológico, conllevando a fortalecer la biodiversidad y la seguridad alimentaria, con el uso de recursos locales que dan estabilidad a los sistemas, donde se incorpora el conocimiento tradicional coligado con la ciencia moderna (Altieri y Nicholls 2004, Oliveira et al. 2014), de esta manera se direcciona el pensamiento crítico a lo ecológico, a lo ambiental a la conservación de los recursos que se tienen y se aprovechan mediante el uso de tecnologías respetuosas con la naturaleza, buscando ante todo el equilibrio ambiental (Altieri y Francis 1992, Assis et al. 2002).

Por lo anterior, la agroecología al promover nuevas tecnologías y prácticas, optimiza los componentes biológicos y tecnológicos de los agroecosistemas, fundamentada en principios ecológicos y reconociendo el papel de los productores

y extensionistas en la participación activa de redes de aprendizaje social (Marco y Reyes 2003, Vázquez et al. 2008,), facilitando la investigación, a partir de miradas desde la academia, la estadística, la ecología y sociología, evaluando la viabilidad técnica de los tratamientos de asociación para los cultivos frijol y maíz, que han sido implementados de forma tradicional por varios agricultores y transmitidos por herencia familiar o de campesino a campesino.

La asociación frijol, maíz y calabacín, es ventajosa y adecuada por la facilitación que presentan los 3 cultivos, el maíz sirve como soporte para frijol voluble, contribuye a generar un microclima en tiempos de cambio climático, es barrera física, sitio de refugio de insectos benéficos y fomenta el manejo ecológico de arvenses, el frijol como leguminosa beneficia al maíz y al calabacín con la fijación de nitrógeno al suelo, al igual que genera microclima que conserva la humedad en el sistema en momentos de estrés hídrico por sequía como se observó en la siembra, tal como lo menciona Toalá (2009) otra ventaja importante es que los cultivos se pueden proteger entre sí de condiciones meteorológicas adversas y el calabacín ayuda como cobertura de suelo, disminuyendo mano de obra en desyerbas, cubre y protege el suelo y corta ciclos de plagas para el maíz y el frijol.

Además, una de las principales razones por las cuales los agricultores adoptan los policultivos, es que se puede obtener un mayor rendimiento en un área sembrada como policultivo que de un área equivalente, sembrada en monocultivo (Natarajan y Willey 1980).

11. CONCLUSIONES

1. En el municipio de El Carmen de Viboral se encontraron 3 tipologías de sistemas productivos de frijol: Fincas convencionales en un 17%, fincas en transición con un 29% y fincas en conversión agroecológica con un 54%.
2. En las fincas evaluadas, los mayores niveles de sostenibilidad se obtuvieron en los sistemas agroecológicos a diferencia de los sistemas convencionales que obtuvieron resultados de baja sostenibilidad.
3. Se adaptó la metodología del Taller AIL (Apoyando Innovaciones Locales), agregando la etapa de implementación del diseño participativo en predios de los productores, lo cual permitió validar las experiencias y conocimientos aprendidos y compartidos.
4. Los sistemas de policultivos en frijol, evidenciaron una mayor resiliencia a los eventos extremos climáticos, pues demostró que estos no se afectaron significativamente ante condiciones de estrés hídrico por sequía durante la etapa de siembra, ni ante, eventos de estrés hídrico por inundación en la etapa de cosecha.
5. La MILPA (sistema frijol, maíz y calabacín) obtuvo los niveles más altos en el uso eficiente del suelo (LER o UET), con 2,95, seguido por la asociación de frijol y maíz con 1,82. Estas asociaciones permitieron evidenciar los servicios ecosistémicos entre las tres especies con manejo agroecológico, aumentando la biodiversidad y la seguridad alimentaria.

12. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones que profundicen la evaluación del comportamiento de los sistemas agroecológicos de producción de frijol en arreglos con otros cultivos que presenten características promisorias para el control de plagas y mayor aporte a la seguridad alimentaria.
2. Plantear proyectos sociales que tengan como propósito incrementar la sostenibilidad de los productores de frijol, de El Carmen de Viboral en las cuatro dimensiones evaluadas en este trabajo

13. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR C, TOLÓN J, GALDÁMEZ A, GUTIÉRREZ S, MENDOZA F, MARTÍNEZ B, CABRERA J. 2009. Universidad Autónoma de Chiapas. Transición de agricultura tradicional a orgánica para la producción de maíz en condiciones de ladera de la selva de Chiapas, México. En: III Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos.

ALTIERI M. 1989. Agroecología: As bases científicas da agricultura alternativa. Río de Janeiro, PTA/FASE.

ALTIERI MA. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems. Outlook on Agriculture No 20: 15-23p.

ALTIERI M. 1994. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Agricultura Técnica. Chile. 54(4): 371-386p.

ALTIERI M. 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder, CO.

ALTIERI M. 1999. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Ediciones Científicas Americanas. 27-34p.

ALTIERI M, GONZÁLEZ J. 1991. La Tierra: Mitos, ritos y realidades: Coloquio internacional. Granada. 460p.

ALTIERI M, FRANCIS C. 1992. Incorporating agroecology into the conventional agricultural curriculum. In: American Journal of Alternative Agriculture. (7). Special Issue 1-2. 93p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems In: Biodiversity in Agroecosystems. (Eds, Collins, W. W. and Qualset, C. O.) CRC Press, Boca Ratón. 69-84p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2002. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En: Manejo de Plagas y Agroecología. Costa Rica. No 64: 24p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. Soil and Tillage Research No 72: 203p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2004. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el trópico. Foro: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. No 73: 8-20p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2007a. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: Teoría, estrategias y evaluación. En: Ecosistemas. 16 (1). Universidad de California. Berkeley. 10p.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2007b. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistema. Perspectivas Agroecológicas No 2, Junta de Andalucía, Icaria Editorial, Barcelona.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2009. Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. En: Revista de agroecología LEISA.

ALTIERI M, NICHOLLS C. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. 1ª Ed. Medellín, Colombia.

ALTIERI MA y NICHOLLS CI. 2012. Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Una contribución a las discusiones de Río+20 sobre temas en la interfase del hambre, la agricultura, y la injusticia ambiental y social. Sociedad Científica latinoamericana de Agroecología. 21p.

ÁLVAREZ E, CARREÓN A, SAN VICENTE A. 2011. Haciendo Milpa: La protección de las semillas y de la agricultura campesina. México. 104p.

APOLLIN F, EBERHART C. 1999. Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. Guía Metodológica. Consorcio CAMAREN. Quito, Ecuador. 19p.

ARIAS J. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores. Boletín Divulgativo No 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 32p.

ARIAS J, JARAMILLO M, RENGIFO T. 2007. Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la producción de frijol voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva". 168p.

ASSIS R, ROMEIRO A. 2002. Agroecología y Agricultura Orgánica: controversias y tendencias. Desenvolvimento e Meio Ambiente. No 6: 67-80p.

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.

BARBIER E, BURGUESS J, FOLKE C. 1994. Paradise lost? The ecological economics of biodiversity. London: Earthscan.

BARRIOS E. 1987. Caracterización de un sistema de producción agropecuaria en la zona El Laberinto del estado Zulia. Tesis de Grado para optar al título de Magister Scientiarum en Producción Animal. L.U.Z. Facultad de Agronomía. Venezuela.

BECHT G. 1974. Systems theory, the key to holism and reductionism. In: Bioscience 24 (10): 579-596p.

BERDEGUE J. 1991. Efectos de la metodología de tipificación en la investigación de sistemas de producción. Ed. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Santiago, Chile. 265p.

BERDEGUÉ J, LARRAÍN B. 1988. Cómo trabajan los campesinos. Editorial Celater. Sociological Research and Methods. No 10: 63p.

BERTOGLIO JO. 1989. Introducción a la teoría general de sistemas. 4ª Ed. Editorial Limusa. México D.F. 167p.

BOY A. 2005. Cambios productivos y sus repercusiones en el nivel agronómico. 79-100p. En: GIARRACCA N, TEUBAL M. El campo argentino en la encrucijada. Estrategias y resistencias sociales, ecos en la ciudad. Alianza Editorial. 514 p.

BROWN O, REYES R. 2003. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. En: Interciencia. 28 (5). 252–258p.

BRÜSCHWEILER S, RIST S. 2005. AIL – Apoyando Innovaciones Locales. Un instrumento para el fortalecimiento de innovaciones locales y la promoción del desarrollo rural sostenible. Perú.

BRZOVIC F, LARA A, LEVTON J. 1990. The environmental dimension in agricultural development projects. NU. CEPAL. Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente.

CABRERA V, MARTÍNEZ A, ACERO R. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos, Departamento de producción animal, Universidad de Córdoba. 1 (1).

CALLAWAY R. 1995. Positive interactions among plants. In: Bot. Rev. N° 61: 306-349p.

CALLE Z, MURGUEITIO E. 2008. El botón de oro: Arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Carta FEDEGAN. No 108: 54-63p.

CAMPANHOLA C, Y GRAZIANO DA SILVA J. 2000. Desenvolvimento local e democratização dos espaços rurais. Cadernos de Ciências e Tecnologia. Brasília. 1 (17): 11-40p.

CÁNOVAS A. 1993. Tratado de Agricultura Ecológica. Instituto de Estudios Almerienses. Almería. 189p.

CAP G, DE LUCA L, MARASAS M, PÉREZ M, PÉREZ R. 2012. El Camino de la Transición Agroecológica. INTA. Argentina. 100p.

CÁRDENAS F. 2002. Antropología y ambiente: Enfoques para una comprensión de la relación ecosistema – cultura. Pontificia Universidad Javeriana. 235p.

CÁRDENAS G. 2009. Investigación participativa con agricultores: una opción de organización social campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. En: Revista Luna Azul. No 29.

CARMO M. 1998. A produção familiar como locus ideal da agricultura sustentável. Agricultura em São Paulo SP. 45 (1): 1-15p.

CARVAJAL J, MÉNDEZ A, PIÑEROS R, MORA J. 2014. Tipología de fincas, capital social y cobertura arbórea en el cañón de Anaime (Tolima). En: Agroforestería Neotropical. No 4: 40–50p.

CERISOLA E, DOMINGUEZ C. 1998. Lecciones de agricultura biológica. Colección dirigida por Margarita Ruiz Altisent, editorial Mundiprensa. Madrid, España.

CERRADA P. 2014. Análisis de sistemas de producción agroecológica y sus implicaciones económicas en explotaciones campesinas de la región sierra de Ecuador. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Economía y Ciencias Sociales. Valencia, España.

CHAPARRO A. 2014. Sostenibilidad de la economía campesina en el proceso de mercados campesinos. Línea de investigación en Desarrollo Sustentable. Programa de Doctorado en Recursos Naturales y Sostenibilidad. Universidad de Córdoba. España. 265p.

CHAPIN F, WALKER L, FASTIE C, SHARMAN L. 1994. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. Ecol.Monogr. No 64: 149-175p.

CHIRINOS D, GERAUD-POUEY F. 2011. El manejo de plagas agrícolas en Venezuela. Análisis y reflexiones sobre algunos casos. 3 (36).

CLAVIJO N, PRINS C, SÁNCHEZ V, SOTO G, STAVER CH. 2006. Calendarización, uso racional, sustitución y rediseño: Una comparación entre horticultores orgánicos y convencionales en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología.

COBOS A, GÓNGORA S. 1977. Una metodología para la identificación y análisis de sistemas de producción agropecuaria en áreas de pequeños productores. Colombia. FONAIAP-CENIAP.

COLECCIÓN DE ESTUDIOS DE LOCALIDADES. 1992. El Carmen de Viboral. Antioquia. Cornare. INER- Universidad de Antioquia. Entrevista a funcionario de Secretaría de Agricultura. Junio.

COLLINSON M. 1983. A low cost approach to understanding small farmers. In: Agricultural Administration No 8: 433-450p.

CONNELL J, SLATYER R. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. Am. Nat. No 111: 1119-1144p.

COPATTI C, GARCIA L, BALDISSEROTTO B. 2009. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixes. In: Biota Neotropica. 9 (4): 235-242p.

CORNARE. 2002. Diagnóstico ambiental sobre uso y manejo de plaguicidas en las microcuencas que abastecen los acueductos municipales del oriente antioqueño. El Santuario, Antioquia.

CORONEL M, ORTUÑO S. 2005. Tipificación de los sistemas productivos agropecuarios en el área de riego de Santiago del Estero, Argentina. Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía. 140 (36): 63–88p.

CORPOICA, FAO, GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. 2007. Acuerdo de competitividad de la cadena de hortalizas de Antioquia. Documento Base. Medellín.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. 2000. Inteligencia de Mercados, perfil del producto fríjol. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. No 8: abril – junio.

CORPORACIÓN JURÍDICA LIBERTAD. 2012. Familiares de víctimas de desaparición forzada de la vereda La Esperanza. Caminando en la esperanza por la justicia y Dignidad. Medellín, Antioquia. 8p.

CUÉLLAR M, CALLE Á, GALLAR D. 2013. Procesos hacia la soberanía alimentaria. Perspectivas y prácticas desde la agroecología política. Barcelona, Icaria.

DALGAARD T, HUTCHINGS NJ, HANSEN JF, MIKKELSEN HE. 2003. Scenarios for multifunctional landscape development - interactions between agriculture, nature and economy. In: HELMIG K, WIGGERING H (eds.) Sustainable Development of Multifunctional Landscapes. Springer Verlag, Berlin. 247-256p.

DANE. 2015. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Colombia. Datos del municipio de El Carmen de Viboral.

DE GRAAF J. 1993. Soil Conservation and Sustainable Land Use: An Economic Approach. Royal Tropical Institute - The Netherlands, Amsterdam. 191p.

DELLEPIANE A, SARANDÓN S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. 3 (3): 67-78p.

DOMÍNGUEZ G. 2002. En *Manual Básico de Agricultura Ecológica*. Andalucía Agroecológica.

DOMÍNGUEZ R. 1993. Caracterizando al campesinado y a la economía campesina: Pluriactividad y dependencia del mercado como nuevos atributos de la campesinidad. En: *Agricultura y Sociedad*. No 66: 97–136p.

DEFUMIER 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.

EL CARMEN Y SUS POBLADORES. 2002. Centro de Historia El Carmen de Viboral. Su territorio, sus pobladores y sus relaciones. Educación Básica primaria. 70p.

ESCUADERO G. 1998. La visión y misión de la agricultura en el año 2020: Hacia un enfoque que valore la agricultura y el medio rural. En: RECA L, ECHEVARRÍA R. (Eds.). *Agricultura, medio ambiente y pobreza rural en América Latina*. IFPRI-BID, Washington. 21-54p.

ESPINOZA Y, LOZANO Z, VELÁSQUEZ L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las 90 fracciones de la materia orgánica del suelo. *Proquest Agriculture Journals*. INTECIENCIA. 8 (32): 554p.

FAO. 2002. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). *Agricultura de conservación: Estudio de casos en América Latina y*

África. Servicio de Gestión de la Nutrición de la Tierra y las Plantas. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma. Boletín de Suelos No 78: 89p.

FAO. 2005. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Género y sistemas de producción campesinos: lecciones de Nicaragua. Roma. 75p.

FENALCE. 2015. Situación actual y perspectivas del cultivo de frijol. Departamento de información económica y estadística. Área, producción y rendimiento.

FERREIRA E. 2009. Desarrollo de sistemas agroforestales con cafetales en el estado de Espírito Santo, Brasil. Una aproximación a una propuesta de transición agroecológica Córdoba, España. 97p.

FIRA. 2015. Panorama agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. México. 32p.

FORERO J. 2010. Economía campesina, pobreza, tierra y desplazamiento en Colombia. En: El campesino colombiano, entre el protagonismo económico y la indiferencia de la sociedad. Bogotá, Colombia. 119p.

FORERO J, CORRALES E, ESTÉVEZ L. 2012. Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles y convencionales en los países andinos. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 234p.

FORERO J, GARAY J, BARBERI F, RAMÍREZ C, SUAREZ M, GÓMEZ R. 2013. La Eficiencia Económica de los grandes, medianos y pequeños productores agrícolas colombianos. En: Garay, Reflexiones sobre la ruralidad y el territorio en Colombia. Problemáticas y retos actuales. OXFAM. Bogotá. 69–113p.

FRANCIS C, FLOR C, TEMPLE S. 1976. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. In: PAPENDICK R, SANCHEZ P, TRIPPLETT G. (eds.). Multiple Cropping. Amer. Soc. Agron. Madison, WI. ASA Special Publication No 27: 235 - 254p.

FRANCIS C. 1986. Multiple Cropping Systems. MacMillan Publishing Co., New York, NY. 383p.

FUNES F. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para cuba.1ª Ed. Estación Experimental "Indio Hatuey". 176p.

FUNES-MONZOTE F. 2009. Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado. Indio Hatuey: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).

GARCÍA C, CALLE L. 1998. Consideraciones metodológicas para la tipificación de sistemas de producción bovina a partir de fuentes secundarias. Revista CORPOICA. 2 (2): 10p.

GELFUS F. 1997. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Prochalate – IICA, San Salvador, El Salvador.

GIRALDO R, VALENCIA L. 2010. Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios en el corregimiento de Bolo, San Isidro, Palmira, Valle del Cauca. Revista de Investigación Agraria y Ambiental.

GLIESSMAN S. 1998. Agroecology: Ecological process in sustainable Agriculture, Ann Arbor Press. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.

GLIESSMAN S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359p.

GLIESSMAN S, ROSADO M, GUADARRAMA F, JEDLICKA C, AVERY C, MENDEZ V, COHEN R, TRIJILLO L, BACON CH, JAFFE R. 2007. Agroecology: promoting the transition towards sustainability. Editor asociación Española de Ecología Terrestre. En: Revista Ecosistemas (16).

GLIESSMAN S, ROSEMEYER M. 2010. The Conversión to sustainable Agriculture. Principles, processes and practices. CRC Press. United States of America.

GOLDBERG D, BARTON A. 1992. Patterns and consequences of interspecific competition in natural communities: a review of field experiments with plants. Am.Nat. No 139: 771-801p.

GOMEZ P. 1989. Papel de la investigación socio-económica a nivel de finca: La finca como un sistema de producción. En: Formación para investigar en sistemas de producción. N° 1. Bogotá, Colombia. 36p.

GÓMEZ A. 2000. Agricultura Orgánica en El Codex alimentarius. Seminario protección del consumidor desde las ONGs y el Codex Alimentarius. CEADU. Montevideo.

GÓMEZ L, AGUDELO S. 2006. Cartilla para educación agroecológica. Corantioquia. Enero. 51p.

GÓMEZ V, GARCÍA G. 2007. Floriculturas en el oriente antioqueño. Escuela Nacional Sindical. Medellín. 41-44p.

GONZÁLEZ A, REDONDO F, ARREBOLA F, CASADO J, CAMPS M, RULL P, SÁNCHEZ R. 2011. Manual de conversión a la producción ecológica. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera: Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 184p.

GRACE J. 2004. Competencia y facilitación. En: REIGOSA M, PEDROL N, SÁNCHEZ A. La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis. Cap. No 15. 443–480p.

GUARNAN J, LERDON J. 1999. Caracterización y tipificación de agricultores usuarios del centro de Gestión Empresarial de Paillaco. *Agro sur*. 2 (27): 90–110p.

GUHA R, GADGIL M. 1993. Los hábitats en la historia de la humanidad. En Gonzalez de Molina y Joan Martínez Alier. Eds Historia y Geografía Ayer. No 11: 45-110p.

GUTIÉRREZ Z, AGUILAR J, GALDAMEZ J, MENDOZA S, MARTÍNEZ F. 2007. Impacto socioeconómico de los sistemas de policultivos maíz-fríjol-calabaza en la frailesca, chiapas, México. En: I Seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos sostenibles e indicadores Almería. 16p.

GUZMÁN G.; GONZÁLEZ DE MOLINA M., SEVILLA E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa.

GUZMÁN G.; LÓPEZ D.; ROMÁN L.; ALONSO A. 2013. Investigación Acción Participativa en Agroecología: Construyendo el Sistema Agroalimentario Ecológico en España. En: *Agroecología*. 8 (22): 12p.

HART R. 1985. Agroecosistemas: conceptos básicos. Centro agronómico tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 159p.

HECHT S. 1999. La evolución del pensamiento agroecológico. En: *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. EcoTeca 20. Editorial Nordan-Comunidad. 338p.

HOLT E. 2008. Campesino a campesino : Voces de Latinoamérica Movimiento Campesino para la Agricultura Sustentable. Managua : SIMAS. 294p.

IBAÑEZ J. 2009. Ecología del paisaje: Frutalización del bosque y policultivo del Agro.

KRISHNAMURTHY L, GÓMEZ M. 2002. Caracterización del sistema tradicional agrisilvícola café-plátano-cítricos en el municipio Tlapacoyan, Veracruz. Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 48p.

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.

LEIHNER D. 1983. Management and Evaluation of Intercropping Systems with Cassava. Colombia. CIAT.

LEITGEB F, FUNESMONZOTE F, KUMMER S, VOGL C. 2011. Contribution of farmers experiments and innovations to Cuba's agricultural innovation system. Renewable Agriculture and Food Systems.

LEÓN T. 2009. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En: Altieri (editor). Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín, Colombia.

LIEBMAN M. 1999. Sistemas de Policultivos. Capítulo 9. En: Altieri. M. Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan- comunidad. Ecoteca 20.

LINARES E, BYE R. 2011. La Milpa no es sólo maíz. En: Haciendo Milpa: La protección de las semillas y de la agricultura campesina. Jardín Botánico.

LOAIZA A. 2005. Lineamientos de política sobre uso y manejo mesurado de plaguicidas, con énfasis en el sector agropecuario y forestal del departamento de Antioquia. CORNARE – LA CEIBA - DAMA. 140 p.

LOBO M. 1992. Curso internacional sobre el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en zona de ladera de la región andina. Noviembre 4 – 9. Rionegro (Antioquia) Colombia. CORPOICA.

LÓPEZ M, FERNANDEZ F, SCHOONHOVEN AV. 1985. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. FRÍJOL: Investigación y Producción. Cali, Colombia. 417p.

LÓPEZ D, LLORENTE M. 2010. La Agroecología: Hacia un nuevo modelo agrario, sistema agroalimentario, producción ecológica y consumo responsable. En: Ecoagroculturas: Proyecto para el fomento de la agroecología.

LUXEN M, BRYL B. 1997. The CDS Work-Programme on Indicators of Sustainable Development. Moldan & Billharz, Eds: Sustainability Indicators.

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.

MALAGÓN R, PRAGER M. 2001. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 190p.

MALDONADO P. 1985. Agroecología del Trópico Americano, IICA, San José Costa Rica.

MANTILLA J, ARGUELLO A, MÉNDEZ H. 2000. Caracterización y tipificación de los productores de cacao del departamento de Santander. Corpoica. IMPRECOL S.A.

MARCO B, REYES R. 2003. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. Caracas 5 (28): 252-259p.

MARCO O, REYES R. 2003. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. INCI. 5 (28). Caracas, Venezuela. 259p.

MÁRQUEZ G. 1998. Un enfoque de sistemas sobre la sostenibilidad. In Sachs, W. La Gallina De Los Huevos De Oro, debate sobre el concepto de desarrollo sostenible. (1): 90–101p.

MÁRQUEZ S. 2013. Riesgo ambiental por uso del clorpirifos en zonas de ganadería de leche y propuesta de conversión agroecológica, en san pedro de los milagros, Colombia. (Tesis de doctorado). Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad de Antioquia. p. 288

MARROCCO F. 2011. Teoría de sistemas. El enfoque de sistemas, una metodología de diseño.

MARSHALL E, BONNEVIALE J, FRANCFORT I. 1994. Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole. ENESAD-SED. Dijon, Francia. 173 p.

MARTINEZ M. 2006. Ciencia y Arte en la metodología cualitativa. 2ed Editorial Trillas, México.

MAZOYER M. 1987. Dynamique des Systèmes Agraires. Rapport de synthèse présenté au Comité des systèmes agraires. Ministère de la Recherche et de la Technologie, Paris.

MÉNDEZ V, GLIESSMAN S. 2002. Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico Latinoamericano. En: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. No 64: 5-16p.

MENDOZA C. 1995. Identidad sociocultural y patrones de aprendizaje del campesino andino- fundamento de una experiencia educativa contextualizada. Tesis doctoral no publicada. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas.

MILLAN T. 2000. Fundamentos Socioculturales de la Educación. Editorial Universidad "Arturo Prat" Sede Victoria, Capítulo 1.

MILLAN C. 2008. Las plantas una opción saludable para el control de plagas. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para America Latina, Global Greengrants Fund. ISBN: 978 - 9974-8029-2-6. Impreso en I. Rosgal S.A. 101p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 1991. Aspectos Técnicos Sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Boletín Técnico. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica. 560p.

MONTOYA E, CASTAÑO J. 2009. Microorganismos asociados con granos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad cargamanto blanco. Revista Agronomía. 2 (17): 35p.

MORALES J. 2004. Sociedades rurales y naturaleza. En busca de alternativas hacia la sustentabilidad. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y Universidad Iberoamericana León. México. 251p.

MOYANO E, SEVILLA E. 1978. Sobre los procesos de cambio en la economía campesina. En: Agricultura y Sociedad. No 9. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 257–271p.

MÜLLER J, LOVATO P, MUSSOI E. 2004. Do tradicional ao agroecológico: as veredas das transições (o caso dos agricultores familiares de Santa Rosa de Lima/SC)”. Eisforia, Florianópolis. 2 (2): 126-152p.

MUÑOZ R. 2010. Fríjol, rica fuente de proteínas. CONABIO. Biodiversitas. No 89: 7-11p.

NATARAJAN M, WILLEY R. 1980. Sorghum-pigeon pea intercropping and the effects of plant population density. J. Agri. Sci. N° 95: 59-65p.

NIÑO V. 2011. Metodología de la investigación. Diseño y ejecución. 1ª Ed. Ediciones de la U. Colombia. 155p.

OFORI F, STERN W. 1987. Cereal-legume intercropping systems. Advances in Agronomy, San Diego No 41: 41-89p.

OLIVEIRA E, ANDRADE F, MELLO J, MACHADO T, PEREIRA C. 2014. Efficiency assessment for a group of agroecological family farmers using data envelopment analysis. En: Horticultura Brasileira. 3 (32).

ORTEGA P. 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva G. y Marielle C. (coords.), *Sin maíz no hay país*, México, Consejo Nacional de las Culturas y las Artes. 132 p.

OTT S. 2010. Manual de cultivo de hortalizas. Como cultivar y cosechar las hortalizas de su jardín o su huerto. Ediciones OMEGA. 187p.

PALERMO A. 1980. Antropología y Marxismo. México: Editorial Nueva Imagen.

PÉREZ M. 2010. Guía metodológica al sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos. Bogotá, Colombia. 90p.

PERRINGS C. 1994. Biotic diversity, sustainable development, and natural capital. In: JANSSON A, HAMMER M, FOLKE C, CONSTANZA R. Investing in natural capital: The ecological economics approach sustainability. Washington D.C.: Island Press . 92–112p.

POWER A. 1999 Linking ecological sustainability and world food needs. Environment, Development and Sustainability. No 1: 185-196p.

PRESS M, ARNOULD E, MURRAY J, STRAND K. 2014. Ideological Challenges to Changing Strategic Orientation in Commodity Agriculture. In: Journal of Marketing. 78 (6).

REDDY M, WILLEY R. 1981. Growth and resource use studies in an intercrop of pearl millet/ groundnut. Field Crops Res. No 4: 13-24p.

REID H, SWIDERSKA K. 2008. Biodiversidad, cambio climático y pobreza: una exploración de los vínculos. Nota Informativa del IIED.

REIJNTJES C. 1992. A Waters-Bayer Farming for the future. MacMillan Press Ltd., London.

REINA C, SOLÓRZANO D. 1998. Evaluación de pérdidas poscosecha del frijol. (*Phaseolus vulgaris* L.). Universidad del Sur de Colombia. Neiva.

RIECHMANN J. 1995. Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación, Diversos Autores de la economía a la ecología. España. Editorial Trotta y Fundación 1º de Mayo.

RIGBY D, WOODHOUSE P, YOUNG T, BURTON M. 2001. Constructing a Farm Level Indicator of Sustainable Agricultural Practice. In: Ecological Economics. No 39: 463-478p.

RÍOS G. ET AL. 2000. Caracterización de los Sistemas de Producción Agropecuarios en el Departamento de Caldas. CORPOICA. Regional nueve. 331p.

RÍOS M, QUIROS J. 2002. El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. 193p.

RIPOLLES J. 2004. Neorrurales: dificultades durante el proceso de asentamiento en el medio rural aragonés. Una visión a través de sus experiencias. No 5: 56p.

ROBBINS P. 1994. La Evolución histórica del comportamiento organizacional en comportamiento organizacional: Conceptos, Controversias y Aplicaciones, Prentice Hall, México. 7ª Ed. 721-723p.

RODRÍGUEZ T, FOLADORI G, GREGORCZUC A. 2003. ¿Es correcto pensar la sustentabilidad a nivel local? Análisis metodológico a partir del estudio de caso en un área de protección ambiental en el litoral sur de Brasil. Revista Theomai No 7.

ROSADO M. 2010. Metodología de investigación y evaluación. 1ª Ed. Editorial trillas. México. 250p.

ROSSET P, MARTÍNEZ M. 2016. Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales. Estudios Sociales. En: Revista de investigación científica. 25 (47): 275-299p.

RYSER P. 1993. Influences of neighbouring plants on seeding establishment in limestone grassland. *J. Veg.Sci.* No 4: 195-202p.

RZEDOWSKI G, RZEDOWSKI J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

SALCEDO S, GUZMÁN L. 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. 485p.

SALGUERO V. 1993. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. En: Las moscas blancas (Homóptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 205: 20-26p.

SALOMÓN Y, FUNES-MONZOTE F, MARTIN O. 2012. Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca Agroecológica “las palmitas” del municipio Las Tunas. Universidad de las Tunas. Cuba. En: Pastos y forrajes. 3 (35).

SAMAYOA F, NARANJO L, BRENES L, ARCE J. 2003. Taller Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza Del 19 al 21 de mayo de 2003 Turrialba, Costa Rica. 115p.

SAMPIERI R, FERNÁNDEZ C, BAPTISTA P. 2010. Metodología de la Investigación. 5ª Ed. Mc Graw Hill. Perú. 601p.

SÁNCHEZ P, HERNÁNDEZ P. 2014. Sistema Milpa: Elemento de identidad campesina e indígena. PIDAASSA. México. 26p.

SARANDÓN S, SARANDÓN R. 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable En: GOIN F, GOÑI C. (Eds.) Bases para una política ambiental de la R. Argentina. HC Diputados de la Pcia de Buenos Aires. Sección III, Cap. 19: 279-286p.

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 – 394 p.

SARANDÓN S, FLORES C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. En: Agroecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata, Buenos Aires. No 4: 19–28p.

SARANDÓN S, FLORES C. 2014. Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. 1ª Ed. La Plata. Universidad Nacional de La Plata.

SARAVIA A. 1983. Un enfoque de sistemas para el desarrollo Agrícola. Ed Centro Interamericano de documentación e información Agrícola (CIDIA), San José, Costa Rica.

SERRATOS J. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. 36p.

SEVILLA E. 2006. De la sociología rural a la agroecología. Perspectivas agroecológicas. Ed. Icaria. Barcelona.

SEVILLA E, WOODGATE G. 2013. Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica. En: Agroecología. 8 (2): 27–34p.

SHANÍN T. 1972. The Aukward Class. Political Sociology of Peasanty in a Developing Society. Rusia 1910 – 1925. 400 p.

SILVETTI F. 2011. Una revisión conceptual sobre la relación entre campesinos y servicios ecosistémicos. Cuadernos de desarrollo rural. 8 (66): 19–45p.

SOTO H, SCHUSCHNY A. 2009. Guía Metodológica: Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. CEPAL. 109p.

SPEELMAN EN, GARCIA BARRIOS LE, GROOT JCJ, TITONELL P. 2013. Gaming for smallholder participation in the design of more sustainable agricultural landscapes. ELSEVIER. Agricultural Systems 126 (2014) 62–75.

TOALÁ L. 2009. Producción orgánica del policultivo maíz (*Zea mays* L.)-Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)- Calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.) en la Frailesca, Chiapas, México. Tesis profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo en Producción Vegetal. Universidad Autónoma de Chiapas. 83 p.

TOLEDO V. 1992. La racionalidad ecológica de la producción campesina. En: SEVILLA-GUZMAN E, GONZÁLEZ M. Ecología, campesinado e historia. Madrid. 197–218p.

TOLEDO V. 1999. Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo rural. En: Geografía Agrícola. Estudios regionales de la agricultura mexicana. N° 28. Universidad Autónoma Chapingo. 113 p.

TOLEDO V, ALARCÓN P, BARÓN L. 2002. La modernización rural de México un análisis socio-ecológico, 1ª ed. Editores Jiménez. México.

TOLEDO V. 2005. La Memoria Tradicional: La importancia agroecológica de los saberes locales. En: Revista de Agroecología LEISA: Ecoagricultura cultivando con la Naturaleza. 4 (20): 16-19p.

TORO F. 2007. El desarrollo sostenible: Un concepto de interés para la geografía. (40): 149-181p.

TURRENT A, WISE T, GARVEY E. 2012. Mexican Rural Development Research Report No 24. Universidad de Tufts. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 38p.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. National Soil survey, Center Natural resources Conservation Service .USA.

VALENTÍN A. 2002. Responsabilidad Social Empresarial (RSE). La empresa sostenible. Universidad de Salamanca.

VALENZUELA H. 2006. Investigación-acción en contextos próximos y lejanos: consideraciones políticas en los estudios de caso de los pakistaníes en Barcelona y de los bumiputera en Malaysia. Actas del VII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Antropología Aplicada. Santander. 13-15p.

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. 1 (1): 9p.

VANDERMEER J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge, U.K. Cambridge Univ. Press.

VAN DYNE G, ABRAMSKY Z. 1975. Agricultural systems models and modelling: an over view. London: Edited by G.E. Dalton. Dep. of Agriculture and horticulture. U. Of Reading Englan. 23 –91p.

VARGAS L. 2014. Maize, A traveller without luggage. In: Anales de Antropología. Issue 1 (48): 123-137p.

VÁZQUEZ L. 2011a. Manejo Integrado de plagas. Preguntas y respuestas para técnicos y agricultores. Editorial Científico- Técnica. 486p.

VÁZQUEZ L. 2011b. Supresión de Poblaciones de plagas en la finca mediante prácticas agroecológicas. Preguntas y respuestas para facilitar el manejo sostenible de tierras. Instituto de investigaciones de Sanidad vegetal. 227p.

VÁZQUEZ 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 (1): 33 – 42p.

VÁZQUEZ L, MURGUIDO C, GONZÁLEZ G, GÓMEZ O. 1996. Alternativas para el manejo integrado del patosistema mosca blanca-geminivirus-tomate. Boletín Técnico No 1. La Habana.

VÁSQUEZ L, FERNÁNDEZ E, ALFONSO J. 2008. Impactos de las innovaciones tecnológicas realizadas por los propios agricultores sobre el manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura urbana. Publicaciones SOCLA (Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología).

VÁZQUEZ L, MATIENZO Y, GRIFFON D. 2014. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. En: Fitosanidad. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. 3 (18): 151-162p.

VELÁSQUEZ F. 2000. El enfoque de sistemas y de contingencias aplicado al proceso administrativo. En: Estudios Gerenciales. No 77. Universidad del Valle. Campus Ciudad de México.

VÉLEZ L, CLAVIJO J, LIGARRETO G. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado Maíz (*Zea mays* L.) – Fríjol Voluble (*Phaseolus vulgaris* L). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín, Colombia. 2 (60): 20p.

VELOSO M, PAGELLO E, KITANO H. 2000. Robot Soccer World Cup III. (18). 56 of LNCS. Springer.

VILLASANTE T. 2006. Procesos de planificación participativa para la sustentabilidad. Madrid. 10p.

VOYEST O. 2000. Mejoramiento genético del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Legado de variedades de América Latina 1930 – 1999. CIAT.

WIED G. 1998. Plant parental care: conspecific nurse effects in *Frasera speciosa* and *Cirsium scopulorum*. Ecology No 79: 1657-1668p.

WILLEY R. 1990. Resource use in intercropping systems. Agric. Water Manage. No 17: 215-231p.

YAKARTA . 2011. La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo. Documento de Punto de Vista de la Via Campesina.

YANGGEN D, CRISSMAN CH, ESPINOSA P. 2003. Los plaguicidas: Impacto en producción, salud y medio ambiente en Charchi, Ecuador. CIP. INIAP. 199p.

ZULUAGA G. 1999. Transición de la Ruralidad: Resignificación o refuncionalización. In: Revista Nacional de Agronomía. 2 (52): 11p.

WEBGRAFÍA

Alcaldía de El Carmen de Viboral. 2015. (http://elcarmendeviboral-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml)

CEAM. 2007. (<http://www.corpoceam.org/index.php/2012-12-10-21-59-01/experiencia-2007/12-nuestra-experiencia/28-escuela-campesina-de-agroecologia-en-el-districto-agrario-del-oriente-antioqueno-fase-ii>)