

**EVALUACIÓN DE LA PREVALENCIA DE ENFERMEDADES EN SISTEMAS PRODUCTIVOS  
DE HORTALIZAS PARA UNA PROPUESTA DE CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA, EN EL  
ORIENTE ANTIOQUEÑO (COLOMBIA)**

**JUAN CARLOS SALAZAR HERNÁNDEZ**

**Ingeniero Agrónomo**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DOCTORADO EN AGROECOLOGÍA**

**MEDELLÍN-ENERO 2018**

**EVALUACIÓN DE LA PREVALENCIA DE ENFERMEDADES EN SISTEMAS PRODUCTIVOS  
DE HORTALIZAS PARA UNA PROPUESTA DE CONVERSIÓN AGROECOLÓGICA, EN EL  
ORIENTE ANTIOQUEÑO (COLOMBIA)**

**JUAN CARLOS SALAZAR HERNÁNDEZ**

**Ingeniero Agrónomo**

**Tesis presentada como requisito para optar al título de:**

**DOCTOR EN AGROECOLOGÍA**

**Directora de Tesis**

**SARA MARÍA MÁRQUEZ GIRÓN**

**Ing. Agrícola, M. Sc. Ing. Ambiental, Ph.D. Agroecología**

**COMITÉ TUTORIAL**

**Claudio Jiménez Cartagena Ph.D. Ingeniería**

**Jaime de J. Calle Osorio MsC y Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DOCTORADO EN AGROECOLOGÍA**

**MEDELLÍN - OCTUBRE 2018**

## Hoja de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, Octubre 2018.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación con gran agradecimiento a mi padre en el cielo, Noé de J. Salazar, por sus enseñanzas que perduran por siempre, por su incondicional amor y ejemplo.

A mi madre Cecilia Hernández por su ejemplo de templanza y perseverancia para alcanzar los ideales.

A mi hermano y hermanas por su acompañamiento, consejo permanente y ejemplo de vida.

A mi primer hijo Samuel por ser un gran regalo de Dios y que hoy es un joven talentoso y en formación.

A mi amada compañera Magnolia Aristizabal, por su incondicional apoyo, paciencia y fortaleza para que junto con mi hija Salomé, ellas dos nuevos regalos de Dios, yo continuara sin desfallecer en ningún momento y alcanzar lo soñado.

## **Agradecimientos**

Agradecer primero a ese ser superior y único que es Nuestro Señor Jesucristo, porque siempre ha estado en todos los momentos de mi vida, en especial en los más difíciles.

A mi directora de tesis, la Doctora Sara María Márquez Girón, por abrirme desde el primer momento las puertas del Doctorado y darme esta gran oportunidad de crecimiento y cumplimiento de uno de mis más grandes sueños, ser investigador y saber con su ejemplo, que la tarea es permanente, con constancia y mejora continua.

A la Doctora Clara Nicholls, por contribuir igualmente a haber iniciado este proceso y entender que es posible imaginar y construir un mundo mejor desde la Agroecología.

Al Doctor Claudio Jiménez Cartagena por su orientación y amplia experiencia que han contribuido con sus recomendaciones a lograr el éxito de esta investigación.

Igualmente al Doctor Jaime Calle Osorio por su apoyo incondicional para facilitar el desarrollo de mi tesis.

Al Doctor Luis Vázquez por sus asesorías siempre oportunas que permitieron centrar el trabajo de investigación.

A la Doctora María Elena Márquez G., y su familia en Cuba por su especial acogida y apoyo en mi tiempo de pasantía en la Isla.

Al grupo de agricultores ecológicos de la Asociación ASOCAMPO, por su ejemplo de vida y por permitir el trabajo de investigación a nivel de los predios y en los diferentes talleres realizados. Como al grupo de agricultores en diferentes niveles de transición hacia una agricultura sostenible por su sencillez, amabilidad y ejemplo, que igualmente contribuyeron al éxito de esta investigación.

Al Doctor Luis Fernando Restrepo, por su profesionalismo, orientación y trabajo en la parte estadística del trabajo de investigación.

A la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología y a sus investigadores quienes permitieron introducirme profundamente en el mundo de la Agroecología.

Al Doctor Rafael Navarro y la Doctora Bertha Miryam Gaviria por su trabajo y orientación en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Católica de Oriente.

Y al doctor Nelson Walter Osorio de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín por su orientación en los aspectos físico-químicos de suelo.

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Tabla de Contenido.....	7
Lista de Tablas.....	13
Lista de Figuras.....	16
Lista de Gráficas.....	17
Resumen General.....	18
Abstract.....	21
Introducción.....	0
1. Planteamiento del Problema.....	4
2. Objetivo General.....	10
3. Objetivos Específicos.....	10
4. Marco Teórico.....	11
4.1. Sistemas y agroecosistemas.....	11
4.2. Sostenibilidad de los sistemas de producción.....	11
4.3. La gestión actual de los sistemas productivos.....	13
4.4. Manejo recurrente de enfermedades en los sistemas de producción de hortalizas.....	14
4.5. El factor salud en el agroecosistema.....	15
4.5.1. La salud de los suelos para la salud de los cultivos.....	17
4.5.2. La biodiversidad de los agroecosistemas para la salud de los cultivos.....	19
4.6. Conversión agroecológica.....	20
4.7. El componente participativo en el proceso de conversión agroecológica.....	21
4.8. Diseño de sistemas agroecológicos en hortalizas.....	22
5. Zona de Estudio.....	26

6. Metodología .....	30
7. Manejo del suelo en predios de agricultores en la zona del Oriente Antioqueño en la práctica de nutrición de cultivos .....	40
7.1. Introducción.....	41
7.2. Materiales y Métodos .....	42
7.2.1. Área de Estudio. ....	43
7.2.2. Análisis realizados y muestreos. ....	45
7.2.3. Análisis Estadístico.....	47
7.3. Resultados y Discusión parte 1ª: Análisis descriptivos comparativos entre sistemas .....	47
7.3.1. Aspecto Orgánico.....	47
7.3.2. Aspecto Químico. ....	50
7.3.2.1. Variable pH.....	50
7.3.2.2. Variable Aluminio.....	53
7.3.2.3. Variable Hierro (Fe).....	54
7.3.2.4. Variable Fósforo (P).....	55
7.3.2.5. Variable Calcio (Ca).....	56
7.3.2.6. Variable Magnesio (Mg).....	56
7.3.2.7. Variable CICE.....	57
7.3.2.8. Elementos menores.....	58
7.4. Resultados y Discusión parte 2ª: Correlaciones .....	58
7.4.1. Correlación del aspecto físico en sistemas convencionales de hortalizas.....	58
7.4.2. Correlación del aspecto físico en sistemas productivos ecológicos de hortalizas. ....	59
7.4.3. Correlaciones Químicas en el Sistema Productivo Convencional.....	59
7.4.3.1. Correlación del S con otros elementos en el sistema convencional.....	60
7.4.3.2. Relación Aluminio (Al) con hierro (Fe) y el pH en el sistema convencional.....	61
7.4.3.3. Correlación aluminio (Al) con cobre (Cu) en el sistema convencional.....	61
7.4.3.4. Correlación fósforo (P) y Zinc (Zn) en el sistema convencional.....	62
7.4.3.5. Correlación Hierro con Manganeso (Mn) y Cobre (Cu) en el sistema convencional.....	63
7.4.4. Correlaciones Químicas en el Sistema Productivo Ecológico.....	64

7.4.4.1. Correlación pH y Aluminio en el sistemas ecológico.....	64
7.4.4.2. Correlaciones Ca y Mg en el sistema ecológico. ....	65
7.4.4.3. Correlación Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) con la CICE en el sistema ecológico. ....	66
7.4.4.4. Correlación Aluminio (Al) e Hierro (Fe) en el sistema ecológico.....	68
7.4.4.5. Correlación Azufre (S) y Potasio (K) en el sistema ecológico. ....	69
7.4.4.6. Correlación Boro (B), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y la CICE en sistema ecológico.....	69
7.5. Análisis de componentes principales caso sistemas convencionales o en transición .....	70
7.6. Análisis de componentes principales caso sistemas ecológicos .....	73
8. Análisis de elementos críticos de valoración de la sostenibilidad en Sistemas Productivos de Hortalizas en la Zona del Altiplano de la Subregión del Oriente Antioqueño .....	76
8.1. Introducción.....	76
8.2. Materiales y Métodos .....	79
8.2.1. Zona de estudio.....	79
8.2.2. Caracterización sociocultural, económica y tecnológica de los campesinos productores de hortalizas de la zona Altiplano-Subregión Oriente. ....	80
8.2.3. Selección del grupo de trabajo.....	81
8.2.4. Análisis realizados.....	81
8.2.5. Construcción conceptual participativa de la sostenibilidad y sus atributos. ....	82
8.2.6. Identificación de las dimensiones y de los puntos críticos de la caracterización. ....	82
8.2.7. Selección y definición de indicadores.....	82
8.3. Resultados y Discusión.....	83
8.3.1. Conceptos previos de atributos de la sostenibilidad por los agricultores ecológicos sobre sus sistemas de producción. ....	83
8.3.1.1. Dimensión Sociocultural de los Agricultores ECO. ....	89
8.3.1.2. Dimensión Económica de los Agricultores Eco. ....	99
8.3.1.3. Dimensión Tecnológica de los Agricultores Eco.....	106
8.3.2. Conceptos previos de atributos de la sostenibilidad por los agricultores convencionales y en transición orgánica y orgánicos no certificados (C y TrOr y Or). ....	109
8.3.2.1. Dimensión Sociocultural de los Agricultores CM, TrOr y Or. ....	115

8.3.2.2. Dimensión económica agricultores CM, TrOr y Or. ....	122
8.3.2.3. Dimensión tecnológica agricultores CM, TrOr y Or.....	125
9. Comportamiento de la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas con miras a una propuesta de manejo agroecológico en la Zona Altiplano, Oriente Antioqueño (Colombia) .....	128
9.1. Introducción.....	128
9.2. Materiales y Métodos .....	131
9.2.1. Área de estudio. ....	131
9.2.2. Diseño Experimental. ....	133
9.2.3. Trabajo de campo.....	134
9.2.3.1. Evaluación directa en campo de las condiciones de calidad de suelo y salud de cultivos. ....	134
9.2.3.2. Análisis de infiltración del agua.....	136
9.2.3.3. Resistencia a la penetración por el suelo.....	137
9.2.3.4. Medición de la densidad aparente y porosidad de los suelos. ....	138
9.2.4. Cuantificación de la presencia de enfermedades.....	139
9.2.4.1. Muestreo de la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas... ..	141
9.2.4.2. Análisis fitopatológico y cromatográfico para estudiar prevalencia de enfermedades. .	142
9.2.5. Metodología estadística para prevalencia de enfermedades. ....	143
9.3. Resultados y discusión .....	144
9.3.1. Evaluación de la sostenibilidad a nivel de fincas.....	144
9.3.2. Análisis de infiltración del agua. ....	165
9.3.3. Resistencia a la penetración por el suelo.....	172
9.3.4. Comportamiento de la densidad aparente y porosidad de los suelos. ....	172
9.3.5. Cuantificación de la presencia de enfermedades.....	179
9.3.5.1. Presencia de enfermedades.....	180
9.3.5.2. Incidencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas. ....	184
10. Propuesta de proceso de conversión agroecológica en sistemas de producción de hortalizas con pequeños agricultores en la Zona Altiplano, Oriente Antioqueño, Colombia.....	199

10.1. Introducción.....	199
10.2. Metodología .....	206
10.3. Estudio de caso: Caracterización de los sistemas de producción convencional de hortalizas predominantes en la zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño .....	208
10.3.1. Entorno.....	211
10.3.2. Descripción de los componentes o subsistemas actuales de los sistemas de producción convencional de hortalizas prevaecientes. ....	213
10.3.3. Elaboración de la propuesta de conversión de los sistemas de producción convencional de hortalizas. ....	218
10.3.3.1. Componente vegetal.....	225
10.3.3.1.1. Árboles en límites y en fuentes de agua de las fincas.....	225
10.3.3.1.2. Árboles para las fuentes de agua dentro o en fuentes que bordean los límites de las fincas. ....	226
10.3.3.1.3. Arbustos como estrato medio, cumpliendo funciones de barreras vivas y alimentación animal y humana en muchos casos.....	226
10.3.3.1.4. Arvenses y pastos en un estrato llamado bajo, pero cumpliendo funciones importantes varias. ....	226
10.3.3.2. Componente cultivos. ....	227
10.3.3.3. El subsistema o componente animal. ....	229
10.3.3.4. El subsistema plagas y enfermedades.....	230
11. Conclusiones Generales.....	232
12. Recomendaciones .....	235
Bibliografía.....	238
Anexos.....	266
Anexo 1. Levantamiento de línea base de los sistemas productivos en hortalizas en el altiplano del oriente antioqueño.....	266
Anexo 2. Evaluación de la calidad del suelo y la salud del cultivo.....	273
Anexo 3. Variables de medición de las condiciones de plantulación.....	280
Anexo 4. Puntos críticos priorizados por dimensión e indicadores seleccionados por los agricultores en la caracterización de sistemas de manejo de hortalizas .....	283

Anexo 5. Productos plaguicidas más utilizados en los sistemas convencionales de hortalizas .....	284
Anexo 6. Línea base de las variables de los sistemas de producción de hortalizas .....	286
Anexo 7. Análisis comparativo de variables físico-químicas y materia orgánica de suelos...294	
Anexo 8. Biodiversidad bacteriana en suelo de agricultores ecológicos .....	298
Anexo 9. Biodiversidad bacteriana en suelo de agricultores convencionales.....	299
Anexo 10. Análisis microbiológicos de suelos en sistemas ecológicos .....	300
Anexo 11. Análisis microbiológicos de suelos en sistemas convencionales .....	301
Anexo 12. Identificación molecular de microorganismos de muestras de lechuga.....	302

## Lista de Tablas

Tabla 1. Paisaje y ambiente morfogenético correspondiente a Altiplanicie y con clima ambiental frío húmedo y frío muy húmedo de la zona de estudio en el Departamento de Antioquia .....	27
Tabla 2. Especies con alto riesgo de invasión en la Zona Altiplano a partir de la herramienta i3n .....	29
Tabla 3. Parámetros definidos para análisis físico-químico de fertilidad de suelos y materia orgánica.....	46
Tabla 4. Análisis de Minerales y Físico-Químicos y otros para calidad de abonos sólidos fabricados en finca.....	46
Tabla 5. Determinación del contenido de materia orgánica en suelos.....	47
Tabla 6. Resultados Análisis de Minerales para Calidad de Enmiendas en Agricultores Ecológicos.....	48
Tabla 7. Resultados Análisis de Características Físico-Químicas para Calidad de Enmiendas en Agricultores Ecológicos.....	49
Tabla 8. Aspecto Químico.....	51
Tabla 9. MANOVA COMPARACIONES .....	51
Tabla 10. Correlación física en sistemas productivos convencionales de hortalizas .....	58
Tabla 11. Correlación física en sistemas productivos ecológicos de hortalizas.....	59
Tabla 12. Coeficientes de correlación de variables químicas de suelo en sistemas convencionales de hortalizas.....	59
Tabla 13. Coeficientes de Correlación de otras variables químicas de suelo en sistemas convencionales de hortalizas.....	62
Tabla 14. Coeficientes de correlación de variables químicas de suelo en sistemas ecológicos de hortalizas.....	64
Tabla 15. Coeficientes de correlación de otras variables químicas de suelo en sistemas ecológicos de hortalizas.....	68
Tabla 16. Valores estadísticos de componentes principales en sistemas convencionales de hortalizas.....	70
Tabla 17. Componentes principales destacables en sistemas convencionales de hortalizas.....	71
Tabla 18. Valores estadísticos de componentes principales en sistemas ecológicos de hortalizas.....	73
Tabla 19. Componentes principales destacables en sistemas ecológicos de hortalizas.....	74
Tabla 20. Conceptualización y operacionalización de la sostenibilidad en Ecológicos.....	84

Tabla 21. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión sociocultural ECO</i> .....	90
Tabla 22. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión sociocultural con agricultores ecológicos.</i> .....	91
Tabla 23. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión económica ecológica</i> ...	100
Tabla 24. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión económica ecológica</i> .....	100
Tabla 25. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión tecnológica</i> .....	106
Tabla 26. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión tecnológica</i> .....	107
Tabla 27. <i>Conceptualización y operacionalización de la sostenibilidad en sistemas convencionales y en transición</i> .....	110
Tabla 28. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión Sociocultural convencional y en transición</i> .....	116
Tabla 29. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión Sociocultural convencional y en transición</i> .....	116
Tabla 30. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión Económica convencional y en transición</i> .....	122
Tabla 31. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión Económica convencional y en transición</i> .....	122
Tabla 32. <i>Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión tecnológica convencional y en transición</i> .....	126
Tabla 33. <i>Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión tecnológica convencional y en transición</i> .....	126
Tabla 34. <i>Ejemplo del diseño de aspectos de descripción de la metodología para evaluar propiedades del suelo y salud de cultivos</i> .....	135
Tabla 35. <i>Evaluación del componente de calidad de suelo</i> .....	147
Tabla 36. <i>Evaluación del componente de salud del cultivo</i> .....	157
Tabla 37. <i>Resultados de la infiltración del agua en fincas</i> .....	166
Tabla 38. <i>Resultados promedios de la resistencia a la penetración por los suelos</i> .....	172
Tabla 39. <i>Cálculos de las pruebas de muestreo de densidad aparente y porosidad en suelos</i>	173
Tabla 40. <i>Análisis de varianza para DAP por Sistema</i> .....	174
Tabla 41. <i>Datos de las medias para DAP por Sistema con 95.0% de intervalos de confianza</i> ..	174
Tabla 42. <i>Datos para cálculos de la porosidad de suelos</i> .....	175
Tabla 43. <i>Promedios de las variables de DAP y porosidad</i> .....	176
Tabla 44. <i>Análisis de varianza para macroporos por Sistema</i> .....	176

Tabla 45. <i>Datos de medias para macroporos por Sistema con 95.0% de intervalos de confianza</i>	177
Tabla 46. <i>Pruebas de Comparaciones Múltiples y Contraste de Duncan 95.0%</i>	177
Tabla 47. <i>Análisis descriptivo y de correlación relacionado con las variables ambientales</i>	180
Tabla 48. <i>Prevalencia de plantas infectadas por cada tipo de enfermedad</i>	180
Tabla 49. <i>Análisis general comparativo entre sistemas para la prevalencia de enfermedades</i>	182
Tabla 50. <i>Comparación estadística entre presencia de enfermedades para el Apio por semanas</i>	183
Tabla 51. <i>Comparación estadística entre presencia de enfermedades para la Lechuga por semanas</i>	183
Tabla 52. <i>Comparación estadística entre presencia de enfermedades para brócoli por semanas</i>	184
Tabla 53. <i>Comparaciones entre sistemas, relacionados con el porcentaje de incidencia de las enfermedades evaluadas</i>	185
Tabla 54. <i>Análisis nematológico en suelos Ecológicos (Semestre 2-2015)</i>	190
Tabla 55. <i>Análisis nematológico en suelos Ecológicos (semestre 2-2016)</i>	190
Tabla 56. <i>Análisis nematológico en suelos Convencionales y en Transición (semestre 2-2016)</i>	191
Tabla 57. <i>Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema apio</i>	213
Tabla 58. <i>Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema brócoli</i>	215
Tabla 59. <i>Componentes en sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema lechuga</i>	216
Tabla 60. <i>Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema lechuga con predominancia de monocultivo</i>	217
Tabla 61. <i>Caracterización de las diferentes estrategias integradas en una propuesta de conversión agroecológica de sistemas de producción convencional de hortalizas</i>	219

## Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Municipios de la zona Altiplano y límites con la Subregión del Oriente Antioqueño. ...	26
<i>Figura 2.</i> Diagrama de flujo de la metodología empleada en la investigación. ....	34
<i>Figura 3.</i> Fases integradas del estudio.....	35
<i>Figura 4.</i> Variables Principales de la Caracterización .....	36
<i>Figura 5.</i> Municipios de la zona Altiplano y límites con la Subregión del Oriente Antioqueño. ...	44
<i>Figura 6.</i> Metodología del proceso de caracterización multidimensional de los sistemas de manejo de hortalizas. ....	81
<i>Figura 7.</i> Talleres con el grupo de campesinos del grupo de certificación ecológica.....	83
<i>Figura 8.</i> Talleres con el grupo de campesinos del grupo en procesos de transición .....	109
<i>Figura 9.</i> Planos Fincas de Evaluación .....	132
<i>Figura 10.</i> Sistema cromatográfico líquido con acople a espectrometría de masas de alta resolución tipo Trampa de Iones con Tiempo de Vuelo (UPLC-Q-TOF) .....	143
<i>Figura 11.</i> Sistemas de producción ecológica de hortalizas.....	145
<i>Figura 12.</i> Sistemas de producción convencional de hortalizas. ....	145
<i>Figura 13.</i> Comportamiento de los indicadores de la sostenibilidad de fincas. Componente calidad de suelo .....	164
<i>Figura 14.</i> Comportamiento de los indicadores de la sostenibilidad de fincas. Componente salud del cultivo.....	164
<i>Figura 15.</i> Pruebas de infiltración del agua en fincas.....	165
<i>Figura 16.</i> Presencia de complejos de bacterias en el cultivo de lechuga .....	181
<i>Figura 17.</i> Presencia de complejos de bacterias en brócoli y colchina cercana a lechuga .....	181
<i>Figura 18.</i> Alternaria sp., en lechuga.....	182
<i>Figura 19.</i> Unidades geomorfológicas predominantes en la zona de estudio (Fuente: Rendón et al., 2011).....	208
<i>Figura 20.</i> Sistema de producción convencional de hortalizas en la zona Altiplano de la Subregión del Oriente Antioqueño .....	209
<i>Figura 21.</i> Suelos Typic Fulvudands. Foto de García, 2006 (IGAC, 2007) .....	212
<i>Figura 22.</i> Propuesta de diseño de componentes o subsistemas para los sistemas de producción de hortalizas .....	225

## Lista de Gráficas

<i>Gráfico 1.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 3 prueba 1 .....	166
<i>Gráfico 2.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 3 prueba 2 .....	167
<i>Gráfico 3.</i> Infiltración básica en finca Ecológica ECO 2 prueba 1 .....	167
<i>Gráfico 4.</i> Infiltración básica en finca Ecológica ECO 2 prueba 2 .....	168
<i>Gráfico 5.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 1 prueba 1 .....	168
<i>Gráfico 6.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 1 prueba 2 .....	169
<i>Gráfico 7.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 2 prueba 1 .....	169
<i>Gráfico 8.</i> Infiltración básica en finca Convencional CONV 2 prueba 2 .....	170
<i>Gráfico 9.</i> Infiltración básica en finca Ecológica ECO 1 prueba 1 .....	170
<i>Gráfico 10.</i> Infiltración básica en finca Ecológica ECO 1 prueba 2 .....	171
<i>Gráfico 11.</i> Comportamiento de la densidad aparente de suelos.....	177
<i>Gráfico 12.</i> Comportamiento de la humedad a capacidad de campo.....	178
<i>Gráfico 13.</i> Comportamiento de la microporosidad .....	178
<i>Gráfico 14.</i> Comportamiento de la máxima capacidad de retención de agua .....	178
<i>Gráfico 15.</i> Comportamiento de la porosidad total .....	179
<i>Gráfico 16.</i> Comportamiento de la macroporosidad .....	179
<i>Gráfico 17.</i> Proyección bidimensional de las interacciones entre enfermedades suplementada por el tipo de agricultor .....	197

## Resumen General

**Antecedentes:** los sistemas de producción de hortalizas en el cinturón hortícola en la zona Altiplano del Oriente Antioqueño (Colombia), se caracterizan por el uso de variedades mejoradas importadas, están fundamentados en tecnologías foráneas, especializados en menor rotación de cultivos, intensivos en el espacio y tiempo, lo que conlleva a la presencia de más problemas fitosanitarios y ambientales. Se destaca la alta aplicación de insumos externos, entre ellos, plaguicidas de síntesis química y fertilizantes inorgánicos, así como el uso de abonos orgánicos comerciales, utilizados en altas cantidades en cada nuevo ciclo de producción y repetidamente en campos aledaños, lo que repercute en problemas de salud para los sistemas de producción de hortalizas y ecosistemas en todo su conjunto. Los fungicidas, nematocidas y bactericidas son los más empleados en escala significativa para el control de enfermedades en los cultivos, pero sobrepasando las dosis y frecuencias recomendadas por los expendedores, con un gran consumo de agua y sin embargo, las enfermedades continúan presentes y la calidad de varios de los productos obtenidos, presenta residualidad de plaguicidas. La agroecología como propuesta, desarrolla sistemas alternativos en los cuales se potencia la capacidad de bienestar y salud para todo el agroecosistema. **Objetivo:** Evaluar los elementos críticos de sostenibilidad que inciden en la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas a través del análisis de las interacciones en el sistema suelo-planta-patógenos-manejo en la zona Altiplano de la subregión Oriente Antioqueño para la consolidación de un modelo de conversión agroecológica que contribuya a la disminución de la aplicación de plaguicidas. **Materiales y métodos:** Se evaluaron los factores críticos que inciden en las decisiones de los agricultores y definen los sistemas de manejo y explican la prevalencia de enfermedades en sistemas de producción convencional y ecológica de hortalizas. Se seleccionó el subsistema suelo y su manejo, en el que se midieron las interacciones con respecto a su aporte a la prevalencia de enfermedades de los cultivos de hortalizas. Para ello, se midió las características físico-químicas de fertilidad de suelos. Microbiológicamente se realizaron análisis para bacterias y hongos totales en suelos, y así mismo se evaluó índice de Shannon para biodiversidad bacteriana en suelos. Se identificó semanalmente, la incidencia de las principales enfermedades, identificando síntomas y signos. Se evaluaron periódicamente muestras para confirmar a nivel de género hongos, bacterias y nematodos patógenos del suelo. Se evaluó la calidad físico-química de bioinsumos empleados en los sistemas ecológicos. Se evaluaron metales pesados en suelos, análisis de residualidad de plaguicidas en material vegetal. Así mismo, se midieron las condiciones climatológicas diariamente durante el periodo de evaluación de las enfermedades. Como

alternativa para evitar la dependencia de la aplicación de fungicidas, nematicidas y bactericidas para control de enfermedades, se elaboró una propuesta para la conversión de los sistemas convencionales a agroecológicos, fundamentado en el incremento de la biodiversidad del sistema y en el manejo agroecológico del suelo, de los cultivos y de las plagas. **Resultados:** el alcance de la sostenibilidad en sistemas de producción de hortalizas, depende fundamentalmente de objetivos asociados al bienestar social y ambiental, donde los tiempos y las formas de logro, no se supeditan a normas establecidas para la transición y menos en forma lineal, sino que obedece a las aspiraciones personales permeadas por los satisfactores de salud física y psicológica como la salud del sistema de producción; seguidamente por el alcance de necesidades de ingresos y cohesión familiar, después sí, vienen los factores de sometimiento a la norma. Del análisis del manejo del suelo en sistemas ecológicos a través de la práctica de nutrición de cultivos, se obtuvo que tienden a aumentar en el tiempo la disponibilidad de elementos en el suelo como el P, S y K, y a disminuir positivamente la disponibilidad tóxica del Fe y Al, pero con la necesidad de equilibrar a través de la mejor estandarización del manejo de materias primas, los aportes de Ca y Mg. En los sistemas ecológicos se encontró un 18% más de fincas con contenidos superiores de materia orgánica, con repercusiones en valores de pH cercanos a 6.0, contrario de los sistemas convencionales, estancados en pH ácido a pesar del sobreencalado y sobreabonamiento del suelo. Existen desbordados niveles de Ca, Mg, P, Fe y Cu, en los sistemas convencionales por el alto uso de enmiendas minerales (cales) como orgánicas y de fertilizantes inorgánicos. Se obtuvieron como factores relevantes de manejo en los sistemas convencionales: la “inercia o dependencia de soluciones externas para la acidez de los suelos”; influencia del ciclo redox del Fe en condiciones variables de óxido-reducción por el manejo del suelo, con pérdida de la capacidad neutralizante del suelo. Y un tercer factor principal es la relevancia de la interrelación de elementos mayores con menores en el sistema, caso específico, la disminución del Zn por exceso de fertilizantes fosfatados. De los análisis para componentes principales en los sistemas ecológicos, se obtuvieron: planificación de la nutrición de cultivos de acuerdo a criterios estándar propios, ajustados a las normas ecológicas de producción; complejación de iones metálicos responsables de la acidez de los suelos como el Al, Fe y Cu y permanencia de niveles mínimos aceptables de microelementos. Del análisis conjunto de la prevalencia de enfermedades, no existe diferencia significativa entre sistemas ecológicos y convencionales, pero sin embargo, se obtuvo una persistencia similar de las bacterias *Xanthomonas* sp., y *Pseudomonas* sp., para ambos sistemas en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*). Hubo diferencia significativa en la presencia de la enfermedad *Alternaria* sp., entre el sistema ecológico y tradicional ( $p < 0.05$ ), con mayor prevalencia en el primero de ellos. Para el brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), no se

presentó diferencia significativa entre sistemas ( $p > 0.05$ ), pero existe prevalencia de *Alternaria* sp., muy similar entre ellos. En el apio (*Apium graveolens*), se presentó diferencia entre sistemas para las enfermedades *Xanthomonas* sp., y nematodos (*Meloidogyne* sp.), en especial para esta última, siendo el sistema ecológico el que mayor prevalencia obtuvo durante el periodo evaluado. En los sistemas de producción de hortalizas convencionales, se encontró el uso de 46 ingredientes activos para tratar problemas fitosanitarios: de ellos, 18 son fungicidas, 20 insecticidas, 4 herbicidas, 2 de carácter insecticida-nematicida y 2 de acción bactericida. Los fungicidas son los que más se repiten en las aplicaciones o en mezclas incluso con otros productos, con mayor consumo por unidad de área. Mientras que los sistemas ecológicos recurren básicamente a factores de manejo de suelo a través de la nutrición orgánica de los cultivos y mínima perturbación del suelo, además de mayor diversidad de cultivos, reflejado en indicadores de sostenibilidad.

**Palabras claves:** plaguicidas, residualidad, sostenibilidad, sobreencalamiento, prevalencia, incidencia, conversión agroecológica, factores críticos.

## Abstract

Vegetable production systems in the horticultural belt in the High Plateau zone of the Eastern Antioquia (Colombia), are characterized by the use of imported improved varieties, are based on foreign technologies, and specialized in lower crop rotation, intensive in space and time, which leads to the presence of more phytosanitary and environmental issues. It stands out the high application of external supplies, including chemical synthesis pesticides and inorganic fertilizers, as well as the use of commercial organic fertilizers, used in high quantities in each new production cycle and repeatedly in surrounding fields, which brings repercussions on health problems for the production systems of vegetables and ecosystems as a whole. The fungicides, nematicides and bactericides are the most used in significant scale for diseases control in crops, even exceeding the doses and frequencies recommended by the retailers, with a great consumption of water, the diseases continue present and the quality of several of the products obtained, presents residual pesticides. Agroecology as a proposal develops alternative systems, which enhance the capacity of well-being and health for the whole agroecosystem. Objective: To evaluate the critical elements of sustainability that incise on the diseases prevalence in vegetable productive systems through the analysis of interactions in the soil-plant-pathogens-management system in the High Plateau zone of the Eastern Antioquia sub region, for consolidation of an agroecological conversion model that contributes to the reduction of the application of pesticides. Materials and methods: Critical factors that incise on farmer's decisions and define management systems and that explains the prevalence of diseases in conventional and ecological vegetable production systems were evaluated. The soil subsystem and its management were selected, in which the interactions regard to its contribution to the diseases prevalence of vegetable crops were measured. For this, the physical-chemical characteristics of soil fertility were measured. For bacteria and total fungi in soils, microbiological analyzes were performed and Shanon index for bacterial biodiversity in soils was also evaluated. The incidence of the main diseases was identified weekly, identifying symptoms and signs. Samples were periodically evaluated to confirm at the genus level fungal, bacterial and pathogenic soil nematodes. The physical-chemical quality of bio-inputs used in the ecological systems was evaluated. Heavy metals in soils were evaluated, pesticide residue analysis in plant material. Likewise, the climatological conditions were measured daily during the evaluation period of the diseases. As an alternative to avoid dependence on the application of fungicides, nematicides and bactericides for disease control, a proposal was made for the conversion of conventional to agroecological systems, based on the increase in the system biodiversity and in the soil agroecological management, of crops and pests. Results: the scope of

sustainability in vegetable production systems depends fundamentally on associated objectives with social and environmental wellbeing, where times and forms of achievement are not subject to established rules for the transition and less in a linear fashion, but that obeys personal aspirations permeated by physical and psychological health satisfiers such as the health of the production system; next by the scope of income needs and family cohesion, finally, come the factors of submission to the norm. From the analysis of soil management in ecological systems through the crop nutrition practice, it was obtained that tend to increase in time the availability of elements in the soil such as P, S and K, and to positively decrease the toxic availability of the Fe and Al but with the necessity to balance through the best standardization of the handling of raw materials, the contributions of Ca and Mg. An 18% more of farms with higher organic matter contents were found in ecological systems, with repercussions at pH values close to 6.0, contrary to conventional systems stagnated in acidic pH regardless soil over liming and overfertilization. There are overflowing levels of Ca, Mg, P, Fe and Cu, in conventional systems due to the high use of mineral conditioning (limes) such as organic and inorganic fertilizer. As relevant management factors in conventional systems were obtained: "inertia or dependence on external solutions for the acidity of soils"; influence of the redox cycle of Fe in variable oxide-reduction conditions for soil management with loss of its neutralizing capacity. In addition, a third main factor is the relevance of the interrelation of major elements with minors in the system, a specific case, the decrease in Zn due to excess phosphate fertilizers. From analyzes for major components in ecological systems, were obtained: crops nutrition planning according to standard criteria, adjusted to the ecological norms of production, complexation of metal ions responsible on soils acidity such as Al, Fe and Cu and permanence of minimum acceptable levels of microelements. From the overall analysis of diseases prevalence, there is no significant difference between ecological and conventional systems; nevertheless, a similar persistence of *Xanthomonas* sp., and *Pseudomonas* sp. bacteria was obtained for both systems in the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*). There was a significant difference in the presence of the *Alternaria* sp. disease, between the ecological and traditional system ( $p < 0.05$ ), with a higher prevalence in the first one. For broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), there was no significant difference between systems ( $p > 0.05$ ), but there is a prevalence of *Alternaria* sp., very similar among them. In celery (*Apium graveolens*), there was a difference between systems for diseases *Xanthomonas* sp. and nematodes, especially for the last one, being the ecological system with the highest prevalence during the evaluated period. In the conventional vegetable production systems, the use of 46 active ingredients was found for treatment of phytosanitary problems: of which, 18 are fungicides, 20 insecticides, 4 herbicides, 2 with insecticide-nematicide character and 2 with bactericidal

action. Fungicides are the most repeated in applications or mixtures even with other products, with higher consumption per unit area. Whereas ecological systems basically draw on soil management factors through crops organic nutrition and minimal soil disturbance, in addition to a greater diversity of crops, reflected in sustainability indicators.

Key words: pesticides, residuality, sustainability, over liming, prevalence, incidence, agro-ecological conversion, critical factors.

## Introducción

Desde hace varias décadas, los plaguicidas químicos son un elemento omnipresente de nuestra sociedad. Las estadísticas más actualizadas y editadas, reportan que los gastos anuales totales a nivel mundial en plaguicidas, suman más de 56 mil millones de dólares al terminar el año 2012. El uso mundial de plaguicidas a nivel del productor ascendió a casi 6 mil millones de libras anuales en el periodo 2011 y 2012 (Atwood y Paisley-Jones, 2017). De no ocurrir cambios a nivel global en el control de plagas, se estima que para el 2020, habrá un consumo de 6,5 millones de toneladas consumidas en ingredientes activos (March, 2014). Lo más crítico es que los costos invertidos en ello, son asumidos de una parte por los agricultores, tanto en la destrucción de los llamados “enemigos naturales” como en la lucha contra la propia resistencia adquirida en lo que se pretende controlar y por otra parte, asumidos por la sociedad en general, como son los costos ambientales y la salud de los ecosistemas y del ser humano y de especies beneficiosas o económicamente útiles (Pimentel et al., 1992, citado por Galt, 2008). Bajas dosis de sustancias químicas que modifican las hormonas pueden tener un impacto crónico negativo en los sistemas endocrino, inmune y neurológico del cuerpo humano, especialmente en la exposición a dietas contaminadas (Galt, 2009).

Actualmente a nivel mundial están registrados 6.400 ingredientes activos correspondientes a plaguicidas que al combinarse con compuestos inertes resultan en más de 100.000 productos comerciales empleados (García et al., 2018). Colombia presentó en el 2013 una producción anual de 78.469 toneladas de plaguicidas y un consumo interno de 119.486 toneladas, es decir, un consumo per cápita en ese año de 2.5 kg (ICA, 2014).

La característica sobresaliente de la agricultura convencional en comparación con las campesinas tradicionales, es su dominio en el uso masivo de insumos externos, los que sustituyen a los recursos naturales locales en el ejercicio de las actividades agrícolas más elementales, tales como la protección de cultivos (Parmentier, 2014). Dicho enfoque de proteger los cultivos, se considera un error adscrito a las tecnologías verticales impuestas, por ser un círculo vicioso, que conduce continuamente a fracasos en dicho manejo, con graves consecuencias sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción (Vázquez, 2010).

A raíz de la alta homogeneización de los sistemas agrícolas, se presenta una mayor vulnerabilidad de los cultivos a los insectos plagas y a las enfermedades, con carácter devastador cuando estos brotes los infestan por causa de la mayor concentración de recursos (Altieri, 1998,

2002). El círculo vicioso que se establece al tener que repetir las dosificaciones, es una respuesta de evolución adaptativa de los microorganismos y que tiene consecuencias reales, ya que la evolución de la resistencia y su diseminación en las poblaciones de plagas, puede interrumpir el control de las mismas y exacerba los problemas ya presentes (Conway y Pretty, 1991, citados por Altieri y Nicholls, 2003; Vázquez, 2010; Lamberth, Jeanmart, Luksch y Plant, 2013).

El uso de estrategias de compensación tales como la reducción del uso de plaguicidas y el manejo integrado de plagas, se han propuesto como mecanismos frente al denominado efecto de "lock-in" o de dependencia tecnológica centrada en la sola aplicación de plaguicidas, ambas estrategias sin embargo, están limitadas en su accionar frente a la innovación, por la misma creencia paradigmática del supuesto beneficio del control con químicos (Ugaglia, Del'homme y Filippi, 2011; Lamine, 2011). Inclusive la tendencia continúa a través de los años, en especial con los agricultores de los países en desarrollo, quienes utilizan con más frecuencia y con amplia variedad los ingredientes activos más tóxicos (Hammond, Cox y Bazo, 2016).

A semejanza de los plaguicidas y unido a ello íntimamente, se argumenta también que se requiere romper con el bloqueo ejercido por los pilares de la fertilización química, centrada en los altos rendimientos por acción del uso de fertilizantes inorgánicos (Kahiluoto et al., 2015 citado por Kuokkanen, Mikkilä, Kuisma, Kahiluoto y Linnanen, 2017). El comportamiento de los actores del sistema de producción de alimentos, es operado por un conjunto de reglas diseñadas como ruta a seguir independiente de su real demostración de validez, reemplazando los factores de crecimiento tradicionales locales naturales por factores de crecimiento externos artificiales como la fertilización inorgánica (Kuokkanen et al., 2017). Ese éxito relativo de la fertilización química, entonces, condujo aún, a responsables políticos y científicos a equiparar la mejora de la fertilidad del suelo con la aplicación de fertilizantes de ciertos tipos y cantidades para obtener producciones altas (Uphoff, 2002).

Con relación al subsector de las hortalizas en Colombia, mayormente dominada por sistemas de producción convencional y gran consumidor de plaguicidas, la producción nacional alcanzó en el año 2016 la cifra de 2'.110.257 toneladas para un portafolio de 37 productos en 26 departamentos (DANE, 2017). El departamento de Antioquia participó con el 16.5% de la producción nacional en dicho año, de acuerdo a cifras reportadas por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia SADRA, con una producción de hortalizas de 340.511 toneladas, cosechadas en 8.542 hectáreas (SADRA, 2016). El análisis de dicho tipo de información, arrojó que la producción de

hortalizas en la subregión Oriente, zona de investigación, en el 2016 alcanzó las 242.188 toneladas (71% del total) en 6.163 hectáreas (SADRA, 2016).

En el año 2013 se realizó en el Oriente Antioqueño un análisis exploratorio sobre el uso de plaguicidas, que incluyó además de los sistemas productivos de hortalizas de la región, a los frutales y otros cultivos como frijol y en cuyos registros se hallaron un total de 33 ingredientes activos de fungicidas, 27 de insecticidas y 3 de herbicidas (Echeverri, 2015). En un estudio en el 2014, de muestreos vegetales para el fruto de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), realizado en plazas de mercado locales de los municipios de El Peñol, Marinilla y San Vicente, se encontró que tenían residuos de pesticidas. Para los límites máximos de residuos de plaguicidas LMR, se encontraron cuatro superaciones de la norma, una para el endosulfán alfa y tres para el endosulfán beta, que presenta un mayor riesgo. Dimethoato, carbofuran y p, p0 -DDT no tienen ningún LMR definido, pero su presencia en estas muestras, sugiere la necesidad de regulación para estos compuestos (Ramírez, Gallo, Hoyos y Peñuela, 2014).

La mayoría de los cultivos están expuestos a docenas de patógenos fúngicos y varios virus, mientras que con respecto a la afectación por enfermedades bacterianas, hay menor presencia de ellas en los mismos cultivos, pero altamente destructivas y difíciles de controlar. Las variedades de cultivos demandadas comercialmente carecen por lo general de resistencia genética a las enfermedades bacteriales y la lista de bactericidas disponibles está limitada a compuestos de cobre. En significativo número de cultivos hacen uso de antibióticos como estreptomina, oxitetraciclina, gentamicina, ácido oxolínico y kasugamicina para su control (McManus, 2014). Regiones como Europa y los Estados Unidos presentan altas restricciones al uso de antibióticos en cultivos orgánicos, debido a que el medio ambiente y el suelo en particular son ampliamente considerados como depósitos de genes de resistencia a ellos (Marti et al., 2013). En operaciones de alimentación y tratamiento animal en confinamiento, se está corriendo el riesgo de resistencia de bacterias a los antibióticos utilizados, transmitida a través del estiércol producido que es luego empleado en la fertilización de cultivos (Ji et al., 2012, citados por Zhu, Chen, Chen y Zhe, 2017).

Los agroecosistemas difieren de los ecosistemas en dos puntos cruciales, que afectan su relación; el primer punto del análisis, son las formas en que se manejan y evalúan los primeros, lo cual depende en gran medida de los valores humanos, adscritos más con la relación del uso aprovechable de los recursos, con su intangibilidad personal y social, en lugar de los valores exclusivos de ganancia individual o de mercado. El segundo factor a considerar, es el que se

deriva del impacto de la agricultura sobre el ecosistema, es la práctica de identificar por parte de los agricultores, las restricciones, los síntomas de mal funcionamiento y por ende, encontrar las prácticas de manejo correctivas. De ambos puntos, parte el entender la forma como asumir y explorar la salud y bienestar del agroecosistema, sin afectar el ecosistema y demás factores (Gallopín, 1994, citado por Yiridoe y Weersink, 1997). Cuando se rompe con los esquemas de soluciones de intervención química y sus anexos, la agroecología se constituye en la alternativa ideal para la transformación de los sistemas, gracias a las prácticas orgánicas de acumulación de materia orgánica y biota del suelo, minimizando el daño causado por plagas, enfermedades y malezas, conservando los recursos de suelo, agua y biodiversidad y promoviendo la productividad agrícola a largo plazo con productos de óptimo valor nutritivo y calidad (Uphoff, 2002; Altieri y Nicholls, 2012).

La presente investigación evaluó los factores críticos que inciden, en las decisiones de manejo de los sistemas de producción de hortalizas, en el Oriente Antioqueño por parte de los agricultores, que son permeadas más allá de la dimensión económica-productivista y enlazada conjuntamente con lo multidimensional de la sostenibilidad de tales sistemas. Los sistemas de manejo explican en gran parte, la prevalencia de enfermedades o estado de salud de las hortalizas, como forma de evaluación de su desempeño. Adicionalmente, se elaboró una propuesta de transición hacia la conversión agroecológica de los sistemas convencionales de hortalizas de la zona, como alternativa para disminuir paulatinamente la utilización de fungicidas, bactericidas y nematocidas en el control de enfermedades y prevenir la residualidad de plaguicidas.

## 1. Planteamiento del Problema

En la subregión del Oriente Antioqueño, en el cinturón hortícola ubicado en la zona del Altiplano, está ocurriendo una situación semejante a la que se vive en los viñedos de Francia. Es decir, en esta última región, mientras más agricultores han utilizado plaguicidas, por efecto de sus pares, más ganaron en experiencia de tal comportamiento y más se incrementó su uso en dicha zona. Gracias a los llamados rendimientos crecientes con variedades mejoradas importadas, esta tecnología fue la elegida y con más frecuencia para el manejo fitosanitario, por la simplicidad en su uso, pero que en consecuencia ha impedido la difusión de algunas otras tecnologías o estrategias posiblemente superiores. Esta especialización en el uso de plaguicidas contribuyó a imponer la idea de que no existen alternativas satisfactorias diferentes a la protección química (Ugaglia, 2011). El plan nacional francés Ecophyto que fue promulgado en el 2008 por el Ministerio de Agricultura y Pesca de ese país, con el objetivo de reducir en un 50% el uso de plaguicidas y previsto alcanzarlo para el año 2018, no se logrará ya, e incluso se pospuso para el 2025. Aún no es fácil lograr vencer ese paradigma, por lo que se ha planteado trabajar con redes de apoyo para demostración a nivel de fincas comerciales (Lechenet, Makowski, Py y Munier-Jolain, 2016). Igualmente, de acuerdo al diagnóstico exploratorio sobre uso y manejo de plaguicidas en la subregión del Oriente Antioqueño, llevado a cabo en los años 2013 y 2014 a través del convenio firmado entre Empresas Públicas de Medellín EPM, Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare CORNARE y 18 municipios de la subregión (Echeverri 2015), se concluye que es crítica la situación del abuso de toda clase de plaguicidas de síntesis química.

Por las investigaciones que se han llevado a cabo, con algunas excepciones, se sabe que las respuestas bioquímicas y genéticas de los artrópodos, como de las enfermedades y las malezas, fueron subestimadas y muchas de las consecuencias ambientales a corto y largo plazo del uso regular de sustancias químicas, no se anticiparon debidamente (Conway y Pretty, 1991, citados por Perrin, 1997). Cada vez existen más reportes de adquisición de resistencia por parte de los insectos a los plaguicidas, incluso en variedades mejoradas desarrolladas para la disminución de su uso (Haridas y Tenhumberg, 2018). Tanto el resurgimiento de plagas como la inducción de nuevas plagas se ha ocasionado por el uso de fungicidas, con implicaciones adicionales del uso de insecticidas en los mismos cultivos (Pertot et al., 2017). Se requiere entender que ambos, los insectos como los patógenos que se alimentan de plantas, son parte integral de los agroecosistemas, donde han coevolucionado a través de un complejo de interacciones mutuas por milenios (Donatelli et al., 2017).

En la subregión del Oriente Antioqueño, los arreglos acostumbrados de cultivos anuales con transitorios, se redujeron drásticamente desde la década de los 90s y los campos se especializaron en las siembras de pequeñas y medianas extensiones de cultivos de hortalizas, diferenciadas por la presencia de variedades mejoradas, que dominan la mayor parte de la comercialización y demandas, excluyendo las variedades nativas. Además, dichos materiales híbridos de hortalizas son cada vez más uniformes con amplia distribución a escala regional y por lo tanto favorecen el desarrollo epidémico de muchas enfermedades de las plantas (Jaramillo y Ríos, 2007).

Seminis®, la empresa más grande del mundo en semillas de hortalizas, ha estado desde la década del 90 en adelante, eliminando variedades de su portafolio, dejando para sí las de carácter híbrido que no pueden multiplicarse, creando la dependencia de compra permanente por los agricultores. Además las fusiones empresariales entre compañías semilleras, desencadenan una disminución dramática de la disponibilidad de semillas no híbridas y de variedades de hortalizas, contribuyendo a la pérdida de diversidad de material genético. Los productores corporativos de semillas prefieren desarrollar estas variedades híbridas que tienen un amplio rango de adaptación a vastas áreas geográficas, antes que desarrollar o promocionar las variedades adecuadas para climas locales o resistentes a plagas y enfermedades locales (RAFI, 2000). La declaración de Bali en el año 2011, señalaba que la industria multinacional se ha apropiado de las semillas nativas para manipularlas y marcarlas con sus títulos de propiedad y obligado a los pueblos campesinos del mundo a comprar cada año sus semillas privatizadas en lugar de guardar y seleccionar sus propias semillas. Sus métodos incluyen, patentes o certificados de obtención vegetal que son impuestos a través de tratados internacionales y leyes nacionales (La Vía Campesina, 2011).

Ante tal desestímulo por una agricultura netamente local o con manejo sin presiones de toda índole, el diagnóstico exploratorio realizado por CORNARE y EPM sobre uso y manejo de plaguicidas en la región del Oriente Antioqueño, reveló que los plaguicidas más utilizados en los sistemas de producción, pertenecen a una gran variedad de grupos químicos como los siguientes: Organofosforado, Carbamato, Piretroide, Ditiocarbamato, Triazol, Benzonitrilo, Cúprico, Azufrado, Benzimidazol, Spinosoide, Nitroguanidina, Bipiridilo, Pirrol, Glicinas, Fosfónico, Morfolina, Alcoil fosfanato y Mandelamida (Echeverri, 2015).

El gran cinturón de la producción de hortalizas en la zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño, se destaca entonces por el manejo convencional de problemas fitosanitarios, con

alta aplicación de plaguicidas de todo tipo, como enfoque primario que posee las únicas respuestas para el grueso de los agricultores. Una de las causas críticas de tal forma de actuación es la falta de adecuada orientación y seguimiento por parte de las entidades del sector, en la motivación e implementación de programas alternativos que apunten a dar los primeros pasos de cambio. Entre ellas están: el manejo integrado de plagas y enfermedades MIPE, las buenas prácticas agrícolas BPA, las Globalgap, las buenas prácticas de manufactura BPM y políticas de producción más limpia PML, y además conocimiento sobre normas como análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), límites máximos de residuos (LMRs), el reglamento CEE 2092/91 y la resolución 187 de 2006 del MADR (SADRA, 2016).

En el análisis de la selección de los problemas más críticos entre los de tipo fitosanitario, los agricultores de ambos grupos, ecológicos y convencionales, enfatizaron en el control de las enfermedades, ya que para los insectos, expresan que existen más alternativas. Es por ello, que se destacó en el análisis de los sistemas de producción convencionales estudiados en esta investigación, el uso de 46 ingredientes activos diferentes, de los cuales 18 fueron fungicidas, que se acostumbran mezclar (Anexo 5). Y a pesar del desarrollo de tales productos para las hortalizas y su promoción por las casas de agroquímicos, las enfermedades se constituyen en una dificultad recurrente que afecta la calidad y los rendimientos de los cultivos.

En general, dichos sistemas de producción convencional de hortalizas están afectados en su sostenibilidad y por ende en su salud, por una amplia interrelación de factores críticos, que superan lo meramente técnico-económico, factores que interactúan en y con las decisiones de los agricultores y en el desempeño (trayectorias de ruta) de los sistemas de manejo y explican su estancamiento (encierros, paradigmas), progreso, re-direccionamiento y transiciones. La estimación pretendida de la prevalencia de las enfermedades en los sistemas productivos de hortalizas en la región de estudio, es un fiel reflejo de todo ello.

Un enfoque explicativo para generar las respuestas y planteamientos frente a las perturbaciones, problemas y cambios que destacan el desempeño de los agroecosistemas familiares con sus múltiples interacciones entre los factores críticos que afectan su salud o sostenibilidad, Darnhofer Lamine, Strauss y Navarrete, (2016), lo denominan perspectiva relacional.

Un ejemplo claro de la necesidad del enfoque relacional, en un trabajo como estos, entre factores para entender las dinámicas socio-ecológicas en los sistemas de producción de hortalizas, que ayuden a explicar el uso excesivo de plaguicidas y el círculo vicioso de frecuencias de aplicación y sobredosificaciones de productos, se centraría en la forma como en los sistemas

convencionales se hace manejo del suelo como de la biodiversidad y que en consecuencia afectan las respuestas del sistema al ataque de enfermedades. El relacionamiento entre prevalencia de enfermedades, uso continuo de agroquímicos y manejo del suelo y biodiversidad conjuntamente, en sistemas de producción de hortalizas, es prácticamente la primera aproximación en la zona de estudio.

De acuerdo con el sistema taxonómico Americano, los Andisoles son el orden de suelos predominantes en la zona de estudio. Esta categoría incluye los suelos con propiedades ándicas, desarrollados a partir de cenizas volcánicas con densidad aparente menor de  $0.90 \text{ g cm}^{-3}$ , retención de fósforo de 85% o más, contenido de hierro y aluminio igual a 2% o más. De acuerdo con los valores del pH de los suelos analizados en el paisaje de montaña, los de la zona corresponden a la clase con pH inferiores a 5.5 pero superiores a 4.6. Predominan los ambientes húmedos a muy húmedos, la acidez es ácida a muy fuertemente ácida, debido al lavado de las bases por las altas precipitaciones y al predominio en el complejo de cambio del aluminio intercambiable, que a través de procesos químicos acidifica el medio edáfico (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2007).

Los contenidos de bases intercambiables son generalmente bajos, las saturaciones son inferiores al 50%, por lo que se consideran distróficos, lo cual significa de débil fertilidad y actividad biológica retrasada. En estos pisos climáticos húmedos, también se encuentran indistintamente en los diferentes tipos de relieve, suelos con valores de bases totales con niveles medios, a veces altos. La secuencia iónica predominante es  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ , e igualmente la relación  $\text{Ca}/\text{Mg}$  se mantiene. El fósforo disponible es inferior a 10 ppm. Esta particularidad se debe por un lado, a la pobreza del material parental en dicho elemento, y por otro, a la alta fijación de los compuestos fosfatados que caracteriza a los materiales no cristalinos de los Andisoles (IGAC, 2007).

La forma como se asume el manejo de los suelos en sistemas de producción convencionales de hortalizas en la región, inicia por la descripción anterior dada por los estudios del IGAC, donde el pH es muy bajo así como lo es el P, que no existen adecuados niveles de bases intercambiables y que la actividad biológica es muy baja, por lo que las recomendaciones se circunscriben a las aplicaciones elevadas de enmiendas inorgánicas como la cal y orgánicas como la gallinaza, acompañadas de altas dosis de fertilizantes sintéticos a base de N, P y K. El fin que se persigue, es elevar el pH a valores por encima de 6.0, como los contenidos de los macroelementos y los niveles de Ca y Mg. Pero se ignora o pasa por alto las afectaciones a los microelementos, las relaciones entre los nutrientes, las posibles contaminaciones por metales pesados, la

desagregación del suelo y los desbalances, que exponen los cultivos a mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Adicionalmente hay que considerar que los híbridos de hortalizas usados en la zona de estudio, son en su gran mayoría importados de zonas de producción mediterránea, bajo condiciones agroclimáticas y enfoques técnicos muy diferentes a las del trópico frío colombiano. Que han sido probados para dar resultados a nivel de invernaderos sofisticados con condiciones controladas y si se trabaja a nivel de campo abierto, es bajo regímenes nutricionales y de protección sanitaria y fitosanitaria, específicos. Luego son probados en centros de investigación colombianos, cercanos a las zonas productivas, con recursos financiados por las empresas de semillas como de los propios centros, buscando cuales dan “resultados favorables” e iniciar su disseminación y promoción en las regiones. Dichos materiales son de hecho ampliamente exigentes en dependencia de toda una serie de insumos externos desarrollados para ello y los agricultores son orientados para que el sistema de manejo permita en lo posible responder a estas exigencias, artificializando los suelos y el ambiente. La misma preparación del terreno de siembra es realizada con maquinaria pesada que afecta la estructura del suelo y las condiciones de agregación e infiltración y las relaciones biológicas subyacentes.

El manejo adecuado de la nutrición de cultivos como el mantenimiento de la biodiversidad, debe garantizar el abastecimiento de alimentos sin causar impactos ambientales inaceptables (Powlson et al., 2011). El suelo regula la mayoría de los procesos del ecosistema y agroecosistemas y es el hogar de una gran proporción de la biodiversidad de la tierra, brinda la base física para numerosas actividades humanas. Por lo que las prácticas agrícolas intensivas desgastan la biomasa del suelo, su biota y el carbono y aumentan la compactación del suelo, lo acidifican, erosionan y salinizan (Pereira, Bogunovic, Muñoz-Rojas y Brevik, 2018).

Diferencias en ese sentido, se expresan cuando existe un adecuado manejo del suelo, donde los grupos funcionales de organismos cumplen o contribuyen a un amplio rango de procesos, en redundancia favorable para los sistemas, entre ellos, la descomposición de la materia orgánica como la transformación asociada de los diferentes nutrientes y las contribuciones biológicas a la estabilidad del suelo y su descontaminación. Así mismo, también existen grupos limitados de organismos que cumplen las funciones necesarias para las interacciones antagonistas con patógenos y plagas vegetales, que son procesos con mucho menos resiliencia o control, fácilmente susceptibles al mal manejo (Powlson et al., 2011). Un ejemplo claro para evaluar la salud y el ciclaje de nutrientes del suelo, es conocer la abundancia y diversidad de nematodos,

ya que son indicadores de la conectividad, complejidad y funcionamiento presente de los organismos del suelo (Sánchez-Moreno y Ferris, 2007).

Hoy en día, la investigación fitopatológica reconoce la prevención de enfermedades sustentada en el largo tiempo, a través del uso de estrategias integradas, evitando al máximo el uso de plaguicidas. Es más probable el funcionamiento de tales métodos alternativos en conjunto, si se anticipa el impacto del cambio climático en los diferentes sistemas de relación plantas hospederas/patógenos. Para comprender y cuantificar estos efectos, es necesario un enfoque homogéneo e integrador de la dinámica de las enfermedades de los cultivos, que identifique cuándo las interacciones planta-clima-patógeno conducen al desarrollo de patosistemas a escala local o regional (Papastamati y Van den Bosch, 2006, citados por Caubel, Launay, Lannou y Brisson, 2012). Otros autores como Janvier et al., (2007), realizan énfasis en la capacidad de los suelos para suprimir patógenos, muy ligado al manejo de los suelos.

En Colombia las propuestas de producción de hortalizas con un enfoque agroecológico en el manejo de enfermedades de los cultivos, son escasas. La propuesta de conversión de dichos sistemas convencionales a agroecológicos, tiene como objetivo el manejo de las enfermedades de los cultivos, reflejado en la no prevalencia significativa, gracias al manejo sostenible del suelo, fundamentado en la adecuada nutrición de cultivos y a la diversidad aumentada tanto intraespecífica como interespecífica; brindando así productos inocuos para las familias de productores como para los consumidores.

## **2. Objetivo General**

Evaluar la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de pequeños agricultores de hortalizas para el diseño de un modelo de conversión agroecológica en el Oriente Antioqueño.

## **3. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar los elementos críticos de valoración de la sostenibilidad en sistemas productivos de hortalizas en la zona del altiplano de la subregión del oriente antioqueño.
2. Analizar las interacciones entre el clima, complejos de patógenos, diseño y manejo del sistema productivo, que explican el comportamiento de las enfermedades asociadas a las hortalizas.
3. Elaborar una propuesta participativa de diseño de un modelo de transición del sistema de producción convencional de hortalizas hacia sistemas agroecológicos en el Oriente Antioqueño

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Sistemas y agroecosistemas**

Un ecosistema puede ser definido como un sistema funcional de relaciones complementarias entre los factores bióticos y abióticos, delimitado por criterios arbitrarios, los cuales en las variables de espacio y tiempo, parecen mantener un equilibrio dinámico (Gliessman, 1998).

Los agroecosistemas, como interfaces de la sociedad humana y del ecosistema natural, centrados en el ser humano y de naturaleza compleja, se definen como sistemas ecológicos y socioeconómicos, integrados por comunidades de plantas y/o animales que interactúan con sus entornos físicos y químicos, los que han sido modificados por las personas para producir alimentos, fibras, u otros productos agrícolas para el consumo humano y el procesamiento. A medida que se enfatiza reiteradamente la importancia de la evaluación de los agroecosistemas como sistemas holísticos, la salud de los mismos se ha convertido en un campo de investigación de primera necesidad (Zhu, Wang y Caldwell, 2012). La complejidad se circunscribe a los diferentes niveles jerárquicos en los que se puede analizar los sistemas agrícolas, la heterogeneidad se refiere a la variabilidad registrada dentro de cada nivel jerárquico considerado. Cuando se trata de la valoración orientada a la sostenibilidad de los agroecosistemas, es esencial evaluar descripciones multicriterio y de múltiples escalas y encontrar la forma de unirlos (Ottaviani, Ji y Pastore, 2003).

El agroecosistema es una unidad como tal, que incluye los suelos, los cultivos y sus afectaciones, entre ellas las malezas, las plagas y las enfermedades y es a su vez como un subsistema de la finca. Si el estudio de ecosistemas por definición, requiere un enfoque de sistemas; lo mismo sucede para el estudio de agroecosistemas (Hart, 1985).

### **4.2. Sostenibilidad de los sistemas de producción**

La sostenibilidad se concibe de manera dinámica, multidimensional y adscrita a un determinado contexto socio-ambiental y limitada a espacio y tiempo. Sin embargo, los sistemas de manejo sustentables son aquellos que en sí mismos, no son estables, por lo que deben ser productivos, autorregulados y transformativos, sin perder su funcionalidad. Para calificarlos en sus dotaciones, pueden ser analizados mediante un conjunto de atributos o propiedades sistémicas fundamentales, como son: productividad, resiliencia, confiabilidad, estabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad (Astier, Masera y Galvan-Miyoshi, 2008). El proceso de evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de manejo de producción, parte inicialmente de su caracterización,

para seguidamente a partir de criterios de diagnóstico de los atributos de la sostenibilidad, identificar dimensionalmente los aspectos económicos, técnicos, ambientales y sociales y sus interacciones que los afectan en su mejor desempeño (Astier et al., 2008). Es fundamental para ello, la construcción de indicadores para la identificación de los puntos críticos de las diferentes dimensiones. La sostenibilidad es un proceso no estable, en construcción constante. La secuencia de caracterización de la sustentabilidad de los sistemas de manejo, podrían enmarcarse en categorías de análisis, descriptores e indicadores, de acuerdo a los objetivos trazados y a los atributos adoptados en la definición de sostenibilidad (Sarandón y Flores, 2009).

No se trata de una evaluación tradicional de impactos ambientales para acercarse a la calificación de la sostenibilidad, sino que las aplicaciones del sistema de evaluación propuesto, son en sí mismas, procesos para explorar soluciones sostenibles a problemas persistentes detectados y que pueden abordarse luego de su análisis, como políticas a seguir (Pope, Bond, Hugé y Morrison-Saunders, 2017). Los estudios han demostrado que la comprensión teórica del concepto de la sostenibilidad ha evolucionado desde una concepción estática a la de un objetivo dinámico y en movimiento que responde a la comprensión cada vez mayor de las interdependencias entre los sistemas sociales y ecológicos (Ceschin y Gaziulusoy, 2016). De esta forma, la sostenibilidad debe ser planeada a través de enfoques sistémicos, multiescala, basada en procesos, no en enfoques de optimización basados en metas, que permita los cambios transformativos en lo organizacional, socio-cultural como tecnológico (Gaziulusoy y Brezet, 2015). Ello conlleva a que la mayoría de los autores propongan al menos tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la socio-cultural. En ese sentido, se deberá desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos (Sarandón y Flores, 2009).

La contribución de los sistemas de evaluación al cumplimiento de los objetivos de la sostenibilidad, debe centrarse en la integridad del sistema socio-ecológico en análisis, apoyada en las demandas de mejoras para enfrentar el desafío de proporcionar medios de vida decentes para todos sin afectar el planeta, se trata de una mayor sostenibilidad comunitaria y ecológica. Muchas consideraciones clave serán específicas del contexto y con relación a las particularidades de los ecosistemas locales, las capacidades institucionales y las preferencias públicas (Gibson, 2006). Además de la formación social y el momento histórico, así mismo, la contribución al análisis debe apoyarse en parámetros como lo propone la economía ecológica, en la equidad intrageneracional como intergeneracional y el mantenimiento y la eficiencia de los recursos (Pope et al., 2017; Quintero y González, 2018).

### **4.3. La gestión actual de los sistemas productivos**

Variadas investigaciones ecológicas indican que las comunidades naturales son más productivas que los sistemas simples, al igual que otros estudios agrícolas han demostrado que los sistemas de agricultura complejos y multidiversos, son más estables en la producción y más sostenibles en términos de conservación de recursos que los agroecosistemas simplificados (Vandermeer, Noordwijk, Anderson, Ong y Perfecto, 1998). La agricultura enfocada en altos rendimientos para la producción de alimentos, sea de carácter intensivo o extensivo, unida a una gestión inadecuada de los agroecosistemas, ha causado serios problemas como erosión de suelos, contaminación y sobreexplotación de las corrientes de agua y pérdida de la diversidad biológica y aumento de la resistencia de malezas, enfermedades e insectos plaga (Tilman, Balzer, Hill y Befort, 2011; Lanz, Dietz y Swanson, 2018).

Por eso, es fácilmente observable como a nivel de finca en la mayoría de los sistemas agrícolas de poca diversificación, no existe un ensamblaje estructurado de componentes, que posea vínculos complementarios, sea entre las propias variedades de cultivo con los suelos o animales que pudieran estar presentes. De esta forma, los ciclos de nutrientes, energía, agua y desechos se han vuelto más abiertos. A pesar también de la gran cantidad de residuos de cultivos y estiércol producidos en las fincas, cada vez es más complicada la gestión de reciclar los nutrientes. De esta forma, en muchas áreas, los desechos agrícolas se han convertido en un lastre en lugar de un recurso para aprovechar (Altieri y Nicholls, 2005).

Gran parte de la inestabilidad y la susceptibilidad de los agroecosistemas a los insectos y las enfermedades, está vinculada a la adopción de explotaciones poco diversas o mal administradas, que permite la concentración de recursos para herbívoros y microorganismos patógenos especializados y aumenta las áreas disponibles para la inmigración de nuevas plagas. Así mismo, cuando los cultivos especializados se expanden más allá de sus regiones favorables, a áreas de alto potencial de patógenos, con agua limitada y suelos de baja fertilidad, teniendo que recurrir a controles químicos intensificados. En consecuencia, los brotes de plagas frecuentemente ocurren y crecen por la ausencia de insectos y microorganismos controladores, sumado a un clima favorable y a etapas de cultivos vulnerables (Altieri y Nicholls, 2005; Uphoff, 2002).

La horticultura de muchos países en América Latina siguió tal tendencia, la evidencia de una mayor utilización de plaguicidas en el tiempo, es amplia en áreas a campo abierto y con un caso aún más especial en las áreas crecientes en la modalidad de producción bajo invernadero, con la consiguiente aparición de resistencias en ambos casos (Souza, 2009).

#### 4.4. Manejo recurrente de enfermedades en los sistemas de producción de hortalizas

Entre las prácticas comunes a la intensificación de la agricultura que favorecen la enfermedad de las plantas, pueden mencionarse:

a. La teoría sostenida del mantenimiento de altos rendimientos, a través de la aplicación de agroquímicos (fertilizantes nitrogenados y pesticidas), que condujo a un declive ampliamente evidente tanto en la calidad como en la multifuncionalidad del suelo, que afectó la integridad ecológica y sus servicios y generó consecuencias graves como la resistencia de patógenos (Srivastava, Singh, Tripathi y Raghubanshi, 2016). b. El enfoque de manejo de plagas y enfermedades causa recurrencia de ellas, al adquirir resistencia, debido a considerar la agricultura como tecnología meramente, dejando de lado lo cultural y ambiental, al olvidar que la contextualización no se puede supeditar a una sola mirada, por desconocer que las plagas hacen parte integral del sistema y son microorganismos asociados con las plantas cultivadas (Vázquez 2010). c. Ampliación de la frontera agrícola para nuevas áreas de predios cultivados (en el tiempo y el espacio), que origina aumento en la densidad de los cultivos hospedantes y disminución de la diversidad de cultivos; con patrones de corta rotación y de monocultivo con alto uso de fertilizantes, irrigación y otras modificaciones ambientales del cultivo (Mónaco, 2014).

d. Los rendimientos en decrecimiento de las variedades mejoradas en sistemas convencionales a pesar del uso intensivo de insumos, explica que el potencial de la base genética de tales materiales ha llegado a su máximo, como consecuencia de la misma erosión constante de la base productiva a través de prácticas insostenibles, que no les permite afrontar la capacidad de los microorganismos para evolucionar y afectarlos más fuertemente, por falta de dotación de mecanismos amplios de defensa genética por un lado y ecológica por el otro (Altieri y Nicholls, 2005). Se ha desaprovechado el potencial de desplegar la diversidad intraespecífica, su fuente primaria de germoplasma resistente nuevo a través de variedades de cultivos tradicionales, ya sea en mezclas o líneas múltiples, para reducir el daño causado por plagas y enfermedades (Mulumba et al., 2012).

En este orden de ideas, para estas variedades mejoradas, los patógenos transmisores de enfermedades desde el suelo, son particularmente difíciles de controlar con técnicas alternativas, debido a las formas resistentes que persisten en el suelo durante muchos años (esclerocios, esporas resistentes, huevos). En los sistemas de hortalizas de varias regiones del mundo, incluido los de cultivos protegidos, gran parte de los problemas provienen de los nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.), como de las especies de hongos. Y a pesar de los nematicidas

para el control de los primeros, las pérdidas económicas son considerables y adicional que la mayoría de ellos están prohibidos, 17 de los 26 listados en la base de datos de la Unión Europea UE 2013 (Wesemael, Viaene y Moens, 2011; Collange et al., 2014). Las pérdidas por nematodos se estiman en un 10% a 30% para hortalizas, dependiendo de la especie y sistema de producción (Collange, Navarrete, Peyre, Mateille y Tchamitchian, 2011).

Las rotaciones de cultivos en hortalizas, que pueden ayudar a controlar a los nematodos formadores de agallas y otras enfermedades transmitidas desde el suelo, son limitadas. Casi ninguna resistencia genética contra nematodos existe en hortalizas, excepto el gen Mi en tomate y el gen Me en pimienta (Sikora y Fernández, 2005).

Normalmente para evitar daños en los cultivos causados por enfermedades, además de los plaguicidas, se han desarrollado estrategias que incluyen el uso de material de propagación vigilado, como medidas de saneamiento (eliminación de fuentes de inóculo o plantas infectadas), técnicas de evasión, rotación de cultivos, manejo del suelo, nutrición de plantas, y variedades resistentes (Tamm et al., 2011).

Por otra parte, el cultivo de la lechuga está sujeto al ataque de variadas plagas, haciendo que el productor normalmente acuda al control químico que puede acumularse como residuos en las hojas y comprometer la salud del consumidor. Cerca de 75 enfermedades transmisibles se han reportado en lechuga en el mundo, la mayoría de ellas son provocadas por virus, pero el cultivo puede presentar trastornos fisiológicos no transmisibles, generalmente asociados al manejo de la nutrición de la planta, el mal manejo del agua y un clima adverso (Lopes, Guezado-Duval y Reis, 2010).

#### **4.5. El factor salud en el agroecosistema**

De acuerdo a la discusión de las variables o puntos críticos en el análisis de evaluación de los agroecosistemas de interés, en especial en cuanto a sus características de permanencia, respuestas y prevalencia en el tiempo y en el espacio, teniendo presente, limitaciones y factores de estrés, se aproxima la comprensión e integralidad del propio bienestar o salud del agroecosistema. Según Zhu et al. (2012), pocos estudios intentan vincular la salud de los agroecosistemas con estrategias adecuadas de su manejo, ellas se convierten en el factor clave a considerar en su desarrollo sostenible. Dicho manejo de la participación activa del ser humano, debe velar por la vitalidad, la estabilidad y la productividad de tales agroecosistemas.

Gliessman y Rosemeyer (2010), refieren que los estudios de conversión del agroecosistema, permiten comprender los factores que limitan el rendimiento en el contexto de la dinámica integral entre estructura y función que lo conforman. Los problemas se reconocen y podrían evitarse mediante el diseño interno del lugar y el tiempo y los enfoques de gestión. Y el paso a un nivel superior de conversión, está en relación directa con las actuales y nuevas generaciones, cimentado en la preocupación por alcanzar la salud ambiental y gente saludable.

En general, las enfermedades como subsistema, se han controlado desde hace varias décadas con altas dosis y frecuencias de aplicación de pesticidas sintéticos, eliminando así mismo, una gran cantidad de especies fúngicas, la mayoría de ellas saprófitas. Esta eliminación provoca un “vacío biológico” y, por ende, un riesgo de reinvasión por parte de los patógenos ante la pérdida del efecto amortiguador que le opone la flora saprobial. La enfermedad debe ser vista como un componente o elemento más dentro de un agroecosistema, que puede ser adecuadamente manejado para restablecer el equilibrio, sin pretender eliminar los agentes patógenos, o incidir por error sobre la alta variabilidad genética (Mónaco, 2014).

La salud del subsistema de cultivos no ha sido considerada en la definición clásica de la calidad del subsistema suelo, así este recurso esté habitado por patógenos que son potencialmente dañinos y que son transmitidos a los cultivos. Por lo tanto, esta falla en la definición de la calidad del suelo fue direccionada por el concepto de la salud del suelo, responsable de la salud de los cultivos. A pesar de ello, el componente fitopatológico de los suelos aún se subestima en las mediciones de la salud del suelo. En dichos términos, el suelo se considera un recurso vivo, dinámico y finito (Janvier et al., 2007).

Es muy dado el caso de infecciones simultáneas en hortalizas, a partir de múltiples patógenos del suelo, que da como resultado complejos de enfermedades que causan daños a los cultivos. Normalmente estas enfermedades son difíciles de diagnosticar, además de que el ambiente del suelo es complejo, convirtiéndose en un desafío para entender todos los aspectos relacionados con las enfermedades (Koike, Gladders y Paulus, 2006).

Sería oportuno la rotación con cultivos que tienen diferentes demandas nutricionales como problemas fitosanitarios para el sostenimiento del agroecosistema, como se ha evidenciado su uso desde la antigüedad, pero hoy en día, debido a la intensificación de la agricultura y al auge de la respuesta de los plaguicidas, dicha práctica ha decaído. Igualmente es una buena estrategia distanciar en tiempos en las rotaciones, cultivos con susceptibilidad semejante y para el efecto con cultivares no hospederos o pobremente hospederos (Perry y Moens, 2006).

El inconveniente con el uso de variedades resistentes a nematodos, desarrolladas para sistemas intensivos de hortalizas, es su especificidad, que en la práctica agrícola se desempeñan como fuertes seleccionadoras de razas de patógenos resistentes, que pueden tomar la forma de especies de nematodos relacionadas, o de mutantes virulentos de la misma especie, como es el caso de *Meloidogyne incógnita* virulenta. Además, es probable que una variedad resistente a este tipo de nematodos, por estar basada en la virulencia de genes de resistencia específicos, sea susceptible a la mayoría y frecuencia poblacional de los otros géneros de nematodos fitopatógenos, lo que limita el empleo de dichos materiales (Perry y Moens, 2006).

Diferentes estudios sugieren que el tipo de suelo y su manejo, es un determinante clave para la actividad y la estructura de la comunidad microbiana del suelo. También se ha demostrado que las enmiendas de material orgánico aplicadas al suelo, afectan las poblaciones microbianas y la supresión de enfermedades del suelo promoviendo microorganismos nativos beneficiosos y/o introduciendo nuevos microorganismos. Además, los experimentos de largo plazo han demostrado que los sistemas de producción orgánica que utilizan enmiendas orgánicas regularmente, tienen una mayor actividad y diversidad de biomasa microbiana en el suelo en comparación con los sistemas de cultivo convencionales (Tamm *et al.*, 2011).

#### **4.5.1. La salud de los suelos para la salud de los cultivos.**

Altieri y Nicholls (2003), propusieron un marco agroecológico para lograr la salud de los cultivos a través de la diversificación de los agroecosistemas y la mejora de la calidad del suelo, como pilares claves de la salud del agroecosistema (Zhu *et al.*, 2012).

El manejo del suelo determina la salud del mismo y por ende la salud de los cultivos, e inicia desde el tipo de labranza, la cual es repetitiva en los sistemas de ciclo corto como las hortalizas de carácter convencional, caracterizada por la siembra intensiva de pocos cultivos, que altera la estructura física del suelo y por ende el manejo de los residuos, determinantes de la actividad biótica del suelo y la diversidad de especies. Por ello la importancia de sistemas de labranza reducida con aprovechamiento de cultivos de leguminosas en la rotación y la aplicación de estiércol animal (Willekens, Vandecasteele, Buchan y De Neve, 2014). En los agroecosistemas intensivos, las redes comunitarias de los suelos se reducen fuertemente por causa de las prácticas agrícolas que modulan la estructura, la cantidad y calidad del hábitat y ubicación de los recursos para los organismos del suelo (Coudrain *et al.*, 2016). Hoy en día, las discusiones de política de alimentos a nivel mundial, se enfocan cada vez más en la salud del suelo, como una medida holística de la propia productividad, la resiliencia y la sostenibilidad (Stevens, 2018).

Los microorganismos como componentes clave del suelo, controlan el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas, proporcionan nutrientes al mineralizar la materia orgánica, responden por la acumulación de carbono orgánico del suelo, contribuyen a la estabilidad estructural de los agregados y crean condiciones para evitar la afectación por patógenos del suelo para beneficio de los cultivos (Bonanomi et al., 2016). A pesar de los vínculos potenciales entre la fertilidad del suelo y la protección de los cultivos, la evolución del manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y el manejo integrado de la fertilidad del suelo (MIFS), han recorrido caminos diferentes. La integridad y por ende la salud del agroecosistema yace en las sinergias establecidas entre la diversidad de las plantas y la función continua de la comunidad microbiana del suelo (Altieri y Nicholls, 2003). El reconocer el hecho que el suelo es un sistema biológico y que su manejo en consecuencia sea apropiado, los microorganismos podrán mejorar la salud humana al incidir sobre la producción y por ende la salud de los cultivos, lo que reducirá la inversión en insumos externos y mantendrá o mejorará los rendimientos de los cultivos (Brevik, Pereg, Steffan y Burgess, 2018).

Numerosas investigaciones han demostrado una incidencia menor de enfermedades en diferentes cultivos después de suplementar nutricionalmente los suelos con antagonistas de hongos o bacterias. Uno de esos procesos para el control biológico de enfermedades transmitidas por patógenos, es el compostaje (Ahmed, 2011; Akrami et al., 2011; citados por Mehta, Palni, Franke-Whittle y Sharma, 2014; Pergola et al., 2018). Frente al abuso y consecuencias negativas de la fertilización química, en especial a base de N, el uso de inoculantes microbianos o biofertilizantes enriquecidos con especies de *Trichoderma*, actúan como biopesticidas y son considerados a su vez como promotores del crecimiento vegetal (Khan, Haque, Molla, Rahman y Alam, 2017).

Cuando se utilizan sistemas de labranza cero, es particularmente esencial dejar residuos en la superficie en lugar de eliminarlos, ya que la combinación de dicha labranza con eliminación de residuos o quemados de rastrojos, puede tener a largo plazo, un efecto negativo aún mayor en la calidad del suelo que las prácticas de la labranza convencional con arados pesados que entierran los residuos y compactan el suelo, reduciendo la infiltración del agua. La labranza de conservación tiene así en cuenta el agua, el suelo y recursos circundantes (Baudron, Tittonell, Corbeels, Letourmy y Giller, 2012; Turmel, Speratti, Baudron, Verhulst y Govaerts, 2015). Fue confirmado que las prácticas agrícolas que incluyen la eliminación de residuos para forraje o pastoreo del ganado después de la cosecha, provocaron erosión y una baja productividad del

suelo. Esto se explica por la mayor estabilidad del agregado y el efecto de acolchado del rastrojo en pie de nivel de siembra (Turmel et al., 2015).

El bajo nivel de nutrientes, la poca capacidad de retención de agua, la compactación del suelo, la susceptibilidad a la erosión y el daño causado por enfermedades, nematodos o insectos, no son coincidencias aisladas, las mismas se constituyen en evidencias palpables de un problema subyacente más profundo, ya que son síntomas de un suelo degradado y de mala calidad, con un manejo inadecuado (Magdoff y Van Es, 2009).

El Manejo Ecológico de Plagas MEP como alternativa al manejo con plaguicidas, considera que la planificación del hábitat del suelo, son estrategias igualmente importantes, pues al fomentar interacciones ecológicas positivas entre suelo y plagas (malezas, insectos y enfermedades), se puede diseñar una manera robusta y sostenible de optimizar la función total del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2003).

#### **4.5.2. La biodiversidad de los agroecosistemas para la salud de los cultivos.**

La reducción de la biodiversidad como consecuencia del modelo convencional predominante de la agricultura, es particularmente evidente en el manejo de las enfermedades, puesto que las capacidades de autorregulación inherentes a las comunidades naturales y de la biodiversidad en general, se pierden cuando el hombre las modifica, destruyendo el equilibrio de sus interacciones a través de la presión con los plaguicidas y demás prácticas agronómicas de la agricultura moderna (Mónaco, 2014; He, Zhan y Xie, 2016). Esto puede ser reparado mediante el restablecimiento de los elementos de equilibrio de la comunidad a través de la promoción de niveles adecuados de biodiversidad funcional (Mónaco, 2014).

Acorde con Vázquez (2010), en los sistemas de cultivos complejos se alcanzan diferentes efectos fitosanitarios relevantes y favorables como son: a. La reducción en la concentración de hospedantes gracias a la integración de dos o más cultivos diversos, que no son atacados indiscriminadamente, puesto que a las plagas selectivas se les dificulta la colonización al no poderse reproducir fácilmente. b. El incremento en la biodiversidad funcional, donde los enemigos naturales encuentran mayor alimento y refugio, para atacar a sus presas, que son las plagas que se quieren evitar. Para su accionar, dicha biodiversidad debe ser adecuadamente diseñada para actuar sobre la biodiversidad nociva y medible a través de indicadores específicos de las características de los sistemas de producción en estudio (Vázquez y Matienzo, 2010), y c. Y por

supuesto, la reducción de intervenciones fitosanitarias como efecto de la mayor diversidad, no requiriéndose la aplicación de plaguicidas.

De otra parte, Lin et al., 2017, enfatizan que la presión del manejo agrícola sobre la biodiversidad y los hábitats, puede ser medida a través de la medición de la energía fósil invertida en los sistemas de producción (fertilizantes y plaguicidas), al relevar la menor presencia de biodiversidad por el mayor consumo o gasto energético, constituyéndose dicha medición en herramienta para la clasificación de los sistemas agrícolas como sostenibles o no.

El tratamiento referente de la agricultura como una industria orientada a productos, subestima la importancia de las conexiones complejas, difusas y dinámicas, es decir, afecta de manera perjudicial y variable, el conjunto de condiciones y factores constitutivos de las dimensiones biológicas, socioeconómicas y ecológicas de los agroecosistemas (Srivastava et al., 2016). Dos de los efectos más graves de la Revolución Verde ha sido el gran impacto en los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos de la Tierra, que han causado una cascada de efectos que contribuyen al cambio climático, la degradación de los ecosistemas acuáticos y los problemas de salud humana (Bommarco, Vico y Hallin, 2018). En condiciones normales, la biodiversidad funcional se integra a la eficiencia del agroecosistema en la utilización de recursos y el ciclo de nutrientes de forma sostenible (Tilman et al., 1997). El uso excesivo de los plaguicidas en los monocultivos, tiene un valor limitado y efectos nocivos en el medio ambiente que van desde afectaciones en la estructura genética de los seres vivos hasta la reducción de la biodiversidad y resistencia en las plagas que se quieren controlar (Ghimire y Woodward, 2013).

#### **4.6. Conversión agroecológica**

La conversión de las formas de producción de alimentos, se define, se aplica y permanece, a través del razonamiento metodológico y epistemológico ofrecido por la Agroecología, donde el enfoque integral y holístico que la enmarca es la sostenibilidad, la cual equilibra el bienestar ambiental, la equidad social y la viabilidad económica entre todos los sectores de la sociedad, incluyendo a las comunidades en todo el mundo y a través de las generaciones. La Agroecología nos proporciona herramientas para determinar cuál es el estatus actual de sostenibilidad de un ecosistema agrícola o agroecosistema y cómo hacer la conversión de producción de alimentos y fibras hacia la sostenibilidad y cómo mantener un nuevo estatus (Gliessman et al., 2007).

El proceso de conversión de sistemas convencionales es de carácter transicional y se compone de tres fases (Gliessman, 1998; citado por Altieri y Nicholls, 2007):

Fase 1. Eliminación progresiva de agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas y suelos, etc.

Fase 2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos. Gliessman y Rosemeyer (2010), en esta fase sugieren, que las prácticas e insumos convencionales deben ser reemplazados por insumos y prácticas más apropiados. Empieza la combinación de diferentes prácticas alternativas y mientras más se integren y se complementen, mucho mejor.

Fase 3. Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos o sustitutos. Se refiere a alcanzar la autosuficiencia con respecto a la demanda de insumos externos y sustitutos comerciales, mediante el diseño de arreglos diversificados de producción agrícola y pecuaria.

Gliessman y Rosemeyer (2010), agregan una fase 4, referida al restablecimiento de la cultura de la sostenibilidad que toma en consideración las interacciones entre todos los componentes del sistema alimentario.

El proceso de conversión de sistemas productivos hacia sistemas sostenibles, fundamentado en indicadores de sostenibilidad como la diversificación del hábitat (rediseño del sistema) y el manejo orgánico del suelo, requiere de diseños espaciales y temporales que promuevan sinergias entre los componentes de la biodiversidad, a fin de contribuir al logro de servicios ecológicos claves como la regulación biótica, el reciclaje de nutrientes y el control biológico de plagas, etc. (Altieri, 2002; Altieri y Nicholls, 2005). El entendimiento superior y el adecuado manejo por ejemplo de la función del suelo en un servicio, implica identificar a los beneficiarios, el tipo de utilización realizada, y la localización espacio-temporal del uso (Pérez y Marasas, 2013).

#### **4.7. El componente participativo en el proceso de conversión agroecológica**

La investigación sociológica sobre los procesos de la transición de los agroecosistemas hacia prácticas más ecológicas, ha revelado que las fuerzas de carácter social y motivaciones relacionales entre los actores, son los impulsores en dicho preámbulo y un ejemplo de ello, es la agricultura orgánica (Lamine, 2011). Otros autores señalan las diferencias de trayectoria entre agricultores que están comprometidos a seguir la transición agroecológica y los que solo se preocupan por la orientación de los mercados, en conquista por la agricultura orgánica certificada (Gliessman y Rosemeyer, 2010); lo orgánico puede volverse sólo una moda que hay que alcanzar

y no superar, por lo que puede darse un proceso de reversibilidad a la agricultura convencional por la falta de resultados en el corto plazo.

Los resultados sugieren que muchos agricultores están motivados para hacer la transición de sistemas convencionales a las alternativas de agricultura, por razones económicas, de salud, o ideológicas, así como por un conjunto de factores psicológicos. Otros factores que inciden en dicha orientación son además, el tamaño y nivel de las explotaciones agrícolas e interactuando a nivel macro con las oportunidades y limitaciones de los mercados (Blesh y Wolf, 2014). Así mismo depende de las limitaciones de financiamiento, crédito y de la interacción con las condiciones de formulación de políticas y las restricciones de conocimientos y habilidades necesarias o exigibles (Bowman y Zilberman, 2013).

Con el fin de fomentar la transición con una reconfiguración tecnológica, cultural, institucional y normativa del sistema, se necesitan implementar estrategias adecuadas de intervención y de gestión de los sistemas agrícolas tanto a nivel organizacional como territorial (Feola y Binder, 2010).

La comprensión de la contribución de la agricultura campesina a la seguridad alimentaria, en medio de escenarios de cambio climático, junto a la crisis económica como energética actuales, llevó a ganar gran atención mundial a los conceptos de soberanía alimentaria y sistemas de producción basados en la agroecología y a convertirse para los pequeños agricultores en una opción superior a las demás. Lo aseveraron diferentes importantes informes internacionales sobre el desafío alimentario (IAASTD, 2009, de Schutter, 2010, citados por Altieri y Nicholls, 2012) y ahora hace poco IAASTD (2016), en los que se afirma que para alimentar a nueve mil millones de personas en el 2050, es necesario adoptar sistemas agrícolas más eficientes y recomendar un cambio fundamental hacia la agroecología como forma de impulsar la producción de alimentos y mejorar la situación de los más pobres, para duplicar la producción de alimentos dentro de 10 años en regiones críticas, con el conocimiento tecnológico y métodos ambientalmente amigables y socialmente equitativos.

#### **4.8. Diseño de sistemas agroecológicos en hortalizas**

La biodiversidad es el pilar fundamental del diseño en la conversión de sistemas de producción. Está constituida por la variabilidad genética tanto intraespecífica como interespecífica, el número de estratos o niveles de cultivos, las interacciones y los nichos que se establecen entre sí, todo lo cual determina los resultados de bienestar y salud del agroecosistema (Gliessman, 2002, citado

por Sarandón y Flores, 2014). La diversidad genética en el diseño de sistemas agroecológicos, confiere al menos una resistencia parcial a enfermedades que son específicas de variedades y permite a los agricultores explotar diferentes tipos de suelo y microclimas para una variedad de usos nutricionales (Brush, 1982; Altieri, 1999). Contrario a lo que sucede hoy en día, debido a la agricultura convencional intensiva que ha ocasionado la sustitución de razas localmente adaptadas y genéticamente diversas por variedades enanas y genéticamente uniformes para ambientes específicos, lo que aumentó la homogeneidad ambiental presente (McDonald, 2014). Así mismo, el mal uso que conduce a un suelo a estar altamente degradado o empobrecido, sin diversidad, con baja capacidad de recuperación, a un estado donde ya no es un sistema organizado, conlleva a no responder al empleo de variedades de alto rendimiento que se ven obligadas a permanecer en su estado de alto potencial y resiliencia artificial a través de insumos externos como fertilizantes, plaguicidas y material genéticamente modificado (Ludwig, Wilmes y Schrader, 2018).

Por otro lado, la biodiversidad gestionada dentro de los agroecosistemas, se puede clasificar operacionalmente como planeada y no planificada, la primera de ellas, depende de la intervención directa del agricultor, como atributo de su diseño particular (espacial y temporal) y por supuesto incluye todas las clases de biodiversidad genética seleccionadas (Uphoff, 2002). La no planificada, llamada también biodiversidad asociada, está constituida por toda la flora y fauna del suelo, herbívoros, carnívoros, descomponedores, etc., que colonizan el agroecosistema desde los ambientes circundantes y que también prosperarán en el agroecosistema, dependiendo del manejo que se realice de la biodiversidad planeada y de su propia estructura, brindando servicios ecológicos como el control de plagas (Vandermeer et al., 1998).

Las prácticas agrícolas basadas en la intensificación ecológica de la agricultura se considera que mejoran las propiedades del suelo y los servicios ecosistémicos mediante el crecimiento de la biodiversidad vegetal en los sistemas de producción, siempre bajo la aplicación del conocimiento intensivo y el manejo de las funciones activadas (Faucon, Houben y Lambers, 2017).

Por ello la importancia de sistemas diversos que contengan cultivos perennes como anuales, tal es el caso de los árboles, que minimizan la lixiviación de nutrientes y la erosión del suelo y restauran los nutrientes claves (Marten, 1986, citado por Altieri, 1999). Así mismo, muchos sistemas tradicionales campesinos no intervenidos con agroquímicos, tales como cultivos intercalados, la agrosilvicultura, entre otros, imitan los procesos ecológicos naturales y logran procesos sostenibles, al incorporar los modelos ecológicos (Altieri, 1999; Tscharrntke et al., 2012).

El estudio de los sistemas tradicionales fundamentado en la manifestación de la diversidad que presentan, ofrece pautas importantes para la eficiencia del uso del agua y suelo, el control de plagas y la gestión de la fertilidad, acomodándose al tipo de manejo que los agricultores de subsistencia pueden permitirse (Gliessman y Rosemeyer, 2010).

Al reunir una biodiversidad funcional, es posible iniciar sinergias que subsidien los procesos del agroecosistema mediante la prestación de servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclaje de nutrientes, la mejora de control biológico y antagonistas beneficiosos y otros componentes importantes que determinan la sostenibilidad de los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000).

Más allá de las 3 fases hacia el proceso de conversión de agroecosistemas convencionales a más amigables, existe una cuarta fase propuesta por Gliessman, referida a restablecer una cultura de sostenibilidad que tiene en cuenta las interacciones entre todos los componentes del sistema alimentario, a través de la conexión directa entre consumidores y agricultores por una construcción de la ciudadanía del alimento (Gliessman y Rosemeyer, 2010). Blesh y Wolf (2014), recalcan el papel de la interacción ecológica con la dinámica socioeconómica para profundizar en lo metodológico y epistemológico de la transición.

Las iniciativas agroecológicas inician la transformación dejando a un lado el paradigma de la producción basada en combustibles fósiles para cultivos agroexportadores y biocombustibles, fomentando el cambio hacia el paradigma agrícola alternativo fundamentado en la producción local-nacional de alimentos. Así mismo, deben hacerse las preguntas más claves y responderse si el diseño de los sistemas agrícolas propuestos, responden a medios de subsistencia sostenibles, incluyentes, redistributivos, participativos y accesibles (Altieri, Nicholls y Funes, 2012).

De acuerdo a la diversidad temporal y espacial del agroecosistema y sus atributos estructurales unido al manejo particular del agricultor, se conforman patrones hipotéticos en la regulación de plagas, donde el aumento en la probabilidad de aparición de las mismas, será menor en aquellos sistemas más biodiversos, siempre y cuando exista disponibilidad asociada y adyacente de recursos (presas, polen, néctar, refugios), ya que facilitan los factores de control por enemigos naturales (Altieri y Nicholls, 2007b).

De acuerdo a los principios ecológicos, existirían bajos potenciales de plagas en agroecosistemas que exhiben alta diversidad de cultivos a través de mezclas en el tiempo y espacio, junto a

discontinuidad del monocultivo en tiempo mediante rotaciones, uso de períodos de barbecho, etc.; preferiblemente también, campos dispersos creando una estructura de cultivos en mosaico con cultivos colindantes y tierra sin cultivar para refugio de enemigos naturales y huertos con cultivos semipermanentes (Altieri y Nicholls, 2007b).

Se propone motivar a pequeños agricultores hacia la conversión de sus sistemas productivos de hortalizas a través de la aplicación de los principios agroecológicos con énfasis en el diseño de arreglos de hortalizas en policultivos, procurando diversidad genética tanto intraespecífica como interespecífica y complementado con la estrategia del manejo agroecológico del suelo mediante una adecuada nutrición de cultivos, fundamentada en la integración animal y demás recursos disponibles a escala de finca, donde el eje central de las decisiones se fundamenta en la experiencia y aprendizaje continuo del agricultor. De esta forma, se contribuye al manejo agroecológico de las enfermedades. Para el efecto el agricultor hará uso de un plan de manejo ajustable del sistema de producción, mediante la gestión del riesgo, fundamentado en la preparación y en la prevención de mantener el objetivo central presente, la salud del agroecosistema, no importando los cambios que surjan para modificaciones necesarias en el espacio y el tiempo.

## 5. Zona de Estudio

El ámbito del trabajo de investigación se centró en la zona Altiplano de la Subregión denominada Oriente Antioqueño, y con dos municipios en límites con ella y para lo cual la línea base levantada incluyó un total de 25 agricultores, residentes en los municipios de Guarne, Marinilla, El Peñol, El Carmen de Viboral, El Santuario, San Vicente, La Ceja y Copacabana (Figura 1).

Son áreas caracterizadas por suelos Andisoles, derivados de cenizas volcánicas, sin problemas de drenaje, texturas livianas, baja densidad aparente y alta carga variable (Arnalds y Stahr, 2004). Gran parte del sitio de muestreo hace parte de la Cuenca del Río Negro, con un área de 92.801 hectáreas, cuya vegetación comprende las formaciones bosque húmedo Montano Bajo bh-MB y bosque muy húmedo Montano Bajo bmh-MB, con alturas entre los 2.100 a 2.600 msnm y una temperatura media promedio de 17°C (Hermelin, 1992).

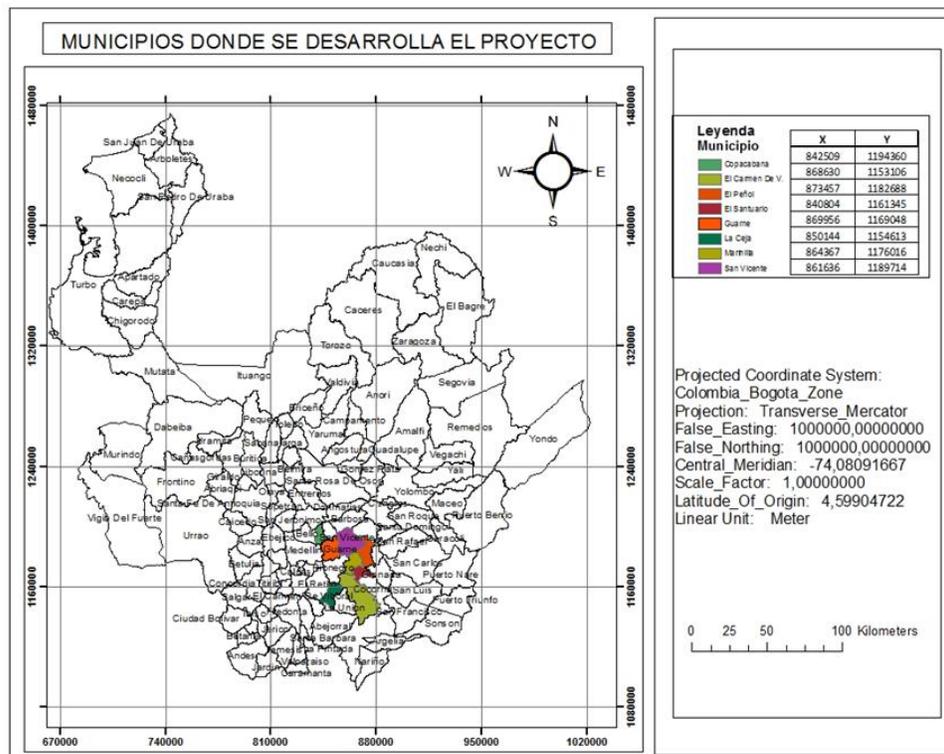


Figura 1. Municipios de la zona Altiplano y límites con la Subregión del Oriente Antioqueño.

El Río Negro nace al sur de la región por el costado oriental de la Cordillera de las Palmas, a unos 3.000 m.s.n.m. en el Cerro Pantanillo en el municipio de El Retiro y al llegar a El Peñol toma el nombre del Río Nare. Corre en dirección nordeste y es alimentado durante su recorrido por

afluentes como El Pantanillo, La Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona y La Compañía (Cornare – POMCAS, 2015).

La tabla 1 presenta el tipo de asociaciones predominantes en la zona, caso la asociación Guadua, con suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas y rocas ígneas, texturas medias, profundos a moderadamente profundos, bien drenados. Morfológicamente presentan una secuencia de horizontes A-AB-Bw, el primero de ellos, con color pardo muy oscuro, textura franca a gruesa, estructura granular con bloques subangulares. Químicamente, son suelos de fertilidad baja, fuertemente ácidos, saturación de bases bajas, y fósforo bajo (IGAC, 2007).

Tabla 1. Paisaje y ambiente morfogenético correspondiente a Altiplanicie y con clima ambiental frío húmedo y frío muy húmedo de la zona de estudio en el Departamento de Antioquia

Tipo de relieve	Litología y/o sedimentos	Características de los suelos	Unidades cartográficas de suelos	Componentes taxonómicos
Lomas y colinas	Rocas ígneas (cuarzodioritas) con cobertura de cenizas volcánicas	Profundos a moderadamente, bien drenados, texturas medias, reacción fuerte a moderadamente ácida, fertilidad baja, erosión ligera a moderada	ASOCIACIÓN GUADUA	Typic hapludands, typic fulvudands, hydric hapludands, typic dystrudepts, hydric melanudands, typic placudands
	Ígneas (granitos, cuarzo dioritas, granodioritas). Cobertura discontinua de cenizas	Profundos, drenaje natural moderado a bueno, texturas variadas, fertilidad muy baja, erosión ligera a severa	ASOCIACIÓN ZULAIBAR	Andic dystrudepts, typic dystrudepts, humic dystrudepts, typic hapludands, typic placudands, oxic dystrudepts

Terrazas y abanicos terrazas	Depósitos aluviales heterogéneos y heterométricos con cobertura de cenizas volcánicas	Profundos a moderadamente; drenados, texturas medias y gruesas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, fertilidad baja a moderada. Erosión ligera.	ASOCIACIÓN RIONEGRO	Hydric fulvudands, typic fulvudands, hydric melanudands, pachic melanudands, typic placudands
Vallecitos	Depósitos aluviales heterogéneos y cenizas volcánicas	Moderadamente profundos, drenaje natural imperfecto a moderado, texturas medias a moderadamente gruesas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, fertilidad baja.	COMPLEJO LA PULGARINA	Aquandic dystrodepts, fluentic dystrodepts, typic udifluvents, aquic udifluvents, aquic dystrodepts

Fuente: IGAC, 2007

Las siguientes especies son de aquellas que en la zona de estudio se caracterizan por su menor abundancia debido a su extinción, provocada en gran parte por el predominio de la explotación convencional en la región: *Oxypetalum cordifolium* (bejuco de estrella), *Iles laurina* (algodón), *Licania cabrae* (marfil), *Couepia platycalyx* (alminegro), *Symbolanthus pterocalyx*, *Billia rosea* (cariseco), *Podocarpus oleifolius* (chaquiro) (Alzate, Gómez y Rodríguez, 2008).

Por otra parte, un estudio de la composición florística de la región evaluó 243 especies introducidas, pertenecientes a 197 géneros y 74 familias (Tabla 2), siendo las más destacadas: Fabaceae (23 especies), Poaceae (16), Solanaceae (15), Asteraceae (12), Apiaceae (11), Lamiaceae (11) y Malvaceae (10). Y en especial con la presencia de 41 especies con alto riesgo de invasión (Quijano-Abril, 2016).

Tabla 2. Especies con alto riesgo de invasión en la Zona Altiplano a partir de la herramienta i3n

Familia	Especie	Nombre Común	Origen
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Buchón de agua	América del Sur
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Venturosa	América del Sur
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Acederilla	Asia
Fabaceae	<i>Ulex europaeus</i>	Retamo espinoso	Europa
Fabaceae	<i>Acacia melanoxylo</i>	Acacia negra	Oceanía
Passifloraceae	<i>Passifora tarminiana</i>	Curuba india	América del Sur
Moraceae	<i>Morus alba</i>	Morera	Asia
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i>	Elodea	América del Sur
Rubiaceae	<i>Spermacoce remota</i>	Tabaquillo	América del Sur
Apocynaceae	<i>Allamanda cathartica</i>	Capitana	América del Sur
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>	Ojo de poeta	África
Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i>	Hinojo	Europa
Passifloraceae	<i>Passifora edulis</i>	Maracuyá	América del Sur
Fabaceae	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia	Oceanía
Melastomataceae	<i>Tibouchina urvilleana</i>	Planta de la gloria	América del Sur
Pittosporaceae	<i>Pittosporum undulatum</i>	Galán de noche	Oceanía
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i>	Acacia	Oceanía
Fabaceae	<i>Senna septemtrionalis</i>	Cafecillo	América del Sur
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	África del Norte
Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomillo	Región mediterránea
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	África
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>	Botón de oro	América Central
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Higo	América Central
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	Pino patula	América Central
Amaryllidaceae	<i>Agapanthus praecox</i>	Agapanto	África
Cannaceae	<i>Canna indica</i>	Achira	América Central
Davalliaceae	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	Helecho crespo	Oceanía
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	África
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Balsamina	África
Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i>	Fucsia	América del Sur

Fuente: Quijano-Abril (2016)

## 6. Metodología

El proceso de investigación empieza en el 2013 a iniciativa del investigador que ejercía la Secretaría Técnica de la Cadena Productiva de Hortalizas, con el fin de propiciar un proceso de construcción de modelos de unidades productivas sostenibles y para el efecto la necesidad de levantar una línea base de información, que junto con la formulación de la problemática del subsector, permitiera identificar factores críticos, por lo que él seleccionó profundizar en el factor suelo. De este modo, fue llevado a cabo un trabajo previo con 20 agricultores, que se extendió a dos periodos diferentes, sobre la influencia específica de manejo del suelo en sistemas de producción de hortalizas, ecológica (segundo semestre años 2014 y 2015) y convencional (primer semestre año 2013 y segundo semestre año 2015), mediante la valoración de la toma de decisiones por los agricultores en la práctica de nutrición de cultivos y su incidencia sobre la calidad del suelo y respuestas de dicho recurso, a través de análisis de fertilidad de suelos y la calidad físico-química, como minerales y metales pesados de los biosólidos fabricados en finca de los sistemas ecológicos e insumos de los sistemas convencionales (capítulo 7, anexo 7). Finalizando el año 2015 se construyó una línea base de 25 agricultores con aspectos evaluados de carácter socioeconómico, tecnológico y socioempresarial de sus sistemas de producción de hortalizas (Anexos 1 y 6), a través de encuestas directas en finca y en reuniones de redes de agricultores, para la elaboración de un total de 79 variables. Posteriormente iniciando el año 2016, se procedió con la solicitud respectiva a los agricultores y su aceptación, a la selección de dos grupos de ellos, con los que respondieron positivamente a continuar en la valoración, diferenciados por los niveles de manejo de sus sistemas de producción: uno de los cuales estuvo conformado por 9 agricultores certificados y regidos por la norma ecológica y otro de 13 agricultores más heterogéneo, que presentaba diferentes niveles de manejo, desde los netamente convencionales a sistemas orgánicos no certificados. Con ambos grupos se trabajó en modalidad de talleres participativos, la evaluación de los aspectos críticos correspondientes a las dimensiones de carácter sociocultural, económico y tecnológico y con un enfoque centrado en la evaluación integral sobre la sostenibilidad de sus sistemas productivos de hortalizas (capítulo 8, anexo 4).

Los factores críticos surgidos en el análisis de los sistemas de producción de hortalizas ecológicas para cada dimensión (Tablas 21 a 33, capítulo 8), fueron: Socioculturales: a. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción ecológico, b. Sin relevo generacional, c. Control multinacional de las semillas e insumos para el manejo de los sistemas de producción de hortalizas y d. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas.

Factores Críticos Económicos: a. Precios de venta de los productos producidos por los agricultores, b. Bajos ingresos de los agricultores, c. Organización para el mercadeo de sus productos y d. Altos costos de producción en el sistema de manejo.

Factores Críticos Tecnológicos: a. Poco apoyo al desarrollo y aprovechamiento de tecnologías y prácticas permanentes específicas para el sistema de producción ecológico, b. Ausencia de procesos de investigación a nivel de finca y en especial en sistemas de producción ecológica sobre plagas y enfermedades.

Y los factores críticos surgidos en el análisis para los sistemas de producción de hortalizas, del grupo en transición, para cada dimensión, fueron: Socioculturales: a. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción alternativo, b. Rescatar la participación familiar (integración) como un hecho destacable para seguir incentivando la conciencia productiva y ecológica y c. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas

Factores Críticos Económicos: a. Alta informalidad en la organización para el mercadeo de sus productos, b. Generación de precios de venta de los productos producidos por los agricultores y c. Estrategias de compensación en la generación de sus propios costos de producción.

Factores Críticos Tecnológicos: a. Desvinculación del desarrollo y aplicación de tecnologías básicas y modernas al servicio del sistema de producción de hortalizas y b. Aplicación del conocimiento adquirido en el manejo de los recursos naturales y demás recursos locales propios.

A partir de ambos resultados, la valoración de manejo de suelos en la práctica de nutrición de cultivos más los factores críticos surgidos en cada dimensión para cada sistema de manejo, en el año 2016, se profundizó en el conocimiento del Diseño Técnico del Sistema Productivo, es decir, acercarse en mayor profundidad a las técnicas, arreglos y variantes de manejo de cada sistema para producir hortalizas y conocer diversidad de cultivos. En este paso se tuvo en cuenta los componentes del sistema y sus subsistemas (capítulo 9).

El subsistema central seleccionado fue el suelo y su manejo, que de acuerdo a Bünemann et al., (2018), es el responsable en gran parte de promover la salud de todo el agroecosistema y de proveer los servicios necesarios para el mantenimiento de la vida en el suelo y por ende la conservación de la biodiversidad.

Para el efecto, se hizo uso de mediciones de atributos de la calidad del suelo que permitieron inferir explicaciones de su aporte a la prevalencia de enfermedades en los sistemas de producción

de hortalizas estudiados (capítulo 9). De este modo, se partió de la evaluación previa ya reseñada, para dos periodos diferentes de las características físico-químicas de fertilidad de suelos, incluida el componente orgánico (pH, M.O., textura, bases intercambiables, elementos menores incluido azufre S y boro B) y adicionalmente, se midieron durante el año 2016, variables de evaluación directa en campo de la calidad de suelo y salud de cultivos como infiltración, estructura, consistencia en húmedo, profundidad efectiva, manejo de residuos, color del suelo, presencia de lombrices, desarrollo y calidad de raíces, densidad aparente, máxima capacidad de retención de agua, porosidad, macroporos y compactación.

Por otro lado, para conocer sobre el manejo del suelo, durante el trabajo de medición de enfermedades, se evaluaron para ambos sistemas de producción, metales pesados en suelos así como análisis de residualidad de plaguicidas en material vegetal.

También para ambos sistemas, se evaluó índice de Shanon para biodiversidad de bacterias en suelos, de acuerdo a la metodología de análisis de diversidad por rarefacción (Sylvia, Fuhrmann, Hartel y Zuberer, 2005). Otros análisis como microbiológico de suelos para bacterias totales y hongos por género y los de biodiversidad bacteriana, se presentaron como anexos, sin discusión por no encontrarse diferencias significativas entre sistemas (Anexos 8, 9, 10 y 11).

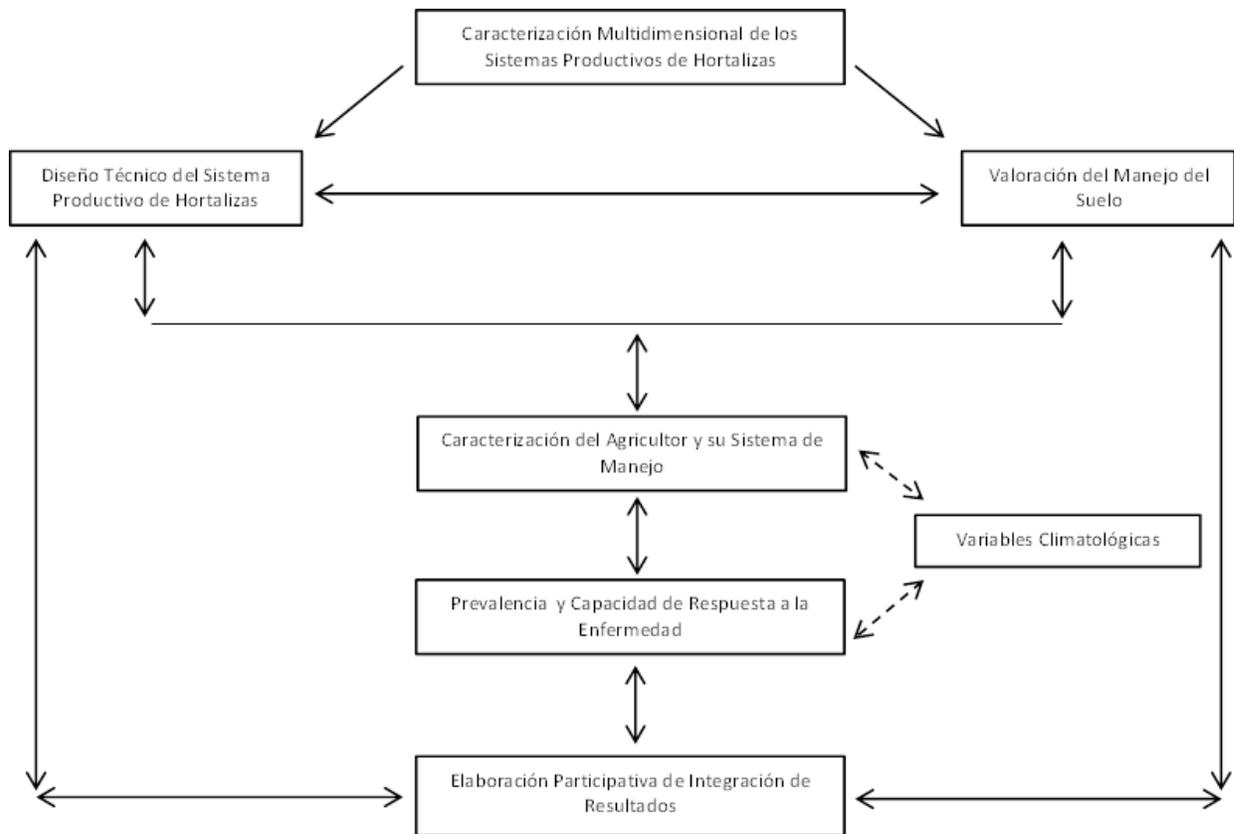
En el año 2016 con los sistemas de planificación de siembras por el método de escalonamiento rotacional de carácter semanales y acordados con los tres agricultores ecológicos seleccionados y uno de los agricultores convencionales, más el sistema rotacional más espaciado en tiempo y mayor escala de siembra con los otros dos agricultores convencionales; se identificó semanalmente durante 8 meses continuos en las 6 fincas, la incidencia de las principales enfermedades presentadas, identificando síntomas y signos y calificando la incidencia, teniendo en cuenta el desarrollo fenológico y edad de los cultivos. Para ello, se elaboraron los formatos respectivos para evaluación en campo con la información sobre las descripciones de las principales enfermedades seleccionadas de antemano para cada uno de los tres cultivos escogidos: lechuga, brócoli y apio. Dichos formatos también contenían las fechas semanales de visitas, fechas de siembra de cada plantel para conocer la edad de cada uno de los tres cultivos, más los aspectos de desarrollo fenológico medido principalmente por desarrollo foliar y de tallos según el cultivo, más las observaciones de manejo y de comportamiento de los diferentes plantales. Cada semana se evaluaba nuevamente los plantales en crecimiento y los de la nueva semana de evaluación. El área de siembra y evaluación de hortalizas de las tres fincas ecológicas, fueron 1.142 m<sup>2</sup>, 1.605 m<sup>2</sup> y 2.407 m<sup>2</sup>, y el área de las tres convencionales fueron

1.977 m<sup>2</sup>, 3.254 m<sup>2</sup> y 4.954 m<sup>2</sup>. En el capítulo de enfermedades se da luego la explicación del modelo y la evaluación estadística de los datos.

Se enviaron periódicamente muestras completas de material vegetal incluidas sus raíces con suelo adherido a ellas y muestras adicionales de suelo de las parcelas evaluadas, al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Católica de Oriente, para confirmar a nivel de género, los hongos, bacterias y nematodos patógenos, así como los nematodos no patógenos presentes. Se monitorearon las condiciones climatológicas de temperatura, humedad relativa, punto de rocío y precipitación, medidas cada hora durante las 24 horas del día y durante todo el periodo de evaluación de las enfermedades.

Después de la descripción previa en campo de los diferentes síntomas y signos de enfermedades en cultivos, se continuó con la identificación en laboratorio de cada una de las muestras para hongos y bacterias, realizada por expertos fitopatólogos, quienes siguieron los protocolos y claves de fundamentos de sintomatología fitosanitaria, con revisión de literatura especializada en el tema y pruebas directas de observación de tejido vegetal al microscopio, aislamientos en medios de cultivo, incubación del material en cámara húmeda, siempre relacionando los rasgos característicos de las enfermedades. Para bacterias también se realizaron exudados bacterianos con ayuda de observación de microscopio compuesto de fases.

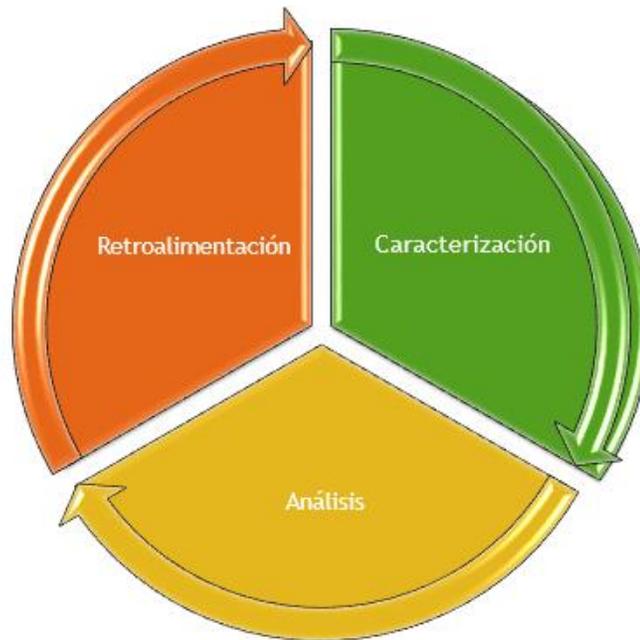
Es importante elaborar una propuesta de conversión agroecológica de los sistemas productivos de hortalizas en la zona, como alternativa para disminuir significativamente la utilización a gran escala de agroquímicos tanto plaguicidas como fertilizantes y potenciar las actividades de reciclaje de la materia orgánica generada a nivel del predio que recuperen las condiciones naturales de fertilidad del suelo, todo lo cual incide directamente en la prevalencia de enfermedades.



*Figura 2.* Diagrama de flujo de la metodología empleada en la investigación.

En el diagrama de flujo (Figura 2) se presentan las diferentes etapas metodológicas descritas de la investigación sobre el comportamiento de la prevalencia de enfermedades en el anillo productivo de sistemas de cultivos de hortalizas de la zona Altiplano del Oriente Antioqueño. Se enfatiza que para el efecto se partió de la caracterización multidimensional de los sistemas productivos de hortalizas, que envuelve el conocimiento de quién es el agricultor y su determinación del sistema de manejo, con dos enclaves básicos, el diseño técnico del sistema productivo de hortalizas y la valoración del manejo del suelo.

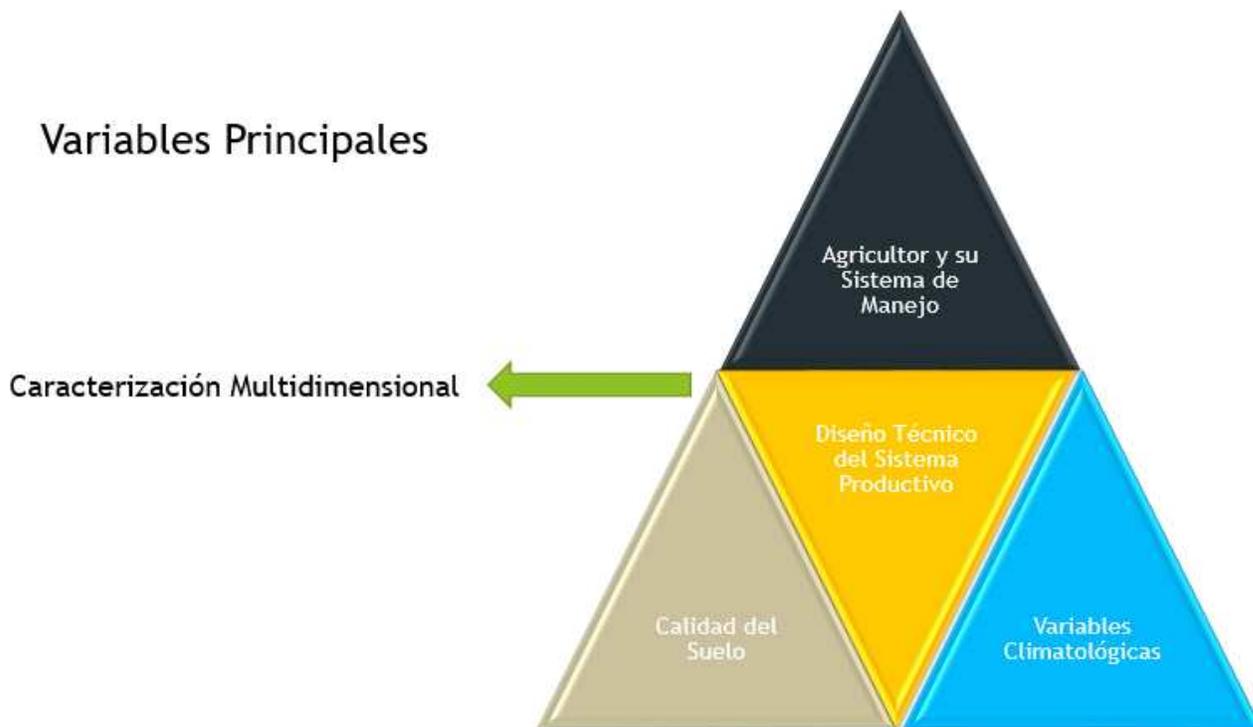
Este trabajo de investigación se dividió en tres fases mutuamente integradas, denominadas fase de caracterización, fase de análisis y fase de retroalimentación (Figura 3).



*Figura 3. Fases integradas del estudio*

### **Fase de Caracterización**

La fase de caracterización desarrolló la descripción de las variables principales, dentro de 4 ejes transversales: el Agricultor y su Sistema de Manejo, profundización en el conocimiento del Diseño Técnico del Sistema Productivo, la Calidad del Suelo y las Variables Climatológicas (Figura 4).



*Figura 4. Variables Principales de la Caracterización*

El eje del Agricultor y su Sistema de Manejo tuvo en cuenta las condiciones dimensionales que abarcan la esencia y explicación de un agroecosistema, factores socioculturales, económicos, tecnológicos y ambientales, todos bajo las premisas, experiencias, convicciones, percepciones y decisiones de los pequeños agricultores de hortalizas para acercarse al manejo y conocimiento del desempeño de los sistemas de producción (capítulo 8).

El eje de conocimiento del Diseño Técnico del Sistema Productivo, profundizó en las decisiones de manejo del componente suelo en la práctica de nutrición de cultivos mediante análisis descriptivo y de correlación de 14 variables de suelo (capítulo 7). Complementado con el análisis rápido de la calidad del suelo y salud de cultivos (capítulo 9), más las pruebas de propiedades síntesis de manejo del suelo como infiltración del agua, resistencia a la penetración, densidad aparente y porosidad del suelo (capítulo 9). Por último el trabajo especial de la prevalencia de enfermedades en los dos sistemas de producción (capítulo 9). Todo con el fin de conocer en mayor profundidad las técnicas, arreglos y variantes de manejo de cada sistema y la diversidad de cultivos.

Fueron ubicadas dentro de los predios mini estaciones climatológicas 2000 series, Modelo 2450, para monitorear el comportamiento de las variables de humedad relativa, temperatura, punto de rocío y precipitación durante el periodo de evaluación de las enfermedades. Poseen registrador de datos incorporado (Spectrum Technologies, 2013).

### **Fase de Análisis**

Para el análisis y discusión del proceso de caracterización del pequeño agricultor de hortalizas, se partió de su perspectiva y experiencia para valorar la sostenibilidad de sus sistemas de producción y manejo. Se fundamentó en el Marco para la Evaluación en Sistemas de Manejo con Indicadores de Sostenibilidad MESMIS (Astier et al., 2008), en el enfoque de la valoración, reconocimiento y conceptualización de los atributos que constituyen la sostenibilidad y el análisis de los factores problema y potenciales de los agroecosistemas en estudio, de acuerdo a criterios de diagnóstico relevantes seleccionados para conocer en detalle las necesidades del cumplimiento de los atributos de la sostenibilidad y las formas posibles de alcanzarlos.

La sostenibilidad no es en sí misma un statu quo indefinible, demasiado amplio o generalizante de las cosas, sino que es o debe ser diagnosticable en el tiempo y espacios y contextos definidos, que pueden incluso variar, al menos en lo que compete a la gobernabilidad de los agricultores y sus grupos inmediatos de apoyo. Por lo anterior, la necesidad del análisis descriptivo multidimensional, donde los puntos críticos del desempeño de los sistemas de producción, no se explican por un enfoque meramente unidimensional. De acuerdo a Folke, (2006), el atributo de la resiliencia trata de explicar para el entendimiento del discurso de la sostenibilidad, la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo permanente en los sistemas de producción de pequeños agricultores.

Las características físico-químicas medidas de fertilidad de suelos, comprendió el análisis en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional, sede Medellín, de los macro y microelementos esenciales para el desarrollo de los cultivos, además de la textura y contenido de materia orgánica, tanto en 10 predios ecológicos como en 10 convencionales. Otras propiedades edáficas medidas en campo y complementadas en análisis de laboratorio, comprendieron aquellas relacionadas estrechamente entre sí con el desempeño de las prácticas de manejo del suelo y el agua, entre ellas, la velocidad de infiltración del agua, la resistencia a la penetración del suelo y la densidad aparente, que a su vez son propiedades síntesis que explican otras propiedades como las de observación directa en campo por análisis y evaluación rápida de la sostenibilidad

de los sistemas de producción. La salud de cultivos fue medida por evaluación del estado fitosanitario a través del valor de la incidencia de enfermedades.

Se evaluaron en los sistemas ecológicos certificados y orgánicos no certificados, sus prácticas sobre el manejo de la nutrición de cultivos, empleando el análisis de la calidad de biosólidos tipo compost y bocashi, fabricados con materiales orgánicos en finca. Para el efecto se midieron parámetros físico-químicos de acuerdo a las normas técnicas colombianas NTC 5167, NTC 234, NTC 370 y al igual los contenidos de minerales y metales pesados, de acuerdo a las normas SM 3111B, SM 3112A, SM 3114C.

Se evaluaron los metales pesados Cu, Pb y Cd en suelos convencionales y en suelos ecológicos, los metales Cd, Cr, Ni, Pb, Hg y As, ambos mediante procedimiento estándar de digestión con microondas con la técnica de espectroscopia de absorción atómica de llama y método EPA 3052. Así mismo se realizó análisis de residualidad de plaguicidas en material vegetal de hortalizas, donde la identificación de las moléculas de plaguicidas usadas en ambos sistemas de producción, fueron detectadas por Sistema Cromatográfico Líquido con acople a espectrometría de masas de alta resolución tipo Trampa de Iones con Tiempo de Vuelo (UPLC-Q-TOF). Se cumplió con servicio de intercalibración para análisis de residuos de plaguicidas y contaminantes por GC-MSMS y LC-MSMS.

Y microbiológicamente, se realizaron análisis para bacterias totales y hongos totales en suelos, para cuyas muestras recibidas en laboratorio, se empleó el método de plateo de diluciones seriadas de suelo ( $10^{-3}$ ) con 6 repeticiones en medio papa dextrosa (PDA) y diluciones seriadas de suelo ( $10^{-3}$  y  $10^{-5}$ ) con 3 repeticiones en medio agar nutritivo (AN). Así mismo se evaluó índice de Shanon para biodiversidad bacteriana en suelos, por rarefacción para las diferentes fincas en un momento determinado, para estimar cuantificación de poblaciones, de acuerdo al método establecido por Sylvia et al., (2005).

Semanalmente durante los 8 meses de trabajo en las 6 fincas seleccionadas para el trabajo de evaluación de enfermedades, con la participación activa de los agricultores, se identificó en los planos de cada una de ellas y luego sobre el terreno, la distribución de los diferentes planteles de cultivos, diferenciados por fecha de siembra. Así mismo se detalló los arreglos definidos entre cultivos y las rotaciones establecidas en el espacio y tiempo. Hay que enfatizar que los agricultores de ambos sistemas hicieron uso de los mismos híbridos comerciales que como se indicó han sido promocionados conjuntamente entre los centros de investigación agropecuaria y

las multinacionales de semillas, como los de más demanda en los mercados. Ellos fueron la lechuga Icevic, la lechuga Verónica, el brócoli Legacy y el apio Ventura.

### **Fase de Retroalimentación**

La mayor parte de los agricultores participaron de la socialización inicial de la propuesta de investigación como en cada uno de los momentos del desarrollo de la misma, desde el proceso previo de contacto por dirección del enfoque de la cadena productiva del departamento de Antioquia para iniciar un trabajo de conocimiento sobre el manejo de la nutrición de cultivos en sistemas de producción de hortalizas. Así mismo, en cada espacio de visitas en finca para el levantamiento de la línea base como en las evaluaciones de manejo, diagnóstico y toma de muestras.

Representantes del grupo de agricultores en proceso de transición como del grupo de ecológicos, asistieron a la entrega de resultados de laboratorio de las universidades y laboratorio Primoris, que participaron en el análisis de cada una de las muestras entregadas de sus fincas, entre ellos, los de fertilidad de suelos, biodiversidad bacteriana, análisis fitopatológicos, residualidad de plaguicidas, calidad de bioinsumos, metales pesados en suelos. Además se evaluó en los diferentes talleres, todo lo referente a la discusión de la priorización de factores críticos de la sostenibilidad. Los que no pudieron asistir al taller de resultados finales, fueron visitados directamente en finca para hablar con ellos al respecto. En general fue reconocido satisfactoriamente la forma como se les permitió participar directamente durante todo el proceso, tanto a nivel de predio en los recorridos, evaluaciones de campo, entrevistas y talleres y que los resultados les hayan sido entregados.

## **7. Manejo del suelo en predios de agricultores en la zona del Oriente Antioqueño en la práctica de nutrición de cultivos**

**RESUMEN.** El objetivo del estudio se centró en conocer la influencia específica del manejo del suelo en sistemas productivos ecológicos y convencionales de hortalizas mediante la valoración de la toma de decisiones por los agricultores en la práctica de nutrición de cultivos y su incidencia sobre la calidad y respuestas de dicho recurso, medido en el análisis descriptivo y de interrelaciones de parámetros físico-químicos y contenido de materia orgánica. De un lado, se seleccionó un grupo de diez (10) agricultores ecológicos, asociados en el cumplimiento de la certificación grupal ecológica, de acuerdo a la resolución 187 de 2006 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR de Colombia. Y por otro lado, un grupo de diez (10) agricultores con manejo convencional. Ambos tipos de sistemas de producción están ubicados en el cordón hortícola de la zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño (Colombia). La medición e interpretación de variables, tuvo en cuenta los resultados de análisis de fertilidad de suelos en dos periodos diferentes para ambos grupos de agricultores y su forma particular de prácticas subyacentes en la intervención en el manejo de los suelos. Se efectuó un análisis descriptivo comparativo por medio del MODELO LINEAL GENERAL (GLM), incorporando los contrastes multidimensionales derivados del MANOVA y análisis de componentes principales, donde se tuvo en cuenta los parámetros de macronutrientes y micronutrientes, suplementando dicho análisis con variables relacionadas con las características en el manejo de los sistemas evaluados. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre sistemas productivos, en especial para las variables: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) e Hierro (Fe). En el análisis de componentes principales ACP, se destacó para los sistemas ecológicos: la planificación de la nutrición de cultivos de acuerdo a criterios estándar propios, ajustados a las normas ecológicas de producción; la complejación de iones metálicos responsables de la acidez de los suelos como el Al, Fe y Cu y la permanencia de niveles mínimos aceptables de microelementos. Y en el ACP para sistemas convencionales, se destacó: la “inercia o dependencia de soluciones externas para la acidez de los suelos”; la influencia del ciclo redox del Fe en condiciones variables de óxido-reducción por el manejo del suelo, con pérdida de su capacidad neutralizante; y la relevancia de la interrelación de elementos mayores con menores en el sistema, caso específico, la disminución del Zn por exceso de fertilizantes fosfatados.

## 7.1. Introducción

Uno de los principios fundamentales de la producción ecológica, es el adecuado manejo del suelo, que favorezca el ciclo de los nutrientes. Que integra como prácticas la rotación de cultivos diversos y los de coberturas; en el mayor tiempo posible durante el año, mejorando la fertilidad del suelo y el contenido de materia orgánica MO (IFOAM, 2003).

Con el objetivo exclusivo de maximizar la producción, la eficiencia y el beneficio económico a toda costa; las prácticas convencionales (preparación intensiva con maquinaria, uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidad), ignoraron la dinámica ecológica de los agroecosistemas, tratando de compensar y enmascarar las pérdidas en productividad asociadas con la reducción de la calidad del suelo (Reeves, 1997; Powlson et al., 2011, Ge et al., 2016), ocasionadas por la declinación de la MO y la pérdida de la biodiversidad (D'Hose et al., 2014), llevando a una situación de insustentabilidad, que menguó las propias condiciones de producción de alimentos para la población mundial (Gliessman, 2002; De Souza y Resende, 2006; Baldwin, Smith y Jacobson, 2017) y ha generado impactos negativos que restringieron la capacidad innovadora de los agricultores (Gliessman y Rosemeyer, 2010).

La exposición frecuente del suelo sin cobertura, sumado a la extracción por las cosechas, crea pérdida de nutrientes por erosión o infiltración al subsuelo debido a la falta de materia orgánica que retenga el suelo, el agua y los nutrientes (Gliessman et al, 2007; Bhattacharya et al., 2016). Se requiere optar por la transición a prácticas de manejo ambientalmente racionales en el corto plazo y con el potencial de contribuir a la sostenibilidad en el largo plazo (Gliessman y Rosemeyer, 2010) y así obtener un equilibrio de los sistemas naturales junto a los sistemas sociales y económicos (Zhu et al., 2012).

Es por ello, la urgencia de la valorización del suelo como indicador de sustentabilidad (Doran y Zeiss, 2000) y donde su calidad para una producción sostenible, está relacionada con la salud del mismo (Turmel et al., 2015), e incluye un componente intrínseco, determinado por las propiedades físicas y químicas dentro de las limitaciones establecidas por el clima y el ecosistema y un componente influenciado por las decisiones de manejo y destino del suelo por parte del agricultor (Doran y Zeiss, 2000); siendo el componente de manejo, clave en la salud y en el desarrollo equilibrado de los agroecosistemas (Zhu et al., 2012).

La reducción de la susceptibilidad a plagas y enfermedades como reflejo en las diferencias en la salud de los cultivos, está mediada por el manejo de la fertilidad del suelo, hacia adecuados

contenidos de materia orgánica como actividad biológica (Altieri y Nicholls, 2003; Magdoff y Van Es, 2009) y sostenida mediante la rotación con leguminosas y no leguminosas, y la adición de enmiendas orgánicas (EO) (Masunga et al., 2016; Tejada, Hernández y García, 2009). Las EO con bajas relaciones C/N mineralizan suficiente N para satisfacer el crecimiento de la planta. La exploración de la dinámica de mineralización del nitrógeno N de las EO, en primer lugar, evita el exceso de aplicación de fertilizantes; y en segundo lugar, optimiza la gestión de residuos al reciclar los nutrientes, maximizando así la producción de cultivos (Masunga et al., 2016).

La influencia de los residuos vegetales en las propiedades del suelo, depende de la cantidad, tipo y tamaño de los materiales orgánicos añadidos y de su componente dominante (Clément et al., 1998 y Chaves et al., 2004, citados por Tejada et al., 2009). Los factores químicos como el pH, la relación C/N, y la calidad de dichas materias primas, controlan la propia dinámica de la materia orgánica del suelo (Zech et al., 1997). Las razones principales para explorar la dinámica de mineralización del nitrógeno N de las EO utilizadas en la agricultura, son por un lado, evitar la aplicación de fertilizantes en exceso y reducir las pérdidas de N hacia el medio ambiente; y en segundo lugar, para optimizar la gestión de residuos, que maximice la producción de cultivos, fundamentado en el reciclaje de nutrientes (Bruun et al., 2006, citado por Masunga et al., 2016; Diacono y Montemurro, 2010).

Partiendo de la problemática que se presenta, esta investigación se realizó con el propósito de darle respuesta a la siguiente pregunta: ¿Existirá una aproximación mayor sobre la caracterización del manejo particular de los sistemas de producción de hortalizas por parte de pequeños agricultores, ya sean estos de tipo Convencional o Ecológico, haciendo uso tanto de los análisis de resultados de parámetros de fertilidad de suelos como de los de la calidad de insumos utilizados en cada uno de ellos? y refutar o avalar la hipótesis: - Si se parte del análisis de resultados tanto de los parámetros de medición de fertilidad del suelo como de calidad de insumos utilizados en ambos sistemas de producción, podrá inferirse diferencias de manejo específico y contribuciones de cada tipo de sistema a la calidad del suelo.

## **7.2. Materiales y Métodos**

A partir de un proceso piloto liderado desde la Secretaría Técnica de la Cadena Productiva de Hortalizas de Antioquia, se inició en el 2013, la construcción de una línea base de sistemas productivos en la zona Altiplano del Oriente Antioqueño, para propiciar una red de agricultores y liderar procesos tecnológicos, agroindustriales y comerciales a través de la formación, el

acompañamiento y el diseño de unidades productivas sostenibles. Así mismo, se llevó a cabo la actualización de la problemática del subsector (SADRA, 2016). Insumos claves que permitieron mediante profundización a través de la presente investigación, enfatizar en factores críticos del desempeño de las unidades, entre ellos, el manejo de suelos reflejado en la práctica de nutrición de cultivos. Para el efecto, en dos periodos diferentes para cada sistema de producción de hortalizas, ecológicos y convencionales, de acuerdo a la dinámica de trabajo con la cadena productiva, se muestrearon suelos (Anexo 7) y calidad de bioinsumos. Posteriormente, se ejecutaron a través de cuestionario guía a finales del año 2015, entrevistas en campo a un total de 25 agricultores que comercializan hortalizas, de los cuales, 9 de ellos, realizan un enfoque ecológico de producción y 16, de manera convencional (Anexos 1 y 6). Los agricultores son residentes en el cinturón hortícola conformado por los municipios de El Carmen de Viboral, El Peñol, El Santuario, Guarne y Marinilla. La guía de apoyo a la caracterización, se fundamentó para su validación, en 79 diferentes y complementarios enunciados sobre factores socioeconómicos, tecnológicos y socioempresariales del manejo de los sistemas de producción. 41 de ellos, contribuyen al entendimiento de reconocer el fundamento de las decisiones en las prácticas de manejo del suelo y los resultados obtenidos (Anexo 6).

La investigación además, se centró en identificar las propiedades físico-químicas y los contenidos de materia orgánica, de los suelos de las parcelas dedicadas a hortalizas, y su sensibilidad a las afectaciones inducidas por los sistemas de manejo de producción ecológica y convencional. Fueron evaluadas como variables químicas pH, Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, CICE, P, S-SO<sub>4</sub>, Fe, Mn<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup> y B, además como variable física la textura y biológica la materia orgánica del suelo, considerándose cada una de ellas como atributos indicadores de la calidad del suelo. El análisis descriptivo de dichas variables como el de sus interrelaciones, permite un acercamiento mayor a la comprensión de los valores obtenidos de las propiedades del suelo y la relación con su manejo.

### **7.2.1. Área de Estudio.**

Corresponde a la zona denominada Altiplano de la subregión del Oriente de Antioquia (Colombia), con predominio de sistemas productivos convencionales.

Se consideraron veinte (20) agricultores, diez (10) de ellos con sistemas de producción ecológica y diez (10) convencional, ubicados en los municipios de El Carmen de Viboral, El Santuario, Guarne, La Ceja, Marinilla y San Vicente, además de los municipios de Copacabana en límites

con Guarne y el municipio de El Peñol, que está ubicado en la zona de Embalses en límites con la zona Altiplano (Figura 5).

La zona denominada Altiplano de la subregión del Oriente de Antioquia (Colombia), concentra el 36% de las áreas agrícolas sembradas del Departamento (Cornare et al., 2016). Físicamente, la región se ubica en la zona oriental de la cordillera central colombiana, subdividida en dos ramales por el río Porce, en el Alto de San Miguel (2600 msnm); caracterizada por altiplanicies. Geológicamente, la región hace parte del batolito antioqueño, constituido por granodioritas y recubrimiento de cenizas volcánicas, formando el material parental de los suelos de la región. La zona está compuesta principalmente por la cuenca del río Negro (Londoño, 2012). Predominan suelos Andisoles, derivados de cenizas volcánicas, buen drenaje; texturas livianas, baja densidad aparente y alta carga variable (Arnalds y Stahr, 2004).

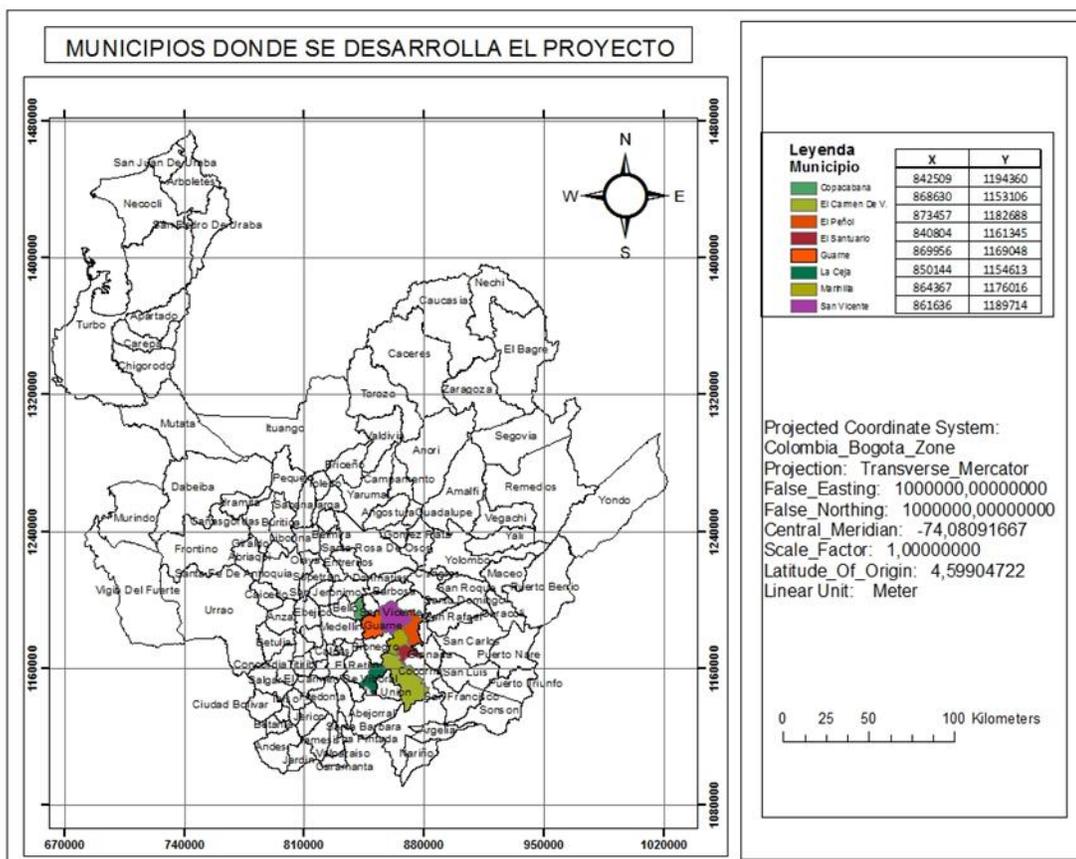


Figura 5. Municipios de la zona Altiplano y límites con la Subregión del Oriente Antioqueño.

### **7.2.2. Análisis realizados y muestreos.**

Se realizaron para cada sistema de producción, ecológico y convencional, análisis físico-químico completo de suelos para evaluar la capacidad de suministrar nutrientes. Para el efecto, se seleccionaron un total de diez fincas de agricultores de hortalizas por cada sistema. Ubicadas en los municipios de Copacabana, El Carmen de Viboral, El Peñol, El Santuario, Guarne, La Ceja, Marinilla y San Vicente. Proceso desarrollado durante el segundo semestre del año 2014 como del 2015 en las fincas ecológicas; y para las convencionales, en el primer semestre de 2013 y segundo semestre de 2015.

En cada finca se realizaron cinco submuestreos de suelo en zigzag, en las parcelas dedicadas o especificadas exclusivamente para cultivos de hortalizas, con un promedio de 1500 m<sup>2</sup> cada una de ellas, de acuerdo a los planes de siembra programados y definidas como unidades de muestreo y seguimiento para todo el proceso de manejo de los sistemas de producción. Para la evaluación de la fertilidad, fue aplicada la metodología planteada por Osorio (2015): esto conllevó no muestrear en sitios recién abonados, ni en calles, ni junto a caminos, sino directamente en el terreno, en condiciones lo más homogéneas posibles, con ayuda de un barreno o pala y a una profundidad de 25 cm, limpiando previamente el sitio de muestreo. Al final del submuestreo, se mezcló con herramienta fina el suelo recolectado y se separó aproximadamente 1 Kg en bolsa plástica a ser usada por primera vez, se selló e identificó, para posteriormente, llevar al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Se identificaron los diferentes parámetros de fertilidad de suelo, como se puede observar en la tabla 3.

Adicionalmente, para las fincas seleccionadas con sistema de producción ecológica, se realizó análisis de calidad de abonos sólidos (bioinsumos), en el laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia (Medellín), para identificar minerales, características físico-químicas, metales pesados y carga microbiana patógena limitante o no (Tabla 4).

Tabla 3. *Parámetros definidos para análisis físico-químico de fertilidad de suelos y materia orgánica.*

Parámetros	Métodos de extracción	Unidades	Determinación analítica
P	Bray II	mg/Kg	Espectrofotometría visible
Ca, Mg, K y Na	Acetato amonio 1M	cmolc/Kg	Absorción atómica
Al	KCl 1M	cmolc/Kg	Titulación
S	Fosfato de calcio 0,008M	mg/Kg	Turbidimetría
Fe, Mn, Cu y Zn	OLSEN modificado	mg/Kg	Absorción atómica
B	Agua caliente	mg/Kg	Espectrofotometría visible
Materia orgánica M.O.	Walkley-Black	%	Oxidación con dicromato de potasio en medio de ácido sulfúrico.
pH	En agua (1:2)	-	pH-metro
Textura	Bouyucos-hidrómetro	-	Densimetría

Fuente: Osorio, W. (2015)

Tabla 4. *Análisis de Minerales y Físico-Químicos y otros para calidad de abonos sólidos fabricados en finca.*

Parámetros	Métodos o técnicas de medida	Unidades	Tipo de digestión
Aluminio total, Calcio total, Magnesio total, Potasio total, Sodio total y Zinc Total	Electroforesis capilar	%	Ácidos fuertes
Carbono orgánico oxidable total	Titulométrica	%	Ácido sulfúrico y dicromato
Fosforo total	Espectrofotometría	%	Agua regia
Nitrógeno orgánico total	Kjeldahl	%	Ácido sulfúrico
pH	Potenciometría	-	-
Relación C/N	Fórmula	-	-
Metales pesados: Cd, Cr, Ni, Pb, Hg y As	Absorción atómica	ppm	-

Fuente: Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM)

### 7.2.3. Análisis Estadístico.

Se efectuó un análisis descriptivo comparativo por medio del MODELO LINEAL GENERAL (GLM), incorporando los contrastes multidimensionales derivados del análisis multivariado de la varianza MANOVA, se utilizó el paquete estadístico SAS UNIVERSITY.

## 7.3. Resultados y Discusión parte 1ª: Análisis descriptivos comparativos entre sistemas

### 7.3.1. Aspecto Orgánico.

No se encontró diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ), en los contenidos de materia orgánica (M.O.), entre los sistemas productivos de manejo de hortalizas, al comparar el Sistema Convencional Mejorado CM: 13.4 con respecto al Sistema Ecológico ECO: 14.7 (Tabla 5).

Tabla 5. *Determinación del contenido de materia orgánica en suelos.*

SISTEMA	CONVENCIONAL MEJORADO CM		ECOLÓGICO ECO	
Variable	MEDIA±STD	CV	MEDIA±STD	CV
Materia orgánica	13.4±4.5 a	33.6	14.7±6.0a	40.8

En estudios de clima frío en Antioquia, los niveles de M.O. dan cuenta de una disminución de la mineralización, por la baja reacción del suelo, el Aluminio Al presente, los minerales amorfos alofánicos, la baja temperatura y los desbalances nutricionales (Guerrero, 1998). El contenido alto de M.O., no es necesariamente un índice de disponibilidad de Nitrógeno N, por el ambiente desfavorable para la actividad de las bacterias nitrificantes que presenta el alófono; resultado de la estabilidad de los complejos orgánicos nitrogenados y cationes polivalentes como Hierro Fe y Al, dando valores de pH bajos (Matus, Rumpel, Neculman, Panichini y Mora, 2014).

En un mayor número de predios ecológicos (88%), comparados con los convencionales mejorados (70%), hubo contenidos de M.O. mayores a 10%, explicado en el tipo de manejo dado en los primeros, al mantener coberturas vivas en las parcelas de cultivo, como diversidad de cultivos, incluidas las leguminosas y uso de enmiendas orgánicas (EO), y sin aplicación de herbicidas. Calbrix et al., (2007), sostienen que las problemáticas del suelo generadas por el mal manejo, ocasionan en especial la disminución del contenido de materia orgánica, que pueden solucionarse a través del uso de enmiendas orgánicas para restaurar el estatus de la calidad del suelo, en especial propiedades como el suministro de nutrientes. Aparna, Pasha, Rao y Krishnara (2014), señalan que el uso de estiércoles animales es económica y socialmente efectivos en países en desarrollo.

El seguimiento de los parámetros de calidad de las materias primas orgánicas de la finca, con protocolos de mezclas entre ellas, cuidando su elaboración y maduración, junto a la cuantificación de necesidades de demandas por los cultivos y parámetros de liberación de nutrientes, permite lograr una adecuada previsión de manejo de los bioinsumos (Coleman, Malcom y Uehara, 1989). Las mezclas de las EO con materiales menos compresibles y función estructuradora, brindan porosidad y oxígeno para la actividad microbiana; redundando en ahorro de fertilizantes y plaguicidas, por función supresiva de enfermedades (Pergola, Persiani, Palese, Di Meo, Pastore, D'Adamo y Celano, 2017). La base de la nutrición de cultivos en los sistemas ecológicos se fundamenta en la fabricación de abonos sólidos, que siguen protocolos de acuerdo a las materias primas permitidas y accesibles a nivel de finca, y cuyos resultados para dos periodos de evaluación diferentes han sido contrastados (Tablas 6 y 7).

Tabla 6. Resultados Análisis de Minerales para Calidad de Enmiendas en Agricultores Ecológicos.

Período de muestreo	Codificación	Resultados					
		Aluminio total (%)	Calcio total (%)	Magnesio total (%)	Potasio total (%)	Sodio total (%)	Zinc total (%)
Fecha	Muestra	Al	CaO	MgO	K2O	Na	Zn
25-jun-14	01	-	15,06	1,09	3,208	0,259	0,0433
25-jun-14	02	-	2,862	1,228	1,959	0,1419	0,0456
25-jun-14	03	-	3,87	0,685	1,34	0,0796	0,0192
25-jun-14	05	-	4,955	0,993	1,603	0,142	0,02323
25-jun-14	06	-	0,74	1,024	1,6	0,1704	0,022
25-jun-14	07	-	18,32	0,47	1,18	0,1293	0,0354
25-jun-14	08	-	3,736	0,944	1,279	0,1335	0,03121
25-jun-14	09	-	7,05	1,197	1,602	0,2146	0,0476
19-nov-15	13	0,54	1,15	0,567	1,32	N.D	0,61938
19-nov-15	14	2,52	4,11	0,368	0,62	N.D	0,347
19-nov-15	15	2,4	3,55	0,52	0,99	N.D	0,413
19-nov-15	16	0,39	2,468	0,5	1,562	N.D	0,5561
19-nov-15	17	0,135	4,54	0,469	0,595	N.D	0,22
19-nov-15	18	0,135	3,94	1,037	1,17	N.D	0,258
19-nov-15	19	4,93	2,0056	0,415	1,51	N.D	0,463
19-nov-15	20	0,84	3,6	1,13	2,194	0,09	0,5128
19-nov-15	21	0,43	4,24	0,71	1,67	0,065	0,42
Estadísticos descriptivos							
Fecha	Estadísticos	Al	CaO	MgO	K2O	Na	Zn
25-jun-14	Mínimo	ND	0,740	0,470	1,180	0,080	0,019
25-jun-14	1er cuartil	ND	3,518	0,879	1,325	0,133	0,023
25-jun-14	Mediana	ND	4,412	1,009	1,601	0,142	0,033

25-jun-14	Media	ND	7,074	0,954	1,721	0,159	0,033
25-jun-14	3er cuartil	ND	9,053	1,117	1,692	0,181	0,044
25-jun-14	Máximo	ND	18,320	1,228	3,208	0,259	0,048
19-nov-15	Mínimo	0,135	1,150	0,368	0,595	0,065	0,220
19-nov-15	1er cuartil	0,390	2,468	0,469	0,990	0,071	0,347
19-nov-15	Mediana	0,540	3,600	0,520	1,320	0,078	0,420
19-nov-15	Media	1,369	3,289	0,635	1,292	0,078	0,423
19-nov-15	3er cuartil	2,400	4,110	0,710	1,562	0,084	0,513
19-nov-15	Máximo	4,930	4,540	1,130	2,194	0,090	0,619
Pruebas	<b>Contraste de medias</b>						
	t-estadístico	ND	1,7881	2,4662	1,5195	1,9629	-8,2698
	p-valor	ND	0,09398	0,02619	0,1494	0,08528	5,71E-07
	Interpretación	ND	Se rechaza la Ho de igualdad de medias en favor de la H1 de diferencia de medias a un valor inferior al 10%	Se rechaza la Ho de igualdad de medias en favor de la H1 de diferencia de medias a un valor inferior al 5%	No se rechaza la Ho de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	Se rechaza la Ho de igualdad de medias en favor de la H1 a un valor inferior al 10%	Se rechaza la Ho de igualdad de medias en favor de la H1 de diferencia de medias a cualquier nivel de significancia

Ho: hipótesis nula. H1: alternativa

De acuerdo a los resultados de análisis de minerales, las enmiendas orgánicas producidas en fincas ecológicas, presentaron cambios de calidad entre periodos de evaluación, con menores contenidos en el segundo año respecto al primero y en especial para los contenidos de CaO, MgO y Zn (Tabla 6), lo que afecta los resultados para una adecuada nutrición de cultivos.

Tabla 7. Resultados Análisis de Características Físico-Químicas para Calidad de Enmiendas en Agricultores Ecológicos.

Fecha	Muestra	Resultado								
		Cenizas (%)	CIC (meq/100g)	COOT (%)	CRA (%)	Fósforo total (%)	Humedad (%)	NOT (%)	pH (10%)	Relación C/N
25-jun-14	1	59,2	67,3	16,5	136	3,25	39,6	1,54	7,84	10,7
25-jun-14	2	51,1	94,9	20,2	162	2,61	52,7	1,83	7,36	11,1
25-jun-14	3	64,6	70,4	14,6	136	2,82	39,5	1,37	7,39	10,7
25-jun-14	5	44,1	64,3	19,9	123	1,11	21,2	0,94	7,4	21,1
25-jun-14	6	42,2	73,4	28,5	210	1,94	29,5	1,59	7,29	17,9
25-jun-14	7	67,5	67,3	13,5	138	0,99	48,2	1,11	7,08	12,2
25-jun-14	8	45,7	83,6	23,6	182	1,33	60,1	0,99	7,53	23,8
25-jun-14	9	44,5	49	18	113	1,87	17,4	1,45	7,47	12,4
19-nov-15	13	80	36,9	6,42	72,6	0,101	28,7	0,64	8,73	10
19-nov-15	14	64,9	53,5	11,6	115	0,488	34,5	0,8	7,62	14,5
19-nov-15	15	62,4	53,8	11,8	91	0,599	26,7	1,15	7,01	10,3
19-nov-15	16	50,5	64	20,5	119	0,745	22,2	1,69	7,64	12,1
19-nov-15	17	62,7	57,3	13,1	121	0,019	49,5	0,95	7,87	13,8

19-nov-15	18	44,4	63,1	24,4	112	1,113	60,6	2,3	6,85	10,6
19-nov-15	19	66,9	72,4	13,8	82,7	0,29	18,7	0,9	7,84	15,3
19-nov-15	20	49,8	82,4	20,2	139	2,561	20,6	1,99	7,31	10,2
19-nov-15	21	50,8	72,5	20,7	174	1,95	54,1	1,59	7,64	13
<b>Estadísticos descriptivos</b>										
Fecha	Estadístico	Cenizas	CIC	COOT	CRA	Fósforo total	Humedad	NOT	pH (10%)	Relación C/N
25-jun-14	Mínimo	42,2	49	13,5	113	0,99	17,4	0,94	7,08	10,7
25-jun-14	1er cuartil	44,4	66,55	16,02	132,8	1,275	27,43	1,08	7,343	11
25-jun-14	Mediana	48,4	68,85	18,95	137	1,905	39,55	1,41	7,395	12,3
25-jun-14	Media	52,36	71,28	19,35	150	1,99	38,52	1,353	7,42	14,99
25-jun-14	3er cuartil	60,55	75,95	21,05	167	2,663	49,33	1,552	7,485	18,7
25-jun-14	Máximo	67,5	94,9	28,5	210	3,25	60,1	1,83	7,84	23,8
19-nov-15	Mínimo	44,4	36,9	6,42	72,6	0,019	18,7	0,64	6,85	10
19-nov-15	1er cuartil	50,5	53,8	11,8	91	0,29	22,2	0,9	7,31	10,3
19-nov-15	Mediana	62,4	63,1	13,8	115	0,599	28,7	1,15	7,64	12,1
19-nov-15	Media	59,16	61,77	15,84	114	0,874	35,07	1,334	7,612	12,2
19-nov-15	3er cuartil	64,9	72,4	20,5	121	1,113	49,5	1,69	7,84	13,8
19-nov-15	Máximo	80	82,4	24,4	174	2,561	60,6	2,3	8,73	15,3
<b>Contraste de medias</b>										
	t-estadístico	-1,3111	1,4524	1,3326	2,3463	2,6993	0,46159	0,078255	-0,92681	1,4879
	p-valor	0,2096	0,167	0,2026	0,03312	0,01648	0,651	0,9387	0,3687	0,1575
	Interpretación	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	Se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias en favor de la alternativa de diferencia de medias a un valor inferior al 5%	Se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias en favor de la alternativa de diferencia de medias a un valor inferior al 5%	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos	No se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Implicando que la intervención no tuvo efectos

CIC: Capacidad de intercambio catiónico, COOT: Carbono orgánico oxidable total, CRA: Capacidad de retención de agua, NOT: Nitrógeno orgánico total

De acuerdo a los resultados de análisis físico-químico, las EO producidas en finca de los agricultores ECO, presentaron cambios de calidad entre periodos de evaluación, con menores contenidos en el segundo año y en especial para la capacidad de retención de agua y el P (Tabla 7), lo que afecta los resultados para una adecuada nutrición de cultivos. Al mermar la primera de las variables, se pregunta entonces por disminución en la conservación del agua en el suelo.

### 7.3.2. Aspecto Químico.

#### 7.3.2.1. Variable pH.

No existe diferencia significativa en pH entre los dos sistemas de producción ( $p > 0.05$ ). Los valores medios estadísticos de 5.6 en CM y de 5.9 en ECO, expresan contenidos considerados

moderadamente ácidos (Ver Tabla 8). Si se detectó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ), para las variables: Ca, Mg, CICE, Fe, Cu.

Tabla 8. *Aspecto Químico.*

Sistema	CM		ECO	
Variable	MEDIA±STD	CV	MEDIA±STD	CV
pH	5.6±0.4 a 7.5		5.9±0.5 a 8.9	
Al	0.11±0.2 a 244.7		0.06±0.15 a 237.8	
Ca	17.4±13.5 a 77.5		5.2±3.1 b 60.1	
Mg	2.7±3.3 a 122.1		0.9±0.8 b 99.5	
K	0.66±0.2 a 35.6		0.62±0.3 a 51.4	
Na	0.03±0.04 a 138.9		0.02±0.03 a 147.1	
CICE	21.0±16.5 a 78.5		6.8±3.8 b 56.0	
P	53.3±65.8 a 123.3		29.2±29.9 a 102.2	
S	23.8±14.5 a 61.1		26.1±22.5 a 86.2	
Fe	109.5±92 a 84.6		58.5±28.6 b 48.9	
Mn	7.8±4.9 a 63.8		7.0±5.0 a 71.2	
Cu	4.8±4.1 a 84.9		2.4±1.0 b 43.2	
Zn	6.1±3 a 49.2		6.7±4.3 a 65.1	
B	0.32±0.3 a 104.7		0.35±0.24 a 67.9	
MANOVA	Wilk's L.	$p < 0.0001$	Pillai's Trace	$p < 0.0001$

Tabla 9. *MANOVA COMPARACIONES*

PRUEBA	ASPECTO FISICO	ASPECTO QUIMICO
Wilks' Lambda	0.3348	0.0249
Pillai's Trace	0.3348	0.0249
Hotelling-Lawley Trace	0.3348	0.0249
Roy's Greatest Root	0.3348	0.0249

Hay diferencia en el aspecto químico entre los sistemas, en lo físico no hay diferencia (Tabla 9). Lo que indica condiciones de manejo de fertilidad de suelos con diferencias entre sistemas.

Es de destacar que la estabilidad reseñada atrás de la M.O., es cierta aún en estos suelos trabajados por los dos sistemas de producción, CM y ECO, donde el pH es moderadamente ácido y ella ejerce una capacidad tampón o de estabilidad (Guerrero, 1998).

Sin embargo, cabe destacar que en el sistema CM, prácticamente el pH se mantuvo constante entre años, con valor medio de 5.6 y sostenido a expensas de altas aplicaciones de enmiendas como cal y gallinaza comercial. Bhattacharya et al. (2016), subrayan que la utilización excesiva

de fertilizantes sintéticos en los sistemas convencionales, acidifica fácilmente el suelo sino se hace uso de agentes suplementarios alcalinos.

Mientras que en el sistema ECO el pH subió 0,4 puntos en comparación entre años, con un valor medio de 5.9, lo cual se explica por el mejor aprovechamiento de la M.O., tratando de ajustarse la aplicación de acuerdo a los criterios de la norma ecológica. La M.O. añadida, es generalmente fabricada en finca con materia prima animal, colocada en descomposición en pilas de compost con material vegetal tipo hojarasca o proveniente de mezclas de pastos de corte, forrajeras y deshierbes. Bulluck III, Brosuis, Evanylo y Ristaino (2002) enfatizan que los beneficios de enmiendas de compost al suelo contribuyen a la estabilización del pH y a una mejor tasa de infiltración de agua debido a la agregación mejorada del suelo. Muscolo, Papalia, Settineri, Mallamaci y Jeske-Kaczanowska (2018), expresan que estabilizan la estructura y disminuyen la densidad aparente, proporcionando un ambiente de suelo saludable.

En los predios ECO según análisis de suelos, existe una ganancia en el tiempo de disponibilidad de elementos como el P, S y K, y disminución de disponibilidad del Fe, Ca y Mg (Tabla 8). Las materias primas utilizadas para el manejo de la nutrición de plantas, deben ser complementadas con materiales orgánicos y minerales permitidos, más ricos en Ca y Mg, cumpliendo con los requisitos de composición y sincronización de cantidades. Entre años de comparación se presentan diferencias significativas de medias en las EO en estos elementos, afectando los aportes de nutrientes en el último año (Tablas 6 y 7).

El efecto de encalado producido por las enmiendas de carácter orgánico, se da por: i) consumo de protones durante la descarboxilación de los ácidos orgánicos en la descomposición de los residuos vegetales, ii) consumo de protones por grupos asociados al material orgánico, y iii) adsorción de moléculas orgánicas sobre superficies minerales, liberando  $\text{OH}^-$  (Mokolobate y Haynes, 2002, citados por Moreno, Moral, García, Pacual y Bernal, 2014). Otros mecanismos son la adsorción de M.O. sobre la superficie de los aluminosilicatos, lo que impide el intercambio de Al con la disolución del suelo (Moreno et al., 2014).

En suelos volcánicos como estos, la descomposición microbiana de la materia orgánica podría estar limitada por la toxicidad de Al (Matus et al, 2014) cuando los valores de pH son bajos, particularmente importante en los suelos alu-ándicos (dominados por complejos Al-humus). Lo contrario sucede para los suelos sil-ándicos (dominados por alófano), o suelos ándicos, donde el pH es mayor (Dahlgren et al., 2004, citados por Matus et al, 2014). Por las condiciones de suelos y manejo en los que se trabajan hortalizas en el Oriente Antioqueño, se confirma que el Al no

presenta limitantes para la actividad microbiana, no existen complejos Al-humus significativos, más cuando los niveles de pH se sostienen por encima de 5,5. Por ello, los resultados son mejores en los sistemas ECO estudiados debido a la menor concentración de nutrientes en los suelos que con respecto a los sistemas convencionales con contenidos demasiado altos.

#### **7.3.2.2. Variable Aluminio.**

Los niveles obtenidos de aluminio en ambos sistemas, con valores estadísticos de 0.11 en CM y de 0.06 en ECO, sin diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) y con un alto coeficiente de variación, expresan contenidos bajos, no limitantes del desarrollo de los cultivos, ya que su valor es muy cercano al 0 (Tabla 8), lo que coincide con el estancamiento del pH en sistemas CM y mejores valores de estabilización del pH en sistemas ECO, entre años de comparación.

El uso continuo de la cal agrícola, da como resultado aumentos del pH del suelo, al remover el Al de los sitios de intercambio para obtener su neutralización (Osorio, 2015). A un pH  $> 5$ , la meteorización del ácido carbónico hace que el suelo produzca formaciones alofánicas, permitiendo la polimerización y co-precipitación del Al junto al silicio (Si); mientras que a un pH  $< 5$ , es favorecida la formación de complejos metálicos (Al y Fe)-humus (Matus et al, 2014).

Los altos contenidos de extracción de Ca en estos sistemas CM (Tabla 8), son incluso aumentados considerablemente entre años de muestreo por la aplicación adicional de fuentes de gallinaza con altos contenidos de carbonatos que compiten con el Al. Y en los sistemas ECO, a pesar de la disminución en los contenidos de extracción de Ca entre años de comparación, no se encontraron problemas de toxicidad de aluminio, favorecido por los abonos orgánicos fabricados en finca, aplicados moderadamente y en mezclas cada vez más estudiadas de ingredientes orgánicos provenientes de especies vegetales como las forrajeras y especies animales como cabras y ganado vacuno y fuentes minerales, que favorecen la acción microbiológica y la liberación de nutrientes.

Las forrajeras más utilizadas y que hacen parte del sistema de manejo ECO para alimentación animal son maní forrajero (*Arachis pinto*), quiebrabarrigo (*Trichantera gigantea*), matarratón (*Gliricida sepium*), morera (*Morus alba*) y botón de oro (*Thitonia diversifolia*), entre otras, que además contribuyen a la competencia con el Al, al aplicarlas al suelo ya como materia orgánica compostada. De acuerdo a Camacho (2009), muchas de estas especies producen metabolitos secundarios como fenoles sesquiterpenos y cumarinas, que pueden contribuir en buena forma al control alelopático de arvenses o plagas. Los microorganismos presentes en el suelo son capaces

de descomponer los polímeros fenólicos en sus monómeros a través de un proceso conocido como deglicoxidación. Estas moléculas orgánicas se asocian fuertemente a las matrices de aluminio- silicatos del suelo contribuyendo a la competencia contra el Al.

Las biomoléculas que integran la M.O., ejercen una influencia muy importante en la formación y transformación de los óxidos metálicos de Fe y Al y en la alteración resultante de sus propiedades de superficie (Huang, Wang y Chiu, 2005).

### **7.3.2.3. Variable Hierro (Fe).**

Existe diferencia significativa en hierro (Fe) entre los dos sistemas ( $p < 0.05$ ), siendo los niveles promedios altos en ambos sistemas, en especial en el sistema CM de 109.5, mientras fue de 58.5 en ECO, que puede significar posible toxicidad por este elemento, siendo más crítico en el sistema productivo convencional en especial en el caso de tomate bajo invernadero, donde los valores son más altos (Tabla 8).

En experimentos de incubación con los complejos de Fe y Al de compuestos orgánicos modelo (ácido cítrico, la melanina fúngica, ácidos húmicos y fúlvicos), se encontró que las tasas de descomposición son más bajas para los complejos con altas relaciones metales/grupo funcional. El contenido de metal superó la capacidad de formación de complejos de los compuestos orgánicos (Boudot et al., 1998, citados por Zech et al., 1997). La formación de tales complejos fuertes entre los metales y la materia orgánica disuelta, remueve los primeros de la reserva biodisponible y por lo tanto, reduce su disponibilidad y crea potencial de toxicidad para los organismos del suelo (Jansen, 2003). Por ello, la importancia del conocimiento y manejo de las cantidades y calidades de la materia orgánica en los planes de nutrición de cultivos (Gámiz, Celis, Hermosin y Cornejo, 2010; Spalding, Brooks y Watson, 2010). La elevada superficie específica en el caso de los óxidos de hierro y la forma en que se dispongan como cubiertas en torno a las partículas orgánicas, implica que muchas propiedades de superficie de los suelos sean dependientes de los óxidos de hierro, afectando la disponibilidad de elementos esenciales para las plantas (Acevedo, Ortiz, Cruz y Cruz, 2004). En un medio anóxico, estas asociaciones orgánicas de Fe están expuestas a la reducción microbiana, liberando materia orgánica en la solución del suelo y causando gases de efecto invernadero (Poggenburg, Mikutta, Schippers, Dohrmann y Guggenberge, 2018), por eso la necesidad de un buen manejo de la conservación del suelo, más probable en sistemas ecológicos.

Esto podría ser lo que sucede en suelos con sistemas convencionales como los estudiados, donde se encuentra mayor exceso de Fe y aún de Cu, que en los sistemas ecológicos. Es así como el sistema ECO está presentando ventajas frente al sistema CM, debido a menor complejación del Fe por la M.O., en este último; se pierde así la capacidad de inmovilizar los complejos de Fe y Al, haciéndolos en exceso más disponibles, con posibilidad de efectos tóxicos. Mientras que el manejo ECO que no esteriliza el suelo con herbicidas, es decir, no inmoviliza nutrientes, permite que la M.O. cumpla mejor su función de complejizar los minerales y hacerlos disponibles en una medida más acorde con las necesidades de los cultivos, sin causar toxicidad.

De acuerdo a Nguyen et al., (2016), la dependencia en los herbicidas ya sea en agricultura denominada de conservación como en sistemas convencionales con fines de ahorrar costos, ha conducido al uso del glifosato que inhibe la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), clave en la vía del shikimato, que incide en la síntesis de aminoácidos aromáticos, responsables del crecimiento vegetal, pero dicha ruta también está en los microorganismos y puede ser alterada, afectando el crecimiento y actividad microbial. Los microorganismos del suelo son responsables de numerosas funciones, entre ellas, el ciclaje de nutrientes, la formación de agregados y la renovación de la materia orgánica; por lo tanto, los impactos en la comunidad microbiana pueden afectar posteriormente la fertilidad del suelo y la producción de cultivos.

El contenido y manejo apropiado de la materia orgánica, contribuye a la disponibilidad del hierro, reduce su fijación química o su precipitación como hidróxido férrico, favorecido por el crecimiento de las poblaciones microbianas, las cuales descomponen la materia orgánica para liberarlo de los compuestos orgánicos en formas asimilables para las plantas (Nelson, 2011).

#### **7.3.2.4. Variable Fósforo (P).**

No hay diferencia significativa en la disponibilidad de Fósforo (P) entre sistemas productivos, aunque el promedio es alto en el sistema CM; y en el sistema ECO, el P se encuentra en el límite superior de nivel medio de disponibilidad (Tabla 8). En ambos sistemas se ha visto favorecida la disposición de P por los buenos contenidos de M.O. en el suelo y a la aplicación de fertilizantes sintéticos con P en el sistema CM. Y en los sistemas ECO a su activación por procesos como la aplicación de abonos orgánicos sólidos y líquidos elaborados en finca, ricos en microorganismos, que complejizan los hidróxidos de Fe y Al.

La aplicación de materia orgánica que suministra P a través de la hojarasca, en la M.O. humificada y en la biomasa microbiana (Osorio, 2015), aumenta la solubilidad de P, disminuye su fijación y

por lo tanto mejora la disponibilidad para las plantas, por la acción de los microorganismos (Bhattacharyya et al., 2015). Ayuda en ello, el bloqueo de sitios de adsorción de P, la regulación del pH del suelo y la formación de complejos de Fe y Al solubles por moléculas orgánicas (Malik, Marschner y Khan, 2012; Bhattacharyya et al., 2015).

#### **7.3.2.5. Variable Calcio (Ca).**

El Calcio presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre sistemas productivos (Tabla 8). En un análisis detallado de los análisis de suelos en el sistema ECO, se encuentra que sólo el 6% de los resultados contienen niveles altos de Ca y el 41,2% presentan niveles medios. Mientras en los sistemas CM, el 25% de los análisis representan niveles medios de Ca. Existe un esfuerzo de todas formas considerable en los sistemas ECO por lograr ese nivel medio de Ca. Esto permite confirmar que los agricultores de los sistemas productivos CM aplican indiscriminadamente mayor cantidad de dosis de cal y abonos orgánicos de los requeridos, lo que ha conllevado a elevar desproporcionadamente los niveles de Ca en el suelo y a desbalancear las relaciones con otros nutrientes. Osorio (2015), afirma que el sobreencalamiento obedece a abusivas adiciones de dosis muy altas de cal o su frecuencia permanente en cada nueva siembra.

En los sistemas ECO a pesar de presentar mejor promedio de resultados, con niveles medios de Ca, estos niveles han disminuido entre los dos años de comparación, debido a la disminución en el uso de enmiendas calcáreas en el último año de evaluación y por el sistema de manejo de la fertilización orgánica particular de cada agricultor, donde las aplicaciones como calidades de materiales empleados tendrían que ser mejor sincronizadas de acuerdo a exigencias nutricionales de los cultivos.

Dichos cálculos son realizados sin rebasar la norma de Nitrógeno/hectárea (170 Kg/año para estiércol de finca) y que deben ser complementadas con fuentes permitidas de Calcio para la agricultura orgánica (Marín, 2005).

#### **7.3.2.6. Variable Magnesio (Mg).**

Se encontró diferencia significativa en la disponibilidad de Magnesio (Mg) entre los dos sistemas de producción ( $p < 0.05$ ) (Tabla 8). Mientras en el sistema CM, el 55% de los resultados presentan niveles considerados medios (aceptables) de Mg; en el sistema ECO, sólo el 29.4% de ellos presenta niveles medios y el 58,8% presenta niveles bajos de Mg, por debajo del nivel crítico de 1.0 cmol/Kg. El cambio se dio en el último año también, como sucedió con el Calcio, en este sistema, pero siendo más crítico en Mg. La fabricación de los abonos sólidos en finca, debe prever

en las fórmulas esta situación, donde predominan otros nutrientes, caso el potasio y aún presencia de Al. Así mismo, las características de calidad y cantidad del material vegetal utilizado que puede ser variable entre año y año, debido a condiciones climáticas y de manejo diferenciales y a la propia procedencia de fuentes disponibles en la finca.

La tasa de descomposición y liberación de nutrientes están influenciadas por la composición química de las enmiendas orgánicas (Marschner, Hatam y Cavagnaro, 2015). Por ejemplo, las enmiendas orgánicas con una baja relación Carbono/nutriente, suelen dar lugar a la liberación neta de nutrientes, lo contrario con una relación alta, que conduciría a la inmovilización neta de nutrientes (Paul, 2006, citado por Marschner et al., 2015). Generalmente, los materiales orgánicos con  $C/N > 20$  y  $C/P > 200$  resultan en al menos una inmovilización neta temporal (Marschner et al., 2015).

Se encuentran relaciones C/Mg en rangos de 11.3 a 41.0 con un promedio de 26.4, en los análisis de los abonos sólidos de los agricultores ECO. Por lo demás, las relaciones encontradas de C/N y C/P no revelan la existencia de una inmovilización de nutrientes como N y P. Los contenidos de Mg como en el suelo, también son relativamente bajos en estos abonos sólidos (Tablas 6 y 7).

#### **7.3.2.7. Variable CICE.**

La CICE (Tabla 8), es el resultado del análisis dado de las bases intercambiables, es decir, Ca, Mg, K y Al. De acuerdo a ello, el sistema CM presenta diferencia significativa con el sistema ECO debido a las altas extracciones arrojadas de Ca y Mg en el primero de los sistemas ( $p < 0.05$ ). Los rendimientos de cosecha en los sistemas intensivos convencionales reflejan resultados dos veces más altos con respecto a los ECO en estudio, pero considerando cultivos individualmente en áreas iguales, además con altos costos de producción en insumos externos y el problema de la residualidad de plaguicidas en los productos.

Las gallinazas generalmente empleadas a gran escala en los sistemas CM, son una fuente importante de  $Ca^{2+}$  para las plantas, normalmente debieran estar dentro del rango 0,5 a 1,0% de este ion, pero puede llegar a ser más alto, encontrándose hasta 10% de calcio en virtud del aporte de  $CaCO_3$  en la dieta de las gallinas para mejorar la concentración de Ca en la cáscara del huevo. Con la adición continua de enmiendas orgánicas a base de gallinaza, el aporte de Ca se vuelve considerable, haciendo que en el suelo se aumente más allá de lo deseado, y por ende la CICE es demasiado alta, y más si adicionalmente se encala (Osorio, 2015), junto a la aplicación de fertilizantes compuestos con contenidos significativos de Mg.

### 7.3.2.8. Elementos menores.

Fuera de lo ya reseñado sobre el Fe, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el cobre (Cu), siendo de un nivel aceptable en el sistema ECO y otra vez alto como en el Fe, en el sistema CM. El aumento de la concentración de cobre en los predios CM, se vuelve a dar en el sistema de tomate bajo condiciones protegidas, debido al manejo del suelo, caracterizado por altas aplicaciones de fuentes nitrogenadas tanto orgánicas e inorgánicas conjuntamente, la primera de ellas con adición de elementos menores repetidos en el tiempo, que puede producir efectos de aumento de los niveles de Cu en el suelo.

El análisis multivariado de la varianza MANOVA, permitió establecer diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre sistemas, al evaluar de manera conjunta las variables químicas del suelo (acápites 7.3.2.3. para la variable Hierro (Fe), 7.3.2.5. para la variable Calcio (Ca), 7.3.2.6. para la variable Magnesio (Mg), 7.3.2.7. para la variable CICE, tabla 8, anexo 7).

## 7.4. Resultados y Discusión parte 2<sup>a</sup>: Correlaciones

### 7.4.1. Correlación del aspecto físico en sistemas convencionales de hortalizas.

Tabla 10. *Correlación física en sistemas productivos convencionales de hortalizas*

CORRELACION ASPECTO FISICO CM				
	A	L	Ar	
A	100.000	-0.75278 0.0001	-0.80542 <.0001	
L	-0.75278 0.0001	100.000	0.27183 0.2463	
Ar	-0.80542 <.0001	0.27183 0.2463	100.000	

Existe una relación inversa entre el contenido de arena de los suelos en sistemas CM respecto al limo y la arcilla, pero no se detectó relación entre el contenido de limo y la arcilla. Esto concuerda con las clases texturales determinadas por el análisis de suelos en estos sistemas: francas y franco-arenosas, donde los contenidos de arenas son predominantes sobre los de limo y arcilla (Tabla 10, Anexo 7).

#### 7.4.2. Correlación del aspecto físico en sistemas productivos ecológicos de hortalizas.

Tabla 11. Correlación física en sistemas productivos ecológicos de hortalizas.

CORRELACION ASPECTO FISICO ECO			
	A	L	Ar
A	100000	-0.26005 0.3134	-0.70794 0.0015
L	-0.26005 0.3134	100000	-0.47709 0.0528
Ar	-0.70794 0.0015	-0.47709 0.0528	100000

Solo se detectó relación inversa entre la arena y la arcilla. Esto concuerda con las clases texturales determinadas por el análisis de suelos en los sistemas ECO, que son predominantemente franco-arenosas, donde los contenidos de arenas son predominantes sobre los de arcilla (Tabla11, Anexo 7).

#### 7.4.3. Correlaciones Químicas en el Sistema Productivo Convencional

Tabla 12. Coeficientes de correlación de variables químicas de suelo en sistemas convencionales de hortalizas.

Coeficientes de Correlación de Spearman, N = 20, probabilidad >  r  bajo hipótesis H0: Rho=0							
	pH	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE
P	0.34609	-0.22226	0.03690	0.16591	0.15023	0.36643	0.04214
	0,135	0,3463	0,8773	0,4845	0,5273	0,112	0,86
S	-0,05	0,29825	0,49115	0,51229	0,59171	-0,73435	0,49003
	0,8342	0,2015	0,0279	0,0209	0,006	0,0002	0,0283
Fe	-0,47804	0,58251	0,00866	-0,01172	-0,22524	-0,09064	0,02258
	0,033	0,007	0,9711	0,9609	0,3397	0,7039	0,9247
Mn	0,24724	-0,27031	0,16793	0,07479	0,27421	-0,43444	0,14588
	0,2933	0,2491	0,4791	0,754	0,242	0,0556	0,5394
Cu	-0,36702	0,51782	0,30862	0,12414	0,23327	-0,12372	0,31789
	0,1114	0,0194	0,1855	0,602	0,3223	0,6033	0,172
Zn	0,10524	-0,19364	0,18723	0,09664	0,12329	0,47455	0,17035
	0,6588	0,4134	0,4293	0,6852	0,6045	0,0345	0,4727
B	-0,28117	0,20828	0,20959	0,13283	0,03098	0,29614	0,2293
	0,2298	0,3782	0,3752	0,5767	0,8968	0,2049	0,3308

Destacan las correlaciones encontradas entre las variables químicas como el S y las bases intercambiables, así como entre los elementos Fe y Al con el pH y el P con el Zn, que brinda elementos de análisis sobre el manejo particular de la fertilidad de suelo en los sistemas productivos convencionales de hortalizas.

#### **7.4.3.1. Correlación del S con otros elementos en el sistema convencional.**

El contenido de disponibilidad de azufre (S) en los suelos del sistema CM, se encuentra en una relación directa con el Ca, Mg, K y la CICE, es decir, cuando cada una de dichas variables aumenta, aumenta el S (Tabla 12). Puede ser explicado de una parte por el alto uso en los últimos años de fertilizantes inorgánicos complejos tipo NPK que a su vez contienen en su composición Ca, Mg, K y S, o ya sea haciendo parte de otros compuestos adicionales comprados por los agricultores como elementos menores. De otro lado, explicado por el uso de enmiendas orgánicas comerciales con alto contenido de Ca y la cal dolomita aplicadas cada vez que se siembra, así mismo el uso de otras enmiendas inorgánicas a base de yeso, roca fosfórica y bórax, muy común en estos sistemas (23% CaO; 11,5% MgO; 5% S). Todas las parcelas de cultivos de estos sistemas sin excepción, aumentaron las concentraciones de S. De acuerdo a Piotrowska-Długosz, Siwik-Ziomek, Długosz y Gozdowski, 2017, sólo estudios especiales tanto en el espacio como en diferentes épocas podrá dar explicaciones mayores sobre el comportamiento del azufre (S).

Mehlich (1964), citado por Scherer (2001), encontró que la liberación del  $\text{SO}_4^{2-}$  adsorbido, estaba en relación a la adición de incrementos sucesivos de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , que se supone que es un resultado del aumento de pH. Por lo tanto, poca adsorción de  $\text{SO}_4^{2-}$  es de esperar en los suelos superficiales que están encalados de manera adecuada y en consecuencia la aplicación conjunta de piedra caliza y yeso, da como resultado un aumento de la disponibilidad de  $\text{SO}_4^{2-}$  (Scherer, 2001; Scherer, 2009).

Las altas aplicaciones de cal en los sistemas CM, liberan inicialmente el S del suelo para hacerlo disponible y al igual sucede con la mineralización del nitrógeno y el fósforo; pero los efectos de continuar más allá de los límites de encalamiento junto con las aplicaciones de fertilizantes sintéticos altamente solubles, más gallinazas comerciales, en exceso, empieza a dar efectos de degradación y contaminación de suelos, al descompensar las relaciones entre las bases intercambiables, como se deduce de los resultados de extracción (Tabla 8 y 12, Anexo 7).

Se puede suponer que el material de la superficie del suelo adsorbe menos  $\text{SO}_4^{2-}$  de lo que lo hace el material del subsuelo, debido a las acumulaciones de materia orgánica y de fosfato, que

son los principales factores, que bloquean los sitios de adsorción de  $\text{SO}_4^{2-}$  (Scherer, 2001). La adsorción de  $\text{SO}_4^{2-}$  se correlaciona negativamente con el contenido de materia orgánica del suelo, debido a que los sitios de adsorción de los hidróxidos de Fe y Al pueden ser bloqueados por los grupos aniónicos de la materia orgánica (Johnson y Todd, 1983, citados por Scherer, 2001; Scherer, 2009).

#### ***7.4.3.2. Relación Aluminio (Al) con hierro (Fe) y el pH en el sistema convencional.***

En los predios de los suelos convencionales no se observa fijación de fósforo (P), porque los niveles de aluminio (Al) no son significativos para producir hidróxidos que lo inmovilicen; diferente con el hierro (Fe), que en el 70% de los predios, los niveles son significativamente altos, en especial en sistemas de cultivo de tomate en invernadero (Tabla 12, anexo 7).

En este tipo de sistemas protegidos, el aumento de la solubilidad de Fe es explicado por el uso excesivo de abonos orgánicos externos de origen animal. Dicho proceso particular no se controla, es llevado a cabo por terceros, no siempre con adecuados protocolos de calidad, sin control de materias primas, donde predominan altos contenidos de porquinazas y otros estiércoles, de cada uno de los cuales se desconoce su plan de alimentación y manejo epidemiológico.

A todo esto, se aúna, el uso intensivo del fertirriego en los sistemas de tomate, con ciclos variables de humedad y secamiento del suelo, que favorece la solubilidad del Fe y la mayor mineralización de la materia orgánica, debido al encalado excesivo y el laboreo continuo, sin cobertura vegetal del suelo.

La tabla 12 presenta los resultados de manejo del suelo para el sistema productivo convencional de hortalizas, en especial en lo referente a nutrición de cultivos reflejado en la correlación de variables químicas de suelo, que fueron medidas para dos periodos diferentes (primer semestre de 2013 y segundo semestre de 2015).

#### ***7.4.3.3. Correlación aluminio (Al) con cobre (Cu) en el sistema convencional.***

En realidad el Al como especie iónica en los predios CM muestreados, no está afectando los cultivos, al ser desplazado fuertemente por el Calcio aplicado, sin variar significativamente el pH, con un promedio de 5.6. Sin embargo, en los sistemas convencionales tanto a campo abierto y en especial en tomate en invernadero, hay que continuar midiendo la concentración de hidrogeniones, porque el pH está disminuyendo entre años, descompensado por el aporte de los iones procedentes de los fertilizantes sintéticos que acidifican el suelo, en especial los

nitrogenados. En estos predios en general, al aumentar el Al aumenta así mismo el cobre, favorecido por el exceso de fuentes nitrogenadas de origen orgánico, tales como gallinazas mezcladas con fuentes orgánicas porcícolas, coincidiendo con pH más bajos, lo que puede ocasionar toxicidad por este último elemento.

La contaminación de suelos con cobre (Cu) puede llegar a ser un serio problema en áreas con intensa actividad agrícola e industrial, en las cuales una gran cantidad de metales pesados son agregados al suelo mediante la adición de estiércol, fertilizantes o lodos municipales (Temminghoff et al., 1998, citado por Cabeza et al., 2005).

Tabla 13. *Coefficientes de Correlación de otras variables químicas de suelo en sistemas convencionales de hortalizas.*

Cálculos de Correlación							
Coeficientes de Correlación de Spearman, N = 20							
Probabilidad >  r  bajo H0: Rho=0							
	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
CICE	0,04214	0,49003	0,02258	0,14588	0,31789	0,17035	0,22930
	0,86	0,0283	0,9247	0,5394	0,172	0,4727	0,3308
P	1	0,05461	-0,40226	0,10893	-0,06127	0,49736	0,36027
		0,8191	0,0787	0,6476	0,7975	0,0257	0,1187
S	0,05461	1	-0,26903	0,46311	-0,0236	-0,13819	-0,10981
	0,8191		0,2514	0,0397	0,9213	0,5612	0,6449
Fe	-0,40226	-0,26903	1	-0,48846	0,47243	-0,36812	0,13429
	0,0787	0,2514		0,0289	0,0354	0,1103	0,5724
Mn	0,10893	0,46311	-0,48846	1	-0,12424	0,18043	-0,34232
	0,6476	0,0397	0,0289		0,6018	0,4465	0,1396
Cu	-0,06127	-0,0236	0,47243	-0,12424	1	0,10654	-0,07035
	0,7975	0,9213	0,0354	0,6018		0,6548	0,7682
Zn	0,49736	-0,13819	-0,36812	0,18043	0,10654	1	-0,05605
	0,0257	0,5612	0,1103	0,4465	0,6548		0,8144
B	0,36027	-0,10981	0,13429	-0,34232	-0,07035	-0,05605	1
	0,1187	0,6449	0,5724	0,1396	0,7682	0,8144	

#### **7.4.3.4. Correlación fósforo (P) y Zinc (Zn) en el sistema convencional.**

Los sistemas CM muestreados, se destacan por el gran uso de fertilizantes compuestos NPK con altas proporciones de fósforo, y algunas fuentes adicionales simples fosfatadas, lo que explica los altos niveles encontrados en el suelo, en especial en el primer año y que en el futuro y a corto

plazo, afectará la disposición de elementos menores, en especial el zinc. Es por ello, por lo que los niveles de este elemento se mantienen mínimos (Tabla 8 y 13).

Además de causas naturales, las deficiencias en el suelo de micronutrientes esenciales, también pueden ser el resultado de la sobrefertilización con fuentes fosfatadas. El fosfato puede restringir la disponibilidad de hierro, zinc y cobre para los cultivos. Se espera que una reducción de la fertilización fosfatada, combinada con la fertilización de fuentes de zinc, en realidad dé lugar a un mejoramiento de los rendimientos en estos sistemas (Udo de Haes, Voortman, Bussink, Rougoor y van der Weijdenet, 2012).

#### ***7.4.3.5. Correlación Hierro con Manganeso (Mn) y Cobre (Cu) en el sistema convencional.***

En general se observa que los elementos Fe, Mn y Cu, se mantienen en niveles medio-altos en los sistemas CM por un pH moderadamente ácido (Tabla 8, Tabla 13) y además contribuye a ello, los estados variables de óxido-reducción favorecidos por momentos de encharcamiento y secamiento debido al tipo de manejo dado al suelo en estos sistemas. Se caracterizan por ausencia de coberturas, poca diversificación de cultivos, siembras superficiales, poca capa orgánica, aspersión de los residuos de cosecha con herbicidas previo a su incorporación en el suelo, riego por aspersión sin evaluación de condiciones de humedad del suelo, arado con maquinaria y alto uso de plaguicidas y de fertilizantes sintéticos; factores todos que influyen a aumentos elevados de Fe y Mn en estos sistemas, comparados con los sistemas ECO.

Al decrecer el valor del pH y bajar el potencial redox, aumenta la concentración de iones de  $Mn^{2+}$  disponible para las plantas en la solución del suelo. Ello es consecuencia de un contenido pobre de oxígeno, caracterizado por compactación del suelo, inundación y estancamiento de agua en los horizontes superficiales, debido a la baja infiltración en horizontes inferiores endurecidos. Este proceso es destacable en la interfase raíz-suelo-microorganismos, llamada rizosfera, como espacio de gran dinámica bioquímica, donde la solución del suelo concentra su carga de nutrientes con cambios en sus estructuras químicas, que afectan la solubilidad y disponibilidad por factores como el potencial de óxido-reducción para el caso del Fe y Mn, controlado por el fenómeno de la aireación, que es el principal regulador natural de ambos elementos (Grupo K+S, 2017).

#### 7.4.4. Correlaciones Químicas en el Sistema Productivo Ecológico.

La tabla 14 presenta los resultados de manejo del suelo para el sistema productivo ecológico de hortalizas, en especial en lo referente a nutrición de cultivos reflejado en la correlación de variables químicas de suelo, que fueron medidas para dos periodos diferentes (segundo semestre de los años 2014 y 2015).

Tabla 14. *Coefficientes de correlación de variables químicas de suelo en sistemas ecológicos de hortalizas.*

Cálculos de Correlación							
Probabilidad >  r  bajo H0: Rho=0							
	pH	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE
pH	1	-0.65979	-0.26264	-0.35327	0.25662	-0.40973	-0.33805
		0,004	0,3085	0,1642	0,3201	0,1024	0,1845
Al	-0.65979	1	0.00924	0.05544	-0.18724	0.28752	0.04053
		0,004	0,9719	0,8326	0,4718	0,2631	0,8772
Ca	-0.26264	0.00924	1	0.85327	-0.15508	0.61559	0.97603
		0,3085	0,9719	<.0001	0,5523	0,0085	<.0001
Mg	-0.35327	0.05544	0.85327	1	-0.05908	0.78537	0.91949
		0,1642	0,8326	<.0001	0,8218	0,0002	<.0001
K	0.25662	-0.18724	-0.15508	-0.05908	1	-0.36694	-0.03804
		0,3201	0,4718	0,5523	0,8218	0,1474	0,8848
Na	-0.40973	0.28752	0.61559	0.78537	-0.36694	1	0.64769
		0,1024	0,2631	0,0085	0,0002	0,1474	0,0049
CICE	-0.33805	0.04053	0.97603	0.91949	-0.03804	0.64769	1
		0,1845	0,8772	<.0001	<.0001	0,8848	0,0049

Destacan las correlaciones encontradas entre las variables químicas como el pH y el Al, las bases Ca y Mg y con la CICE, así como entre el B y las bases Ca y Mg con la CICE, que brinda elementos de análisis sobre el manejo particular de la fertilidad de suelo en los sistemas productivos ecológicos de hortalizas.

##### 7.4.4.1. Correlación pH y Aluminio en el sistemas ecológico.

En realidad, los predios ECO han mantenido un nivel mejorado de la acidez del suelo, que entre años de comparación aumentó 0,7 décimas, y donde la presencia de Al no es limitante para los cultivos (saturación de 0,94%) (Anexo 7). En los dos periodos de comparación del sistema, el trabajo de diversidad de cultivares en el espacio y tiempo, así como el reciclaje de parte de los residuos de cosecha, deshierbes y aprovechamiento de estiércoles para el desarrollo de

bioinsumos aplicados al suelo, más lo que queda de residuos incorporado al suelo sin aplicación de herbicidas, ha contribuido a acomplejar el Al, y a mantenerlo a niveles insignificantes.

La M.O. soluble proporciona a la solución del suelo una gran variedad de ácidos orgánicos que pueden actuar como bases de Lewis y formar complejos fuertes con el Fe y Al, todo gracias a la actividad microbiana y favoreciendo la elongación de la raíz (Hue et al., 1986, citados por Ortiz et al., 2006). Dicha adición de materia orgánica puede reducir la fitotoxicidad por aluminio (Hue et al., 1986; Kerven et al., 1989, citados por Casierra y Aguilar, 2007). Los ácidos orgánicos son los responsables de la formación de los complejos con el aluminio, pero los diferentes aniones orgánicos difieren ampliamente en su capacidad para detoxificar del  $Al^{3+}$  a los suelos y a la solución del suelo. El citrato, oxalato, tartrato y el EDTA son muy efectivos en este caso, (Bartlett y Riego, 1972; Hue et al., 1986, citados por Casierra y Aguilar, 2007; Riaz et al., 2018). La exclusión del aluminio fitotóxico a las raíces y el equilibrio dinámico de los nutrientes esenciales para los cultivos; son los mecanismos previos de tolerancia al metal, que deben ser promovidos (Riaz et al., 2018). De esta forma, al ejercer una acción contraria al uso excesivo y a largo plazo de fertilizantes químicos, se contribuye a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, con el correspondiente aumento de la calidad del suelo agrícola, e incluso disminución de la acidificación y la contaminación ambiental (Ning et al., 2017).

El tipo de abonos orgánicos fabricados a nivel de finca y aplicados al suelo, están generando cambios en la M.O. generada, que se acumula en el suelo y está cambiando la calidad de los ácidos orgánicos y metabolitos que se forman, afectando el pH, el cual sube a niveles favorables.

#### ***7.4.4.2. Correlaciones Ca y Mg en el sistema ecológico.***

Es acostumbrado decir que si la cantidad de magnesio es superior a la cantidad de calcio presente en el suelo, puede haber un problema con la producción de cultivos y si el calcio y el magnesio son ambos bastante altos, normalmente no hay problema; sin embargo, si ambos son bajos, entonces la cantidad de calcio debe ser 1.5 a 2 veces más que el magnesio (Spectrum analytic, 2016).

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio, a pesar de que las bases Ca y Mg han disminuido su valor de disponibilidad, se conserva en general la correlación de Ca con respecto al Mg (Tabla 8, Tabla 14). Aunque, éste último elemento posee niveles que son críticos. Esto pudiera explicarse en la reducción de las aplicaciones de cal dolomítica según los registros de finca, que aunque supuestamente no se requiere para neutralizar más el Aluminio, si es necesaria

en forma fraccionada, para sostener un pH cercano a 6.0, y como fuente de mantenimiento de Ca y Mg. Además a estos valores de pH ya cercanos a 6,0 y con tendencia a seguir subiendo, el Mg se hace menos disponible, sino se aplican enmiendas minerales u orgánicas de forma fraccionada. De acuerdo a Espinosa y Molina (1999), por muchos años se consideró que el pH ideal de los suelos para obtener altos rendimientos de los cultivos, estaba entre 6.5 a 7.0, pero el encalar suelos Andisoles tropicales por encima de pH > 6.0, es innecesario y riesgoso, afectando la estructura de los suelos encalados e inducir deficiencias de Zn, B y Mn.

En los resultados de cálculos indirectos de las aplicaciones de abonos sólidos realizadas por los agricultores ecológicos, se detalla en los análisis de calidad de estas fuentes, niveles bajos de Ca y Mg, en especial de este último nuevamente (Tabla 6), por lo que tendría que considerarse el enriquecimiento con materiales constitutivos de Mg para las pilas de compost y el seguimiento de la estandarización de las fórmulas empleadas para la producción de los biopreparados como el cálculo de las demandas que cambian en un sistema intensivo ecológico y el uso de fuentes alternativas proveedoras de nutrientes como la hojarasca sobre el suelo y arvenses.

#### **7.4.4.3. Correlación Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) con la CICE en el sistema ecológico.**

La estabilización de la materia orgánica por los minerales puede jugar un papel mucho más importante en los suelos tropicales que en los suelos de clima templado (Nayak *et al.*, 1990, citado por Zech *et al.*, 1997; Poirier, Roumet y Munson, 2018). Como muchos suelos tropicales están dominados por minerales de carga variable y con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), la materia orgánica es muy importante para el estado de nutrientes de los suelos, ya que disminuye el punto de carga cero (PZC) y aumenta la Capacidad de Intercambio Catiónico CICE (Zech *et al.*, 1997).

Se encontró una baja CICE en los sistemas ecológicos, en especial por lo ya reseñado de muy baja disponibilidad de las bases Mg y Ca (Tabla 8, Tabla 14). También los resultados de calidad de los abonos sólidos reflejan problemas en los aportes de estos elementos, en especial de Mg (Tabla 6).

No todas las parcelas de los productores ecológicos hacen uso de leguminosas a escala permanente dentro de los sistemas de producción escalonada de hortalizas, sino que lo hacen en determinados momentos de la rotación y no en todos los casos, y al igual sucede con las leguminosas o abonos verdes, generalmente sembrados en áreas aparte, que aporten por corte en prefloración, significativo material orgánico que promueva el reciclaje de nutrientes. Se

observan pastos forrajeros protegiendo taludes y para aporte a la alimentación animal. Así mismo, no todos los agricultores conservan el rastrojo o mantienen cobertura sobre el suelo que mantenga cierto nivel de residuos a este nivel. De esta forma puede que estos sistemas estén restringiendo los aportes de materia orgánica suficiente y de esta forma la escasez de Ca y Mg.

La proporción de carbono total formado por residuos de plantas, se ve influenciado principalmente por la cantidad de material orgánico nuevo agregado al suelo cada año. Los sistemas que producen grandes cantidades de material orgánico, como los pastizales o la vegetación nativa, cuentan con mayores cantidades de residuos y partículas de carbono orgánico. Por el contrario, los sistemas agrícolas caracterizados por cultivos continuos con largos períodos de barbecho y prácticas de manejo que aceleran la descomposición de la materia orgánica (labranza y/o quema de rastrojos/pastoreo), típicamente tienen bajas cantidades de estas fracciones de carbono (Bell y Lawrence, 2009).

El pH del suelo es fuertemente regulado por la fracción coloidal del suelo (arcilla y humus) y los cationes de intercambio aunados a ella. Los niveles satisfactorios de la fertilidad de un suelo en las regiones húmedas dependen del uso de enmiendas para balancear las pérdidas de los cationes Ca y Mg. Por ello, las enmiendas no sólo mantienen los niveles de Ca y Mg sino que también proveen de una estabilidad física y química en el suelo (Brady y Weil, 2002).

En el tiempo de valoración de los sistemas ECO, los bajos niveles de disponibilidad en el suelo de Ca y Mg, indica que no se está supliendo a través del uso de enmiendas estos elementos al menos para su restitución necesaria para aprovechamiento de los cultivos. Se está omitiendo la necesidad de reposición por las altas demandas causadas por los cultivos sembrados. Sin embargo, en los biopreparados o abonos líquidos realizados en las fincas, estos sistemas ECO, hacen uso de algunas fuentes que contienen estos minerales y que incluyen materias primas como la ceniza de madera, salvado de trigo, excrementos de diferente tipo animal, suero y mantillo. Algunos de los agricultores utilizan la cáscara de huevo de gallinas ponedoras que explotan en la finca y la que constituye entre el 9 y el 12 % del peso total del huevo, hasta con un porcentaje de carbonato de calcio del 94 % como componente estructural, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y demás materiales orgánicos incluyendo proteínas.

**Tabla 15.** Coeficientes de correlación de otras variables químicas de suelo en sistemas ecológicos de hortalizas.

Cálculos de Correlación							
Coeficientes de Correlación de Spearman, N = 17							
Prob >  r  under H0: Rho=0							
	pH	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE
P	0,08015	-0,09426	0,22318	0,18866	0,14462	-0,17111	0,21143
	0,7598	0,719	0,3892	0,4684	0,5797	0,5114	0,4153
S	0,21218	-0,01659	-0,21648	-0,39791	0,60651	-0,4974	-0,21704
	0,4136	0,9496	0,404	0,1137	0,0098	0,0422	0,4027
Fe	-0,86224	0,66185	0,15129	0,19803	-0,44506	0,27204	0,18026
	<.0001	0,0038	0,5622	0,4461	0,0734	0,2908	0,4887
Mn	-0,24552	-0,05005	-0,41188	-0,33148	0,38828	-0,4995	-0,32676
	0,3422	0,8487	0,1004	0,1937	0,1235	0,0412	0,2005
Cu	-0,37698	0,32459	-0,19718	-0,34155	-0,10274	-0,47029	-0,21723
	0,1358	0,2037	0,4481	0,1797	0,6948	0,0568	0,4023
Zn	-0,72481	0,13603	0,40337	0,36367	-0,20761	0,29314	0,43481
	0,001	0,6027	0,1084	0,1513	0,424	0,2535	0,0811
B	0,07926	0,06033	0,57586	0,65945	-0,06119	0,60149	0,57286
	0,7624	0,8181	0,0156	0,004	0,8155	0,0106	0,0162

#### **7.4.4.4. Correlación Aluminio (Al) e Hierro (Fe) en el sistema ecológico.**

En los predios de los sistemas ecológicos tampoco se observa fijación de P, porque los niveles en el suelo de aluminio (Al) como los de hierro (Fe) no son significativos. El Fe en el segundo año de mediciones pasó de niveles altos a medios, favorecido por el uso permanente de rotaciones en espacios reducidos y tiempos cortos, dejando siempre una biomasa complejante; relativamente significativa de residuos de cosecha no comercializables en el suelo (10% del total cosechado cada semana). Dicha biomasa posee contenidos significativos de oxalatos en los mismos materiales sembrados (espinaca, ruibarbo, brócoli, remolacha, perejil, acelga). Se espera que la alta variabilidad de las especies de hortalizas en arreglo junto a otras series de cultivos (cereales), y al compostaje fabricado en las fincas con uso de fuentes de estiércoles con procedencia y manejo conocidos (vacuno, caprino y de gallina), contribuya a acomplejar el Fe y otros iones.

Los residuos de la biomasa vegetal, son el material de partida de la materia orgánica del suelo. Algunos compuestos como el ácido oxálico y otros ácidos carboxílicos de cadena corta, presentan

actividad complejante e intervienen en procesos químicos de meteorización, propiciando la lixiviación de iones metálicos; así pasa con el ion oxalato, la forma desprotonada del ácido oxálico en solución neutra y disuelve óxidos metálicos insolubles, que provoca la movilización del ion (Domenech y Peral, 2006).

En una revisión realizada por Senesi y Col, 2005, citado por Moreno y Moral (2008), sugieren que la cantidad y la diversidad de los grupos funcionales presentes en las estructuras de las sustancias húmicas depende del origen de la materia orgánica y de su grado de evolución en el suelo, influyendo en la biología del suelo y su comportamiento físico-químico en la liberación de micro y macronutrientes. Lo cual trasladado al proceso de compostaje de residuos orgánicos, determina la necesidad de una buena selección de materias primas y conocimiento sobre los procesos de estabilización y maduración.

#### ***7.4.4.5. Correlación Azufre (S) y Potasio (K) en el sistema ecológico.***

El sistema de compostaje utilizado no arroja producción de sulfatos ni boratos, pero estos tratan de suplirse bajo otras modalidades en las fincas, como es el caso del biofertilizante Súper-Magro enriquecido con minerales, entre ellos los sulfatos de cobre, hierro, magnesio, manganeso y zinc; lo que favorece así el aprovechamiento de los nutrientes liberados, y evita la inmovilización de los mismos. Las relaciones medias de C/N y demás relaciones encontradas entre el C y otros elementos reportados por el análisis de calidad de los bioinsumos hechos en finca, revelan que en general, no existe inmovilidad de nutrientes.

En cuanto al aporte de K en los sistemas ECO, se observa que no siempre utilizan sulfato doble de K y Mg, que las formulaciones comerciales contienen proporciones adecuadas de los tres nutrientes y que juega un papel importante cuando se ha alcanzado un pH como el que presentan los suelos ECO.

#### ***7.4.4.6. Correlación Boro (B), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y la CICE en sistema ecológico***

La fertilización orgánica circunscrita a la norma ecológica contribuye a conservar mejores niveles de boro (B) que el sistema convencional estudiado, permitiendo su absorción. Así mismo, según los resultados obtenidos, existe sinergia entre las absorciones de boro y las bases de calcio y magnesio y por ende con la CICE, donde cada una de ellas junto con el B, se presentan en cantidades moderadas en el suelo. Contribuye a ello, la restricción del uso abusivo de cal, y la decisión de aplicar otras fuentes de calcio. Sin embargo, según lo manifestado antes, los niveles de disponibilidad de Ca y Mg, deben mejorarse mediante la inclusión de calidades y proporciones

adecuadas de materias primas en la preparación de los biofertilizantes, que los contengan y los hagan disponibles, para seguidamente sustentar esta sinergia.

### 7.5. Análisis de componentes principales caso sistemas convencionales o en transición

Así mismo se realizó análisis de componentes principales para cada uno de los dos sistemas de producción en estudio, que pudieran arrojar información en detalle del comportamiento de las diferentes variables químicas a nivel del suelo e inferir las explicaciones sobre el manejo del suelo, en especial a través de la aplicación de enmiendas, abonos y fertilizantes.

Tabla 16. *Valores estadísticos de componentes principales en sistemas convencionales de hortalizas.*

	Valores propios	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	5,27008326	2,26093416	0,3764	0,3764
2	3,0091491	0,57727237	0,2149	0,5914
3	2,43187673	1,51119642	0,1737	0,7651
4	0,9206803	0,18202616	0,0658	0,8308
5	0,73865414	0,22845931	0,0528	0,8836
6	0,51019483	0,1264978	0,0364	0,92
7	0,38369703	0,14823404	0,0274	0,9475
8	0,235463	0,03037118	0,0168	0,9643
9	0,20509182	0,07214791	0,0146	0,9789
10	0,13294391	0,02634049	0,0095	0,9884
11	0,10660342	0,06056406	0,0076	0,996
12	0,04603936	0,03651716	0,0033	0,9993
13	0,0095222	0,0095213	0,0007	1
14	0,0000009		0	1

Tabla 17. Componentes principales destacables en sistemas convencionales de hortalizas.

	Factor1	Factor2	Factor3
pH	-0,77852	0,27605	0,0311
Al	0,9327	-0,18484	-0,14043
Ca	0,82928	0,34244	0,27806
Mg	0,88298	-0,093	0,25154
K	0,52409	0,5655	0,36565
Na	-0,34903	-0,60049	0,66132
CICE	0,88188	0,26516	0,2845
P	-0,19946	-0,28387	0,82174
S	0,33015	0,77433	0,10094
Fe	0,672	-0,51926	-0,36373
Mn	-0,14696	0,81877	0,16812
Cu	0,43835	-0,40039	-0,24238
Zn	-0,29928	-0,06975	0,72736
B	0,49879	-0,48662	0,42989

El análisis de componentes principales arroja tres factores explicativos, que constituyen la interpretación del 76.5% de toda la variabilidad con respecto a los sistemas de manejo convencionales (Tabla 16). El primero de los factores o Factor 1, explica el 37.6% y cobija las variables Al, Ca, Mg y CICE en una relación directa con el factor explicativo y en una relación inversa del pH con dicho factor (Tabla 17). Ratificando ampliamente el manejo de los sistemas convencionales, que a pesar de las altas dosis de cal y abonos orgánicos empleados en ellos, el pH se mantuvo constante entre años y aún por debajo del valor de los sistemas ecológicos y con tendencia de disminución entre años, en especial, en sistemas intensivos como los de invernadero, donde las aplicaciones por unidad de área son mayores.

A pesar de haber aumentado significativamente en los CM los niveles de disponibilidad de los valores de las bases intercambiables (Ca y Mg), el Al se mantuvo en sus niveles, reflejado incluso en el pH entre años de comparación. En estos predios en general, al aumentar el Al aumenta así mismo el cobre, coincidiendo con pH más bajos, lo que puede ocasionar toxicidad por este elemento. Este factor puede llamarse lo que en términos agroecológicos se denominaría “inercia o dependencia de soluciones externas a la acidez de los suelos”, en este caso la confianza en el sobreencalamiento y el sobreabonamiento orgánico en los sistemas convencionales, que repercute en niveles exageradamente altos de Ca y Mg, desbalanceando las relaciones Mg/K y Ca/K.

El factor 2 explica el 21,5% de la variabilidad de los sistemas de manejo convencional y un acumulado factorial del 59,1%, donde destaca una relación estrecha entre las variables Fe, Cu y B; pero inversa con respecto a la relación directa entre el K y el S (Tabla 17).

Se observa que el Fe, Cu y Mn en los sistemas convencionales evaluados, se mantienen en niveles medio-altos, favorecido por un pH moderadamente ácido y por los estados variables de óxido-reducción que se presentan continuamente, por momentos continuos y repetidos de encharcamiento y secamiento por el tipo de manejo dado al suelo. Estos sistemas se caracterizan por siembra altamente densa de pocos cultivos a campo abierto y a un solo cultivo en invernaderos, con aplicación de altas dosis de fertilizantes nitrogenados tanto inorgánicos como orgánicos, y por ser altamente demandantes de agua para adquirir las necesidades de absorción de nutrientes.

En los últimos veinte años, ha ocurrido un cambio fundamental en el equilibrio del S, que ha generado déficit en los sistemas agrícolas por varias razones: los fertilizantes compuestos de alto grado de N y P, han reemplazado gradualmente a los fertilizantes tradicionales que contienen S. Por otro lado, ha aumentado notablemente el uso de variedades de hortalizas mejoradas, de alto rendimiento, pero exigentes por efecto, lo que resulta en una mayor remoción de nutrientes, incluyendo el S del suelo (Jamal, Moon y Abdin, 2010). Por ello, la importancia de la liberación del  $\text{SO}_4^{2-}$  a partir de las formas orgánicas del S (Piotrowska-Długosz et al, 2017).

Adicional a la tendencia del S de permanecer subdosificado y con disponibilidad restringida en los planes de fertilización, se unen las condiciones de influencia del ciclo redox del Fe en condiciones variables de óxido-reducción por el manejo específico del suelo, normalmente desprotegido; pudiera darse estabilidad de complejos entre la materia orgánica añadida y los cationes polivalentes predominantes del Fe, donde se pierde la solubilidad de aquella, como reflejo de la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo de los sistemas convencionales, es decir, se establece así el factor relevante No.2 y que es incluso fortalecido por el factor 1 ya referenciado.

El factor 3 explica el 17,4% de la variabilidad de los sistemas de manejo convencional y un acumulado del 76,5%, donde destaca una relación estrecha entre las variables Zn y P (Tabla 17).

El tercer factor respecto al comportamiento de las variables químicas de suelo, igualmente refuerza que los sistemas convencionales hacen un manejo muy particular del suelo para tratar de nutrir las plantas. Es así, como a la aplicación de fertilizantes de alto grado en NPK, se utilizan

otros de carácter simple que contienen fósforo en alta proporción, aunado al sobreencalamiento ya referenciado, por lo que se presentan deficiencias de micronutrientes, afectando la en especial la disponibilidad de Zn. Este factor 3 se denominaría, la relevancia de la interrelación de elementos mayores con menores en el sistema, ajustados al manejo del pH y el fósforo.

Se espera que una aplicación balanceada de la fertilización fosfatada, combinada con la fertilización de fuentes complementarias de zinc, den lugar a un mejoramiento de los rendimientos en estos sistemas (Udo de Haes *et al.*, 2012).

### 7.6. Análisis de componentes principales caso sistemas ecológicos

Tabla 18. *Valores estadísticos de componentes principales en sistemas ecológicos de hortalizas.*

	Valores propios	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	4,50790757	1,35632839	0,322	0,322
2	3,15157917	1,4132022	0,2251	0,5471
3	1,73837698	0,39612281	0,1242	0,6713
4	1,34225417	0,31986001	0,0959	0,7672
5	1,02239416	0,06849145	0,073	0,8402
6	0,95390271	0,42444964	0,0681	0,9083
7	0,52945307	0,19794434	0,0378	0,9461
8	0,33150873	0,08738863	0,0237	0,9698
9	0,2441201	0,12625758	0,0174	0,9872
10	0,11786252	0,08460819	0,0084	0,9957
11	0,03325433	0,01151734	0,0024	0,998
12	0,02173699	0,01610856	0,0016	0,9996
13	0,00562844	0,00560738	0,0004	1
14	0,00002106		0	1

Tabla 19. Componentes principales destacables en sistemas ecológicos de hortalizas.

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5
pH	-0,42309	-0,84839	-0,17701	0,07229	0,03454
Al	0,21832	0,65451	-0,49527	0,28306	0,34211
Ca	0,81626	-0,078	0,3515	0,01695	0,25327
Mg	0,85878	-0,11531	0,34189	-0,00216	-0,10556
K	-0,35726	-0,3041	0,47155	0,04995	0,37645
Na	0,74579	0,02813	-0,29364	-0,16773	0,30927
CICE	0,86092	-0,09737	0,38323	0,01713	0,22689
P	0,02559	-0,37281	0,32114	0,80212	-0,04224
S	-0,48827	-0,14168	0,14419	-0,25599	0,66238
Fe	0,22375	0,92003	-0,06877	0,21569	0,06916
Mn	-0,66163	0,34417	0,53881	-0,03411	-0,04494
Cu	-0,35597	0,66665	0,35478	0,39181	0,01735
Zn	0,53139	0,20292	0,39792	-0,40108	-0,30145
B	0,56253	-0,52127	-0,25038	0,39332	-0,0391

El análisis de componentes principales arroja cinco factores relevantes, que constituyen la explicación del 84.0% de toda la variabilidad con respecto a los sistemas de manejo ecológicos (Tabla 18). El primero de los factores o Factor 1, explica el 32.2% y cobija las variables Ca, Mg, Na y CICE en una relación directa con el factor explicativo y en una relación levemente inversa del pH con dicho factor (Tabla 19). Esto ratifica que los sistemas de manejo ecológico, cumplen con la funcionalidad de la nutrición de cultivos, porque a pesar de los niveles levemente bajos de Ca y Mg, se conserva el valor de pH, incluso subió con respecto al primer año de evaluación y tiende a ser un valor más acorde con mejor manejo del suelo. El Na por su parte como catión intercambiable no afecta la predominancia de las bases.

Este factor obedece a un manejo centrado en la nutrición de cultivos de acuerdo a las exigencias mínimas de necesidad de nutrientes por los cultivos y ajustadas al conocimiento y manejo que se adquiere cada vez más apropiado de las materias primas orgánicas a la mano en las fincas. Contribuye a ello la conservación de demás características de conservación del suelo y agua.

El factor 2 explica el 22,5% de la variabilidad de los sistemas de manejo ecológico y con un acumulado factorial del 54,7%, (Tabla 18), donde destaca una relación directa entre las variables Al, Fe y Cu pero inversa con respecto al pH (Tabla 19). Este resultado es una confirmación del buen transitar que están llevando los agricultores ECO hacia un manejo sostenible del suelo. Esto se manifiesta en especial a través de la complejación de los iones metálicos responsables de la

acidez de los suelos como Al, Fe y Cu, de conjunto con las uniones de los grupos funcionales de la materia orgánica aplicada y sus procesos de descomposición.

En realidad, los predios ECO han mantenido un nivel mejorado del pH del suelo, que entre años de comparación aumentó significativamente 0,7 décimas, y con presencia de aluminio no limitante para los cultivos (saturación de 0,94%). La adición de materia orgánica bien procesada (compost) y en aplicaciones de 170-210 kg N ha<sup>-1</sup>año, puede reducir la fitotoxicidad por aluminio mediante la formación de complejos entre los compuestos orgánicos con el elemento. El Fe en el segundo año de mediciones pasó de niveles altos a medios, favorecido por el uso permanente de rotaciones, dejando siempre una biomasa complejante, relativamente significativa de residuos de cosecha (restos de raíces) no comercializables en el suelo. Biomasa favorecida además por el mantenimiento de una mayor diversidad de cultivos en terrazas y en espacios relativamente pequeños, que permiten mejores contenidos de humedad e infiltración adecuada del agua.

Así mismo el Cu en los sistemas ECO también permanece en niveles aceptables, ayudado por las mismas condiciones referidas de adecuado manejo de planes de fertilización ajustados a la norma de biosólidos y demás biofertilizantes permitidos.

El manejo adecuado del pH en los sistemas ECO, con dosificación mínima de enmiendas orgánicas que producen un efecto de encalado natural, sin sobreabonamientos ni sobreencalamiento, conservando la estructura y los contenidos del agua del suelo con prácticas de mínimo laboreo del suelo y sin plaguicidas, permite que los niveles de iones como el manganeso Mn, se sostengan en equilibrio con iones directamente relacionados con el manejo y la disponibilidad de Ca, en este caso con el K (Tabla 19).

Por lo tanto, es común la relación inversa del Ca y el K con el Al, gracias a mecanismos de neutralización de la acidez del suelo, por complejación de protones y Al mediante los aniones orgánicos de fuentes vegetales, como lo asevera Martínez et al. (2008). Este factor se corresponde con el manejo de la permanencia de niveles mínimos aceptables de microelementos, tales como el Mn.

## **8. Análisis de elementos críticos de valoración de la sostenibilidad en Sistemas Productivos de Hortalizas en la Zona del Altiplano de la Subregión del Oriente Antioqueño**

**RESUMEN.** El objetivo central del estudio fue caracterizar en el año 2016, los sistemas de producción de pequeños agricultores de hortalizas en la Zona del Altiplano de la Subregión del Oriente Antioqueño (Colombia), a partir del análisis de los factores multivariados que interactúan en las decisiones y desempeño de sus sistemas de manejo, con la consideración de las concepciones, percepciones y convicciones de dos grupos de pequeños agricultores. Dicho proceso se midió a través de la modalidad de talleres participativos y encuestas previas complementarias desarrolladas con los agricultores a finales del 2015 (Anexo 6). Uno de los grupos, referido a agricultores ecológicos certificados de acuerdo a la norma respectiva, y el otro conformado por grupo más heterogéneo de agricultores que desarrollan procesos variables de transición hacia una agricultura sostenible. La caracterización de los sistemas de producción de hortalizas tuvo en cuenta la perspectiva y experiencia de los agricultores para valorar la sostenibilidad de sus sistemas de producción y manejo, en el marco del análisis descriptivo de su multidimensionalidad. De acuerdo a los descriptores o criterios de diagnóstico sobresalientes que evalúan las 4 dimensiones que constituyen la definición de los agroecosistemas como sistemas socio-ecológicos (sociocultural, económica, tecnológica y ambiental), se identificaron y priorizaron los puntos críticos sobresalientes, entre ellos: resistencia de vecinos convencionales a los sistemas de producción ecológica y alternativa, disminución del relevo generacional (con necesidad de rescatar la participación familiar), pérdida del conocimiento ancestral y sus prácticas, informalidad en la organización para la promoción y mercadeo de sus productos, entre otros. Para cada uno de los distintos factores, se designaron indicadores de medición, en especial reflejando el estado actual y el camino recorrido desde una etapa anterior conocida, al menos en los últimos 3 años de toma de decisiones por los dos grupos de agricultores.

### **8.1. Introducción**

La zona del Altiplano del Oriente Antioqueño está ampliamente permeada por los “principios” de la agricultura convencional, como es el caso de solucionar la incidencia de problemas fitosanitarios con la aplicación exclusiva de plaguicidas, y todas las connotaciones que ello implica, como aplicaciones calendario, mezclas y sobredosis, más las consecuencias de alto consumo energético y de recursos, resistencia genética, residualidad y calidad de producto. Todo bajo la premisa que sin los plaguicidas no hay agricultura. Sin embargo, existen significativos

grupos de pequeños agricultores, quienes con su vinculación a la tierra y a la producción agrícola como estilo de vida, han emprendido significativas rutas de transformación de sus agroecosistemas y con todo lo que implica de adaptación al cambio para seleccionar, aplicar, evaluar y validar prácticas acordes con la concepción sostenible de los recursos naturales y con las limitantes de preparación del recurso humano e inversión económica que las integran.

La discusión sobre la agricultura sostenible no se circunscribe a los límites de la unidad de producción individual, es un sistema mucho más vasto, incluyendo interacciones entre componentes ambientales, económicos y sociales, y los que se derivan de ellos, como los culturales, tecnológicos y políticos y sus complejas interacciones y balances. Todo ello hace parte de lo que el enfoque agroecológico invita a discutir, tratando de mejorar el estatus predominante (Gliessman et al., 2007).

Se diría como favorecer un estatus adaptable, que no es permanente en la inercia de los sistemas de producción, sino en los condicionantes del cambio y en las perturbaciones de toda índole, confluyendo en interacción con la “estabilidad” y afectados por la variabilidad de factores circunscritos a nivel de finca y región. El análisis de los factores críticos de la sostenibilidad de los agroecosistemas no se explican con el aporte de indicadores circunscritos a una sola dimensión considerada o cada una aislada de la otra; sus variables mismas son interdependientes o interexplicativas, es decir, se requiere la conjugación de los diferentes resultados, para analizar más asertivamente y donde las diferentes variables van formando el discurso del enfoque o marco del trabajo de investigación.

La palabra sostenibilidad ha entrado en uso común, como un amplio concepto ético, que implica elecciones morales relacionadas con el uso y la distribución de los bienes materiales dentro y entre las sociedades, presentes y futuras (Pearce et al., 1988, citado por Hamblin, 1995). Para poder organizar la comprensión de los sistemas socio-ecológicos a todo nivel, el análisis trasciende los límites de escala y disciplina. Su enfoque esencial es racionalizar la interacción entre el cambio y la persistencia, entre lo previsible y lo impredecible (Costanza et al., 1993, citados por Gunderson, 2009). La sostenibilidad puede comprender sin embargo, un pequeño conjunto de variables críticas organizadas con las transformaciones que pueden ocurrirles durante el proceso evolutivo del desarrollo social (Holling, 2001). No puede supeditarse el aprovechamiento de los servicios de los agroecosistemas solo en cuanto al aprovisionamiento y la regulación, lo correspondiente a los servicios ecosistémicos culturales es igualmente esencial, de lo contrario, conlleva a desigualdades en el equilibrio de las relaciones de poder y vínculos de

las personas con el entorno (Hanaček y Rodríguez, 2018). Los denominados juicios de resiliencia introducen los conceptos de adaptabilidad y transformabilidad (Tendall et al., 2015).

Los agroecosistemas, se ha concebido desde tiempo atrás, que nunca alcanzarán realmente un estado estable. Esto explica, al menos en parte, por qué algunos analistas hacen mejor hincapié, en la importancia del análisis de la dirección o la trayectoria en lugar de las condiciones estáticas de un agroecosistema (Yiridoe y Weersink, 1997). Muchas aplicaciones de la evaluación de la sostenibilidad no surgen de la acostumbrada evaluación de impactos ambientales, sino que son postuladas como procesos para "explorar soluciones sostenibles a problemas persistentes" (Lopes y Videira, 2017). Y puede ser el medio por el cual se estructura un problema de política y se desarrollan y evalúan estrategias alternativas para abordar estos problemas (Pope et al., 2017). Se prefiere un enfoque descriptivo en lugar de un enfoque prescriptivo para dicha tarea, planteando una serie de prácticas de evaluación de la sostenibilidad, siempre bajo lo que implica toma de decisiones hacia ella (Pope et al., 2017).

La sustentabilidad se concibe de manera dinámica, multidimensional y específica a un determinado contexto socioambiental y espacio-temporal (Astier et al., 2008). Para evaluar la sostenibilidad dentro de los sistemas agrícolas, se hace uso de la teoría ecológica con sus indicadores, designando atributos del sistema tales como diversidad, ciclaje, estabilidad y capacidad, sin dejar de incluir indicadores de desempeño (Dalsgaard, Lightfoot y Christensen, 1995). Se proponen otros atributos adicionales como productividad, resiliencia, confiabilidad, autogestión, equidad y adaptabilidad (Astier et al., 2008).

Otros analistas prefieren el concepto de salud sobre el de sostenibilidad para evaluar los agroecosistemas; ya que consideran esta última, como un concepto amplio que no ofrece guías para integrar perspectivas porque connota una noción de longevidad, que posee virtudes de exhaustividad y generalidad (Yiridoe y Weersink, 1997). Otros en cambio, no detallan diferencia entre salud y sostenibilidad: la salud del agroecosistema es sinónimo con agricultura sostenible (Smit y Smithers, 1994). O con agroecosistemas sostenibles (Izac y Swift, 1994; Altieri et al., 1983, citados por Yiridoe y Weersink, 1997). Diferentes definiciones sobre ecosistemas saludables, consideran: (i) La salud del ecosistema, como un estado de desarrollo que incluye al ser humano y su impacto demográfico; (ii) un ecosistema saludable debe reunir seis propiedades: vigoroso, diverso, resiliente, productivo, estable y sostenible; (iii) la salud del ecosistema tiene limitaciones de escala y crecimiento del espacio y debe ajustarse a las medidas de las

condiciones locales; y (iv) la aplicación del concepto de salud del ecosistema se obtiene al desarrollar un nuevo enfoque de manejo de los recursos (Zhu et al., 2012).

Partiendo de la problemática que se presenta sobre la variabilidad presente en los agroecosistemas en estudio, esta investigación se realizó con el propósito de darle respuesta a la siguiente pregunta: ¿Se podrá concluir al identificar puntos críticos en la evaluación de la multidimensionalidad de la sostenibilidad de los sistemas de producción y manejo de hortalizas, localizados en la zona altiplano del Oriente Antioqueño (Colombia), que las propias perspectivas y percepciones del agricultor plantean la(s) ruta(s) a seguir para la definición de las estrategias ampliadas de transición hacia una agricultura saludable? y refutar o avalar la hipótesis: - Las perspectivas y percepciones desde el nivel del agricultor, bajo el análisis de la sostenibilidad, acercan a las directrices a seguir para alcanzar mejor desempeño de los sistemas de producción de hortalizas, determinando que la multifuncionalidad y estructuración de tales agroecosistemas no se circunscriben al enfoque unidimensional productivista. El objetivo de estudio fue encontrar puntos de partida desde el nivel del agricultor hacia un enfoque amplio y multifacético de manejo de los sistemas de producción de hortalizas que contribuya al mejoramiento de su desempeño en un ambiente siempre variable, hostil e impredecible.

## **8.2. Materiales y Métodos**

La metodología para la identificación de los factores críticos sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción de hortalizas con pequeños agricultores, partió de la caracterización del agricultor y su sistema de manejo desde una perspectiva sistémica, considerando la multidimensionalidad de dicha unidad de análisis que no se circunscribe a criterios aislados y a la parcela sola, sino al contexto integral de componentes socioculturales, económicos y los correspondientes al conocimiento del diseño técnico de los agroecosistemas predominantes. El trabajo realizado fue en la modalidad de 4 talleres, todos en la zona de estudio, motivando la participación de cada uno de los agricultores y de todos como grupo, reflejando siempre sus posiciones y explicaciones, teniendo en cuenta los dos tipos de grupos conformados previamente y por acuerdo, 9 del grupo de ecológicos y 13 del grupo de convencionales.

### **8.2.1. Zona de estudio.**

En la zona del Altiplano nace gran parte de los ríos que abastecen los embalses para generación hidroeléctrica del país, además posee una alta densidad vial y un enfoque turístico. En las últimas décadas se han dado grandes transformaciones a raíz de procesos de industrialización,

urbanización, instalación de fincas de recreo y una gran tercerización de la economía en áreas que tradicionalmente fueron de producción campesina, con una gran presión sobre el recurso agua. Posee una Zona Franca con alta capacidad de servicios y en conexión con el aeropuerto internacional en la ciudad de Rionegro (Cámara de Comercio Oriente Antioqueño, 2017). La mayor cantidad de hectáreas agrícolas del Oriente, se concentran en esta región también llamada Valles de San Nicolás, con el 36% del total de áreas sembradas (Zapata, Barrera, Gómez y Naranjo, 2017).

La investigación se realizó básicamente en el anillo productivo de hortalizas de la zona Altiplano del Oriente Antioqueño, que son áreas caracterizadas por suelos Andisoles, derivados de cenizas volcánicas, constituidos por la formación de materiales amorfos y acumulación de carbono orgánico, con drenaje imperfecto a moderadamente bien drenado, con texturas livianas, baja densidad aparente y alta carga variable (Arnalds y Stahr, 2004). La caracterización geomorfológica en la zona de estudio, establece la existencia de masas superficiales compuestas de dos tipos de materiales: saprolitos, producto de la descomposición de rocas ígneas, y metamórficas con espesores variables y diferentes clases de depósitos detríticos, dentro de los cuales aparecen depósitos de vertiente asociados a fallas o fracturas regionales en el paisaje y al altiplano de Santa Elena. Igualmente la existencia de depósitos lacustres, depósitos aluviales y varios niveles de terrazas localizados en las diferentes superficies de aplanamiento, principalmente a lo largo del Valle del Río Negro (Rendón et al., 2011).

### **8.2.2. Caracterización sociocultural, económica y tecnológica de los campesinos productores de hortalizas de la zona Altiplano-Subregión Oriente.**

El proceso de caracterización de los sistemas de manejo de producción de hortalizas con pequeños agricultores, a través del análisis descriptivo de la multidimensionalidad de la sostenibilidad de tales sistemas, contribuyó a la priorización de sus factores críticos con sus múltiples interrelaciones y permitió a su vez definir las rutas a seguir para la definición de las estrategias ampliadas de transición hacia una agricultura agroecológicamente sostenible (saludable). Dicha metodología se llevó a cabo adaptando el método propuesto por Masera, Astier y López-Ridaura (2000) para la evaluación de la sostenibilidad correspondiente al Marco MESMIS.

La metodología de esta caracterización consistió en la selección de dos grupos de trabajo (ecológicos asociados para la certificación y grupo heterogéneo de agricultores en diferentes niveles de transición), la identificación de las dimensiones constitutivas del agroecosistema, la

priorización de puntos críticos de la caracterización de acuerdo a criterios de diagnóstico, la selección y definición de los indicadores descriptivos de la situación o comportamiento de los factores críticos, la evaluación y la integración de los resultados referida a las trayectorias más probables a seguir (Figura 6).



*Figura 6.* Metodología del proceso de caracterización multidimensional de los sistemas de manejo de hortalizas.

### 8.2.3. Selección del grupo de trabajo.

Se consideraron veintidós (22) pequeños agricultores de hortalizas de los veinticinco (25) de la línea base identificada, nueve (9) de ellos asociados y con sistemas de producción ecológica certificada y trece (13) pertenecientes la mayoría a diferentes grupos asociativos y en diferentes “momentums” de transición o progreso desde una agricultura netamente convencional a agricultura sostenible. Los grupos de agricultores están ubicados en los municipios de El Carmen, El Santuario, Marinilla, Guarne y El Peñol, que hacen parte de la llamada zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño. Además, el municipio de El Peñol ubicado en la denominada zona de embalses, que limita con la primera de ellas.

### 8.2.4. Análisis realizados.

En total se realizaron cuatro (4) talleres participativos, dos (2) por cada uno de los dos grupos de agricultores de hortalizas seleccionados, con el objetivo de contribuir a la caracterización multidimensional de los factores que influyen y afectan las condiciones de manejo de los sistemas de producción de hortalizas en el Oriente Antioqueño. Adicionalmente se realizaron entrevistas de campo a los 13 agricultores convencionales y a los 9 del grupo de ecológicos para

complementar la información y se incluyó los análisis de la línea base de agricultores como punto de partida (Anexo 6).

#### **8.2.5. Construcción conceptual participativa de la sostenibilidad y sus atributos.**

Para el efecto planteado, el primero de los talleres versó sobre la construcción conceptual participativa por parte de los agricultores del significado de la sostenibilidad y los atributos que la definen, teniendo siempre en cuenta como unidad de análisis, el sistema productivo del cual se sustentan y sus enlaces con el interior y exterior al sistema (finca, región), tratando así de analizar las dependencias de relaciones e interacciones. De esta forma se buscó operacionalizar los conceptos emitidos, de acuerdo con las variables que surgieron del análisis de la sostenibilidad. La participación fue amplia en la discusión a través de la experiencia y vivencias propias de los agricultores.

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

El paso anterior facilitó la caracterización de la multidimensionalidad que enmarca la sostenibilidad de los agroecosistemas en estudio, para definir en una sesión continua dentro del mismo primer taller, los puntos críticos a partir de los criterios de diagnóstico sobre las unidades de análisis o sistemas de manejo. La idea central en los talleres fue la construcción propia y colectiva de los puntos críticos, los cuales para su clasificación dimensional y de interrelaciones, se analizaron inicialmente con cada grupo, la circunscripción de los criterios de diagnóstico que define cada dimensión. En este primer taller los agricultores expresaron toda la problemática existente y las satisfacciones sobre el desempeño de sus sistemas de producción.

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

En un segundo taller, con cada grupo igualmente, con la definición de los puntos críticos ya priorizados, se propusieron indicadores relevantes de valoración o medición de dichos puntos críticos por cada dimensión, los que fueron discutidos, analizados, evaluados y seleccionados por los mismos agricultores. Se consideró que el análisis y discusión en interacción participativa durante los talleres, estableció la ruta a seguir para la elaboración de la propuesta de conversión agroecológica.

### 8.3. Resultados y Discusión

#### 8.3.1. Conceptos previos de atributos de la sostenibilidad por los agricultores ecológicos sobre sus sistemas de producción.

De entre los diferentes atributos de la sostenibilidad establecidos por los agricultores ecológicos en las discusiones de los talleres (Figura 7, Tabla 20), los más sobresalientes fueron: la productividad está centrada en los recursos propios, la resiliencia o capacidad de persistir está fundamentada en la biodiversidad presente y en el conocimiento adquirido, la adaptabilidad a las presiones externas está en superar las propias y la acción preventiva y evaluativa del riesgo es un sistema de seguimiento y evaluación que debe ir más allá de lo técnico y normativo. A continuación se explican cada una de ellas:



*Figura 7.* Talleres con el grupo de campesinos del grupo de certificación ecológica

Tabla 20. *Conceptualización y operacionalización de la sostenibilidad en Ecológicos*

ATRIBUTOS SURGIDOS DE LA DISCUSIÓN	CONCEPTOS DE LOS AGRICULTORES
1. Productividad a través de la optimización de recursos naturales disponibles y recursos propios (eficiencia)	Independencia de productos comerciales sintéticos costosos y peligrosos para el manejo del sistema, en especial agroquímicos para control de plagas y enfermedades, como de abonos inorgánicos. Dependencia relativa de productos sustitutos no reproducibles a nivel de finca.
2. Resiliencia en la biodiversidad y en el conocimiento y mejora continua sobre el sistema	La naturaleza es el modelo a imitar y el manejo principal del sistema está fundamentado en su alta aplicabilidad
3. Adaptabilidad a través de acciones colectivas internas y aún con el exterior	Aceptación de las influencias y demandas de necesidades externas
4. Manejo del riesgo fitosanitario y sanitario a todos los niveles (físicos, químicos y biológicos)	Necesidad de acción preventiva (y evaluativa) en todos los procesos a nivel de finca y entorno

1. Productividad a través de la optimización de recursos naturales disponibles y recursos propios (eficiencia): Independencia de insumos comerciales sintéticos costosos y peligrosos para el manejo del sistema, en especial de los plaguicidas y fertilizantes.

Para los agricultores ecológicos estudiados ECO, es viable el logro del atributo de la productividad como parte esencial de la sostenibilidad de los agroecosistemas, fundamentado esencialmente en el manejo del sistema de producción de hortalizas sin el uso de los insumos comerciales sintéticos (plaguicidas y fertilizantes), elaborados básicamente para sistemas convencionales y que siempre están aumentando de precio y que son los principales promotores de la contaminación creciente del sistema. Los productos sustitutos en los sistemas ECO, son elaborados propiamente en finca con los recursos locales disponibles de origen animal y vegetal, sin embargo, no todas las fincas están abastecidas. Es por ello, que no se excluye la necesidad de entradas externas. Estas se hacen con recursos locales relativamente cercanos, ya sea con socios del grupo o con proveedores especializados en productos orgánicos registrados ante la entidad competente. La exigencia de la dependencia de insumos orgánicos certificados obedece a la norma ecológica, puesto que lo que no esté protocolizado y demostrado libre de patógenos

y sin reparos de calidad, o que no sea reproducible en finca, debe ser adquirido orgánicamente certificado por el grupo.

La disponibilidad de recursos, como componente crítico del sistema, se refiere al volumen necesario de ellos para potencialmente mantener las funciones del sistema y conservarlo saludable (Gallopín, 2003). Una salud que empieza por la disponibilidad y accesibilidad, es decir la propia seguridad alimentaria dentro de los límites del agroecosistema (Kazemi, Klug y Kamkar, 2018). La accesibilidad a los recursos igual contribuye a la estructura del agroecosistema y se define como la relación distributiva entre la oferta de recursos y la demanda de necesidades (Xu y Mage, 2001). El adecuado manejo de la selección y asignación de los recursos depende de los objetivos a alcanzar ya sean estos de aumento de los ingresos y los correspondientes a mantener los propios recursos, caso la acumulación de la materia orgánica del suelo (Groot, Oomen y Rossing, 2012).

Se rechazan por los sistemas agroecológicos, las soluciones externas para la agricultura de pequeños agricultores que son auspiciadas por los grandes donantes privados y públicos, centradas en la promoción de fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Así mismo, no se admiten las propuestas de combinar estrategias diversas como los cultivos transgénicos, la agricultura de conservación, la microdosificación de fertilizantes y herbicidas y el manejo integrado de plagas, con la agroecología (Altieri y Nicholls, 2012). Se supera el dilema que enfatiza el maximizar los rendimientos a través de la explotación de sistemas operados a un nivel de elevada productividad (Dalsgaard et al, 1995), altamente intervenidos, aumentando su vulnerabilidad, sin prestar atención suficiente a la resiliencia del sistema, la adaptabilidad y la transformabilidad (Ge et al., 2016).

Los agricultores del grupo de ecológicos no emplean ningún insumo sintético químico para la nutrición de cultivos ni para la protección fitosanitaria, pero permanecen condicionadamente en la fase de sustitución y rotación de insumos externos con recursos locales, así los primeros sean orgánicos. Por su parte, la fase del rediseño o acomodamiento constante del agroecosistema en los agricultores ECO estudiados, se fundamenta en la diversificación del mismo, a través de diversos arreglos cultivos con aprovechamiento animal, para patrocinar su propio reciclaje y apoyo a la fertilidad con el compostaje y la regulación natural de plagas y enfermedades al realizar acciones de efecto repelente, biopesticidas y cierto nivel de fomento y liberación de control biológico en las fincas. Sigue siendo una tarea permanente en estos sistemas, la creación de condiciones favorables para que los recursos y subproductos se equilibren dentro de ellos.

Se busca alcanzar la autosuficiencia con respecto a la demanda de insumos, gracias al diseño de arreglos diversificados de producción agrícola y pecuaria, que se complementan y que generan al interior del sistema una serie de sinergias, servicios y funciones que lo estabilizan e incrementan su capacidad de respuesta a cambios extremos (Altieri, 2002; Gliessman y Rosemeyer, 2010). Adicionalmente, las prácticas y técnicas campesinas tienden a ser más intensivas en conocimiento que en insumos (Altieri y Nicholls, 2012).

2. Resiliencia en la biodiversidad presente y en el conocimiento con mejora persistente sobre el sistema: La naturaleza es el modelo a imitar y el manejo principal del sistema está fundamentado en su alta capacidad de persistir y en su aplicabilidad.

Así mismo, los agricultores ECO enfatizan en los conceptos de resiliencia individual y propia y en la estabilidad como atributos interdependientes de la sostenibilidad de los sistemas productivos, fortalecidos a través del aprendizaje continuo del sistema de manejo de sus recursos, donde la permanencia en el tiempo de las “buenas prácticas ecológicas” (planificación de siembras, nutrición, protección) como ellos mismos las llaman, contribuye al mejor desempeño de sus sistemas productivos. El enfoque de mejora continua se centra en el ejemplo dado por la observación directa de la naturaleza en cuanto a la capacidad de adaptación a los vaivenes del clima y demás fenómenos naturales que inciden directamente sobre las respuestas dadas por los organismos vivos. En especial es observable a través de la estrategia de rotación continua y escalonada de hortalizas de diferentes familias y con combinaciones en menor escala y densidad de cultivos de cereales, leguminosas y aromáticas, tratando no solo de tener diversidad de productos sino también distribución amplia de mayores barreras frente a patógenos.

Enfrentan sí, una gran presión externa en el sentido de tener que sembrar principalmente híbridos mejorados de hortalizas, al igual que lo hacen los agricultores convencionales, pero con la excepción que no utilizan plaguicidas químicos para ningún problema fitosanitario y no abonan con fertilizantes inorgánicos, para tratar de alcanzar los estándares productivos establecidos para tales materiales. Poseen semillas de carácter local, andinas y “criollizadas”, muchas de ellas, con cierto mercado, pero limitado por la falta de promoción y cultura de consumo; algunas se conservan *in situ* y otras son almacenadas lo mejor que se puede. Tratan de incorporar la fase de evaluación de resultados y la retroalimentación continua, para lograr estados más superiores de resiliencia, a través del proceso de auditoría interna del propio grupo de agricultores en los recorridos por las diferentes fincas, comparten todo un día de trabajo y evaluación, procuran dar las mejores recomendaciones para mejorar el sistema de producción. No es muy frecuente y

común el uso de estrategias de control directo de enfermedades de los cultivos, en especial bacterias y nematodos; existe si en especial para el control de hongos. En general, se vigila por sí mismos, la producción o plantulación de semillas con sustratos elaborados en finca.

La meta funcional de los sistemas alimentarios es asegurar alimento suficiente en cantidad y calidad, al igual que alimento apropiado cultural, técnica como nutricionalmente y accesible física y económicamente para todos y lograrlo a pesar de las perturbaciones predecibles e impredecibles a lo largo del tiempo (Tendall et al., 2015).

Para superar tanto las dicotomías ecológico-sociales como las estructurales, inherentes al agroecosistema, se propone centrarse en las relaciones como perspectiva viable, que permite un análisis más profundo de cómo interactúan los procesos ecológicos y sociales para reducir o fortalecer la resiliencia en las fincas familiares (Darnhofer et al., 2016).

### 3. Adaptabilidad a través de acciones colectivas internas y aún con el exterior: aceptación de las influencias y demandas de necesidades externas

Los agricultores ECO reconocen la necesidad de afrontar y prepararse no solo para las perturbaciones directas como las fitosanitarias de sus cultivos, sino así mismo, frente a las que presionan desde afuera al sistema, las imprevistas de los mercados y todas sus variables (precios, valores agregados, etc.) y todas las presiones ejercidas por los vecinos convencionales sobre los recursos naturales circundantes, que determinan la necesidad de acomodamientos de sus sistemas productivos y que inciden en su vulnerabilidad.

Puede decirse que el solo hecho de la transición de los agricultores ECO estudiados hacia una agricultura ecológica certificada, ya de por sí demanda todo un amplio camino de transformación y de adaptación a las exigencias de la norma en todas sus acepciones, con sus procesos, procedimientos, registros, productos garantizados y la comercialización. Su meta grande, entre otras, es alcanzar los mercados orgánicos a mayor escala. La reflexión central del análisis es si después de alcanzar dicha meta, su círculo no se circunscribe al grupo reducido de agricultores sino que permiten el ingreso u orientación para otros agricultores de la organización y región.

De hecho, durante las fases productivas y de mantenimiento, una finca familiar debe ser capaz de aminorar y enfrentar cualquier perturbación, tales como el repentino aumento de precios de insumos, la falta de disponibilidad de mano de obra o cambios de política o normas de producción y consumo más exigentes (Darnhofer et al., 2016). El pensamiento de resiliencia ha surgido como una perspectiva clave en la investigación y la política en sistemas de producción de productos

biológicos. Es un marco para entender la persistencia, la adaptación y la transformación de los sistemas socio-ecológicos (Folke et al., 2010, citados por Ge et al., 2016). Conceptos que en conjunto se acogen como complementarios de las metas de la sostenibilidad (Tendall et al., 2015). La capacidad de adaptación también incluye la capacidad general para abordar los déficits de carácter estructural, como la falta de ingresos, educación, salud y poder político (Pant, Adhikari y Bhattarai, 2015).

La situación de las dificultades de adaptabilidad de esta clase de grupos de agricultores ECO a las nuevas demandas del mercado de los orgánicos, se trata de mitigar a través de la vinculación de algunos miembros de sus familias a la educación, para alcanzar oportunidades de preparación para la decisión de su estilo de vida en las labores agropecuarias. De las 9 familias de agricultores ECO, 4 de sus cabezas de familia poseen alguna formación técnica y tres familias de las 9, tienen hijos con procesos de formación agropecuaria de carácter rural.

4. Manejo del riesgo fitosanitario y sanitario a todos los niveles (físicos, químicos y biológicos): Acción preventiva (y evaluativa) en todos los procesos a nivel de finca y entorno

Los conceptos de gestión del riesgo a nivel de predio, se reconocen por los agricultores ECO pero no están supeditados a un control permanente de intervención, se observa en el manejo de las plagas y enfermedades. Confían en la capacidad de respuesta del mismo agroecosistema por la preparación previa de la diversificación planificada del sistema. Esta intervención se traza en acciones complementarias y/o decisiones de control a la entrada de la finca y a vigilancia interna dentro de ella, mediante la implementación de protocolos de riesgos: físicos, químicos y biológicos. Dicha gestión hace parte del sistema de calidad agropecuaria, que establece el componente de evaluación de matriz de riesgos, que de acuerdo a la planificación de desarrollo de actividades del sistema productivo, verifica el manejo dado en las diferentes etapas fenológicas con la descripción de los riesgos, la identificación de los mismos, el nivel de probabilidad de ocurrencia y las correcciones respectivas.

La idea fundamental es vigilar al menos protocolariamente, las fuentes naturales de aguas, las materias primas propias y externas, los procesos y procedimientos de elaboración de bioinsumos, el material vegetal, entre otros, con algunos análisis periódicos de calidad en laboratorio, para prevenir y actuar de esta forma sobre factores promotores de plagas y enfermedades. Pero en cuanto a los riesgos económicos y sociales puede ser más compleja la gestión y requiere un proceso de preparación significativa que debe ser continua a través de la capacitación, formación, los comités de control, así como la interacción con clientes y entidades.

La norma ecológica misma prescribe que el organismo de control o el productor, si se presume de riesgos de contaminación externos, originados en aplicaciones o residualidad de productos de síntesis química a lo largo del sistema de producción, deben realizar las respectivas verificaciones a través del envío de muestras a laboratorios que tengan las pruebas acreditadas (Norma Ecológica Colombiana, Resolución 187, MADR, 2006).

Por otro lado, los riesgos fitosanitarios están latentes mientras se utilicen en mayor escala híbridos mejorados, así se distribuyan dentro de las parcelas con otras especies variables de cultivos, y más cuando se repiten semanalmente en siembras continuas, que dejan cantidades relativas de residuos en el suelo y más cuando la variabilidad intraespecífica es reducida para distribuir equitativamente o poner obstáculos a la incidencia de las enfermedades. En este punto es necesario el rediseño del sistema con respecto a ganar espacios en los mercados diferenciados.

El Manejo Integrado de Plagas (insectos y enfermedades) tradicional, se ha centrado principalmente en reducir la cantidad de plaguicidas aplicados mediante la técnica del uso regular de muestreos o monitoreos de plagas en campos para su identificación y valoración de daño, junto a prácticas de manejo agronómico como la rotación de cultivos y el control con enemigos naturales (Mulumba et al., 2012). Las técnicas culturales para modificar el ambiente de cultivo también son potencialmente útiles, pero han sido menos valoradas en la mayoría de las discusiones sobre MIP (Ooi, 2005, citado por Mulumba et al., 2012).

La base del surgimiento de la agricultura fue sobre sistemas biodiversos con gran variabilidad intraespecífica como interespecífica, muy diferente a lo que predomina hoy en el mundo moderno, que desaprovecha dicho potencial. Las ventajas de la diversidad condujeron al desarrollo de muchos sistemas útiles que limitaron el desarrollo de enfermedades (Finckh y Wolfe, 2006). Se ha observado la implementación de manejo cultural a nivel de pequeños agricultores por la orientación a mercados más especializados (Nyamwasa et al., 2018), destacándose el uso de trampas, biopesticidas, enmiendas e injertos, todo a través de programas agrícolas en convenios con agencias externas (Rahman, Norton y Rashid, 2018).

### **8.3.1.1. Dimensión Sociocultural de los Agricultores ECO.**

Al caracterizarse con los agricultores el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores sociales tales como la equidad intrageneracional e intergeneracional de las prácticas familiares agrícolas

acostumbradas; sobre la participación individual y colectiva para una justa distribución de los recursos económicos, ambientales y sociales en la región; las posibilidades de fortalecimiento o logro de la seguridad y soberanía alimentaria; la transmisión de los valores y saberes locales y la capacidad de toma de decisiones; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales factores que afectan dicho alcance (Tabla 21) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 22).

Tabla 21. *Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión sociocultural ECO*

DIMENSIÓN	PUNTOS CRÍTICOS O PROBLEMAS	Prioridad (%)
SOCIOCULTURAL	Rescatar la participación familiar (integración)	22,2
	Oposición de los vecinos (presión), en especial de los productores convencionales sobre los sistemas alternativos	55,5
	Los sistemas de producción ecológica son minoritarios	11,1
	Los jóvenes no quieren en general seguir la agricultura alternativa. No hay relevo generacional	55,5
	Pérdida del conocimiento ancestral, con sus tradiciones, prácticas y recursos genéticos	55,5
	El control de la comercialización de semillas e insumos por las transnacionales de agroquímicos	44,4
	Monopolio industrial hacia el sistema convencional de pocos alimentos con dependencia de insumos de sustancias tóxicas	22,2
	No hay control a la publicidad engañosa	22,2
Falta empoderamiento en espacios de participación	11,1	

Tabla 22. *Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión sociocultural con agricultores ecológicos.*

Factores críticos	Indicadores seleccionados
1. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción ecológico (maximización de la actividad productiva individual en el corto plazo)	<p>Número de productores que practican la agricultura ecológica en el grupo (10 de 25 socios, 550 familias de 11.000 en el departamento)</p> <p>Volumen de aplicación de pesticidas en la región (Colombia cerca del Top 10 en el mundo, 14.5 Ton ia/1000 ha, 2.000 L agua/ha/ciclo de 3 meses)</p> <p>Costo de producción actual por kg de producto ecológico (al inicio 35% más alto con respecto al Convencional en mano de obra. Este último alta inversión en plaguicidas)</p> <p>No. de hijos por familia dedicados a las actividades agropecuarias (33%)</p>
2. Sin relevo generacional	<p>Participación de la esposa en las actividades agrícolas (78%)</p> <p>Estabilidad o permanencia de la familia en la actividad (&gt; 3 años, 80%), algunos agricultores con 12 años o más.</p>
3. Control multinacional de las semillas e insumos para el manejo de los sistemas de producción de hortalizas	<p>Número de cultivares en las parcelas de procedencia híbrida y monopólica por unidad de área ecológica (10 a más materiales)</p> <p>Número de cultivares locales altamente adaptados comercializables (en proceso de incentivo y en plantulación propia)</p> <p>Número de plantuladeros ecológicos certificados para el grupo (uno)</p>
4. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas	<p>Tipos de estrategias de manejo de recursos naturales y demás (eficiencia del agua, conservación del suelo)</p> <p>Número de nuevas familias en este tipo de sistemas en la organización (no crece, otros grupos sí)</p> <p>Tipo de propietarios predominantes en la región</p>

A continuación se presenta el análisis de los puntos críticos de la dimensión sociocultural junto con los indicadores seleccionados

1. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción ecológico: el grupo de agricultores ECO expresa que no existe “apoyo” de los vecinos (sino oposición), en especial de los productores convencionales, porque estos no creen en lo ecológico. Por lo general, los vecinos ejercen una resistencia mental al cambio y a la preservación de los recursos naturales, no es sino detallar la diferencia de diversidad en los sistemas de producción entre los agricultores convencionales y los ecológicos, la artificialización es más notoria en los primeros. No existe en la zona de análisis, un continuo significativo de productores ECO o en proceso de transición, sino que son “islas” luchando muy solos. Bregando a protegerse al menos con aislamientos progresivos a través de siembras de barreras vivas, conservando relictos de bosques dentro de sus límites.

Indicadores: Número de productores de la organización que practican la agricultura ecológica: 10 de 25 socios activos de la organización ecológica analizada, sin tendencia a crecer. Solo el 5% del total de población de agricultores de hortalizas en el Departamento de Antioquia (550 de 11.000 familias), practican algún tipo de agricultura alternativa, no necesariamente ecológica. No existe diálogo de saberes entre lo convencional y lo ecológico. La comparación entre ambos tipos extremos de agricultura a nivel productivo, se supedita no más allá de la relación Costo/Beneficio, la cual normalmente no valora la protección de los recursos ambientales y humanos y su preservación en el tiempo de las agriculturas alternativas, es así como se prioriza el enfoque convencional en la región.

El concepto de resiliencia mismo ha emigrado de su definición inicial de carácter ecológico a ser politizado y enmarcado por enfoques técnico-rationales cimentados en acciones bioeconómicas de resultados precisos a través de tecnologías llamadas “de punta”, dejando de lado la diversidad en finca, como la pluralidad social, priorizando sólo grupos de poder, en especial de los grandes mercados (Darnhofer et al., 2016). La convergencia de tales innovaciones y las estrategias de esos actores de poder, incluido el Estado, ha llevado al paradigma del productivismo (Lamine, 2011).

La agricultura convencional es predominante en la región, como tal el indicador: “volumen de aplicación de plaguicidas sintéticos en sistemas de hortalizas en la región”. En promedio se presentan entre 10 a 14 aplicaciones de plaguicidas por vecinos convencionales, generalmente con mezclas de ellos, y por cada ciclo productivo de hortalizas, es decir, 2.000 a 2.800 litros de solución  $ha^{-1}ciclo^{-1}$ . Los reportes de estadísticas a nivel mundial, según Sánchez, Lis-Gutiérrez, Robledo y Herrera (2013), indican que Colombia llegó a ocupar lugares principales como

consumidor de plaguicidas, sobresaliendo la aplicación de fungicidas para control de enfermedades.

El uso mundial de plaguicidas ha crecido en los últimos 20 años a 3.500 millones de kg año<sup>-1</sup>, lo que representa un mercado global de US \$ 45 mil millones. Los costos externos de los pesticidas son de USD\$ 4 a \$ 19 por kg de ingrediente activo aplicado (Pretty y Bharucha, 2015). Del análisis de los datos del estudio sobre manejo integrado de plagas sobre intensificación de la agricultura por dichos autores, Colombia no figura ya en el top 10 de los más consumidores, aunque continúa siendo un país cercano a los 40 millones de kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Indicador: Costo de producción por kg de producto ecológico iniciando la transición a la norma ecológica. Al inicio es 35% más alto con respecto al producto convencional, principalmente representado en la mano de obra, la dedicación a varias importantes labores es bastante significativa, que en el corto plazo se consideraría que es un sobre costo comparado con los sistemas convencionales, quienes prefieren recurrir a las tecnologías ahorradoras de mano de obra a través de la aplicación de agroquímicos y labranza con maquinaria. Sin embargo, en el mediano plazo, después de los procesos de adaptación más que a los tiempos estipulados por la norma ecológica, dichos costos disminuyen gracias a las ganancias en el mejoramiento de las condiciones de calidad del suelo, menor control de malezas y compensaciones en el uso económico de materias primas propias para la nutrición y protección de cultivos.

Los críticos de los enfoques alternativos sostienen que la agricultura de bajos insumos, produce bajos rendimientos y por ende contribuye a la escasez de alimentos y crea presiones para expandir la superficie cultivada. Por el contrario, los partidarios de enfoques agrícolas alternativos, han señalado que los costos ambientales desbordados de la agricultura de altos insumos externos, la hacen insostenible (Uphoff, 2002). A pesar que se continúe en el debate sobre el futuro de los pequeños agricultores, de decidir aún si apoyarlos o no, hay pruebas trascendentales que demuestran la contribución de su participación al crecimiento de la agricultura y a la reducción de la pobreza (Birner y Resnick, 2010).

2. Sin relevo generacional: Los hijos de los agricultores evaluados, aún de padres que practican la agricultura ecológica, manifiestan desánimo general en seguir la tradición agrícola, debido al poco apoyo del gobierno y demás sectores relacionados y el gran esfuerzo que deben realizar para permanecer en el campo. Los agricultores ecológicos que tienen familia con hijos menores de edad, en crecimiento y formación, tienen la posibilidad que continúen la tradición al menos uno

de ellos por cada tres hijos, o sea que familias con 1 o 2 hijos, corren el riesgo que no tengan relevo generacional.

Indicadores: Número de hijos por familia dedicados a las actividades agropecuarias. De 9 hijos del grupo de los ecológicos, solo tres participan en las labores (33,3%) y siendo dos de ellos menores de edad. De los otros seis hijos, cuatro son aún niños; los otros dos, son jóvenes dedicados a otro tipo de labores económicas, aunque tramitan proyectos para sus familias (22,2%).

Indicador: composición familiar. Además de la importancia del relevo generacional, por su parte el acompañamiento de las esposas de los agricultores no siempre es definido. De los que tienen esposa, el 78% de ellas están vinculadas de una forma u otra a las labores agrícolas, ya sea directamente en la parcela, o en la cosecha, poscosecha y cuidado de la familia y animales.

Indicador migración familiar: este indicador y sus causas, corresponde al fenómeno de desplazamiento de miembros del grupo familiar hacia la ciudad u otras actividades, por la no generación de incentivos, apoyos o utilidades suficientes para la permanencia de la actividad agropecuaria. De los tres hijos jóvenes mayores de este grupo de productores, dos realizan labores diferentes a las agropecuarias.

Indicador: estabilidad o permanencia de la familia en la actividad ecológica o su transición hacia ella. El 80% de los agricultores por lo menos ya llevan 3 años en la actividad ecológica, incluso se presentan agricultores con 12 años o más de agricultura ecológica. Los que llevan menos de tres años, límite de la norma para demostrar que no usan plaguicidas; presentan dificultades debido a la necesidad de un proceso de transición exigente, en el sentido de aceptar los cambios, interiorizar y ejercer las prácticas ecológicas normalizadas.

Estos últimos tienen grandes probabilidades de regresar a las fases anteriores de la transición, por múltiples motivos, entre ellos, el enfoque socio-técnico rígido, la falta de resultados inmediatos y de apoyo financiero. Lo que demuestra que los procesos de transición no son lineales. Es en este sentido que se podría cuestionar este tipo de transiciones cuando las decisiones u orientaciones están solo en manos de terceros que son entidades o personas sin conocimiento de los factores socioecológicos, que desconocen las dinámicas familiares y comunitarias. La zona de estudio por experiencia del trabajo en la cadena productiva, se caracteriza por un alto nivel de individualismo, de desconfianza entre los mismos pequeños grupos de productores.

En estudios sociológicos cuantitativos y cualitativos realizados en especial en otras latitudes, se exaltan los factores sociales y relacionales y los motivacionales detrás de las transiciones hacia prácticas más ecológicas (Lamine, 2011; Bjørkhaug y Blekesaune, 2013). Existe el error de minimizar la importancia de los aspectos transitorios y de largo plazo dentro de las trayectorias, abordando la conversión como un proceso no más largo que su duración normativa (Lamine, 2011). Los factores relacionados con las condiciones ecológicas y la mala gestión de los sistemas, aparecen como de importancia secundaria (Yan et al., 2016).

3. Control multinacional de las semillas e insumos para el manejo de los sistemas de producción de hortalizas: El control de la comercialización de semillas por las transnacionales de agroquímicos, promueve la cultura del mejoramiento genético (híbridos) junto al uso de sustancias químicas para el control fitosanitario, fortalecido por las leyes de semillas, que socava cada vez más los recursos genéticos propios, que sí están localmente adaptados. De esta forma la abundancia relativa de los recursos genéticos se ve seriamente afectada junto a todas sus prácticas diversificadas de valor agregado de alimentos y medicinas vegetales como de animales y por el contrario la dependencia de agroquímicos se ve fortalecida por la persistencia o importación de enfermedades asociadas a los materiales mejorados.

Indicadores: número de especies y variedades utilizadas en el sistema productivo y cuya procedencia sea de multinacionales monopólicas proveedoras de híbridos comerciales: se encuentran hasta diez y más materiales híbridos mejorados en las parcelas ecológicas, por imposición de los mercados. Aunque también el grupo ECO posee materiales propios e importados de otras latitudes, producidos orgánicamente y multiplicados a cierta escala a través de su propio plantuladero ecológico certificado y que han empezado a ser promocionados por los mismos agricultores, pero sin una dinámica igual de mercados a las de los híbridos.

El hecho mismo de sembrar los materiales híbridos “mejorados” pero en diferentes arreglos y en variedad de especies y familias, es una estrategia de defensa frente a las posibles pérdidas por plagas y patógenos, comparado cuando los mismos materiales son sembrados en grandes extensiones y en forma de monocultivo por agricultores convencionales vecinos. La estrategia de los agricultores ECO es el manejo del sistema de producción o de la finca como un todo, mediante prácticas que favorezcan su complejidad. Adoptan el control biológico y la nutrición orgánica, conjuntamente. Con respecto a ello, se da el enfoque de sistemas al manejo de plagas, no supeditado al mero cultivo afectado o a la plaga en sí misma, sino en su interacción con el resto de componentes. Los policultivos en sistemas convencionales no son muy eficientes, por poseer

menor variabilidad y supeditada a ser todos híbridos mejorados, altamente exigentes, normalmente una sola variedad por especie cultivada. Es verdad, que solo por ahora, los agricultores ECO han introducido en muy pequeña escala aún, por la falta de demanda, variedades diversas de cada especie de cultivo, no sólo hortalizas, sino arreglos diversos con cereales, aromáticas y forrajeras. De acuerdo a Vázquez (2010), los sistemas convencionales además, carecen de los aportes interactivos que se brindan desde el resto del sistema, tal el caso de los ambientes seminaturales en los bordes de los predios, que no son considerados.

Los sistemas convencionales evaluados, aplican herbicidas a todo el lindero de las fincas, a los arbustos y demás hierbas presentes allí, porque se cree que son foco de contaminación fitosanitaria. Sin embargo, estos ambientes mejor conocidos y manejados adecuadamente, poseen efectos positivos significativos, porque se constituyen en sitios de refugio, alimentación y multiplicación de enemigos naturales de plagas (entomófagos y entomopatógenos).

Tal es el caso de los agricultores ECO que no aplican herbicidas en dichos ambientes y los protegen. Igualmente por temporadas liberan en ellos a controladores biológicos. Los cultivos que crecen simultáneamente mejoran la abundancia de depredadores y parásitos, que a su vez impiden la acumulación de plagas, minimizando así la necesidad de utilizar insecticidas químicos caros y peligrosos, los cuales se siguen utilizando aún en policultivos convencionales, donde la diversidad de enemigos naturales disminuye por la presión química.

Un requisito inaplazable para que la diversidad varietal de cultivos se considere una estrategia válida para el manejo de plagas o enfermedades, es que exista variación en la resistencia de la población huésped con respecto a dichas limitantes dentro del sistema de producción de los agricultores (Finckh y Wolfe, 2006; Mulumba et al., 2012). Mientras que las multinacionales de productos químicos acaparan la investigación de semillas y de recursos de producción más importantes del mundo, concentradas en unos cuantos materiales (Uphoff, 2002). Tales regulaciones convencionales de propiedad intelectual en cuanto a protección de variedades vegetales, no deberían usarse para proteger los recursos genéticos exclusivamente, sino permitir los derechos de los agricultores y regiones originarias sobre ellos (Heinrich y Hesketh, 2018).

Indicador: Número de materiales locales o propios altamente adaptados y comercializables (en proceso de replicación, incentivo y en plantulación propia dentro del grupo): el grupo de productores cuentan con una serie de materiales propios ya sean locales y adquiridos en intercambios y demás eventos; entre ellos, 17 cultivares de lechuga (*Lactuca sativa*), 4 de papa (*Solanum spp*), 4 de zuchini (*Cucurbita spp*), 3 de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y 3 de

coliflor (*Brassica oleracea* var. botrytis), entre otros de amaranto (*Amaranthus* spp), quinua (*Chenopodium quinoa*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), chia (*Salvia hispánica*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y más. Sin embargo, no todos tienen una dinámica productiva y comercial aceptable, limitada por la falta de conocimiento del consumidor general. Toda esta serie de materiales, se constituyen en grandes probabilidades de variación genética con resistencia.

Indicador: Número de plantuladeros ecológicos certificados para el grupo (uno): con carácter ecológico en producción y manejo. Están trabajando a su vez materiales híbridos, variedades consideradas locales y materiales “criollizados”.

El grupo de agricultores ecológicos en su esfuerzo por evitar la dependencia externa de materiales genéticos y de controlar las decisiones de su manejo, ha establecido un plantuladero ecológico certificado, que le permita de una parte, rescatar variedades tradicionales o locales y hacer uso de los híbridos permitidos con manejo orgánico.

Las iniciativas en crecimiento de pequeños agricultores para la independencia de la multiplicación y manejo de sus propios recursos genéticos, se constituyen en la formación de reales empresas comunitarias (Coomes, 2015), como lucha contra la privatización de los bienes comunes, la degradación ambiental y la imposición de organismos genéticamente modificados (OGM) en la producción de alimentos y en la negociación de acuerdos comerciales (Desmarais, 2008).

4. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas: asociado con el factor crítico anterior del control multinacional de las semillas, que unidos, afectan la preservación y manejo de los agroecosistemas y reproducción de las prácticas de preservación de los recursos y sus servicios asociados; sometidos ahora en un ambiente altamente cambiante, corriendo el gran riesgo de no recuperarse los recursos genéticos y la tradición cultural integrada a ellos.

Indicadores: Abundancia relativa del tipo de estrategias de manejo de los recursos naturales a disposición y demás recursos sociales y ambientales asociados (ejemplo: eficiencia del uso del agua, conservación del suelo, biodiversidad planificada, entre otras).

No se prevén manejos apropiados de eficiencia en el uso y renovación natural de los recursos, sino que se estiman como inagotables, caso en especial del agua, altamente demandada para riego y aspersión de plaguicidas en la mayor parte de la región de estudio. Por el contrario, los agricultores ECO estudiados, han tomado conciencia sobre fundamentarse en el monitoreo junto con dejar actuar el control natural de plagas y enfermedades, para no ejercer presión sobre el recurso agua en preparación de fórmulas de protección de cultivos.

Una dificultad en manejo de recursos, bien observable, aunque en general está disponible, es la superabundancia del estiércol por el tamaño de las fincas, en especial por la poca magnitud de explotación de los sistemas productivos de hortalizas, siendo desaprovechado el recurso. Se requiere el desarrollo de otros usos y aprovechamientos, antes que se vuelva un foco de contaminación cruzada para las fincas, que pueden generar problemas fitosanitarios. Groot et al., (2012), afirman que la planificación de sistemas agrícolas integrados por variedad de cultivos y el componente animal, junto a la gama diversa de los recursos que genera tal mezcla, es complicada, ya que implica gran número de decisiones de gestión sobre la asignación de recursos financieros de inversión y de mano de obra y demás tareas, de acuerdo a los objetivos que se persiguen y las limitantes que se presentan.

De acuerdo a lo propuesto en su momento por Vandermeer et al., (1998), los dos componentes distintivos de la biodiversidad en los agroecosistemas, ya no predominarían en los sistemas altamente intervenidos, es decir, la biodiversidad planeada, en otrora, intencionalmente incluida por el agricultor (arreglos de cultivos y ganado), junto con la biodiversidad asociada promovida (flora y fauna del suelo, descomponedores, etc.), que coloniza el agroecosistema desde los ambientes circundantes y que prosperaría en él. Aún hoy difícilmente se reconoce el valor de la biodiversidad del suelo y los servicios ecosistémicos que presta, por ello la necesidad de contabilizar los riesgos asociados y los compromisos de la sociedad en general, al tener que mitigar los impactos ambientales negativos (Pascual et al., 2015).

De continuar el crecimiento en los ingresos y en la población, se espera mayor presión sobre tierra para la agricultura, lo que afectará aún más los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y sociales, a no ser que se brinden alternativas cimentadas en el mantenimiento y mejoramiento de la biodiversidad (Barral, Rey, Meli y Maceira, 2015). De esta forma la biodiversidad se constituye en un indicador de manejo de las diferentes prácticas agrícolas, en la medición del aprovechamiento de los recursos y su uso sostenible (Kazemi et al., 2018).

Indicador: Número de nuevas familias que se adhieren a este tipo de sistemas en la organización (no crece, otros grupos diferentes sí).

Los sistemas de producción de hortalizas en la región de estudio, están dominados por agricultores en su mayoría no vinculados a ninguna organización; los que sí están asociados, están dentro de organizaciones muy pequeñas en número de integrantes y con muchas dificultades para sobresalir, por los altos costos que implica ser pequeño agricultor, sin apoyo técnico-social e institucional especializado. Existe también una gran masa de propietarios, no

precisamente campesinos, muchos de ellos negociantes, dedicados a otras actividades económicas pero que han visto en este tipo de actividades agrícolas, otra oportunidad más de negocio. Ha sido de esta forma, como las empresas multinacionales de agroquímicos se han aprovechado de la situación y han fortalecido una agricultura convencional en la región.

En general el mercado orgánico se destina principalmente a la exportación a países ricos y contribuye muy poco a la seguridad alimentaria de las naciones exportadoras. A medida que los productos orgánicos se comercializan cada vez más como productos básicos internacionales, su distribución es poco a poco tomada por las mismas corporaciones multinacionales que dominan la agricultura convencional, desestimulando los procesos locales (Altieri y Nicholls, 2005). La cadena de suministro de productos frescos como las hortalizas en Colombia, se distingue de otras cadenas por la alta intermediación que monopoliza el mercado y coloca los precios. Aunque es considerada con grandes ventajas por muchos otros, porque acorta los tiempos y las gestiones de negociación entre vendedores y compradores. Las cadenas cortas de suministro de productos, en especial los llamados circuitos cortos, tratan de apoyar a redes de pequeños agricultores, pero las dificultades de logística y transporte requieren la intervención de operadores que faciliten las transacciones por su conocimiento y mayor capacidad de riesgo, además que lidien para garantizar las exigencias de los compradores. El caso de los agricultores ECO de la zona de estudio, ya con sello, su estrategia ha tenido que ser la conquista de clientes especiales y con un gran esfuerzo de promoción y necesidad de apoyo estatal y ONG líder para sobresalir y conquistar mercados de comercio justo.

Se corre un gran riesgo en el intento de homogenizar los sistemas orgánicos locales que son únicos y altamente variables, con normas de certificación que pueden resultar inapropiadas para estandarizar. Muchas directrices resultaron impracticables para agricultores por razones técnicas (Altieri y Nicholls, 2005). La transición no debe ser una meta en sí misma, limitada a sustitución de insumos y a la especialización de productos, sino al cambio del pensamiento y como tal, de las prácticas convencionales asociadas (Gliessman y Rosemeyer, 2010).

### ***8.3.1.2. Dimensión Económica de los Agricultores Eco.***

Al caracterizarse con los agricultores el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores económicos tales como el logro de ingresos suficientes de la familia agricultora fundamentados en la gestión de las inversiones y gastos de sus sistemas de producción y por otra parte, alcanzar la disminución de riesgos asociados a la dependencia de los mercados e insumos externos y a la baja

diversificación de productos para la comercialización; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales factores que afectan dicho alcance (Tabla 23) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 24):

Tabla 23. *Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión económica ecológica*

DIMENSIÓN	PUNTOS CRÍTICOS O PROBLEMAS	Prioridad (%)
ECONÓMICA	Altos costos de producción implica también alta dedicación y conocimiento	33,3
	Bajos precios del mercado para los productos ecológicos	44,4
	El agricultor y en especial el pequeño, sobrevive con bajos ingresos y sin seguridad social	44,4
	Un sistema de mercadeo deficiente	66,6
	Falta de educación a las organizaciones campesinas para adecuados planes de mercadeo	11,1

Tabla 24. *Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión económica ecológica*

FACTORES CRÍTICOS	INDICADORES SELECCIONADOS
1. Precios de venta de los productos producidos por los agricultores	Diferenciación de precios de venta en los mercados ("biocanastas" y 5 líneas de productos para 28 productos en total a promocionar, no necesariamente son precios más altos, pero si más estables)
2. Ingresos de los agricultores	Unidades de salario mínimo alcanzadas por mes/familia (se logra con otras entradas un (1) salario mínimo a 1,5. Con sólo la agricultura ecológica, se genera 0,75 salarios mínimos/mes)
3. Organización para el mercadeo de sus productos	Costos de producción vs ventas y demás ingresos (mano de obra alta, materias primas económicas, \$7.000/L de biopesticida en finca)
	Diferenciación de pares mercado-producto con sus estrategias (mercado en línea, red de consumidores, tiendas, restaurantes, biocanastas a domicilio)
	Tipo de clientes al que llega el productor (selectivo, en proceso de formación del consumidor)
4. Altos costos de producción en el sistema de manejo	Valor de participación de la mano de obra en el sistema de manejo
	Valor de las materias primas e insumos usados en el sistema

A continuación se presenta el análisis de los puntos críticos de la dimensión económica junto con los indicadores seleccionados

1. Precios de venta de los productos producidos por los agricultores: los bajos precios del mercado convencional tradicional de las hortalizas, supeditado a los vaivenes de la oferta y la demanda, sin precios diferenciales, repercute desfavorablemente para los productos ecológicos con muy poca compensación del esfuerzo y costos realizados en producirlos sin plaguicidas de síntesis química. Es por ello la decisión de este pequeño grupo de productores, de haber puesto como una gran meta la certificación no solo a nivel de producción sino de la comercialización de sus productos para alcanzar otros mercados.

Indicadores: Diferenciación de precios de venta en los mercados (“biocanastas” y 5 líneas de productos para promocionar 28 referencias en total, no necesariamente son más altos los precios al compararse con convencionales, pero si son precios estables durante el año).

Es de resaltar que este logro de diferenciación de precios en sus productos, obedece a un proceso de concientización individual como grupal, orientación técnica como organizativa, y apoyo económico privado y público como a la dedicación de los agricultores con sus recursos y esfuerzos, tanto económicos como sicosociales. El construir un mercado directo ha sido decisión de diferenciar más lo que hacen, con el gran riesgo de tratar de manejar en gran parte sus propios canales de comercialización y supeditar su control de calidad a unas altas exigencias internas de inversión y valor agregado, no siempre posibles.

Posibilitar acuerdos sobre establecer determinadas prácticas agrícolas a través de cadenas cortas de suministro de alimentos como el caso de los mercados locales, con el apoyo comunitario a sus propios agricultores, es una estrategia que se ejerce ya en varios países que invierten en la gente (Lamine, 2011). Dichas cadenas de suministro tienen un enfoque más allá de los objetivos económicos, puesto que a la vez que satisfacen a todos los interesados, se preocupan por proteger, mantener y mejorar los recursos humanos y naturales que se necesitan hoy y en el futuro (Gómez, Rondón, González y López, 2018). Sin embargo, el aumento de los costos de producción, en especial en los primeros años más los costos de la certificación, mientras los ingresos de las explotaciones agrícolas permanecen constantes en el mejor de los casos, ha conducido a la decisión de un gran segmento de la población de agricultores de no certificarse pero si producir orgánicamente (Veldstra, Alexander y Marshall, 2014). Será menos difícil conseguirlo, hasta cuando realmente a los agricultores se les reconozca precios premium o aceptación diferencial frente a los productos convencionales (Chen, Gao, Swisher, House y Zhao, 2018).

2. Ingresos de los agricultores: El agricultor y en especial el pequeño, sobrevive con bajos ingresos y sin seguridad social ampliada, sin reconocimiento como persona trabajadora, en su profesión de ser agricultor; por lo que en la mayoría de las veces está supeditado a sobrevivir por medios más allá de sus propios recursos en la finca.

Indicador: Unidades de salario mínimo alcanzadas por mes/familia (se logra un salario mínimo a 1,5 salarios con otras entradas diferentes a las ejecutadas en la parcela). Expresan los agricultores ecológicos que no hay equilibrio aún en su labor de transición a la certificación ecológica, en especial, durante los tres primeros años exigibles en dicho proceso. Se genera en promedio 0,75 salarios mínimos legales vigentes por mes por agricultor, por la sola labor de producción de la parcela. Luego con el aprendizaje y el aprovechamiento de ventas de subproductos y demás valores agregados, se logra superar el salario mínimo.

Indicador: Costos de producción vs ventas y demás ingresos (mano de obra alta, materias primas propias de bajo costo, \$7.000/L de biopesticida en promedio)

Inicialmente y por un buen tiempo, mientras el proceso de transición a la certificación ecológica se alcanza y se equilibran las actividades y exigencias de mantenimiento y cambio, existen altos costos de producción en los sistemas ecológicos de hortalizas comparados con los costos de los sistemas convencionales, en especial por mayor empleo de mano de obra en deshierbes, fabricación de abonos sólidos y líquidos, mayor monitoreo de plagas y enfermedades y prácticas de conservación de suelos y aguas. De esta forma, los agricultores tratan de compensar con precios de venta justos, este esfuerzo por no contaminar los recursos, ni los alimentos producidos.

Las limitaciones en sistemas que pretenden ser integrados, se originan además de las condiciones biofísicas predominantes, en el conocimiento agronómico disponible, que determinan conjuntamente, las posibilidades de asignación de cultivos y rotaciones, las decisiones de secuencias y prácticas de cultivo aceptables. Como las necesidades nutricionales de los animales que deben equilibrarse con el suministro de alimento y requerimientos de mano de obra y agua, ajustables a la disponibilidad de tales recursos. En los sistemas de agricultura ecológica, son las regulaciones orgánicas las que generan restricciones adicionales, como una tasa máxima de aplicación de estiércol, una tasa de autoabastecimiento de alimento mínima y un término de rotación mínima (Groot et al., 2012).

Una de las estrategias de compensación, es el conocimiento del uso de materias primas propias para la fabricación de bioinsumos destinados tanto a la nutrición como a la protección de cultivos,

con costos significativamente más económicos que los insumos convencionales que se venden comercialmente para los mismos fines para estos sistemas.

Los enfoques agroecológicos se basan en el uso de los recursos localmente disponibles, aunque no rechazan totalmente el uso de insumos externos, cuyas tecnologías sean disponibles o adecuadas a sus condiciones. De lo contrario, los insumos comprados presentan problemas y riesgos especiales para los agricultores menos asegurados por las políticas, en particular cuando los suministros y el crédito para facilitar las compras son inadecuados (Altieri y Nicholls, 2005).

### 3. Organización para el mercadeo de sus productos

Indicadores: Diferenciación de pares mercado-producto con sus estrategias (mercado en línea, red de consumidores, tiendas y restaurantes orgánicos, biocanastas a domicilio)

Se cuenta por parte de los agricultores ecológicos con el diseño de un plan de mercadeo que define los pares mercado-producto con sus estrategias, entre ellas: calidad, precio, promoción y plaza definidos. Realmente la dificultad radica en que los volúmenes de productos ecológicos podrían ser muy bajos ante una situación de riesgo, en especial ambiental o fitosanitaria y aún de manejo; pero esta misma dificultad trata de estar distribuida entre todos los que participan en el grupo, a través del sistema de planificación de siembras. Por otro lado, está el riesgo de la sostenibilidad de clientes satisfechos dispuestos a comprar permanentemente productos de calidad y esto encarecería la logística y el transporte que aseguren los estándares de calidad de estos alimentos, a no ser que exista adhesión de nuevos clientes, para no afectar el precio final al consumidor. La comercialización de sus productos sigue siendo un eje a fortalecer con mucho empeño en el modelo de negocio de construcción de nichos de mercado.

Los cambios en la demanda de los consumidores y en el sector minorista están creando nuevas oportunidades de mercado, pero también están planteando nuevos retos a los pequeños agricultores, ya que los nuevos mercados tienen requisitos especiales en términos de calidad y plazos de entrega de productos (Wang, Moustier y Thi Tan Loc, 2014).

Es necesario aumentar los ingresos rurales mediante intervenciones distintas de la mejora de los rendimientos, tales como las actividades complementarias de comercialización y procesamiento; enfocadas en desarrollar oportunidades de mercado equitativas, haciendo hincapié en el comercio justo y otros mecanismos que vinculen más directamente a los agricultores y consumidores (Altieri y Nicholls, 2005). Las oportunidades se abren para los pequeños agricultores al ofrecer productos con altos estándares de seguridad alimentaria, siempre y cuando

reciban el apoyo financiero suficiente para cubrir las inversiones de cumplimiento a la certificación (Hao et al., 2018).

Indicador: Tipo de clientes al que llega el productor (selectivo, en proceso de formación del consumidor consciente).

Se idean en diferentes regiones del mundo, mecanismos que promueven entre los consumidores, las especies subutilizadas de las economías locales campesinas a través de los canales de mercado existentes, mediante la explotación de características atractivas de consumo (por ejemplo, externalidades nutricionales positivas o rasgos de sabor), garantizando la diversidad y la seguridad alimentaria (Pallante, Drucker y Sthapit, 2016).

Los agricultores ECO han adquirido capacidades de someterse a las altas exigencias del fomento, publicidad y promoción de sus productos, sean estos de carácter local o híbridos mejorados, para sostener precios y clientes y compensar los altos costos de transacción. Además de emplear estrategias de trabajo de mercadeo en línea, venta directa y conexión con tiendas y restaurantes especializados en producto, que les impulsa en ese proceso de conquista de mercados.

El éxito de este tipo de enfoque dependerá del precio Premium que los consumidores estén dispuestos a pagar por los productos de nicho y si esto puede compensar suficientemente a los agricultores por cualquier costo de oportunidad que puedan incurrir en cultivar una variedad local en lugar de una variedad moderna (Smale et al., 2004; Narloch et al., 2011, citados por Pallante et al., 2016). La estrategia de estar organizados, ya sea a través de cooperativas, les permitirá un mayor rango de acción frente a proveedores y compradores, al manejar mejor los flujos de información (Hao et al., 2018).

#### 4. Altos costos de producción en el sistema de manejo

Indicador: valor de participación de la mano de obra en el sistema de manejo, con 35% más de dedicación a labores de mayor demanda en el sistema como fabricación de abonos y demás bioinsumos en conjunto, manejo de arvenses, monitoreo y manejo de plagas y enfermedades.

El grupo de ecológicos dedican gran parte de su tiempo a labores que demandan gran cuidado por su connotación de prácticas ecológicas adecuadas, entre ellas, la elaboración y aplicación de abonos sólidos y líquidos para nutrición de cultivos, su principal centro de atención tal vez, utilizando para ello fuentes o materias primas propias que requieren un alto manejo; en segundo lugar, está, el deshierbe selectivo y en tercer lugar el monitoreo integrado con el manejo de plagas

y enfermedades para los cuales también se hace uso de varios insumos fabricados en finca. Resalta entonces, el alto valor agregado que conlleva la disponibilidad de la mano de obra familiar empleada en dichas prácticas para evitar la dependencia de insumos externos.

Las estrategias de desarrollo agrícola que dependen menos de insumos externos y que cuentan con fuerza laboral campesina cualificada, tienen mucho que ofrecer, especialmente para los sectores más marginales y vulnerables de la población, y no deben ser descartadas como ineficientes o atrasadas. La productividad en estos sistemas debe evaluarse en función de los factores de producción disponibles y de los múltiples objetivos que deben atenderse, que se fundamentan en una comprensión más sistemática de los procesos microbiológicos y en sí de la naturaleza, que pueden ocurrir a nivel del suelo y aire y ser tanto benéficos como fitopatológicos (Uphoff, 2002).

Indicador: Valor de mercado y utilidad de las materias primas e insumos usados en el sistema.

El agricultor del grupo de ecológicos, en general, tiene integrado el componente animal al agroecosistema y utiliza el estiércol de diferentes tipos de especies animales (vacuno, caprino y especies menores) en la elaboración de abonos y protección de cultivos. Realiza cortes de barreras vivas integradas con forrajeras y los deshierbes para la alimentación animal. Así mismo complementa con materias primas orgánicas externas certificadas para completar sus fórmulas de protección y nutrición de cultivos. Los costos invertidos en la fabricación de los bioinsumos en finca comparados con los precios de mercado promedio de fertilizantes y plaguicidas de síntesis química, son significativamente más económicos, en especial cuando cumplen con los estándares de calidad exigibles.

El cálculo de las necesidades, tanto en cantidad como calidad de materias primas necesarias para elaborar los bioinsumos, no siempre es el adecuado. En cuanto a cantidades de estiércol a emplear, se rigen por la norma ecológica europea de no sobrepasar la aplicación de la conversión a 170 kg de Nitrógeno ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, lo que implica la suplementación de otros nutrientes para alcanzar las exigencias de los cultivos. La idea fundamental con la norma, es evitar la contaminación de las fuentes de agua por exceso de nitratos. Sin embargo, el riesgo ambiental de sobrantes de estiércol continúa en varias de las fincas por su no total aprovechamiento. En los sistemas ECO evaluados, además, se observa el uso eficiente del agua para riego de cultivos, sin malgastarla y sin necesidad de ninguna aplicación con agroquímicos, lo que conlleva a aminorar los costos de aprovechamiento.

Zonas como la UE, considera que para ser competitivos debe convertirse en una sociedad con bajas emisiones de carbono, donde la eficiencia en el uso de los recursos y el enfoque en los productos de base biológica y la bioenergía, contribuyan al crecimiento ecológico y la competitividad. De esta forma la biodiversidad sumada a la preservación de la fertilidad del suelo, es llamada una real bioeconomía (European Commission, 2012; Pergola et al., 2017).

### **8.3.1.3. Dimensión Tecnológica de los Agricultores Eco.**

Al caracterizarse con los agricultores ECO el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores tecnológicos tales como la adopción de prácticas, técnicas, diseños y variantes de los sistemas de manejo y sus tecnologías asociadas, que sean apropiadas para responder a las demandas y riesgos del sistema; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales factores que afectan dicho alcance (Tabla 25) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 26):

Tabla 25. Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión tecnológica

DIMENSIÓN	PUNTOS CRÍTICOS O PROBLEMAS	PORCENTAJE DE PRIORIDAD
TECNOLÓGICA	Constancia en el llenado de registros y protocolos normativos para una agricultura ecológica	11,1
	Investigación en el sistema de producción de plántulas	11,1
	Desarrollo de tecnologías y prácticas permanentes específicas para el sistema de producción ecológico	88,8
	Necesidad de socializar y aplicar a nivel de finca con los productores, los procesos de investigación y estudio en sus sistemas de producción, caso enfermedades y plagas.	44,4
	Se requiere asistencia técnica permanente e idónea que apoye en seguimiento y complemente la interpretación de datos, resultados	22,2
	Los factores climáticos adversos demandan tecnología de mitigación	11,1
	Dificultades en el acceso a internet y medios tecnológicos en el área rural	11,1

Tabla 26. Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión tecnológica

FACTORES CRÍTICOS	INDICADORES SELECCIONADOS
1. Desarrollo de tecnologías y prácticas permanentes específicas para el sistema de producción ecológico	Implementaciones técnicas específicas en finca (manejo del suelo, manejo de residuos, manejo del agua) Número de protocolos establecidos (nutrición, protección, planes de siembra, normas) Implementación de infraestructura Equipos específicos de medición de variables de suelo y clima
2. Ausencia de procesos de investigación en campo de agricultores y en especial en sistemas de producción ecológica sobre plagas y enfermedades	Número de directrices de investigación planteadas para sistemas de producción en rotación permanente y biodiversa

De la discusión con el grupo de agricultores respecto a las actividades de mejoramiento e inversiones tecnológicas de sus sistemas de manejo, sobresalieron los siguientes aspectos:

1. Desarrollo de tecnologías y prácticas permanentes específicas para el sistema: Está ausente el apoyo al desarrollo y aprovechamiento de nuevos equipos, maquinarias, herramientas y tecnologías específicas para el sistema de producción y para la transferencia tecnológica adecuada. Ejemplo claro es el sistema de riego por aspersión implementado en algunas fincas para el manejo del agua y su aprovechamiento más eficiente sin causar problemas fitosanitarios y desperdicios de agua. Así mismo para el uso adecuado de equipos relativamente económicos, promocionados con los proyectos como la estación climatológica y el fotómetro multiparamétrico para toma de decisiones en cuanto a la prevención de problemas fitosanitarios como lámina de agua y respecto a nutrición de suelos, respectivamente.

Indicador: Implementaciones técnicas específicas en finca (manejo del suelo, manejo de residuos, manejo del agua). Indicador: Número de protocolos establecidos (nutrición, protección, planes de siembra, normas)

Dentro del sistema de manejo del suelo por el grupo de agricultores ecológicos, resalta como fundamento la elaboración de terrazas, siguiendo las curvas a nivel, además de biodiversidad de especies en ellas, con deshierbe selectivo que mantiene protección de taludes, cierto nivel de mulch en algunas de las fincas, en especial por hojarasca que cae al suelo y todo ello con el fin de controlar la erosión del suelo y preservar el agua.

Ejemplos ya muy elaborados se encuentran en Los Andes Centrales con conocimiento extenso sobre el uso de los ambientes andinos, divididos en cinturones agroclimáticos ajustados según la altitud, con prácticas de rotación de cultivos con terrazas y sistemas de riego y selección de animales y cultivos manejados con tecnología agropastoril, diseñada para producir una dieta adecuada con los recursos locales, mientras se evita la erosión del suelo. Estas prácticas andinas tradicionales han servido y continúan siendo el punto de partida para el diseño de modelos agrícolas modernos, que tratan de entender y ajustarse a los grandes desafíos que se presentan frente a los mismos cambios socio-ecológicos en los Andes y en el mundo (Altieri y Nicholls, 2000; Zimmerer y Bell, 2015).

Otras prácticas acostumbradas por el grupo de ecológicos para el manejo del suelo, son la conservación de las características nutricionales para un mejor desarrollo de los cultivos, a través del uso de compost complementado con sulfatos y otros ingredientes que le dan volumen y la activación microbiológica. Hacen uso también del humus de lombriz como fertilizante a la siembra así como de elaboraciones tipo bocashi (abonos orgánicos fermentados aeróbicos).

Respecto al papel de los principales ingredientes de estos abonos fermentados tipo bocashi, Restrepo (2007) enfatizó que:

- El carbón vegetal mejora las características físicas del suelo, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor. Al mismo tiempo funciona como efecto tipo “esponja sólida” para mantener la disponibilidad de nutrientes.
- Los estiércoles son la principal fuente de nitrógeno y según su origen, pueden aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del suelo.
- La cascarilla de arroz mejora también las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, disponiendo nutrientes, es fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades.

Otros ingredientes igualmente muy importantes son el salvado de arroz o afrecho, la melaza de caña, la levadura junto con la tierra de floresta virgen o manto forestal y el bocashi ya elaborado anteriormente o fermentado, todos como ingredientes constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica. Finalmente la tierra común, el carbonato de calcio y el agua.

En cuanto al uso de productos de protección para combatir patógenos, los agricultores ECO preparan en sus fincas el caldo bordelés, el caldo sulfocálcico y diferentes tipos de purines a base de extractos vegetales y estiércol animal con acción fungicida e insecticida otros. No se encuentra en sus fincas, el uso o elaboración de productos específicos de acción nematicida y bactericida en suelos.

### **8.3.2. Conceptos previos de atributos de la sostenibilidad por los agricultores convencionales y en transición orgánica y orgánicos no certificados (C y TrOr y Or).**

De entre los diferentes atributos de la sostenibilidad establecidos por los agricultores en procesos de transición, en las discusiones de los talleres (Figura 8, Tabla 27), los más sobresalientes fueron: la concientización y adaptabilidad a través de acciones individuales y aún colectivas creando nuevos sistemas socio-ecológicos, la productividad a través de la optimización de recursos naturales disponibles y recursos propios, el enfoque centrado en la participación de las personas, el vigor y mantenimiento de la tierra y de las personas y la equidad social, ecológica y económica. A continuación se explican cada una de ellas:



*Figura 8.* Talleres con el grupo de campesinos del grupo en procesos de transición

Tabla 27. *Conceptualización y operacionalización de la sostenibilidad en sistemas convencionales y en transición*

ATRIBUTOS	CONCEPTUALIZACIÓN
1. Concientización y adaptabilidad a través de acciones individuales y aún colectivas, donde la gente busca crear nuevos sistemas socioecológicos fundamentados en la seguridad alimentaria como económica	Capacidad de “sobrevivir”: la agricultura se trata de un sistema de vida (estilo de vida), como compromiso ineludible. El fundamento principal debe ser garantizar la alimentación sana e ingresos permanentes en el tiempo
2. Productividad a través de la optimización de recursos naturales disponibles y recursos propios (eficiencia)	Ser autosuficiente tanto en insumos como en materias primas es posible, y generando rentabilidad. Lograr independencia externa de insumos costosos y de otras actividades económicas no relacionadas con la agricultura
3. Centrado en la participación humana	Incluyente a través de la decisión conjunta de los afectados y la educación como pilar
4. Vigor y mantenimiento de la tierra y de la gente	Capacidad de saber mantener la tierra saludable (salud del sistema, mención en especial, la salud del suelo y la gente saludable).
5. Equidad social, ecológica y económica	Debe ser un sistema completo que envuelve lo espiritual, económico, social, político, cultural, familiar y comunitario para toda la vida. Equilibrio del sistema en todas sus dimensiones. Comprobar que es posible y replicable, transmisible y heredable

1. Concientización y adaptabilidad a través de acciones individuales y aún colectivas, donde la gente busca crear nuevos sistemas socioecológicos fundamentados en la seguridad alimentaria y económica

El grupo de agricultores denominados convencional mejorado y en transición orgánica y orgánicos, CM, TrOr y Or, es relativamente amplio en concepciones y aspiraciones, pero al mismo tiempo, muchos de ellos ya han sido permeados por procesos de cambio, no siempre favorables, a través de experiencias personales que han dejado huella, o por convicción y formación propia y en última instancia por intervenciones externas. Son bastantes significativos los resultados de sus perspectivas, trayectorias y aplicaciones; y con respecto a los agricultores ecológicos ya certificados, pueden haber más aproximaciones que distancias.

Este grupo CM y TrOr y Or, suscribió en consenso el concepto de la “Capacidad de Sobrevivir”, con la connotación de “viviendo de la agricultura”, como atributo esencial de la sostenibilidad de

sus sistemas de producción, como sistema de vida interiorizado (estilo propio de vida), y como compromiso propio ineludible, que requiere la participación colectiva para mayores logros, de creación de intereses comunes, donde el fundamento principal debe ser la alimentación sana como ingresos permanentes en el tiempo, por lo menos para una vida digna. Su enfoque esencial es racionalizar la interacción entre las vicisitudes diarias y la continuidad de su sistema de vida, a pesar de las dificultades.

La mayor parte del pensamiento de resiliencia se centra en la producción agrícola u otras etapas específicas de la cadena de valor de los alimentos, pero otros conocimientos se centran en componentes particulares de la resiliencia, por ejemplo adaptabilidad y transformabilidad, la capacidad de adaptarse y cambiar, más que la habilidad misma de “soportar los sobresaltos y regresar a la normal” (Folke et al., 2006; Tendall et al., 2015; Darnhofer et al., 2016). La exigencia de alimentar a una creciente población mundial bajo los efectos del cambio climático, crea desafíos sin precedentes para los sistemas de producción de alimentos, debido a las premisas que los han precedido, de maximizar la productividad y la eficiencia, lo que aumenta por lo tanto su vulnerabilidad a los cambios en sus sistemas naturales, tecnológicos y sociales circundantes (Ge et al., 2016).

Además de las medidas de evaluación de la resiliencia, aquellas referentes a los medios de vida empleados por los agricultores, tales como 'habilidades, 'persistencia en el cambio y la 'tasa de recuperación; se incluyen también las denominadas de valoración de los activos de los actores, no solo monetarios, sino de las redes sociales en interacción y las estrategias para sostenerlas, sin perder sus funciones básicas (producción de alimentos, ingresos, seguros y reducción de la pobreza) y absorber los impactos de las perturbaciones, sin provocar una disminución importante en la producción y el bienestar (Speranza, Wiesmann y Rist, 2014).

De acuerdo con Gliessman y Rosemeyer (2010) la clave no está solo en llegar al final de la transición o rediseño de los sistemas, sino en trascender aún más, en especial en esa relación entre los que cultivan el alimento y entre quienes lo consumen, avanzando hacia un gran nivel de integración y acción para el cambio en los sistemas alimentarios en las comunidades de todo el mundo, acercándonos hacia la construcción de una nueva cultura y economía de la sostenibilidad

2. Productividad a través de la optimización de recursos naturales disponibles y recursos propios, con el concurso del manejo directo del agricultor, procurando la eficiencia.

El grupo de agricultores convencionales mejorados CM y en especial los de transición orgánica TrO y los que ya practican la agricultura orgánica Or, no certificados, plantean como logro el atributo de la productividad mediante la economía de insumos externos. Para los CM, es usar solo lo requerido de insumos, de acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio y de acuerdo al monitoreo de plagas y enfermedades, asesorados por agrónomos, pero siempre fundamentado en el uso de sustancias de síntesis química, por lo que permanecen así en una fase I de transición llamada por Altieri (2002): Aumento de la eficiencia del uso de insumos a través del manejo integrado de plagas y gestión integrada de la fertilidad del suelo y por Gliessman y Rosemeyer (2010): Aumento de la eficiencia y la eficacia de las prácticas convencionales con el fin de reducir el uso y consumo de insumos costosos y perjudiciales para el ambiente.

El paradigma de lock-in o dependencia tecnológica, en este caso de los plaguicidas, es difícil de superar, en especial cuando se ha interiorizado por parte de los agricultores, los beneficios del control con químicos (Ugaglia et al., 2011). El efecto de interdependencias o dependencias de trayectoria cultural ha impedido el desarrollo de técnicas y estrategias alternativas diferentes a los agroquímicos o sistemas convencionales, por esto, se ha propuesto acotar el esquema de eficiencia-sustitución-rediseño, donde la eficiencia como primer paso, considera centrarse en la mejor elección de plaguicidas (Lamine, 2011). Se observa en campo como algunos agricultores por lo menos ya leen las etiquetas y calculan las dosificaciones.

Para el caso del grupo en TrO y los Or no certificados, su meta no es exactamente el sello ecológico por los altos costos individuales, pero si por lo menos el aval de ser reconocidos como orgánicos. Su productividad no es de maximización de la producción, sino de eficiencia en el uso de materias primas propias y la posibilidad de insumos externos orgánicos y minerales permitidos que ayuden a complementar sus formulaciones de manejo del sistema junto al conocimiento adquirido. Varios de estos agricultores, poseen también limitantes en la fase de rediseño de los agroecosistemas tratando de lograr una infraestructura diversificada y funcional, donde se observa la integración animal para uso del estiércol y demás subproductos y el aprovechamiento de pastos de corte y forrajes para alimentación animal. Pero carecen del acompañamiento técnico necesario como de la trazabilidad de los procesos con análisis de laboratorio y mediciones en el seguimiento a resultados.

La capacidad de innovación de los agricultores para motivar cambios en la forma de hacer agricultura, se da principalmente a través de la diversificación en las parcelas, permitiéndoles desarrollar nuevas competencias cognitivas y psicológicas a través de las interacciones con el

medio, venciendo las barreras a la innovación mediante el desarrollo de vínculos con redes externas (Blesh y Wolf, 2014).

3. La sostenibilidad centrada en la participación humana: requiere ser incluyente a través de la consulta y decisión conjunta de los afectados con la educación como pilar fundamental. No es solo la educación técnica o profesional formal, en las que muchos de los agricultores de este grueso grupo no están insertos, aunque varios de ellos estudian técnicas agroecológicas y agropecuarias, en especial los más jóvenes y algunos de sus hijos. La educación en los colegios rurales de la región, no dignifica la labor campesina porque no se enseña a los niños y jóvenes a seguir un estilo de vida enfocado en la práctica agrícola con enfoque de sostenibilidad.

La participación de los agricultores en los procesos de aprendizaje y educación para la transición, debe estar orientada a la "práctica de la libertad", con un amplio reconocimiento al saber local como parte de los métodos de enseñanza, para contribuir así a la transformación de la vida cotidiana, sin excluirlos más de los beneficios materiales y de la producción del conocimiento (Cuéllar-Padilla y Calle-Collado, 2011).

En este sentido, se reconoce que el comportamiento humano a menudo funciona como un puente entre los subsistemas sociales y ecológicos y como tal, se considera como el único enfoque que permite investigar cuestiones tales como procesos de retroalimentación, transiciones, dinámica no lineal, y explorar la existencia y los efectos de umbrales, comportamiento de periodos de tiempo y heterogeneidad en el sistema (Liu et al., 2007, citados por Feola y Binder, 2010).

4. Vigor y mantenimiento de la tierra y de la gente: Capacidad de saber mantener la tierra saludable (salud del sistema, mencionan los agricultores en especial la salud del suelo y la gente saludable).

Este atributo de la sostenibilidad surgido dentro de los análisis en los talleres con el grupo de agricultores no certificados, destaca la importancia del vínculo existente entre la tierra y la gente que tiene contacto permanente con ella y donde la conciencia social sobre el manejo adecuado del ambiente propio y circundante, cada día va siendo mayor, por la semilla depositada por los líderes sociales. La salud no es un término aislado sino un fenómeno consciente, integrado en todos los aspectos de la vida del agricultor, desde la garantía de su sustento diario a través del alimento, con la seguridad de que lo que se produce y consume es sano y para el efecto el conocimiento aplicado de saber cómo lo produce sin afectar a la gente y a los recursos que lo facilitan como el suelo y el agua. Estos agricultores reconocen con excepciones, el concepto de

salud del suelo y su influencia en la salud del hombre, donde ambas pueden verse afectadas por la composición misma de los plaguicidas como por las contaminaciones asociadas a otros sistemas y la mala gestión hacia sus sistemas de producción desde las fincas aledañas.

La definición de salud del agroecosistema como identificación con el concepto de estar libre de enfermedad, es de poca utilidad para la investigación en este campo, especialmente cuando se centra en aspectos económicos o humanos aislados, debido al conocimiento limitado que se tiene sobre las enfermedades del agroecosistema (Xu y Mage, 2001). La salud es la capacidad de las personas para satisfacer necesidades y realizar aspiraciones, haciendo frente a las perturbaciones de todo tipo (OMS, 1992, citado por Xu y Mage, 2001). Zhu et al (2012), refieren que la salud del propio agroecosistema en su conjunto es medible a través de las propiedades que lo identifican, dentro de ellas, la estabilidad, la resiliencia, la diversidad, la complejidad, la eficiencia y la igualdad.

La calidad del suelo posee desde hace varios años, un enfoque más amplio con una acogida mayor, desde que la condición del suelo se ha constituido en un asunto de calidad ambiental, salud humana y política. Los suelos considerados saludables mantienen una comunidad diversa de organismos del suelo que ayudan a controlar las enfermedades de cultivos, así como las plagas de insectos y malezas (Haney, Haney, Smith, Harmal y White, 2018). El término "salud del suelo" es preferido por investigadores como Doran y Zeiss (2000), porque retrata el suelo como un sistema vivo y dinámico dentro de límites definidos y cuyas funciones están mediadas por una diversidad de organismos vivos que requieren manejo y conservación. Otros estudios de revisión concluyen que ambos términos: calidad del suelo y salud del suelo, pueden considerarse equivalentes y en consecuencia pueden usarse indistintamente (Bünemann et al., 2018).

5. Equidad social, ecológica y económica: expresan los agricultores que los agroecosistemas deben ser un sistema completo que envuelve lo espiritual, económico, social, político, cultural, familiar y comunitario y para toda la vida. Equilibrio del sistema en todas sus dimensiones. Comprobar que es posible y replicable, transmisible y heredable, en especial con sus familias.

El grupo de agricultores en transición orgánica y orgánicos no certificados, relativamente heterogéneo, tiene cosas en común en cuanto a la concepción de sentimientos y pensamientos sobre su sistema de vida, centrada en el campo, como un estilo de vida propio, en contacto directo con la naturaleza y los recursos que ella ofrece y los recursos asociativos que interioriza y aplica, como el sentirse pares entre ellos, en especial visto en sus decisiones permeadas por la tradición, la cultura, las creencias y sus experiencias. Es así como, van más allá de la producción primaria

de productos en la finca, ya que realizan actividades de transformación con valor agregado, con puntos de venta directa en mercados verdes, muchas veces patrocinados por la administración municipal, incluyen sus recetas, establecen además restaurantes y eventos culturales, etc., creando así más arraigo y sentido de pertenencia con la tierra y sus frutos.

En varias regiones del mundo, los investigadores han encontrado que las granjas familiares tradicionales, con comprensión íntima de la tierra y capacidad de gestión del riesgo, junto con sus vecinos, forman parte de una comunidad, a menudo muy pequeña pero donde desempeñan un papel importante en el apoyo a las empresas locales y contribuyen al bienestar de la comunidad (McManus et al., 2012; Hildenbrand y Hennon, 2005; Kuehne, 2012; Halpin y Guilfoyle, 2005; citados por Baldwin et al., 2017).

#### ***8.3.2.1. Dimensión Sociocultural de los Agricultores CM, TrOr y Or.***

Al caracterizarse con los agricultores en transición, el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores sociales tales como la equidad intrageneracional e intergeneracional de las prácticas familiares campesinas, la participación personal y asociativa para una justa distribución de los recursos económicos, ambientales y sociales en la región, las posibilidades de fortalecimiento o logro de la seguridad alimentaria y apoyo a la soberanía alimentaria, la transmisión de los valores y saberes locales y la capacidad de toma de decisiones independientes; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales factores que afectan dicho alcance (Tabla 28) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 29):

Tabla 28. *Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión Sociocultural convencional y en transición*

DIMENSIÓN	PUNTOS CRÍTICOS O PROBLEMAS	PRIORIDAD (%)
SOCIOCULTURAL	Rescatar la participación familiar (integración)	36,4
	Se ha aprendido a autosustentarse en producción de alimentos sanos	18,2
	No existe apoyo de los vecinos (oposición), en especial de los productores totalmente convencionales	36,4
	Los sistemas de producción alternativa son minoritarios frente a la fuerza de los tradicionales convencionales	9,1
	Los jóvenes no quieren en general seguir la agricultura alternativa por desánimo. Sin proyectos para ellos. No hay relevo generacional.	36,4
	Falta de conciencia y autosuficiencia para la preservación y reproducción de las semillas ancestrales o nativas	9,1
	Pérdida del conocimiento ancestral, y aún sin darse cuenta, corriendo el gran riesgo de no recuperarse la tradición y los recursos	27,3
	Imposición de los modelos económicos mundiales sobre los familiares y no hay siquiera dolencia estatal	18,2
	El control de la comercialización de semillas y sus insumos por las transnacionales de agroquímicos	9,1

Tabla 29. *Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión Sociocultural convencional y en transición*

Factores Críticos	Indicadores
1. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción alternativo	Número de productores que practican la agricultura alternativa vs agricultores convencionales (550 familias de 11.000)
	Aplicaciones promedio de plaguicidas/ciclo vegetativo
	Cantidad de agua empleada/ciclo vegetativo
2. Rescatar la participación familiar (integración) como un hecho	Número de personas del grupo familiar que trabajan en las parcelas

destacable para seguir incentivando la conciencia productiva y ecológica	Número de hijos del grupo familiar que trabajan en la finca
3. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas	Participación en la transmisión del conocimiento Número de nuevas familias en este tipo de sistemas

1. Resistencia de vecinos convencionales al sistema de producción alternativo. Los que están en transición o ya poseen un sistema denominado orgánico no certificado, padecen también de un alto predominio en sus alrededores de sistemas productivos convencionales. Se fortalece esta situación por su accionar individual, aunque varios de ellos están en pequeñas organizaciones. Esta tendencia puede verse dilatada por los tipos de intervención de entidades gubernamentales como privadas y ONGs, que buscan resultados particulares, al promover muchas veces sin distinción, iguales acciones tecnicistas con cada tipo de agricultores, confundiendo más o desanimando y cambiando sus propias concepciones y prácticas adecuadas. Como contestaba un agricultor en los talleres frente a la pregunta si pertenecía a alguna organización, decía: “simplemente ejercemos acciones individuales familiares”.

Indicadores: Número de productores que practican la agricultura alternativa vs agricultores convencionales (550 familias de 11.000 dedicadas exclusivamente a hortalizas). Sigue siendo muy bajo el indicador y a través de los años no crece el número de personas en este tipo de actividades.

La tecno-racionalidad imperante, implica consenso generalista, en lugar de reconocer el valor de la diversidad; subestima el impacto de la heterogeneidad agrícola y la pluralidad social y deja poco espacio para los enfoques participativos como para el conocimiento o para los enfoques basados en prácticas agroecológicas (Leach et al., 2012; Levidow, 2015, citados por Darnhofer et al., 2016). Son necesarias las redes y los flujos de información que les permita a los agricultores “leer” su contexto, detectar amenazas y oportunidades, medir activamente las opciones emergentes como las dinámicas de las tendencias y las situaciones agobiantes repentinas (Berkes y Berkes, 2009, citados por Darnhofer et al., 2016).

Desde la Secretaría Técnica de la Cadena con el apoyo más de personas en especial que de las mismas entidades del sector, se promocionó el trabajo en redes de innovación del conocimiento,

bregando a brindar espacio de participación a los pequeños agricultores y se estableció una dinámica de concertación y planificación, que requiere hoy de más apoyo y liderazgo.

Indicadores: Aplicaciones promedio de plaguicidas/ciclo vegetativo de hortalizas: se realizan de 10 a 14 aplicaciones en el grupo de agricultores netamente convencionales, quienes se caracterizan por decisiones siempre de carácter agroquímico, porque para ellos es la opción de manejo más viable que les da respuesta a sus problemas. Pero por otro lado, están aquellos agricultores en transición orgánica TrOr que ya aprendieron a tomar decisiones fundamentadas en otras estrategias de manejo tales como monitoreo de problemas fitosanitarios, fertilización de acuerdo a resultados de laboratorio y campo, diversidad mayor en el espacio y tiempo y han decidido por lo tanto, realizar una reducción significativa de plaguicidas químicos, solo 2 a 3 aplicaciones por ciclo de cultivo y finalmente los que están en la aplicación de bioinsumos fabricados en finca y que han reemplazado los productos de síntesis química en su totalidad, a pesar de las presiones externas.

Los patrones de aplicación de plaguicidas de parte de los agricultores, incluidas las elecciones hechas con respecto a los productos empleados, su concentración, la distribución espacial de la aplicación y su calendario, son muy heterogéneos (Möhring, Gaba y Finger, 2018), entre las razones, la incidencia de actores estructurales, incluyendo rigurosas exigencias y políticas del mercado y del crédito y la promoción activa de las ventas por parte de las empresas agroquímicas y sus intermediarios (Galt, 2008).

Indicador: Cantidad de agua empleada o consumida/ciclo vegetativo: en sólo la aplicación de plaguicidas se consumen de 2.000 a 2.800 L ha<sup>-1</sup> por ciclo productivo en los agricultores convencionales versus 400 a 560 L ha<sup>-1</sup> en agricultores en transición y semejante cantidad de biopesticidas en agricultores orgánicos. Existe una falta total de control y de aplicación de la norma ambiental, el agricultor convencional en general, acostumbra a solucionarlo todo bajo el esquema de aplicaciones de plaguicidas, que ha llevado a sobrepasar los límites mismos establecidos en las etiquetas para cantidades de ingredientes activos por área y con excesivo consumo de agua. Existe también en agricultores convencionales, el caso especial del tomate bajo condiciones protegidas, con abuso de sustancias químicas y fertilizantes por fertirriego, donde como consecuencia es más alto el consumo de agua por unidad productiva.

El agua dulce es considerada como el recurso natural más vital para el bienestar humano y el medio ambiente general, pero en las últimas décadas, el cambio climático y el desarrollo socioeconómico humano han alterado los ciclos hidrológicos, amenazando la seguridad del

acceso a agua suficiente y de calidad para todos (Liu, Liu y Yang, 2016; Jefferies et al., 2012). Lo que reivindica la importancia de la gestión del recurso agua, que incluye su buen uso, conservación y defensa frente a propios y entidades privadas.

2. Rescatar la participación familiar (integración) como un hecho destacable para seguir incentivando la conciencia productiva alternativa y ecológica: Todos expresan que se ilusionan y aún viven por un bien común y un estilo de vida propio e invaluable. Y el amor por este tipo de trabajo que motive a las generaciones que siguen. Se cubre normalmente con su trabajo agrícola, un 70% de la alimentación de la familia. Sólo el trabajo en familia promueve la conciencia ecológica, así como el aprovechamiento de saberes y la autonomía en la toma de decisiones.

Indicadores: Número de personas del grupo familiar que trabajan en las parcelas (1,5 personas en promedio por familia). Número de hijos del grupo familiar que trabajan en la finca (30.7% del total de hijos).

Escasamente el padre cabeza de familia o agricultor realiza la jornada de trabajo en las parcelas, en las labores culturales y demás actividades de atención y manejo del sistema productivo de hortalizas; su compañera en la economía y manejo de la casa y huerta, así como en la alimentación familiar, cuidado de los menores, además de contribuir al trabajo agrícola. Se acostumbra más contratar personas por fuera del predio para labores de siembra, abonamiento, desmalezaje y cosecha. Por cada tres hijos del agricultor, escasamente uno de ellos puede llegar a apoyar las labores agrícolas y existen familias donde los hijos no intervienen o han ingresado a otras actividades económicas, lo que de por sí, marca un gran fenómeno de ausencia de relevo generacional, quedando la actividad supeditada a las personas más mayores o a personal ajeno contratado y al desestimulo por las nuevas generaciones de continuar en estas labores, lo que repercute negativamente en el cambio hacia sistemas sostenibles de producción.

La ausencia de relevo generacional es debido a mejores oportunidades de ingreso para los más jóvenes en otras actividades económicas, motivados por el gran desestimulo de políticas ambiguas del sector agropecuario en el campo, que les permita desarrollar nuevas actividades agrícolas integradas en valor agregado a las acostumbradas por sus padres. Es así como prácticamente se da el fenómeno encubierto del abandono de las parcelas. Los agricultores que han logrado transmitir a sus hijos el amor por la agricultura, haciéndolos partícipes de las vivencias propias a nivel de parcela, cuentan con más posibilidades que ellos estudien sobre técnicas agrícolas para permanecer en las fincas y buscar innovaciones y apoyo a sus padres, ya sea en la sistematización de datos por ejemplo, registros, incursión en ideas de negocios, evaluaciones

y ensayos nuevos, entre otros, que permitan realizar la necesidad de transiciones, de la agricultura convencional a la orgánica y agroecológica.

El abandono de las tierras de cultivo ejerce efectos mixtos sobre la economía, la sociedad y el ecosistema tanto a escala regional como local. Los impactos negativos son escasamente documentados en estadísticas oficiales, más bien en reportes independientes que incluyen la reducción de la heterogeneidad del paisaje, el aumento de incendios, erosión del suelo, reducción de la provisión de agua, pérdida de biodiversidad y reducción de la abundancia de especies adaptadas localmente, de alto valor cultural y estético (Yan et al., 2016).

La Nueva Economía de la Migración Laboral, modela cómo las pérdidas de mano de obra, las acumulaciones de capital, la posible adopción de nuevos ideales de estilo de vida y diferentes métodos y prácticas de la agricultura, influyen sobre cómo los pequeños propietarios continúan manejando sus tierras (Davis y Lopez-Carr, 2014).

3. Pérdida del conocimiento ancestral y todas sus prácticas: igual como sucede para los agricultores ecológicos certificados, más fuertemente sucede este punto crítico en las familias de los agricultores netamente convencionales y en gran parte en los que están en un proceso de transición hacia agricultura orgánica

Indicador: Participación en la transmisión del conocimiento (relativa capacidad replicadora dentro y entre familias, estancada formación de líderes campesinos a nivel regional). Indicador: número de nuevas familias haciendo transición en este tipo de sistemas (estancado crecimiento de productores por año).

El 30.8% del grupo de agricultores en estudio, ejercen acciones de replicadores del conocimiento a nivel de sus grupos de trabajo o pequeñas redes de trabajo, participando como guías en sus fincas y en giras a otras regiones o como invitados especiales, lo que posibilita la comunicación y la ampliación de la agenda de influencias.

Las políticas neoliberales desde su aparición en la década de los 90s en Colombia, unidas a la ausencia de reforma agraria en el país, han estimulado desde entonces el uso y abuso de los enfoques particularizados en el campo, enmarcados por el capital económico y financiero excluyentes de la población nativa en las regiones. La exclusividad ha sido de carácter foráneo, de grandes capitales y de inversiones subsidiadas, con las mayores facilidades y con decisiones no consultadas en el territorio. Generando grandes consecuencias como los cambios sobre el uso del suelo, cómo se observa a lo largo de la autopista Medellín-Bogotá (una de las arterias

principales de la zona de estudio). Las decisiones administrativas definen los enfoques técnicos, sectoriales, funcionales y estructurales, ejerciendo una gran presión sobre las comunidades rurales.

A diferencia de lo expresado por Gudynas (2011) y Escobar (2008), (citados por Chaves, Macintyre, Verschoor y Wals, 2018), sobre que en otras latitudes latinoamericanas, ciertas manifestaciones del llamado “buen vivir” comparten elementos clave de las “ruralidades radicales” al tratar de crear diferentes formas de ser en el campo, como intentando devolver el significado y el control de los territorios a las poblaciones locales (redefiniendo las relaciones de lugar); en la zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño, no se observan movimientos significativos, de retomar o conservar los conocimientos que se unen a la práctica de cuidar de la tierra, más allá del concepto productivista. Sigue siendo, una tarea aún muy individual, con insignificante apoyo estatal al igual que mínimo de otro tipo de entes como corporaciones ambientales, centros de investigación, Universidades y ONGs.

La relativa indiferencia de los estados nacionales hacia las poblaciones campesinas no indígenas y de pequeña escala, significa que estos agricultores y los sustanciales recursos ambientales que mantienen, suelen recibir escasa atención en los debates de política sobre las zonas rurales y se les niega el papel potencialmente poderoso en el desarrollo rural y la gestión de recursos que podrían desempeñar (Gudynas, 2004).

Por el contrario, la visión se amplía desde la comprensión de la agroecología y etnoecología de los sistemas agrícolas tradicionales para seguir aportando a los sistemas contemporáneos. Tanto la adaptación como la innovación se facilitan normalmente mediante un enfoque de aprendizaje basado en el conocimiento de la gente y el intercambio generacional, en lugar de un conocimiento adquirido a través de la investigación científica estructurada (Altieri y Nicholls, 2005).

En gran parte del pensamiento agrario occidental, la autonomía es una herramienta de identificación central tanto para los agricultores como para el neoliberalismo en general. Típicamente, una agenda neoliberal equipara la autonomía con el emprendimiento individual y el comportamiento racional (Emery, 2010; McElwee, 2008; citados por Stock, Forney, Emery y Wittman, 2014). Alternativamente, la idea popularizada de re-campesinización por Van Der Ploeg en el 2008, depende del ejercicio de la "autonomía a niveles superiores de agregación" o de la autonomía cooperativa/colectiva, como resistencia o desarrollo rural impulsado contra las tendencias universalizantes inherentes a la neoliberalización (Schneider y Niederle, 2010, citados por Stock et al., 2014; Poppe et al., 2009).

### 8.3.2.2. Dimensión económica agricultores CM, TrOr y Or.

Al caracterizarse con los agricultores en transición, el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores económicos tales como el logro de ingresos suficientes de la familia agricultora fundamentados en la gestión de las inversiones y gastos de sus sistemas de producción, la disminución de riesgos asociados a la dependencia de los mercados e insumos externos y a la baja diversificación de productos para la comercialización; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales factores que afectan dicho alcance (Tabla 30) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 31):

Tabla 30. Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión Económica convencional y en transición

Dimensión	Puntos críticos	Prioridad
Económica	Se asumen costos de producción en la fabricación propia de bioinsumos en finca	27,3
	Bajos precios del mercado para los productos	27,3
	Un sistema de formación en mercadeo deficiente	36,4

Tabla 31. Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión Económica convencional y en transición

Factores Críticos	Indicadores seleccionados
1. Organización para el mercadeo de sus productos	Diferenciación de pares mercado-producto con sus estrategias de posicionamiento (planes de mercadeo inexistentes, sin diferenciación de productos, alta intermediación, mercados locales poco desarrollados, acciones individuales)
	Tipo de clientes al que llega el productor (plazas de mercado, centrales de abastos, tiendas, ferias, casi siempre supeditados a cambios)
2. Generación de precios de venta de los productos producidos por los agricultores	Diferenciación de precios de venta en los mercados (frescos, transformados)
	Tiempo de participación en otras actividades que le generen ingresos (atención directa de promoción de sus

	productos, sólo para los de transición avanzada)
3. Estrategias de compensación en la generación de sus propios costos de producción	Tiempo de dedicación o cantidad de mano de obra en la actividad
	Número de prácticas propias asumidas con recursos de la finca

1. Organización para el mercadeo de sus productos:

Indicador: Diferenciación de pares mercado-producto con sus estrategias de posicionamiento (planes de mercadeo inexistentes, sin diferenciación de productos, alta intermediación, mercados locales poco desarrollados, acciones individuales a nivel familiar)

Indicador: Tipo de clientes al que llega el productor en transición (plazas de mercado, centrales de abastos, tiendas locales, ferias de mercado locales, casi siempre supeditados a cambios repentinos)

En su gran mayoría todo este selecto grupo de agricultores tanto CM como orgánicos no certificados, enfrenta a nivel individual y familiar, los vaivenes y exigencias de los compradores, la mayoría de ellos, de carácter intermediario; con la excepción de aquellos agricultores que están dentro de un grupo asociativo, que pueden aspirar a una programación de producción definida con una mayor especificidad de productos y por ende de mercados, con cierta sostenibilidad de precios y que desarrollan sus propias estrategias de diferenciación al dedicarse a sistemas de producción para los llamados mercados campesinos o mercados verdes a escala local. Esta labor sigue siendo aún una acción muy individual, con el riesgo de fuertes cambios ambientales como de mercados, que no pueden diferirse equitativamente entre socios.

Los agricultores que están en transición y han emigrado a una agricultura orgánica, y que su convicción no sólo es sustitución de insumos, avanzan en fases de rediseño y acomodamiento del sistema de producción y realizan acercamientos a consumidores a través de algunos apoyos de los gobiernos locales; pero se enfrentan a la difícil tarea de competir con los mismos tipos de variedades híbridas promovidas por las multinacionales de semillas que son cultivadas en sistemas predominantemente convencionales, quedándoles poco espacio para convencer a los consumidores que dichos productos, no son producidos con plaguicidas y fertilizantes de síntesis química. En este sentido, los agricultores se ven supeditados a un cierto nivel de acreditación cuando hacen parte de grupos de agricultores con la misma situación y deciden emprender algunos procesos de capacitación por sí mismos o por invitación de entidades en la región.

La pérdida de la diversidad de los cultivos locales ante las decisiones privadas de fortalecer cultivos más rentables, amenaza con privar a las comunidades de dichas zonas, de importantes recursos para fortalecer la seguridad alimentaria, sus ingresos y la capacidad de defensa ante el cambio climático. La agrobiodiversidad proporciona una mezcla de beneficios privados y públicos, que los mercados tienden a capturar sólo una parte del valor económico real, subestimando todo el potencial sociocultural y generacional (Pallante et al., 2016). Como medio para redireccionar esta falla del mercado, se puede usar un enfoque de desarrollo de nicho de productos que conduzca a los diferentes grupos de agricultores a especializar su producción valiéndose de la propia diversificación, creando estrategias de comercialización para satisfacer la demanda diversificada de los consumidores locales y a otros niveles (De Roest, Ferrari y Knickel, 2018).

## 2. Generación de precios de venta de los productos producidos por los agricultores

Indicadores: Diferenciación de precios de venta en los mercados (frescos, transformados).

Indicadores: Tiempo de participación en otras actividades conexas que le generen ingresos o valor agregado a la producción (atención directa de promoción de sus productos, sólo para los de transición avanzada)

En el caso de los agricultores reseñados de estar en transición y aquellos que ya por su misma naturaleza, practican una agricultura ecológica sin certificación, las acciones realizadas por ellos, de buscar consumidores directos, los lleva así mismo a atender en finca la venta de sus productos sin intermediación. Para esto diseñan sus propias estrategias de mercadeo como la promoción directa, donde se forman precios diferenciados cuando los consumidores son atraídos por la inocuidad y no tanto por la apariencia o tamaño del producto y asumen el cuidado de su salud como prioridad y en menor escala el cuidado del medio ambiente y el apoyo a este tipo de agricultores. Todo este tipo de estrategias les lleva a formar mejores precios para sus productos que si los vendieran a un intermediario.

La consecuencia del desconocimiento de las bondades de la biodiversidad en toda su extensión, permite que muchas economías desconozcan el enorme valor de la misma y su papel en la salud de las personas y los ecosistemas funcionales, lo que desencadena que se conserven y utilicen menos recursos genéticos de los que se considera socialmente deseables (Heal et al., 2004; Pallante et al., 2016). Es admitido que la razón de tales decisiones, es la destrucción de los hábitats nativos de muchas razas y variedades nativas, y el consiguiente desarrollo de variedades

y razas genéticamente uniformes; así mismo, por las preferencias de los grandes agricultores y consumidores por determinadas razas o variedades (Heal et al., 2004).

### 3. Estrategias de compensación en la generación de sus propios costos de producción.

Indicador: Tiempo de dedicación o cantidad de mano de obra en la actividad (30%+ de lo normal en los sistemas en transición orgánica comparado con netamente convencional). Indicador: Número o tipos de prácticas propias asumidas con recursos de la finca y personales (en especial fertilización, desmalezaje, participación).

Este selecto grupo de agricultores, a excepción de los netamente convencionales, con diferentes tiempos y concepciones de cambio hacia una agricultura sostenible, comparten con ciertas diferencias, un nuevo paradigma, el bregar con los híbridos de hortalizas o variedades mejoradas y todos sus problemas fitosanitarios, mediante un manejo desligado de las recetas de plaguicidas y fertilizantes. Esta tendencia a seguir su propio criterio y el del intercambio con pares, es mayor cuando el tiempo de dedicación a las parcelas es más familiar, como lo es la participación de la pareja y con poca o sin intervención de mano de obra externa. Se suman a ello, las estrategias de mayor diversidad de cultivos asociados e intercalados en densidades de siembra intensivas, uso de materias primas y subproductos generados en las fincas. La creación de sus propias líneas de productos, se ha constituido en una fuerza impulsora para lograrlo.

Los sistemas netamente convencionales estudiados no tienen más de 4 cultivos en promedio por finca al mismo tiempo en las áreas destinadas para ello y destacan por preferencia la zanahoria, el tomate en invernadero, también predominan de la familia de las solanáceas a campo abierto cultivos como la papa o el pimentón y de las brassicas el repollo o el brócoli. No existe en estos sistemas destacable participación de mano de obra familiar, lo que desencadena la destinación de altos recursos económicos para contratar. Cuando existe participación de familiares, es principalmente en las labores de siembra, cosecha e irrigación, normalmente la aplicación de plaguicidas se contrata y se corren mayores riesgos de sobredosisación y derrames sin prever.

#### **8.3.2.3. Dimensión tecnológica agricultores CM, TrOr y Or.**

Al caracterizarse con los agricultores en transición, el desempeño de sus sistemas de producción, haciéndose las preguntas necesarias acerca del cumplimiento de los satisfactores tecnológicos tales como la adopción de prácticas, técnicas, diseños y variantes de los sistemas de manejo y sus tecnologías asociadas, que sean apropiadas para responder a las demandas y riesgos del sistema; surgieron los siguientes puntos críticos donde se ubica la priorización de los principales

factores que afectan dicho alcance (Tabla 32) y su análisis con los indicadores para su medición e identificación (Tabla 33):

Tabla 32. *Puntos críticos y porcentaje de prioridad para la dimensión tecnológica convencional y en transición*

Dimensión	Puntos críticos o problemas	Prioridad
Tecnológica	Desconocimiento en el manejo de los nuevos sistemas y medios tecnológicos básicos y sofisticados	36,4
	Apropiación de las capacidades adquiridas para el manejo de aguas, biodiversidad, plagas y fabricación de abonos con los recursos que le ofrece el medio	36,4

Tabla 33. *Análisis de los factores críticos e indicadores de la dimensión tecnológica convencional y en transición*

Factores críticos	Indicadores
1. Desvinculación del desarrollo y de la aplicación de tecnologías básicas y modernas al servicio del sistema de producción de hortalizas	Ausencia de dispositivos técnicos en finca (tablets, internet, tensiómetros, pluviómetros, termómetros, etc.)
	Sistema de administración e información y registro de cuentas y actividades empleado en finca (cuadernos, formatos)
2. Aplicación del conocimiento adquirido en el manejo de los recursos naturales y demás recursos locales propios	Disposición del agua de lluvia y fuentes de agua cercanas (derivación, bombeo, recolección)
	Estrategias de control de plagas y enfermedades (plaguicidas, sustitución de agroquímicos, compost, bocashi, fertilización por recomendación, alternativos comerciales)
	Disposición de cultivos y planes de siembra (rotaciones, arreglos diversos)

1. Desvinculación del desarrollo y de la aplicación de tecnologías básicas y modernas al servicio del sistema de producción de hortalizas

Indicador: Ausencia de dispositivos técnicos para ser empleados en finca (tablets, internet, tensiómetros, pluviómetros, termómetros, etc.). Indicador: Sistema de administración e información y registro de cuentas y actividades empleado en finca (cuadernos, formatos).

A este grupo de agricultores los ha permeado las intervenciones de todo tipo en el subsector de las hortalizas y dentro de ellas están las relacionadas con el uso de sistemas de información y dispositivos de medición al interior de las fincas que han permitido a otros grupos de agricultores caso ecológicos certificados, hacer cierto nivel de vigilancia y control de lo que sucede y se realiza a nivel de finca. De por sí, la tecnología desarrollada y aplicable a estos niveles es un instrumento adicional para potenciar los propios conocimientos y la interacción con pares. Acá no se está hablando de las llamadas tecnologías para la gran agricultura, sino para la pequeña escala, que les permita avanzar, sin afectar la permanencia del agricultor en las parcelas,

Unido a estos dispositivos, se encuentran los sistemas de registro de información, tanto la referente a la consignación de las actividades diarias del desarrollo de labores que incluye los gastos o consumos del inventario de insumos, el tiempo de dedicación, la planificación de materias primas, la gestión del riesgo, entre otras; toda una cultura que no está interiorizada siempre por el agricultor, a no ser que esté en proceso de certificación en Buenas Prácticas Agrícolas BPA, certificación ecológica u otra que lo exija.

## **9. Comportamiento de la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas con miras a una propuesta de manejo agroecológico en la Zona Altiplano, Oriente Antioqueño (Colombia)**

### **9.1. Introducción**

Actualmente el agricultor de hortalizas en el cinturón hortícola de la zona Altiplano del Oriente del Departamento de Antioquia se enfrenta a una serie de dificultades socioeconómicas y tecnológicas, que amenazan la permanencia en el tiempo de su actividad productiva, caracterizada en gran parte por sistemas agrícolas intensivos, con alta ocurrencia de problemas fitosanitarios y bajas rentabilidades asociadas. El manejo dado por el agricultor en lo que respecta al tratamiento de las enfermedades de los cultivos, tema central puesto de relieve por los agricultores como significativamente crítico al que tienen que enfrentar a nivel de finca, se ha circunscrito generalmente en la aplicación indiscriminada de fungicidas, bactericidas y nematicidas, que incluye tanto la sobredosisificación de productos o mezclas acostumbradas de sustancias químicas de diferente índole, como el gran volumen de solución final aplicada. Esto influye negativamente tanto socioeconómica como ambientalmente y hace cada vez más insostenible la gestión de sus sistemas productivos por la alta dependencia generada.

El enfoque limitado al control químico de plagas, es denominado internacionalmente como “protección y defensa de los cultivos”, lo que incide ampliamente al ciclo vicioso de aplicación repetida de plaguicidas por la alta dependencia generada, que ha tenido grandes efectos sobre el medio ambiente y la biodiversidad (Vázquez, 2010). La dependencia de los insumos químicos para el manejo fitosanitario, por parte del sistema agroalimentario mundial, es en gran medida, un resultado de una trayectoria socio-histórica caracterizada por efectos de lock-in (encierros o bloqueos tecnológicos, paradigmas) y por dependencias o trayectorias de ruta a seguir (Ugaglia et al., 2011). En este contexto predominante, la evaluación del efecto de una posible reducción del uso de plaguicidas en la producción agrícola, plantea la pregunta de cómo valorar los posibles cambios en las técnicas de producción utilizadas hasta el momento por los agricultores. Podría concluirse erróneamente que el refuerzo de la regulación de los plaguicidas tendría consecuencias dramáticas en la oferta de productos agrícolas y los ingresos de los agricultores (Jacquet, Butault y Guichard, 2011).

El uso indiscriminado de plaguicidas no es una realidad aislada, forma parte constitutiva de las prácticas agrícolas establecidas a nivel mundial, caracterizadas por el mantenimiento de los agroecosistemas en un estado altamente simplificado y perturbado, que hace uso de variedades

mejoradas genéticamente, en un desfile constante de nuevas variedades y que deben ser reemplazadas por nuevas en muy corto periodo, debido a las mismas presiones bióticas y a los cambios de gustos y demandas en el mercado (Altieri y Nicholls, 2005). Dichas condiciones permiten que los residuos provenientes del alto uso de plaguicidas como de fertilizantes desarrollados para dichas variedades únicas, no sólo afecten el agroecosistema considerado, sino que contaminen además el agua, el aire y los ecosistemas circundantes y naturales (Tilman, 1999, citado por Groot et al., 2012). Además, dichos efectos se correlacionan en forma directa con el alto consumo de energía invertida en el manejo de dichos monocultivos, por la escasez de diversidad distributiva o compensadora (Lin, Huber, Gerl y Hülsbergen, 2017), y cuya presión constante sobre los recursos, causan el agotamiento de las existencias de materia orgánica en el suelo y ejercen presión sobre su estructura, repercutiendo tanto en la reducción de su fertilidad como de la capacidad de retención de agua y la resistencia a la erosión y aumentan la compactación del mismo (Groot et al, 2012).

Expandir la tendencia del sistema agrícola actual, tendrá implicaciones importantes para los sistemas ecológicos y creará todo un conjunto de desafíos para el manejo global de los bienes comunes, que incidirá directamente en el suministro mundial de alimentos. Será necesario tener en cuenta las retroalimentaciones entre la intensificación y la extensificación agrícola, la pérdida de la biodiversidad y la productividad agrícola (Lanz et al., 2018).

El uso inadecuado de agroquímicos y todas sus variables de intensificación de la producción, ha conducido a consecuencias indeseables, denominadas enfermedades ecológicas, agrupadas en dos categorías: por un lado, enfermedades del ecotopo (a gran escala), que incluyen erosión, pérdida de la fertilidad del suelo, agotamiento de las reservas de nutrientes y contaminación de los sistemas de agua. Y por otro lado, las enfermedades de la biocenosis (a menor escala), y donde se desarrollan normalmente las actividades agrícolas, que incluyen pérdida de cultivos y de plantas silvestres, de recursos zoogenéticos y de enemigos naturales, además del resurgimiento de plagas y resistencia genética a plaguicidas, contaminación química y destrucción de mecanismos naturales de control. Bajo condiciones de manejo intensivo, el tratamiento de tales patologías exige un aumento de los costes externos, donde la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado, supera la energía cosechada (Altieri y Nicholls, 2005).

Sin un trabajo de seguimiento y menos de soluciones sobre la problemática anterior al uso indiscriminado de fungicidas, bactericidas y nematicidas, se han propuesto institucionalmente en

la región seleccionada para el trabajo de investigación, esquemas de intervención, fomentando el transitar desde las prácticas predominantemente convencionales hacia las denominadas BPA, reglamentadas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, que procura el monitoreo y el manejo integrado de plagas y enfermedades, normalmente identificado como MIPE, pero sin excluir los productos agroquímicos. O se proyecta la llamada producción más limpia, como mejoramiento constante en lo que se hace, tratando de minimizar riesgos y hacia la sustitución de algunos insumos agroquímicos por insumos alternativos de carácter biológico y orgánico para el control de problemas fitosanitarios y que son desarrollados incluso por las mismas multinacionales, pero también sin abandonar las sustancias químicas totalmente. Así mismo, con reducidos grupos de pequeños agricultores, se avanza en procesos de transición ecológica obviando soluciones en el uso de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, para acogerse a la norma de certificación ecológica, pero con esquemas muy ajustados y normativos. Cada uno de dichos enfoques, ha tratado de representar posibilidades de desarrollo y participación grupal en la formación y aplicación de tecnologías adaptadas a las condiciones locales de los sistemas productivos, que contribuyan en forma más integral al manejo de las afectaciones fitosanitarias. Pero cada uno de ellos, ha tenido retrocesos, estancamientos y malas interpretaciones, que no han motivado a la mayoría de los agricultores de la región a realizar transiciones desde la agricultura convencional hacia una más sostenible.

El concepto de salud de las plantas ha sido por mucho tiempo desatendido en la definición dada de la calidad del suelo, medio de sustento de ellas, y así, en este persistan problemas fitopatológicos, lo que ha determinado plantear el cambio hacia el concepto de salud del suelo, que pretende conocer del suelo y su manejo, analizado desde el punto de vista de la salud o comportamiento de los cultivos. Existe por lo tanto, el reconocimiento de las prácticas ancestrales y tradicionales de la agricultura campesina que consideran el buen manejo del suelo, en realidad reconocidas como métodos alternativos o válidos al uso de agroquímicos, tales como la rotación de cultivos, la labranza reducida, entre otros, especialmente porque pueden contribuir a reducir la gravedad de la enfermedad o mantener una baja incidencia de ella (Janvier et al., 2007). Y otras prácticas como la aplicación de enmiendas orgánicas, que producen efectos de desinfección del suelo (Mathre et al., 1999, citados por Bailey y Lazarovits, 2003), además de constituirse en aprovechamientos superiores sobre la fertilización mineral, mejoramiento de la estructura del suelo y por ende mantenimiento a largo plazo de la salud del suelo y particularmente, rendimientos de cultivos similares o con una relación costo beneficio mayor al sistema convencional (Luo et al., 2018).

Es de este modo, como se constituye en una decisión crucial, la intervención física y el uso de políticas de gestión para el mejoramiento de la sostenibilidad de los agroecosistemas, a través del reensamblaje entre el ganado y la tierra con sistemas agrícolas mixtos, sin más fragmentación; para mitigar los efectos perturbadores de la externalización de los impactos negativos de la agricultura (Groot et al., 2012).

Para complementar este tipo de estrategias contra la insostenibilidad agroquímica, se proponen además de los sistemas de producción mixta que incluyen pastura, la rotación de cultivos, las prácticas de intercalamiento de dos o más cultivos en buena proximidad y la asignación óptima de recursos (Dogliotti, Rossing y Van Ittersum, 2004).

Partiendo de la problemática que se presenta, esta investigación se realizó con el propósito de darle respuesta a la siguiente pregunta: ¿Conociendo los efectos benéficos del manejo orgánico del suelo, unido a las demás prácticas aportadas por los sistemas agrícolas diversificados, fundamentadas en la aplicación de los principios agroecológicos, podrá contribuirse a la menor prevalencia y/o afectación por enfermedades en sistemas productivos de hortalizas?; y refutar o avalar la hipótesis: - Existe menor prevalencia y/o afectación de problemas fitosanitarios causados por enfermedades en sistemas productivos de hortalizas, como respuesta amplia de la confluencia de un manejo orgánico apropiado del suelo y sus demás prácticas integradas aportadas por sistemas agrícolas diversificados fundamentados en los principios agroecológicos. El objetivo de estudio fue conocer los resultados del comportamiento fitosanitario de sistemas productivos de hortalizas, centrado en la prevalencia y/o afectación de cultivos por enfermedades y deducir las explicaciones del manejo dado al suelo y a la biodiversidad, como pilares fundamentales de la sostenibilidad de los agroecosistemas.

## **9.2. Materiales y Métodos**

### **9.2.1. Área de estudio.**

Para el estudio de caso, fueron seleccionadas seis fincas con sistemas productivos de hortalizas, ubicadas todas en el cinturón hortícola de la zona Altiplano de la subregión del Oriente de Antioquia. Tres de las fincas del grupo de agricultores que están sometidos a la norma ecológica y tres del grupo de agricultores que están a diferentes niveles de manejo de sus sistemas productivos, pero donde predomina una agricultura convencional (Figura 9).

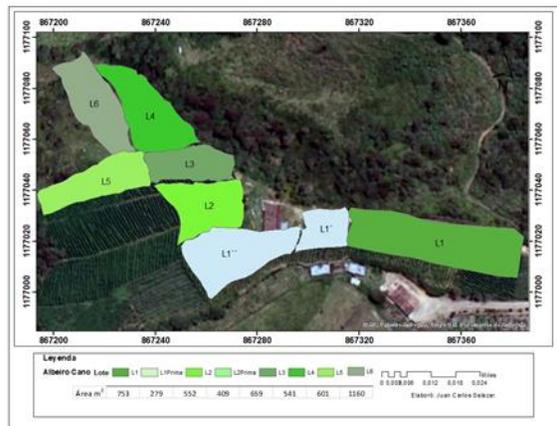


Figura 9. Planos Fincas de Evaluación

### **9.2.2. Diseño Experimental.**

Se seleccionaron dos niveles o grupos de sistemas de producción de hortalizas: ecológico y convencional, cada uno de ellos constituido por tres fincas, dentro de las cuales se seleccionaron como principales hortalizas cultivadas para hacer evaluación de la prevalencia de enfermedades en dichos sistemas: a la lechuga, el brócoli y el apio. Cada uno de dichos grupos de fincas posee su propio diseño y manejo del sistema de producción, las tres ecológicas están regidas por la norma ecológica o Resolución 187 de 2006 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia MADR, por la cual se adopta el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos. Por su parte las tres fincas seleccionadas de producción convencional, se rigen en su mayor parte por los principios del manejo de los insectos plaga y enfermedades, a través del uso de pesticidas de síntesis química y la nutrición de los cultivos fundamentada en la fertilización inorgánica.

Las réplicas de evaluación de las enfermedades, fueron en un número de 16 visitas por cada agricultor para cada nivel de sistema de producción de hortalizas, es decir, un total de 96 visitas y se centraron en el tiempo, estimadas cada semana por el tipo de planificación común a cada sistema de producción. Ello correspondió a sistemas de manejo con intervención semanal y por un periodo total de 8 meses de duración, teniendo en cuenta los dos sistemas, 4 meses en cada tipo de sistema. Los tres agricultores del sistema de producción ecológica y uno de los agricultores del sistema de producción convencional, realizaron cada semana establecimiento o siembras de nuevos plántulos de hortalizas, creando así un sistema escalonado y rotacional de hortalizas, a partir del cual todas las actividades o prácticas de manejo se centraron en ello. De los otros dos agricultores convencionales, uno de ellos con dedicación casi exclusiva al cultivo de la lechuga, le permitió también realizar siembras escalonadas cada 2,4 semanas en promedio. El tercer agricultor convencional a mayor escala, realizó siembras de hortalizas también en rotación por cada cultivo, en mayores franjas de producción. Pero tanto agricultores ecológicos como convencionales manejaron sus sistemas de producción con una intervención regida por labores repetidas semanalmente, dentro de las que se destacaron las de protección de cultivos y nutrición, con sus diferencias marcadas de métodos, insumos y cantidades.

### **9.2.3. Trabajo de campo.**

#### **9.2.3.1. Evaluación directa en campo de las condiciones de calidad de suelo y salud de cultivos.**

Se realizaron a nivel de campo mediciones directas de variables físicas como biológicas y al igual de manejo de prácticas culturales del suelo, que inciden en el desempeño de los sistemas de producción de hortalizas. Para el efecto con respecto a la calidad del suelo se midió: Consistencia en Húmedo (humedad entre sequedad y capacidad de campo); Estructura; Compactación e Infiltración; Profundidad del Suelo; Estado de los Residuos; Color, Olor y Materia Orgánica; Retención de Humedad; Desarrollo de Raíces; Cobertura de Suelo; Erosión y Actividad Biológica. Con respecto a la salud del cultivo se midió: Deficiencias nutricionales; Crecimiento; Resistencia o Tolerancia a Estrés (sequía, lluvias intensas, ataque de plagas, malezas, etc.); Incidencia de Enfermedades; Rendimiento Actual o Porcentual; Biodiversidad Genética, Biodiversidad General; Biodiversidad Natural Circundante y Sistema de Manejo del Agricultor. Para el efecto se hizo empleo de formatos y guías previamente elaboradas que comprendieron por un lado las descripciones y métodos de los diferentes parámetros a evaluar, los criterios seleccionados que abarcan dichas descripciones, junto con los rangos de calificación para cada criterio. Los indicadores seleccionados tanto para calidad de suelo como salud del cultivo, se basaron en el método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales, establecidos por Altieri y Nicholls (2002), más los aportes de USDA et al (1999), USDA (2001) y Pérez (2010), pero que fueron modificados no en cuanto a los parámetros a evaluar, sino en cuanto los criterios descriptivos, de acuerdo a las condiciones particulares de los sistemas de producción de hortalizas en la zona de estudio. Así mismo, se establecieron en la mayoría de los indicadores, rangos de calificación, para acercarse mucho más a un valor de evaluación más real.

#### **Muestreo para evaluación de la sostenibilidad a nivel de fincas**

Para cada una de las fincas a nivel de campo, mínimo en dos repeticiones, se emplearon procesos de observación directa y valoraciones al tacto de las condiciones físicas y biológicas de suelo siguiendo los protocolos de evaluaciones descriptivas como en el caso de la consistencia en húmedo y la estructura del suelo; así mismo, pruebas de medición de la profundidad efectiva del suelo con herramientas como barreno y pala hoyadora, para observar y calificar las características de los suelos a diferentes profundidades. Fueron llevadas a cabo complementaciones de la información, en las diferentes visitas a fincas en cada semana de valoración de enfermedades, para ratificar manejos de materias primas y demás prácticas de los

sistemas de producción tales como diversidad planificada, residuos, bioinsumos, nutrición y protección.

La estructura del suelo fue evaluada de acuerdo al tipo, tamaño y grados de la presentación o formas de los agregados y consistencia de agregados, de acuerdo a evaluaciones de adherencia y plasticidad, hasta una profundidad de 60 cm, por incrementos de 20 cm desde la superficie. Para indicadores biológicos se muestreó el suelo hasta profundidades de 40 cm para observar presencia de lombrices como de invertebrados.

Las propiedades químicas del suelo fueron evaluadas previamente en dos tiempos o periodos diferentes, como se indicó en el capítulo sobre “Manejo del suelo en predios de agricultores en la zona del Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño en la práctica de nutrición de cultivos”

A continuación se presenta un ejemplo de los aspectos descriptivos de la metodología empleada a nivel de campo para evaluar propiedades de los componentes suelo y cultivos en los sistemas de producción de hortalizas (Tabla 34)

Tabla 34. *Ejemplo del diseño de aspectos de descripción de la metodología para evaluar propiedades del suelo y salud de cultivos*

Indicador	Metodología	Interpretación
Apariencia del Cultivo	Se observó el total de plantas en 10 camellones o 5 terrazas al azar, según el diseño de parcelas y se contabilizó el porcentaje de plantas que presentaban alguna clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de desbalance nutricional.	Un suelo adecuadamente nutrido y protegido con bioinsumos protocolizados y pruebas demostradas de calidad. Con mayor actividad biológica caso lombrices, refleja menor sintomatología de desbalances nutricionales
Crecimiento del cultivo	Se evaluó en 5 camellones o terrazas según el diseño de parcelas, la densidad de cultivos en cuanto a la uniformidad en crecimiento o desarrollo fenológico acorde con la edad	A mejor comportamiento fenológico, mejor calidad de suelo y por supuesto mejor manejo asociado de cultivos
Resistencia o tolerancia a estrés	Se evaluó en 5 partes diferentes al azar dentro de los cultivos sembrados, la capacidad de los cultivos para resistir periodos de lluvias continuas o sequías de	A mejor estado general de cultivos, es decir, menor sintomatología de estancamiento, retrasos, etc., mejor calidad de suelo y por supuesto mejor manejo asociado

	varios días, como frente a la competencia por malezas	
Control incidencia de plagas y enfermedades	Se valoró el porcentaje de plantas con incidencia de plagas y/o enfermedades en el 10% del total de plantas de 10 camellones o 5 terrazas dentro de las parcelas de muestreo, para conocer susceptibilidad o resistencia	A menor porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades, mejor calidad de suelos y por supuesto menor manejo asociado
Diversidad natural circundante	Fue evaluado calculando que porcentaje del perímetro del sistema productivo está rodeado por vegetación natural.	Mayor vegetación natural, es positiva para calidad y salud de cultivos por ser refugio de control biológico, zona de amortiguación y cortavientos
Diversidad Vegetal Cultivada (genética)	Esta variable se basa en el conteo de especies o variedades cultivadas presentes en las parcelas	Mayor diversidad genética intraespecífica como interespecífica es positiva para los suelos y para la misma salud de cultivos
Sistema de Manejo	Se entiende sistema de manejo a las prácticas ecológicas o convencionales e insumos asociados (arreglos, fertilización, control de plagas y enfermedades). Se calculó el número de prácticas junto a diseño de cultivos cumpliendo funciones	Para este indicador prácticas orgánicas son mejores para la calidad de suelos y si hay mínimo dos o más cultivos en ellas, cumpliendo diferentes funciones
Cobertura del suelo	Se realizó observando áreas con cobertura viva o muerta en las parcelas, además de los cultivos que hacen parte del arreglo productivo, o por residuos en descomposición, incluyendo hojarasca.	Mayor cobertura implica mejor calidad de suelos

Fuente: Tomado y modificado de USDA et al (1999); USDA (2001), Pérez (2010), Altieri y Nicholls (2002).

### **9.2.3.2. Análisis de infiltración del agua.**

Se realizaron análisis de infiltración de agua en el suelo, que involucra el movimiento unidimensional gravitacional, y es la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tarda en infiltrarse esa lámina. Comúnmente suele expresarse en  $\text{cm h}^{-1}$  (Delgadillo y Pérez, 2016). Estos valores nos determinan la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones. Tales valores de infiltración como variables síntesis, acercan a conocer en más detalle las condiciones de agregación y permeabilidad del suelo, su capacidad

para soportar intensidad de lluvias y almacenar agua en comparación con otros suelos y por ende detalles sobre su manejo.

Iniciando la aplicación del agua, el valor de infiltración es alto, pero a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo, disminuye paulatinamente dicho valor, hasta llegar a un valor constante denominado velocidad de infiltración básica. Ésta es denominada por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los EUA, “como la velocidad de la infiltración del agua en el suelo, en el momento en que la variación de ésta con respecto al tiempo, es muy lenta y constante”. Generalmente, dicha condición de la infiltración, se consigue cuando el suelo ha alcanzado su capacidad de campo. El método utilizado es a través del uso de la doble anilla o cilindro (Delgadillo y Pérez, 2016).

### **Muestreo de la velocidad de infiltración del agua**

Las pruebas se realizaron enterrando, dos cilindros de forma concéntrica, esto quiere decir que uno es de diámetro mayor que el otro. El de mayor tamaño es de 25,7 cm de diámetro y el de menor tamaño, es de 15,7 cm de diámetro y una altura de cada uno de 33 cm. Se enterraron ambos unos 5 cm dentro del suelo. Se llenan ambos con agua y se mide la tasa de descenso de esta agua en el cilindro interior, durante un periodo estimado de estabilización significativo de la velocidad de infiltración. Se realiza así para que el flujo del agua en el suelo sea lo más vertical posible, dado que la infiltración en el cilindro externo limita el flujo lateral del agua infiltrada por el cilindro interno, disminuyendo la distorsión de los datos obtenidos. Por cada finca se realizaron dos repeticiones.

#### **9.2.3.3. Resistencia a la penetración por el suelo.**

Igualmente en campo mediante penetrómetro, se midió la resistencia mecánica a la penetración como medida directa de la compactación del suelo; ya medida de otra forma a través de evaluación de las condiciones observables en campo del anegamiento o no de las calles de las parcelas de sembradío junto a la altura de surcos o camellones, en épocas de lluvias (ver evaluación directa en campo de las condiciones de calidad de suelo y salud de cultivos).

La compactación limita el crecimiento radicular al influir sobre la cantidad de aire y agua para la disposición de las raíces (Herrick y Jones, 2002; Lampurlanés y Cantero-Martínez, 2003, citados por CIMMYT, 2013). Dicha propiedad se utiliza en estudios de densidad y compactación, ya que se relaciona con el crecimiento de las raíces, el rendimiento de los cultivos y las propiedades físicas del suelo que se ven afectadas por los implementos agrícolas.

## **Muestreo para la penetración**

Dicha propiedad se muestreó 10 veces en sitios representativos de las parcelas de cultivo en cada una de las fincas, siempre conservando una penetración máxima de acuerdo a la concentración de raíces de hortalizas dentro del suelo, de 30 cm de profundidad, con la punta de la aguja del penetrómetro perpendicular a la superficie sobre la cual se trabajó. Fue mediante la aplicación de fuerza o presión uniforme requerida para que una varilla de acero de 0.6096 m de longitud, con punta generalmente cónica, de norma estándar ASAE, penetrara el suelo e ir leyendo en la pantalla de acero inoxidable, en kilopascales (kPa).

### ***9.2.3.4. Medición de la densidad aparente y porosidad de los suelos.***

En campo también se realizaron mediciones para la determinación de la densidad aparente DA del suelo, junto a las variables de correlación como humedad a capacidad de campo, máxima capacidad de retención de agua, microporos, porosidad total y macroporos.

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso. En agricultura, la masa del suelo se refiere al peso después de secar el suelo en estufa a 110° C durante 24 horas o hasta peso constante y el volumen se refiere al conjunto menor de 2 mm de diámetro. En un mismo suelo, el valor de densidad aparente es un buen indicador del grado de compactación por medio del cálculo de la porosidad, es decir, la reducción del espacio poroso con radio equivalente mayor, llamado también espacio poroso no capilar o macroporosidad, responsable del drenaje rápido del exceso de agua y, por ende, de la aireación del suelo; resultando ser la densidad aparente, un buen indicador de la calidad del suelo (Flores y Alcalá, 2010).

## **Muestreo para densidad aparente y porosidad**

El método más comúnmente utilizado para la determinación de DA es el conocido como "método del cilindro" (MC), que consiste en introducir un cilindro metálico en el suelo y luego de nivelarlo una vez extraído, se determina la masa de suelo seco que quedó en su interior. Las pruebas se realizaron en campo, seleccionando previamente ocho sitios de muestreo, de acuerdo a las condiciones de las fincas, es decir, uniformidad en contenido de humedad, cercano a capacidad de campo.

Cuando la DA del suelo aumenta, se incrementa la compactación, afectando las condiciones de retención de humedad, lo que limita el crecimiento de las raíces. La DA es afectada por las

partículas sólidas y por el espacio poroso, el que su vez, está determinado sustancialmente por la materia orgánica del suelo M.O. Cuando esta aumenta junto con el espacio poroso, disminuye la DA (Salamanca y Sadeghian, 2005).

#### **9.2.4. Cuantificación de la presencia de enfermedades.**

Desde el primer día de trabajo en campo con respecto a la valoración de enfermedades en los sistemas de producción de hortalizas, se acordó con cada agricultor, entrar semanalmente a las fincas, a algunas el día martes y a otras el día sábado y en compañía de ellos la gran mayoría de las veces, emplear un tiempo necesario del día para analizar registros de siembras, fechas de evaluación, variedades y cantidades de plántulas sembradas, en especial de los tres cultivos seleccionados, además se evaluó el manejo empleado, calidad del material plantulado que llegaba de los viveros. Seguidamente conocer la distribución de lotes o parcelas de trabajo, los arreglos definidos y las rotaciones establecidas.

Posteriormente sobre el terreno, con la información anterior presente, para cada plantel de siembra de los cultivos referenciados para el seguimiento: lechuga, brócoli y apio, se evaluó su estado fitosanitario, tanto de los que ya estaban en crecimiento y para cosecha, como los que se sembraban a partir de ese día de inicio de evaluaciones, y así de esta forma durante 8 meses continuos. Dicha medición se realizó en forma visual con ayuda de fotografías actualizadas de cada cultivo, con visitas previas a campo para detallar dichas manifestaciones de las enfermedades, guías propias elaboradas y detalladas sobre descripciones de las principales posibles enfermedades, lupa y muestreos de confirmación enviados al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Católica de Oriente, para denotar por expertos fitopatólogos, presencias de microorganismos en raíces, tallos y hojas.

De acuerdo a los problemas mayormente presentados y más limitantes en campo a nivel de manifestación de enfermedades para este tipo de hortalizas, se seleccionaron las producidas por bacterias, nematodos (*Meloidogyne* sp.) y el hongo *Alternaria* sp., ya que fueron los grupos de patógenos más comunes a los tres cultivos, y con mayor complejidad en su sintomatología y signos. Adicionalmente se aprovechó para evaluar la presencia de otras enfermedades de carácter particular que se presentaron en el campo, específicas de cada cultivo y las cuales podrían hacer parte de otro trabajo de investigación.

Para el trabajo de campo en cuanto a evaluar enfermedades, se distinguieron dos componentes distintos: (i) evaluación de la enfermedad propiamente dicha, y (ii) técnicas de muestreo. En

cuanto a la evaluación de la enfermedad se recurrió al dominio conceptual de intensidad de la enfermedad, que puede expresarse como incidencia (frecuencia) o severidad. Donde la incidencia es el porcentaje de plantas enfermas o partes de plantas en la muestra (o población), independientemente de su severidad individual. La severidad de la enfermedad es el porcentaje del tejido u órgano del huésped relevante cubierto por los síntomas (o lesiones) de la enfermedad (Hernández, 2006). Esta última no se midió por recomendaciones de los expertos fitopatólogos y la experiencia de campo, exactamente por la presencia común de complejos de enfermedades, por la sintomatología variable en cuanto a sitios de infección y a sitios de concentración de signos de enfermedad y por los ciclos cortos de cultivo de las hortalizas. Se estimó que el trabajo era suficiente y amplio en medir incidencia, complejidades e interrelaciones para bacterias, nematodos y hongos. El sistema de evaluación elegido no recurrió al concepto tradicional y paradigmático del umbral económico de daño centrado en las plagas, versó en cambio en colocar a los agricultores en el centro del sistema, conocer sus decisiones de manejo con un gran énfasis en la autogestión de los sistemas de producción. Diferenciar si existe el proceso de prevención del riesgo fitopatológico que el de controles aislados sin resultados. Se trató de debatir el uso de plaguicidas, como única o solución final y a su asociación al manejo integrado de plagas y enfermedades, por su cuestionamiento de adquisición de resistencia genética, residualidad, contaminación y costos ambientales y económicos.

Para el acertado diagnóstico de enfermedades, se siguieron los pasos siguientes, de acuerdo a Koike et al. (2006): (i) Contar con una lista anticipada de los más posibles patógenos sospechosos que pueden presentarse tanto en el suelo como en la parte aérea donde están los cultivos, teniendo en cuenta que un cultivo o cultivos en particular sembrados en una región específica, generalmente son susceptibles a una gama relativamente corta de patógenos por estudiar.

Continúa en su orden, (ii) la realización de un examen cuidadoso de todas las partes de las plantas afectadas, tanto de síntomas aéreos como dentro del suelo, con el fin de obtener una imagen completa de la condición de la planta. Además de observar los síntomas que ocurren en patrones destacables, con distribuciones no aleatorias o en asociación con características físicas en los sitios de muestreo. (iii) Recolectar una muestra representativa con un número suficiente de plantas enfermas para análisis en laboratorio idóneo, sin dañar ninguna parte de ellas y que muestren los síntomas y signos típicos de las enfermedades y finalmente, (iv) mantener un registro histórico de las enfermedades confirmadas en cada sitio de muestreo, que permita conocer detalles de la persistencia de enfermedades y facilitar las decisiones de diseño de rotaciones y arreglos.

Para el caso particular del punto referenciado como (iii), en cada finca se tomó en zigzag un total de cinco muestras de tejido vegetal completo, desde la parte aérea hasta dentro del suelo, incluyendo éste y que presentaban síntomas sospechosos de fitopatógenos. Se cosechó con tijeras podadoras o navaja las hojas, tallos, frutos y/o raíces y se depositaron en una bolsa plástica limpia. Esta se identificó con el nombre de la finca, la vereda, el municipio, el nombre del agricultor, los cultivos, edad de siembra, estado fenológico y la fecha de recolección. En cada muestra la tijera se limpió con una solución de yodo (0.2%). Para cada muestra se envolvía su parte aérea en papel toalla facial seca u hoja de periódico limpia, para que ésta no se contaminara con el suelo. De igual manera para evaluación de nematodos, con un barreno sacabocado se tomaron cinco submuestras para conformar una muestra de suelo rizosférico y/o raíces a lo largo de las parcelas de las fincas.

En cuanto a la estrategia del MIPE, Altieri y Nicholls (2003), citados por Barrera (2006), señalan que dicha aplicación ha desatendido las reales causas ecológicas de los denominados problemas ambientales de la agricultura moderna, puesto que aún prevalece la estrecha visión de que causas específicas afectan la productividad y la superación del factor limitante, en este caso, los insectos y las enfermedades, sigue siendo el objetivo fundamental. El enfoque sesgado del MIPE moderno es una de las principales críticas que se realiza por investigadores como Vázquez (2010), que señala los errores de las tecnologías verticales, que desconocen los aspectos cruciales de la localidad y la sostenibilidad.

#### ***9.2.4.1. Muestreo de la prevalencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas.***

La incidencia de la enfermedad se puede evaluar mediante el simple recuento de unidades de muestreo enfermas frente a unidades de muestreo sanas y por lo tanto, es menos engorroso y propenso a errores que la evaluación de la severidad de la enfermedad. Las unidades de muestreo pueden, sin embargo, definirse como enfermas, solo si la severidad de la enfermedad está más allá de un cierto nivel (por ejemplo, umbral de daño fisiológico) y luego se evalúa como incidencia de la enfermedad. En realidad se definió medir la incidencia de las enfermedades por la presencia o detección de síntomas y signos ya sean de carácter iniciales hasta aquellos considerados limitantes, que por diferentes aspectos de características de las variedades evaluadas, manejo, diseño del sistema y clima, podían desarrollarse, permanecer y aún disminuir en el proceso del desarrollo fenotípico de los cultivos.

También al evaluar semanalmente y tener en cuenta la sola presencia o no de las diferentes enfermedades, en los diferentes planteles sembrados, se midió la prevalencia o permanencia de las enfermedades, como indicación del peso o abundancia relativa de las diferentes enfermedades, durante el periodo evaluado.

En cada plantel sembrado para cada uno de los tres cultivos seleccionados y de acuerdo a la frecuencia de siembras semanales de los sistemas de producción ecológica, cada semana y durante 4 meses continuos en campo, se midió entonces la incidencia (número de individuos con síntomas y/o signos) de las diferentes enfermedades causadas por bacterias, nematodos (*Meloidogyne* sp.) y *Alternaria* sp., y la incidencia de enfermedades específicas que pudieran identificarse. Adicionalmente, se tomó nota sobre cada sitio específico de localización en las plantas de la sintomatología y otros factores generales de comportamiento de los planteles en relación directa con el manejo de los cultivos, tales como deficiencias nutricionales y ataques de insectos, para no confundir cuando fuera el caso, la presencia o no de enfermedad.

Así mismo, para los sistemas de carácter convencional, aunque el sistema de siembras puede variar en cuanto a frecuencia de siembras, las hay semanales también y algunas más extendidas en tiempo (por la decisión de antemano por parte del agricultor, de mayores áreas sembradas y en menor número de materiales de hortalizas), se realizaron así mismo, evaluaciones semanales durante 4 meses continuos sobre la presencia de las enfermedades y su incidencia. En total se realizaron evaluaciones durante 8 meses, teniendo en cuenta los dos sistemas.

#### **9.2.4.2. Análisis fitopatológico y cromatográfico para estudiar prevalencia de enfermedades.**

Las muestras completas de plantas afectadas por enfermedades, como del suelo donde crecían, fueron recolectadas de las diferentes fincas y debidamente identificadas y enviadas al laboratorio de Sanidad Vegetal acreditado de la Universidad Católica de Oriente (Antioquia), para verificar los patógenos presentes de acuerdo a lo inicialmente identificado en campo empleando las guías de descripción. En total fueron 20 muestreos llevados directamente al laboratorio entre las 6 fincas, sin contar los muestreos realizados a 10 agricultores más, de carácter convencionales. Esto permitió ratificar o corregir así como fortalecer las observaciones previas, ante la presencia múltiple común de varios patógenos, en especial con respecto a bacterias. Para el efecto se entregaron las muestras el mismo día de recolección en campo, de acuerdo a los protocolos previamente establecidos por el laboratorio.

Con respecto a los análisis de residualidad de plaguicidas, se realizaron muestreos de material vegetal de hortalizas, para ambos sistemas. Para el efecto, también se siguieron los protocolos establecidos por los responsables en los laboratorios. Las muestras debidamente identificadas y codificadas fueron protegidas inmediatamente con cadena de frío y transportadas el mismo día para ser enviadas a los laboratorios. La identificación de las moléculas de plaguicidas usadas en ambos sistemas de producción, con diferentes modos de acción (fungicidas, bactericidas, insecticidas, nematocidas, etc.), fueron en su mayoría detectadas por Sistema Cromatográfico Líquido con acople a espectrometría de masas de alta resolución tipo Trampa de Iones con Tiempo de Vuelo (UPLC-Q-TOF, figura 10). Se cumplió con servicio de intercalibración para análisis de residuos de plaguicidas y contaminantes por GC-MSMS y LC-MSMS, con procesos acreditados nacional e internacionalmente, cumpliendo así con las exigencias del Control de Calidad.

Debido a la variabilidad en los sistemas convencionales en el alto número de moléculas empleadas durante todo el ciclo de cultivos, se completó la identificación para el resto de plaguicidas por la realización de encuestas a cada agricultor y las visitas a las bodegas de insumos y agroquímicos de cada finca.



*Figura 10.* Sistema cromatográfico líquido con acople a espectrometría de masas de alta resolución tipo Trampa de Iones con Tiempo de Vuelo (UPLC-Q-TOF)

#### **9.2.5. Metodología estadística para prevalencia de enfermedades.**

El análisis estadístico de la información se basó en las siguientes técnicas: correlación de Spearman, cuyo objetivo fue relacionar las variables climatológicas, con el fin de ver si existe asociación entre ellas. Se aplicó análisis de clúster, para clasificar en grupos a los diferentes productores ecológicos y convencionales. Se realizó el método multivariado Biplot, para proyectar

bidimensionalmente la interacción entre las enfermedades comunes a los cultivos evaluados, suplementado por el tipo de agricultor. Se utilizó MANOVA por medio del MODELO LINEAL GENERAL, a fin de contrastar si existía diferencia estadística entre los actores ecológicos y convencionales. Cabe anotar que se transformó la información por medio de la familia BOX-COX. Se utilizaron los paquetes estadísticos SAS UNIVERSITY y R versión 3.4.1

### 9.3. Resultados y discusión

#### 9.3.1. Evaluación de la sostenibilidad a nivel de fincas.

La evaluación de la sostenibilidad a nivel de predios, permitió verificar las marcadas diferencias en cuanto a la diversidad y sistema de manejo específico entre los sistemas de producción evaluados, que inciden en la calidad del suelo y la salud de cultivos. Estas pudieran ser observadas a simple vista en las figuras 11 y 12.





*Figura 11.* Sistemas de producción ecológica de hortalizas



*Figura 12.* Sistemas de producción convencional de hortalizas.

Se trabajó con los dos grupos diferenciados de tipo de fincas, las tres de carácter ecológico que son manejadas siguiendo un patrón común como lo es el de la norma ecológica y las tres convencionales que corresponden a un patrón de referencia predominante en la zona de estudio, es decir, caracterizadas por las decisiones de uso plaguicidas de síntesis química y fertilizantes inorgánicos. Fueron seleccionadas 11 variables de medición con sus clases descriptivas (criterios diagnósticos) para la evaluación de la calidad del suelo y 9 variables de medición con sus clases descriptivas para la evaluación de la salud del cultivo (acápite 9.2.3.1, tablas 35 y 36), cada una de ellas apoyada en fundamentos técnicos de valoración directa en campo y complementaciones de laboratorio para mediciones cuantitativas de variables específicas. Como se ha dicho, los

diferentes criterios de diagnóstico se subdividieron para calificar en rangos las diferentes variables, algunos con 3 y otros hasta con 4 rangos diferentes. La asignación de los diferentes rangos está de acuerdo con las condiciones más cercanas posibles de manejo de los sistemas de producción de hortalizas en la región. En general a mayor valor de calificación dentro de los rangos, significa mejor comportamiento del sistema de manejo y por ende mientras más variables de medición así lo presenten, el sistema es más sostenible.

Es pertinente conocer en qué estado de salud se encuentran los agroecosistemas en momentos determinados para valorar el manejo dado a cada uno de ellos y como afecta la calidad del suelo y la salud de los cultivos y para ello se emplean herramientas y mediciones sencillas a nivel de finca, comprensibles por los agricultores y que facilitan la interpretación de los resultados y la orientación de posibles cambios de transición hacia una agricultura más sostenible. Como todas las medidas son las mismas en cada una de las fincas, permite la comparación de ambos sistemas.

El comportamiento de las propiedades físicas de los suelos tiene una relación muy directa con la capacidad de los usos a los que el hombre los sujeta y las limitantes que presentan. Hay que trabajar para mejorar o proteger los suelos para no afectar más las propiedades con las prácticas de manejo y la necesidad de toma de decisiones para la planificación de las fincas. Cada una de las variables seleccionadas, desde consistencia en húmedo, estructura, compactación y demás hasta su relación con condiciones biológicas de los suelos, determinan la facilidad de penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la adherencia y la retención de nutrientes. Así mismo, el comportamiento de los diferentes cultivos frente al estrés por factores abióticos y bióticos como su desarrollo fenológico y el manejo de la biodiversidad planificada y asociada, empleadas por los agricultores, permite acercarse a un mejor entendimiento de la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Tabla 35. Evaluación del componente de calidad de suelo

**1. Consistencia en húmedo (humedad entre sequedad y Capacidad de Campo)**

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Suelo polvoso, sin gránulos visibles, desagregado, no se adhiere al hacer ligera presión	5, es un suelo en los primeros 25 cm de profundidad, apenas levemente adherente. No es posible darle forma, perdiendo volumen, se disgrega fácilmente entre los dedos. No es plástico. 8, Después de los 25 a 60 cm de profundidad, cambia totalmente, es adherente y débilmente plástico, pasando a un estado más elevado de plasticidad	5, suelo en primeros 20 cm de profundidad con buen contenido de MO, áspero al tacto, no se adhiere fácilmente, solo en lote 4 se observó a mayor profundidad, mayor agregación. El área más reciente o nueva en siembras, lote 7, con nivel de consistencia friable y ligera adherencia
5-7	Suelo suelto con pocos gránulos, ligeramente adherente, se rompe al aplicar presión suave entre pulgar e índice		
8-10	Suelo friable y granular, agregados mantienen formas después de aplicar presión suave, aún humedecidos		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
5, en los primeros 25 cm de profundidad, es un suelo ligeramente adherente. Pierde la forma fácilmente al hacerle presión, se disgrega fácilmente entre los dedos. Además es ligeramente plástico. Los siguientes 20 cm de suelo, continúa disgregándose fácilmente, tampoco es plástico, por lo que conserva contenidos medios de humedad. Y así sucede después de los 40 cm de profundidad, y cada vez, menor contenido de humedad	4, es un suelo en los primeros 25 cm de profundidad, no adherente y no es plástico. Pierde la forma fácilmente al hacerle presión, se disgrega fácilmente entre los dedos. Los siguientes 25 cm de suelo, continúa disgregándose fácilmente, y es ligeramente plástico a no plástico. Y en los siguientes 20 cm de profundidad, el suelo es levemente plástico. Se encuentran a esas profundidades regímenes variables de humedad	7, es un suelo en los primeros 25 cm de profundidad, levemente adherente. Trata de crear forma, perdiendo luego volumen, se disgrega fácilmente entre los dedos. Débilmente plástico. 8, Entre los 25 a 40 cm de profundidad, es adherente y ligeramente plástico a plástico

Los suelos de los sistemas ECO presentaron mejor adherencia y forma que los convencionales, en especial a partir de los 25 cm de profundidad, que es la que corresponde a la que la mayor parte de la raíces de las hortalizas se desarrollan.

## 2. Estructura

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-2	Grano suelto: Sin estructura, una masa no consolidada, tal como arena suelta, sin agregados visibles	8, en especial en los primeros 25 cm del suelo la estructura es granular, migajosa. De los 25 cm a 40 cm conserva una estructura semejante, luego de los 40 cm empieza a ser una estructura en bloque tipo subangular, que no deja penetrar mucho el agua, aunque si circula	8, en especial en los primeros 20 a 25 cm se observa relativa agregación de partículas, las cuales se separan fácilmente al hacer presión, pero los agregados se conservan en mayor profundidad
3-4	Masivo: Masa coherente. Donde todo el horizonte del suelo parece cementado en una gran masa. No se forman terrones		
5-7	Estructuras en bloques o bloques subangulares: bloques casi cuadrados o más o menos angulares (o Estructuras prismáticas y columnares o estructuras laminares)		
8-10	Estructuras granulares y migajosas: son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelo, ricos en M.O.		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
<b>2. Estructura</b>		
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, en especial la estructura del suelo es débil, escasamente semiestructurada, sin unidades definidas estructuralmente, totalmente desagregadas	4, estructura entre masiva dominante y prismática en menor escala, coincidiendo con que no forma agregados en gran parte de su perfil y no permite el adecuado flujo del agua	8, en general en los primeros 40 cm del suelo predomina la estructura de carácter migajosa a granular, con un grado de desarrollo fuerte de los agregados, es decir, estos se sostienen, permitiendo relativa buena circulación del agua

Los sistemas de producción ECO y el sistema convencional en mejor proceso de transición como el CONV3-Tr-QUEEN, presentan una estructura granular en los primeros 40 cm, mientras que los otros convencionales presentan estructuras sueltas o masivas, que señala un inadecuado laboreo del suelo.

### 3. Compactación e infiltración

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-2	Compacto, se anega fácilmente, el agua permanece arriba en la superficie de sembradío	6, en general el agua infiltra lentamente en significativas áreas de los cultivos.	7, en general el agua infiltra fácilmente en cualquier área de los cultivos, mayor humedad del suelo cerca de la fuente de agua
3-5	Presencia de capa compacta delgada a baja profundidad, el agua se observa infiltra lentamente	Mayor humedad del suelo en los bajos del relieve. Otras áreas infiltran dos veces más rápido por cambios en el manejo del suelo, más presencia de materia orgánica y por horizonte B	
6-10	Suelo no compacto, agua infiltra fácilmente		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
5, el agua infiltra en forma lenta, denotado por mayor humedad del suelo en las capas superiores del suelo, y cada vez menos a mayor profundidad. Lo que denota presencia de escorrentía	5, el agua infiltra en forma muy lenta, denotado por regímenes variables de humedad, por suelo cementado sin materia orgánica en profundidad. Lo que denota presencia de escorrentía	7, en general el agua cuando cae, infiltra a un nivel constante, sin mayor pérdida de ella por escorrentía, y conserva cierto nivel de equilibrio entre horizontes, no observándose significativo estancamiento del agua o compactación del suelo

En los sistemas convencionales se encontró diferencias marcadas en los contenidos de humedad del suelo, con problemas de infiltración y exceso de escorrentía.

#### 4. Profundidad del suelo

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Subsuelo casi expuesto, sin capa orgánica u horizonte A, se observa grava, piedra	8, la capa orgánica aumenta en zonas de depósito o reciclaje de residuos y en zonas nuevas para los cultivos, llegando incluso a ser significativa a profundidades de 45 cm.	8, la capa orgánica llega hasta los 20 cm, y luego empieza a ser horizonte B
5-7	Suelo superficial delgado (menos de 10 cm de capa orgánica)		
8-10	Suelo superficial más profundo (de 10 cm a 20 cm de capa orgánica)		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
6, la capa orgánica es moderada en varias zonas de la parcela, y máximo es de 20 cm en ellas por sectores, pero predomina las zonas con mezclas de suelo pardo amarillento, con procesos de descomposición incompleta de residuos y con rápida exposición de grava	3, suelo sin mayor capa orgánica, menor de 10 cm, subsuelo expuesto, se observa la piedra	8, la capa orgánica en general se mantiene a pesar de la profundidad del suelo, al menos en los primeros 40 cm muestreados

Los sistemas ECO conservan una mayor profundidad efectiva del suelo, denotado en mejores contenidos de materia orgánica.

## 5. Estado de residuos

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-5	Residuo orgánico presente en el campo que no se descompone o lentamente por mal manejo (o compostaje mal elaborado, poca calidad e insuficiente variedad de materias primas, no alcanza para suplir demandas). O quema de los residuos con herbicida y luego los entierra. Además no hay un buen manejo rotacional	6, el agricultor contrata trabajo de deshierbe y prepara composteras con otros materiales de la finca incluido estiércol. Falta estandarizar aún más. Ha enterrado parte de los residuos de cosecha pero por no venta: muchos de ellos enfermos; ninguno para la compostera y para alimentación animal una parte	5, el agricultor no mantiene el tiempo suficiente para deshierbes y para preparar composteras. Ha enterrado gran parte de los residuos de cosecha, pocos para la compostera y para alimentación animal
5-7	Aún persiste residuos orgánicos del año pasado en varias facetas de descomposición de acuerdo a un manejo rotacional (compostaje semielaborado, no totalmente utilizado, almacenado y alcanza a cubrir necesidades)		
8-10	Residuos en varios estados de descomposición, pero bien descompuestos al fin (o compostaje bien elaborado, calidad de materias primas y cantidades adecuadas a las necesidades)		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, el agricultor aplica herbicida a los residuos de cosecha, que luego mezcla con el suelo apoyado en maquinaria. La mayor parte de ellos dejan de cumplir una función de aporte de nutrientes, aunque fitosanitariamente para él, es una práctica fundamental. En este sentido es poco efectivo el proceso de reciclaje	4, el agricultor aplica herbicida a los residuos de cosecha, que luego mezcla con el suelo, apoyado en maquinaria. La mayor parte de ellos dejan de cumplir una función de aporte de nutrientes, no son reciclados, sino completamente enterrados	6, solo los deshierbes y algunas arvenses son utilizados para composteras. De los residuos queda un 10% en el suelo al cosechar y diseminando problemas fitosanitarios y otro 10% es para alimentación animal. Es poco aprovechado el estiércol de cabra por el gran número de animales en el aprisco; debe usarse para algún aprovechamiento por lombrices, otro tanto para abonar la zona de amortiguación y pastos que alimentan a las cabras y el gran resto descomponiéndose en el mismo sitio con peligro de contaminación

Aunque los agricultores convencionales hacen un manejo irregular de los residuos, además de quemarlos con herbicidas, los agricultores ecológicos aún deben mejorar en el manejo de su total aprovechamiento, en especial en su mezcla con estiércol animal que hace parte de los componentes del sistema.

### 6. Color, olor y materia orgánica

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Suelo de color pálido, con olor químico, y no se nota presencia de materia orgánica M.O. o humus	8, se observa un color generalmente negro del suelo, que denota manejo orgánico del mismo, con olor a tierra	8, color en general negro, denota buen contenido de materia orgánica
5-7	Suelo de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de M.O. o humus		
8-10	Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de M.O.		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, Suelo de color mezclado, levemente orgánico, con algunos procesos de descomposición de M.O., con olor a químicos	3, Suelo de color mezclado, no orgánico, en un 70 a 80% de color amarillo; sin procesos de descomposición de M.O., con olor a químicos	8, existe un buen color y olor de suelo que denota manejo orgánico del suelo, con procesos de descomposición de M.O.

## 7. Retención de humedad

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Suelo se seca rápido: Seco en gran apariencia. En texturas gruesas es relativamente no moldeable. Relativamente poco moldeable cuando presiona un poco de terreno en texturas finas	8, el suelo por temporadas se encharca en ciertos sectores, aunque existe cierta constante de humedad en el suelo, sin escurrimiento. Falta más trabajo de manejo de aplicación de enmiendas orgánicas	8, el suelo permanece húmedo sin encharcamientos en época seca, drena fácilmente, sin escurrimientos, la humedad o tensión del agua permanece muy constante a diferentes profundidades
5-7	Suelo permanece semihúmedo en época seca: Tendencia a aglomerarse ligeramente. A veces, y bajo presión, permite la formación de agregados que se disgregan fácilmente en texturas gruesas o también se forma figura "cordón" con facilidad. Cuando se amasa entre los dedos tiene un tacto untuoso en texturas finas		
8-10	Suelo mantiene buen contenido de humedad en época seca, con muy leve a ningún escurrimiento		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, el suelo trata de secarse rápido, no conserva humedad, debido a las mismas características de disgregado, con poca estabilidad (forma cordón limitadamente, forma anillo muy delgado, se rompe), influye secamiento de residuos de cosecha con herbicidas y enterramiento de los mismos	3, el suelo trata de secarse rápido, debido a las mismas características de ser disgregado, sin estructura, presencia cercana de la roca, ausencia de procesos de descomposición activa de la materia orgánica (pequeño cordón se deshace fácilmente, no forma anillo, cambios constantes de humedad)	6, el suelo por temporadas se seca fácilmente, especialmente en verano o cuando no se usa la materia orgánica producida en finca; aunque existe cierta constante de humedad en el suelo (se forma pequeños anillos y cordón se sostiene) Falta más trabajo de manejo de aplicación de enmiendas orgánicas

## 8. Desarrollo de raíces

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas	7, raíces sanas, blancas, generalmente abundantes, delgadas	4, limitado número de raíces, pocas sanas, blancas; otras varias delgadas de color café, con poco crecimiento lateral
5-7	Raíces de contenido medio, de crecimiento algo limitado, se ven algunas raíces finas, sanas		
8-10	Raíces en cantidad con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, raíces poco desarrolladas y en poca abundancia, sin mayor crecimiento	3, poca abundancia de raíces, sin mayor crecimiento, delgadas, sin crecimiento lateral o raicillas	8, raíces en general de buen crecimiento, de color blanco mayormente y con presencia de raicillas, buen desarrollo lateral

## 9. Cobertura del suelo

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Suelo desnudo	5, suelo cubierto de hortalizas permanentemente, pero no protege taludes, si selecciona algunas arvenses, no mantiene hojarasca	3, no utiliza coberturas, ni hojarasca, no maneja terrazas ni taludes
5-7	Menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva		
8-10	Más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
3, sin presencia de residuos sobre el suelo, además secados con herbicidas, enterrados, sin coberturas vivas ni muertas	3, suelo desnudo entre una siembra y otra, sin presencia de residuos sobre el suelo, además secados con herbicidas, enterrados, sin coberturas vivas de ninguna clase	5, suelo cubierto de hortalizas permanentemente, protege taludes, si selecciona arvenses, pero no protege la superficie del suelo a pesar de la rotación. Se denota la necesidad de leguminosas u otras familias de cultivo que sirvan más de cobertura

### 10. Erosión

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos	5, le falta realizar terrazas, o camellones altos, taludes con protección, para evitar pérdida de suelo y hundimientos	5, le falta realizar terrazas, taludes, para evitar pérdida de suelo y encharcamientos
5-7	Erosión evidente con leve pérdida de suelo		
8-10	No hay mayores signos de erosión		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
5, no maneja terrazas, si camellones altos en algunos sectores, taludes externos con poca protección, para evitar pérdida de suelo. Se observa en la parte superior de la finca presencia de cárcavas	5, no maneja terrazas, camellones medios en algunos sectores, taludes externos sin protección, para evitar pérdida de suelo. Se observa en la parte baja de la finca presencia de canales por erosión	8, mantiene terrazas, y sus taludes en general con protección, para evitar pérdida de suelo

## 11. Actividad biológica

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípodos, etc.)	5; 7 lombrices en promedio por 30 cm de profundidad en suelos más conservados, no se observan en otros sitios muestreados en finca	5; 5 lombrices por 30 cm en profundidad en suelos más conservados. No se observa una actividad significativa y distribución uniforme de lombrices, en muchos sectores de la finca
5-9	Se ven algunas lombrices y artrópodos		
10	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
1, No se observa actividad biológica significativa	1, No se observan lombrices ni actividad de invertebrados en suelos de la finca	7; 9 lombrices por 30 cm en profundidad en suelos más conservados. Se observa actividad de lombrices y de otros tipos de fauna benéfica en el suelo en diferentes sitios de la finca

Los sistemas convencionales no presentan actividad de lombrices, lo que denota un fuerte uso de labranza pesada por temporadas, además de altas aplicaciones de plaguicidas e irregular manejo de los residuos de cosecha.

Tabla 36. *Evaluación del componente de salud del cultivo*

**1. Apariencia (deficiencias)**

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Cultivo clorótico o descolorido con signos severos de deficiencia de nutrientes	6, cultivo por sectores verde claro, con deficiencias nutricionales marcadas, no se abona siempre, no alcanza el tiempo al agricultor por actividades varias	6, cultivo por sectores verde claro, con deficiencias nutricionales marcadas
5-7	Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones		
8-10	Follaje color verde intenso, sin signos de deficiencia		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
8, cultivo en general de color verde intenso, sin deficiencias nutricionales marcadas	7, cultivo en general de color verde claro, con algunas deficiencias nutricionales marcadas	7, cultivo por sectores verde claro, con deficiencias nutricionales marcadas

Los sistemas ECO presentaron zonas marcadas con deficiencias nutricionales debido a lo encontrado en las diferencias de calidad entre temporadas de las enmiendas orgánicas utilizadas, los híbridos utilizados son altamente demandantes en nutrientes y la norma ecológica ofrece restricciones de aplicaciones máximas. Por lo demás deben revisarse los protocolos para enriquecer algunas de las fórmulas empleadas.

## 2. Crecimiento del cultivo

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Cultivo poco denso, crecimiento estancado. Tallos y hojas cortas y quebradizas. Poco crecimiento de follaje nuevo	6, se observa poco desarrollo, principalmente en apio. Poco crecimiento de plantas de brócoli y otras Brassicas por sectores; en general mejor desarrollo resto de las parcelas	6, se observa poco desarrollo, principalmente por sectores en lechuga y en apio
5-7	Cultivo más denso pero no muy uniforme, con crecimiento nuevo y con hojas y tallos, pero aun delgados		
8-10	Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con hojas y tallos gruesos y firmes		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
7, cultivos densos en especial las Brassicas y el apio, pero cuando se sembró lechuga no se observó la misma apariencia de vigor, incluso disminuye al fin del ciclo	6, cultivos densos pero no muy uniformes, la lechuga como cultivo principal presenta desarrollo estancado en sectores	6, aunque se observa por sectores poco desarrollo en apio y en brócoli, los cultivos entre planteles nuevos, se recuperan y son más densos

Los cultivos convencionales a pesar de las altas dosis de enmiendas inorgánicas como orgánicas y así mismo de fertilizantes, presentan problemas de desarrollo en cultivos como la lechuga, incluso en las evaluaciones de incidencia de enfermedades esto fue notado en más detalle por la presencia de bacterias que destruían parte del cultivo.

### 3. Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, ataque de plagas, etc.)

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés ambiental o manejo	6, competencia por malezas en varios sectores que merma la capacidad de los cultivos, además si se une a la falta de abonos	6, se observa afectación por lluvias debido a que el agua no infiltra adecuadamente en sectores bajos
5-7	Sufren en época seca o muy lluviosa, o por malezas; se recuperan lentamente		
8-10	Soportan sequía, lluvias intensas, malezas; recuperación rápida		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
7, se mantienen bajo alta presión gracias a alta aplicación de pesticidas y fertilizantes	7, se mantienen bajo alta presión, gracias a alta aplicación de pesticidas y fertilizantes	7, en general es observable la capacidad relativa para soportar problemas de estrés por falta de agua

### 4. Incidencia de enfermedades

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Más del 50% de plantas con síntomas de enfermedades desde los primeros estados de desarrollo	7, alta presencia inicial de <i>Xanthomonas</i> sp., y <i>Alternaria</i> sp. en lechuga, en primeros estadios, luego hacia el final del periodo más presencia de <i>Pseudomonas</i> sp. y <i>Bremia lactucae</i> . En Brócoli los primeros estados de desarrollo muy sanos, luego apareció fuerte incidencia de <i>Alternaria</i> sp., <i>Xanthomonas</i> sp. y <i>Peronospora</i> sp. En apio niveles medios de nematodos ( <i>Meloidogyne</i> sp.)	6, presencia de la hernia de las coles por sectores ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> ). Presencia media a alta de complejos de bacterias <i>Xanthomonas</i> sp. y <i>Pseudomonas</i> sp. Apio muy afectado por <i>Septoria</i> sp. y nematodos
5-7	Entre 20-45% de plantas con síntomas de enfermedad leves a severos en cualquier estado de desarrollo		
8-10	Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas de enfermedad		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
7, la presencia de enfermedades se observa más hacia el final del ciclo vegetativo de cada cultivo, y con una marcada incidencia que no se dio en los primeros estadios de desarrollo de los cultivos. Se destaca <i>Bremia lactucae</i> , <i>Pseudomonas</i> y <i>Xanthomonas</i> sp. en lechuga. <i>Xanthomonas</i> sp. hacia el final en Brassicas. En apio no se observa nematodos, pero si <i>Septoria</i> sp. sin limitar	6, a pesar de los agroquímicos, se destaca la presencia de <i>Bremia</i> y <i>Xanthomonas</i> sp. en lechuga hacia el final del ciclo vegetativo	7, alta presencia de <i>Alternaria</i> en Brócoli, en todos los estadios. Presencia de nematodos afectando todo el tiempo el desarrollo del apio. También con algunos problemas de calidad desde plantulación para este cultivo. <i>Bremia lactucae</i> y <i>Pseudomonas</i> sp. más hacia el final del ciclo de cultivos en la variedad Lechuga Batavia

### 5. Rendimiento actual o porcentual

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Bajo con relación al promedio de la zona	6, rendimiento variable, aceptable para estándares del grupo de ecológicos	6, rendimiento variable entre cultivares
5-9	Medio, aceptable		
10	Bueno o alto		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
8, rendimientos considerados buenos de acuerdo a los estándares esperados por la variedad	7, rendimientos variables en lechuga, a pesar de los estándares esperados	6, rendimiento considerado aceptable por los estándares del grupo de ecológicos

## 6. Biodiversidad genética de cultivares

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Pobre, domina solo una variedad o dos de hortalizas, o monocultivos a gran escala por sectores sin mayor rotación	10, existen por lo menos 10 tipos de cultivos diferentes creciendo al mismo tiempo	10, existen por lo menos 10 tipos de cultivos diferentes creciendo al mismo tiempo
5-7	Media, existen por lo menos dos a tres variedades en rotación		
8-10	Alta, más de tres variedades de hortalizas en rotación		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
8, existen por lo menos 3 a 4 tipos de cultivos diferentes creciendo al mismo tiempo, aunque varios de ellos se repiten en el siguiente ciclo	5, existen por lo menos 3 tipos de cultivos diferentes creciendo al mismo tiempo, aunque la lechuga se repite en todos los ciclos	10, existen por lo menos 10 tipos de cultivos diferentes creciendo al mismo tiempo

## 7. Biodiversidad general

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Sin presencia de barreras vivas y/o corredores biológicos y/o árboles protectores	8, presenta diferentes cultivos forrajeros y corredores biológicos	6, presenta algunos cultivos forrajeros y algunos cultivos trampa
5-7	Con al menos tres especies de barrera viva y/o de corredores biológicos y/o árboles protectores		
8-10	Con más de 3 especies de barreras vivas y/o corredores biológicos y/o árboles protectores		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
3, no presenta cultivos forrajeros, ni barreras vivas significativas y mucho menos corredores biológicos	3, no presenta cultivos forrajeros, ni barreras vivas significativas y mucho menos corredores biológicos	8, presenta diferentes cultivos forrajeros para alimentación animal y como barreras vivas y presenta corredores biológicos

## 8. Biodiversidad natural circundante

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Rodeado por otros cultivos de carácter convencional, campos baldíos sin coberturas o carretera	3, totalmente rodeado por cultivos convencionales de sus vecinos, con poca diversidad natural circundante	3, totalmente rodeado por cultivos convencionales de sus vecinos
5-7	Rodeado al menos en un lado (25%) por vegetación natural o cultivos de manejo ecológico		
8-10	Rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural o de cultivos de manejo ecológico		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
3, totalmente rodeado por cultivos convencionales de sus vecinos, sin vegetación natural circundante	3, totalmente rodeado por cultivos convencionales de sus vecinos, sin vegetación natural circundante	5, alejado relativamente de cultivos convencionales de sus vecinos por presencia significativa de vegetación natural

## 9. Sistema de manejo del agricultor

Finca		ECO2-MA-SEA	CONV3-Tr-QUEEN
Agricultor/a		ECO 2	CONV 3
Valor	Característica	Valor en el campo	Valor en el campo
1-4	Monocultivo(s) o rotación convencional de cultivos, manejados con agroquímicos	9, se ha sometido a todos los estándares ecológicos	5, se ha sometido a un proceso hacia la transición orgánica, se encuentra en un nivel intermedio entre la fase 1 y 2 de las 4 que plantea la agroecología
5-7	Monocultivo(s) o rotación de varios cultivos en transición con sustitución de algunos agroquímicos		
8-10	Dos o más cultivos en proceso de transición ecológica o con cumplimiento de todos los criterios ecológicos, sin agroquímicos		

CONV1-MA-JG	CONV2-MA-JAC	ECO1-MA-HILL
CONV 1	CONV 2	ECO1
Valor en el campo	Valor en el campo	Valor en el campo
4, varios cultivos en rotación pero con manejo netamente convencional	3, pocos cultivos en rotación y con manejo netamente convencional	9, se ha sometido a todos los estándares ecológicos

## Resumen de los resultados de evaluación

Finca	Agricultor	Promedio calidad de Suelo	Promedio salud del cultivo
ECO2-MA-SEA	ECO 2	6,5	6,8
CONV3-Tr-QUEEN	CONV 3 en Transición	6,0	6,0
CONV1-MA-JG	CONV 1	4,1	6,1
CONV2-MA-JAC	CONV 2	3,5	5,2
ECO1-MA-HILL	ECO 1	7,1	7,2

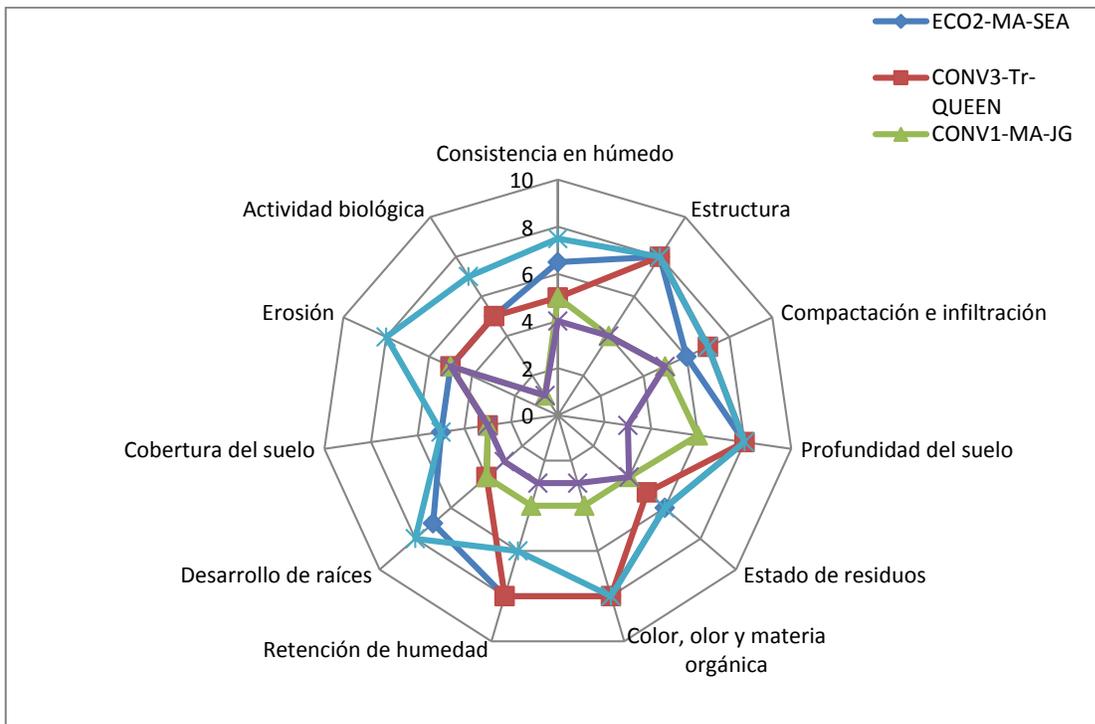


Figura 13. Comportamiento de los indicadores de la sostenibilidad de fincas. Componente calidad de suelo

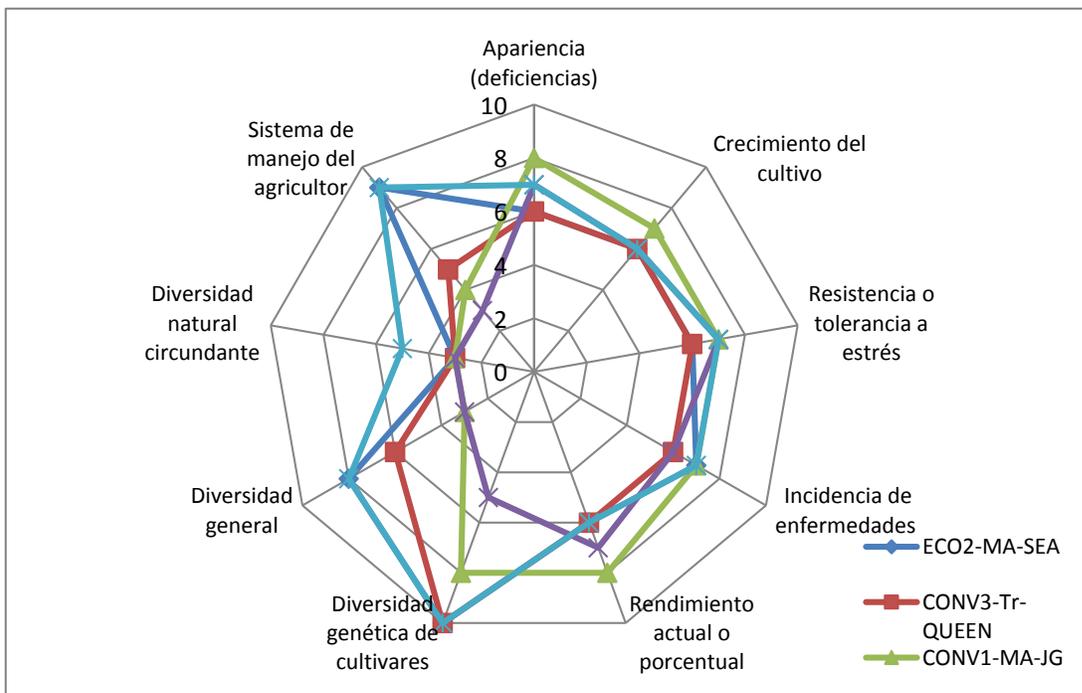


Figura 14. Comportamiento de los indicadores de la sostenibilidad de fincas. Componente salud del cultivo

Es observable como los sistemas de producción ecológica son más sostenibles que los sistemas de producción convencional, y es destacable como el componente que los diferencia más es el de la calidad del suelo (Figura 13), “no tanto así” el de la “salud” de cultivos (Figura 14), pero debido a que los sistemas convencionales a través de su forma de intervención tratan de semejarse en contar con cultivos aparentemente sanos, por el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes, puesto que al analizar indicadores como deficiencias nutricionales, desarrollo o crecimiento de cultivos, rendimientos esperados, presencia de enfermedades; los valores de calificación son iguales o ligeramente superiores a los de los ecológicos. Pero por supuesto sin considerar la afectación a la biodiversidad, y la diferencia en los costos de manejo entre sistemas.

### 9.3.2. Análisis de infiltración del agua.

En la tabla 37 y las gráficas 1 al 10 sobre las pruebas de infiltración del agua en fincas, se puede observar como las fincas con sistemas de producción ecológica tienen tendencia a poseer mayor capacidad de infiltración que las fincas de carácter convencional, coincidiendo con los resultados de mayor porosidad total y macroporosidad, especialmente en los sistemas más sostenibles, ratificados en las pruebas de densidad aparente (Acápite 9.3.4).



*Figura 15.* Pruebas de infiltración del agua en fincas

Tabla 37. Resultados de la infiltración del agua en fincas

Agricultor	Sistema	Promedio infiltración básica (cm h <sup>-1</sup> )
CONV3-Tr-QUEEN	Convencional en transición	98,0
ECO2-MA-SEA	Ecológico	139,0
CONV1-MA-JG	Convencional	87,0
CONV2-MA-JAC	Convencional	69,0
ECO1-MA-HILL	Ecológico	97,0

Estas sencillas pruebas sobre el terreno confirman vínculos directos entre las propiedades del suelo y su manejo, en este caso las propiedades físicas, que a su vez tendrá repercusiones favorables sobre la conservación del recurso y el almacenamiento y aprovechamiento del agua en la superficie del suelo por parte de los cultivos, para su desarrollo y mejor desempeño. Esta clase de beneficios aportados por el manejo de los sistemas agropecuarios, en especial el del suelo por parte de pequeños agricultores ecológicos, se constituye en guías para el desarrollo de sistemas agrícolas agroecológicos.

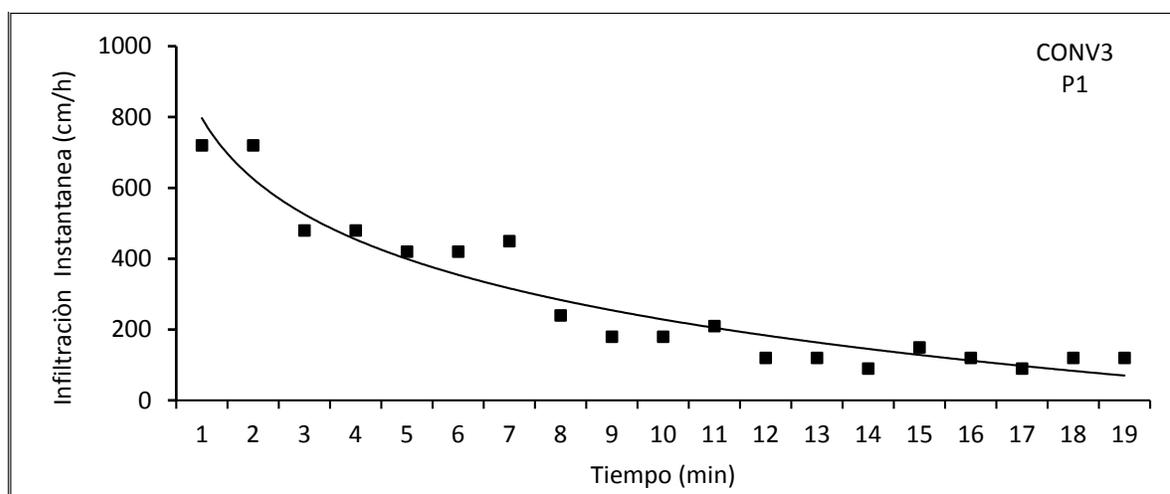


Gráfico 1. Infiltración básica en finca Convencional CONV 3 prueba 1

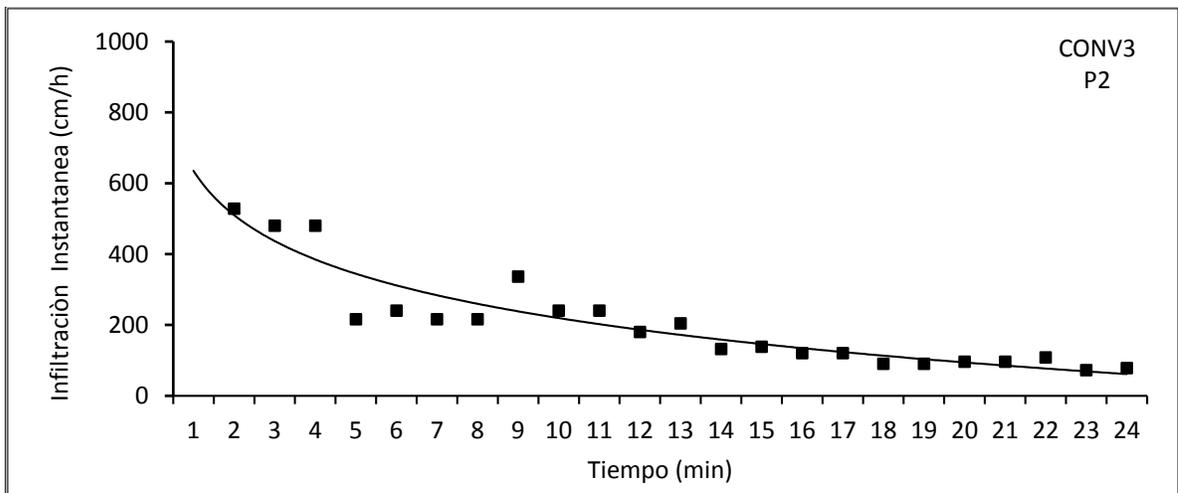


Gráfico 2. Infiltración básica en finca Convencional CONV 3 prueba 2

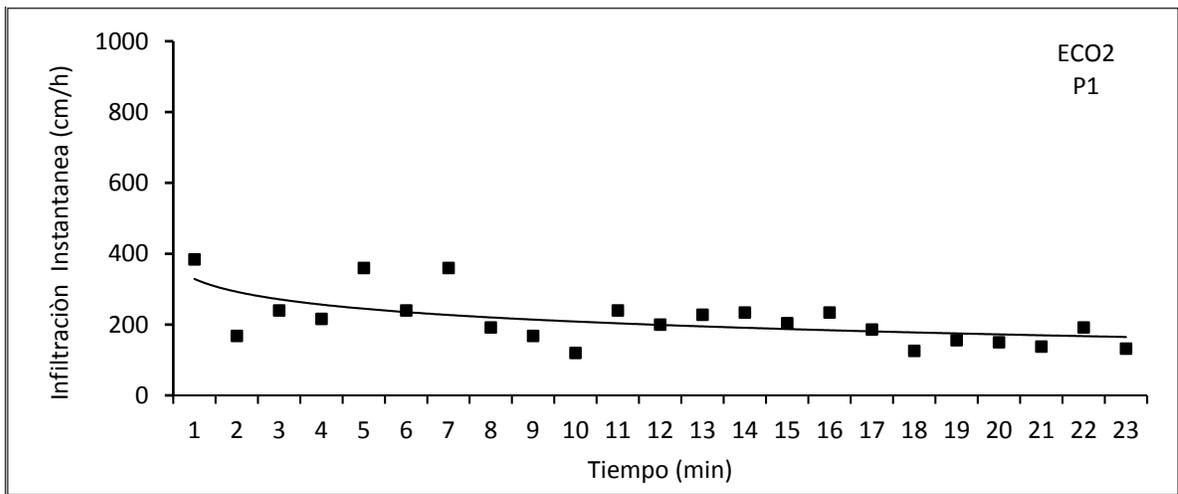


Gráfico 3. Infiltración básica en finca Ecológica ECO 2 prueba 1

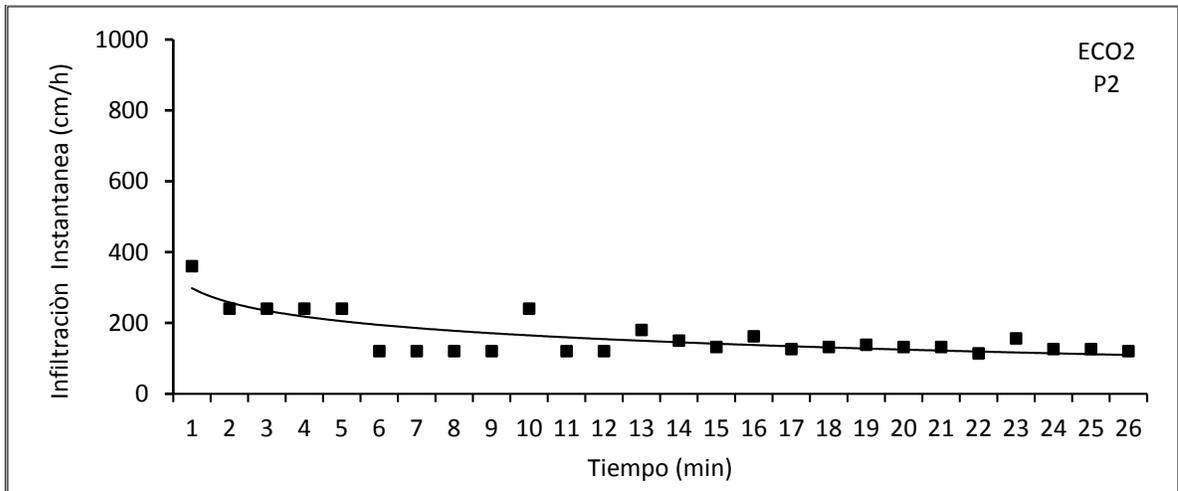


Gráfico 4. Infiltración básica en finca Ecológica ECO 2 prueba 2

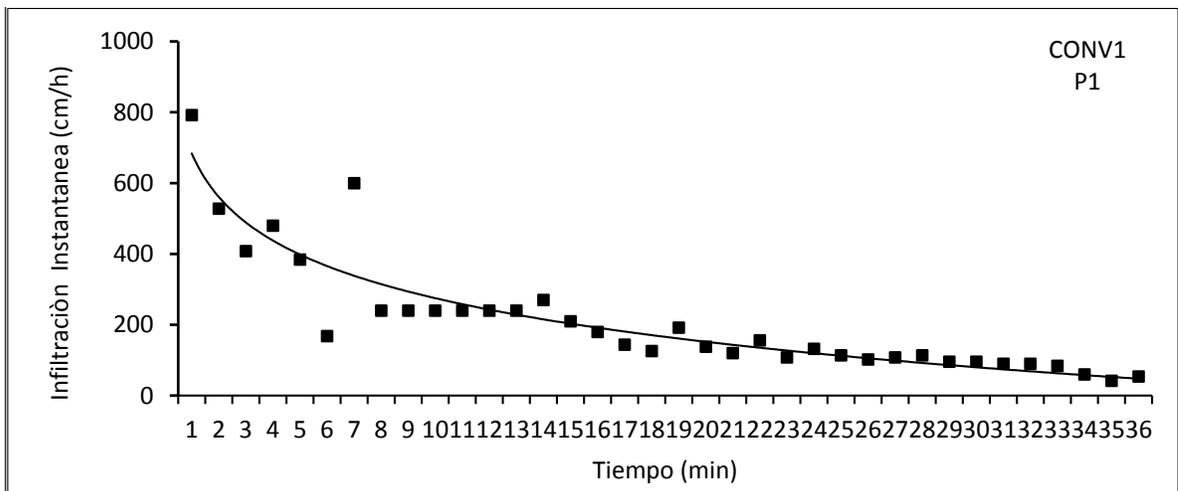


Gráfico 5. Infiltración básica en finca Convencional CONV 1 prueba 1

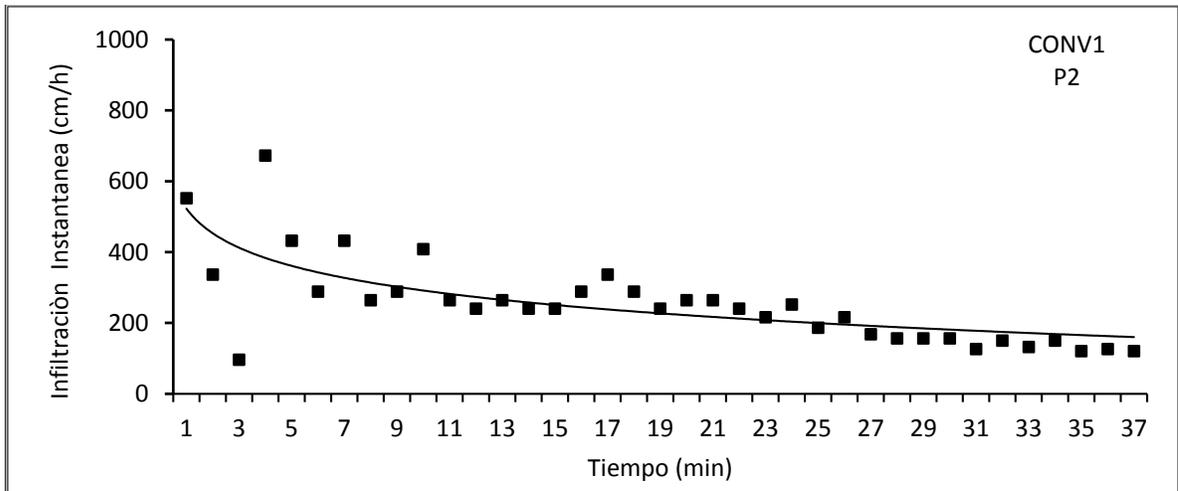


Gráfico 6. Infiltración básica en finca Convencional CONV 1 prueba 2

Suelos de fincas convencionales como CONV1 presentaron mayor variabilidad en los valores de la prueba de infiltración, con grandes diferencias entre el inicio de la prueba y el momento de alcance de la infiltración básica.

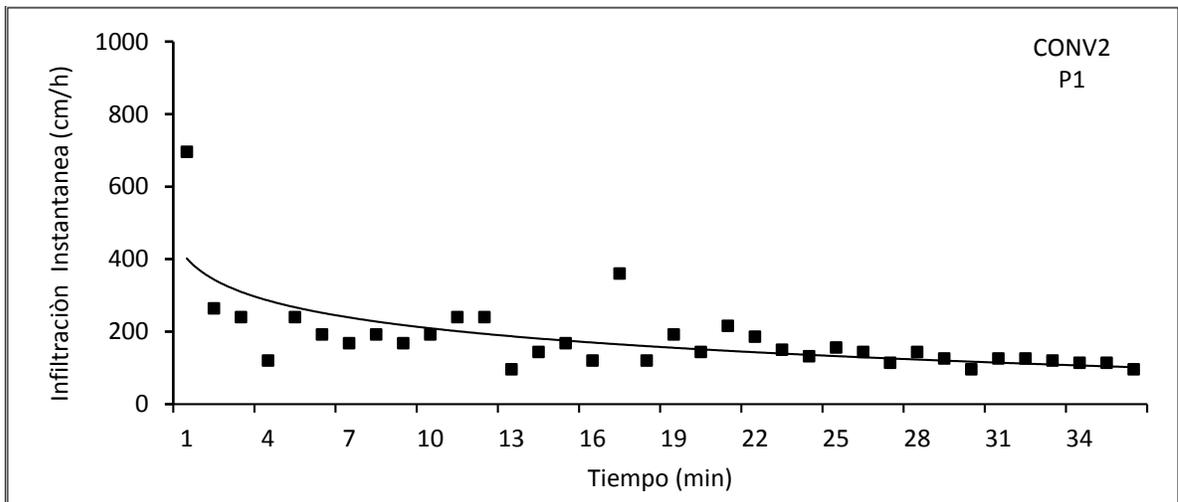


Gráfico 7. Infiltración básica en finca Convencional CONV 2 prueba 1

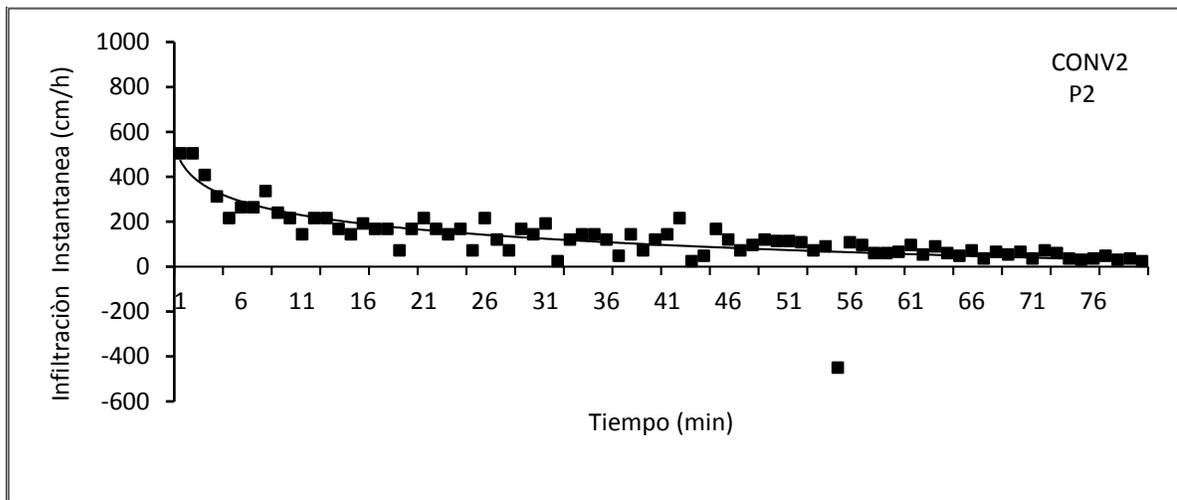


Gráfico 8. Infiltración básica en finca Convencional CONV 2 prueba 2

Los sistemas convencionales al no considerar el recurso suelo como un medio provisto de características fácilmente alterables y poco recuperables en tiempos muy cortos por los malos manejos, obtienen como respuestas pérdidas en la calidad del recurso, observable por ejemplo en la afectación del contenido de humedad, ya sea por el alto laboreo que crea compactación y el agua en vez de infiltrar, escurre sobre la superficie, por ello los volúmenes de infiltración básica son menores cuando se estabilizan los valores a través del tiempo de las pruebas.

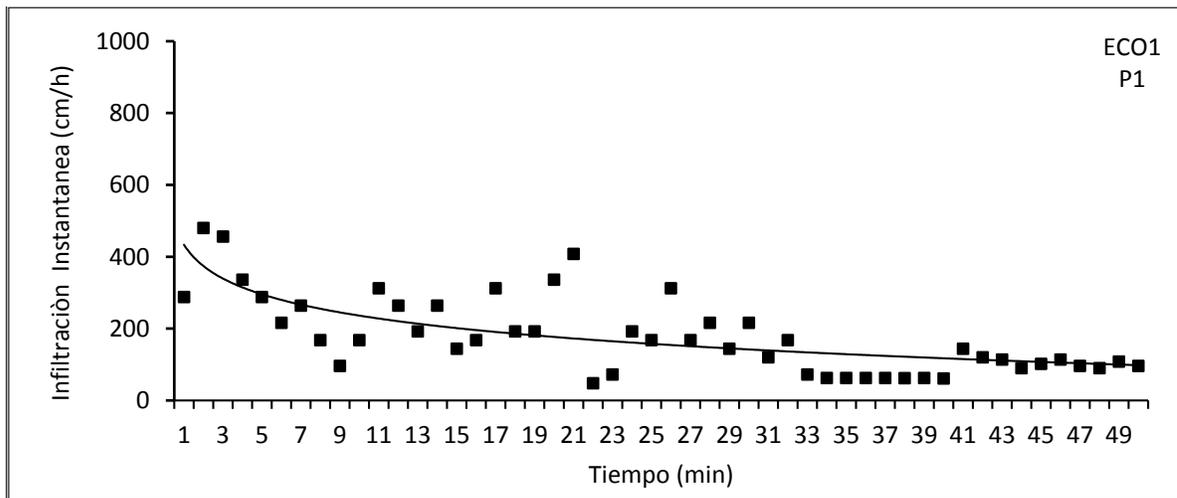


Gráfico 9. Infiltración básica en finca Ecológica ECO 1 prueba 1

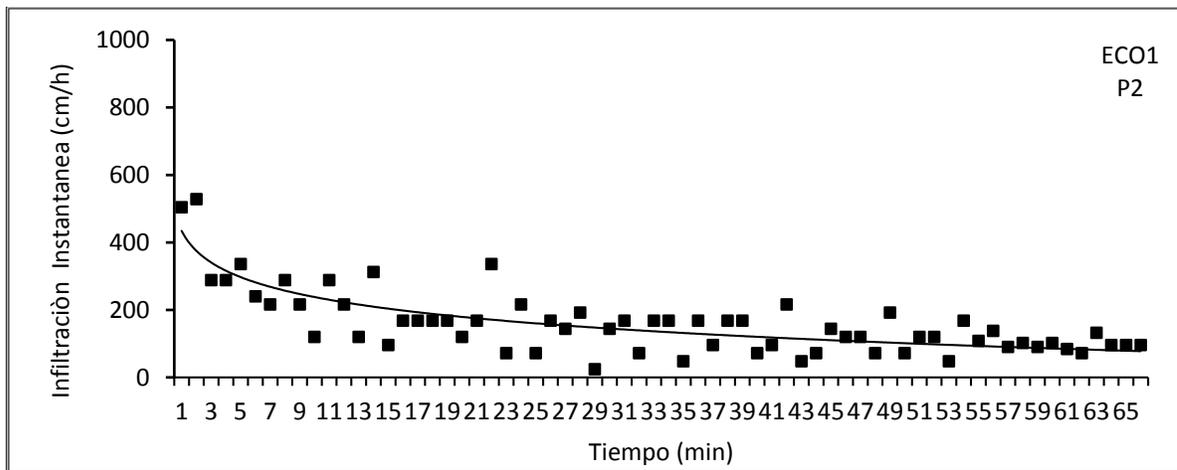


Gráfico 10. Infiltración básica en finca Ecológica ECO 1 prueba 2

En general se observa que los sistemas ecológicos son menos variables al iniciar la velocidad de infiltración de agua en los suelos de sus parcelas, es decir, los cambios entre una lectura y otra de los sistemas convencionales en las primeras horas de una lluvia abundante, serían bajo las mismas condiciones de humedad, ampliamente bruscos, denotando suelos menos conservadores del recurso. La menor perturbación del suelo en los sistemas ecológicos, contribuye a mantener cierto nivel aceptable de agua en el mismo, con una infiltración mayor o contenidos que pueden almacenarse en mayor cantidad requerida o de reserva, sin producir escorrentía en exceso.

Es muy común la labranza del suelo en los sistemas convencionales a fin de aumentar la porosidad del suelo y la infiltración del agua, pero en muy breve tiempo ocurre el sellado de la superficie debido al impacto directo de las gotas de lluvia en el suelo. Por cobertura vegetal limitada en la superficie del suelo, la porosidad y la infiltración disminuyen, lo que provoca una intensificación del proceso de erosión del suelo (Büneman et al., 2018).

### 9.3.3. Resistencia a la penetración por el suelo.

En la tabla 38 se presentan los resultados de las pruebas realizadas de la resistencia mecánica a la penetración por los suelos de las fincas bajo sistemas convencionales y sistemas ecológicos.

Tabla 38. *Resultados promedios de la resistencia a la penetración por los suelos*

Agricultor	Sistema	Promedio resistencia (KPa)	Clase de resistencia
CONV3-Tr-QUEEN	Convencional en transición	111,4	Media
ECO2-MA-SEA	Ecológico	79,0	Baja
CONV1-MA-JG	Convencional	184,0	Medio-alta
CONV2-MA-JAC	Convencional	195,0	Medio-alta
ECO4-MA-HOLE	Ecológico	83,5	Baja

Como se observa los sistemas ecológicos siguen presentando mejores condiciones físicas de suelo asociadas, al encontrar menor resistencia mecánica a la penetración (Tabla 38), y por ende menor compactación en capas superiores de acuerdo a la profundidad de muestreo. Esto es coincidente con los resultados de la evaluación de la sostenibilidad en campo en cuanto a consistencia en húmedo, estructura, profundidad efectiva, abundancia de raíces y compactación del suelo (Tabla 35), además es consistente con los resultados de macroporosidad al medir la densidad aparente (acápite 9.3.4).

El agua es el recurso más limitante para la producción global de cultivos y los períodos de sequía en crecimiento a nivel mundial debido al cambio climático, aumentará aún más el problema de los rendimientos bajos en los cultivos por deficiencias de agua. La resistencia a la penetración del suelo, que está muy influenciada por la humedad del suelo, es la propiedad principal del suelo que regula el desarrollo apropiado de las raíces y la accesibilidad del agua (Colombi, Chagas, Walter y Keller, 2018).

### 9.3.4. Comportamiento de la densidad aparente y porosidad de los suelos.

Las pruebas que se realizaron de determinación de densidad aparente de los suelos de las fincas en estudio, arrojaron resultados dentro de los valores esperados para suelos típicamente Andisoles, derivados de cenizas volcánicas, sin diferencia significativa entre ellas. Igual sucedió para la humedad a capacidad de campo y la máxima capacidad de retención de agua,

determinadas en laboratorio de suelos. Aunque estadísticamente, por prueba específica, puede no haber diferencias significativas, es cierto que el sistema orgánico obtuvo menor microporosidad, pero mejor porosidad total, reflejado en la mayor macroporosidad, con respecto a los sistemas convencionales. Una menor microporosidad relativa en los sistemas ecológicos es también parte de manejo de suelos con más amplia conservación y por ende menor perturbación del suelo. Además de los datos, se observa, en los diferentes muestreos, una alta variabilidad en la porosidad entre sistemas, en especial en la parte constituida por los macroporos, responsables de la aireación del suelo y la capacidad de infiltración y por supuesto apoyo al almacenamiento de agua (Ver Tablas 39 a 46 y gráficas 11 a 16).

Tabla 39. Cálculos de las pruebas de muestreo de densidad aparente y porosidad en suelos

SISTEMA	Muestra	DENSIDAD APARENTE					Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad gravimétrica cap campo (%)	Humedad volumétrica cap campo (%) = microporos %
		Masa recipiente	Masa recipiente + suelo húmedo (g)	Masa recipiente + suelo seco (g)	Volumen cilindro (cm <sup>3</sup> )				
Convencional	1	3,71	101,47	65,87	91,6	0,68	57,3	38,9	
	2	3,56	100,32	55,2	91,6	0,56	87,4	49,3	
	3	3,72	104,17	61,06	91,6	0,63	75,2	47,1	
Promedio						0,62	73,3	45,1	
Convencional en Transición	1	3,64	105,49	68,03	91,6	0,70	58,2	40,9	
	2	3,64	95,02	51,43	91,6	0,52	91,2	47,6	
Promedio						0,61	74,7	44,2	
Orgánico	1	3,63	93,44	70,92	91,6	0,73	33,5	24,6	
	2	3,66	101,54	68,59	91,6	0,71	50,7	36,0	
	3	3,65	93,18	54,2	91,6	0,55	77,1	42,6	
Promedio						0,67	53,8	34,4	

Las pruebas en campo en los diferentes tipos de manejo de suelo, no presentan diferencia general en cuanto a la variable densidad aparente (Tablas 39, 40 y 41), que de acuerdo al IGAC (2007), es consistente con las características de los suelos predominantes en la región, suelos con propiedades ándicas, desarrollados a partir de cenizas volcánicas con densidad aparente menor de 0.90 g cm<sup>-3</sup>.

Tabla 40. *Análisis de varianza para DAP por Sistema*

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0.00406667	2	0.00203333	0.24	0.7975
Within groups	0.0429333	5	0.00858667		
Total (Corr.)	0.047	7			

Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0.05, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre el DAP medio de un nivel de sistema a otro, con un nivel de confianza del 95.0% (Tabla 40).

Tabla 41. *Datos de las medias para DAP por Sistema con 95.0% de intervalos de confianza*

			<i>Error estándar</i>		
<i>Sistema</i>	<i>Cant.</i>	<i>Media</i>	<i>(pooled s)</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
Convencional	3	0.623333	0.0534997	0.526088	0.720579
Orgánico	3	0.663333	0.0534997	0.566088	0.760579
Transición	2	0.61	0.0655235	0.490899	0.729101
Total	8	0.635			

La tabla 41 muestra los resultados de las medias de la DA, los que se establecieron dentro del rango esperado para este tipo de suelos, independientemente del tipo de sistema evaluado.

Tabla 42. Datos para cálculos de la porosidad de suelos

MÁXIMA CAPACIDAD RETENCIÓN DE HUMEDAD								
SISTEMA	Muestra	MC	MC+P	MCP+MSS	MCP+MSAT	MCRH %	Porosidad total %	Macroporos %
Convencional	1	7,6983	7,7153	11,4000	14,4164	81,9	55,6	16,7
	2	8,5626	8,576	11,8216	15,8223	123,3	69,5	20,2
	3	8,157	8,1747	12,3098	15,8591	85,8	53,7	6,7
Promedio						97,0	59,6	14,5
Convencional en Transición	1	7,5312	7,5493	11,254	15,1604	105,4	74,1	33,2
	2	7,7927	7,8108	11,3291	15,3411	114,0	59,5	11,9
Promedio						109,74	66,8	22,6
Orgánico	1	7,8705	7,8874	11,6969	15,5902	102,2	75,1	50,5
	2	8,3956	8,4151	12,0517	15,8764	105,2	74,6	38,6
	3	8,9022	8,916	11,3461	14,6625	136,5	75,3	32,8
Promedio						114,6	75,0	40,6

La tabla 42 muestra que a medida que el sistema va de lo convencional a lo orgánico, los valores de capacidad de retención de humedad, como porosidad total y macroporos, son más altos.

La diferencia estadística entre sistemas de producción de hortalizas para la variable densidad aparente del suelo y propiedades relacionadas, se presentó principalmente a nivel de la macroporosidad (Tabla 43), explicada por el tipo de manejo dado al suelo, tanto desde la estrategia de conservación como productiva. En el sistema convencional, las coberturas son restringidas por el alto uso de herbicidas que no permite el crecimiento de arvenses, además fumigan los residuos de cosecha por cada nuevo ciclo y los entierran con maquinaria, la que es empleada mínimo dos veces por año para nuevas siembras de cultivos, generalmente no siembran más de 5 tipos de cultivos al mismo tiempo en rotación. De esta forma, los ciclos

normales de descomposición de la materia orgánica, son desfavorecidos con destrucción de los agregados del suelo.

Mientras en los sistemas ECO hay poca perturbación del suelo y los residuos de cosecha no son fumigados, van a alimentación animal y los que permanecen dentro del suelo se mezclan para nuevas siembras. Este tipo de agricultores siembran mínimo 10 tipos de cultivos diferentes con cierta importante variabilidad intraespecífica y permiten el crecimiento de arvenses, como plantas acompañantes que ayudan a proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia tanto por su dosel como por su arraigo al suelo, recurren a la técnica del compostaje como la principal fuente proveedora de nutrientes además de activadora de la vida del suelo y protectora de su estructura. Los resultados son consistentes entonces con el tipo de manejo dado al suelo, se gana porosidad en los sistemas orgánicos y se pierde en los convencionales (Tabla 43).

Tabla 43. *Promedios de las variables de DAP y porosidad*

SISTEMA	DAP	HUM CC	MICROPOROS	MAX CRA	POROS TOTAL	MACROPOROS
Convencional	0,62	73,28	45,06	97,0	59,6	14,5
Convencional en Transición	0,61	74,69	44,24	109,74	66,81	22,57
Orgánico	0,67	53,78	34,37	114,6	75,0	40,6

Tabla 44. *Análisis de varianza para macroporos por Sistema*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Df</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Radio F</i>	<i>Valor P</i>
Entre grupos	1059.82	2	529.908	5.43	0.0558
Dentro de grupos	487.858	5	97.5717		
Total (Corr.)	1547.68	7			

En esta prueba estadística a pesar que el valor P de la prueba F es ligeramente mayor o igual a 0.05, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre macroporos medio de un nivel de sistema a otro, con un nivel de confianza del 95.0% (Tabla 44). Pero la tendencia si es hacia mejores comportamientos en el sistema orgánico (Tabla 45).

Tabla 45. Datos de medias para macroporos por Sistema con 95.0% de intervalos de confianza

			Error estándar		
Sistema	Cantidad	Media	(pooled s)	Límite inferior	Límite superior
Convencional	3	14.5333	5.70297	4.16715	24.8995
Orgánico	3	40.6333	5.70297	30.2672	50.9995
Transición	2	22.55	6.98469	9.85407	35.2459
Total	8	26.325			

Tabla 46. Pruebas de Comparaciones Múltiples y Contraste de Duncan 95.0%

Sistema	Cantidad	Media	Grupos homogéneos	Contraste	Significancia	Diferencia
Convencional	3	14.5333	X	Convencional - Orgánico	<*	-26.1
Transición	2	22.55	XX	Convencional - Transición		-8.01667
Orgánico	3	40.6333	X	Orgánico - Transición		18.0833

\* denota diferencia estadísticamente significativa

Las pruebas de comparaciones múltiples de Duncan entre pares de medias, si demuestra diferencia estadísticamente significativa encontrada entre el sistema convencional y el orgánico.

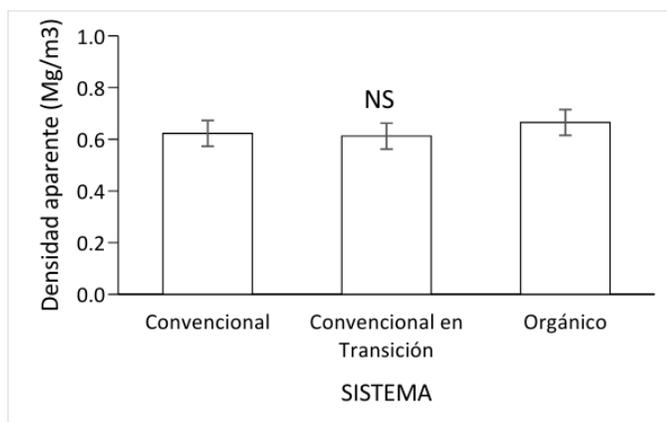


Gráfico 11. Comportamiento de la densidad aparente de suelos

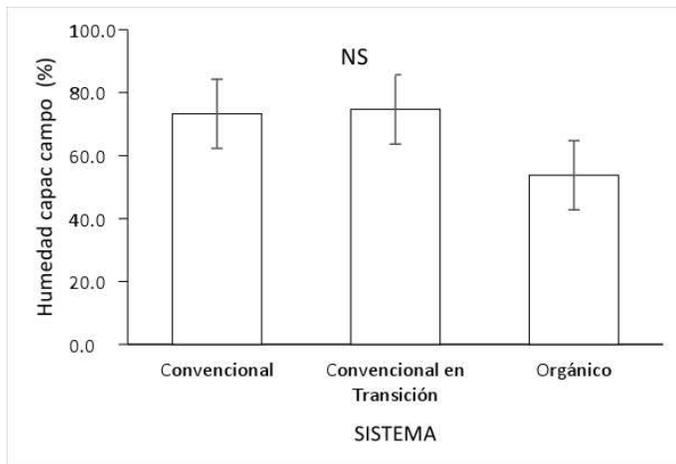


Gráfico 12. Comportamiento de la humedad a capacidad de campo

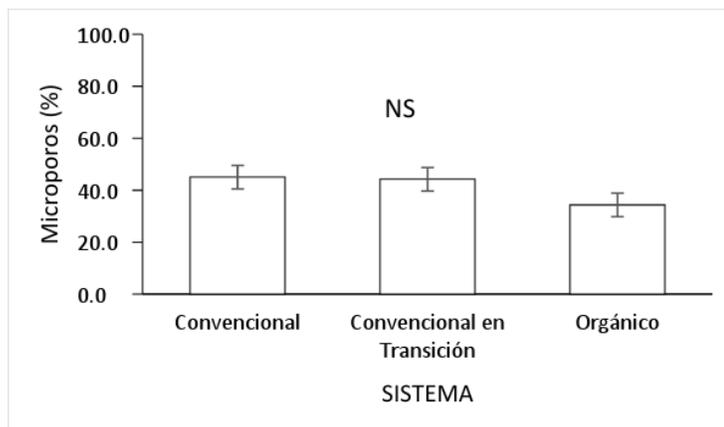


Gráfico 13. Comportamiento de la microporosidad

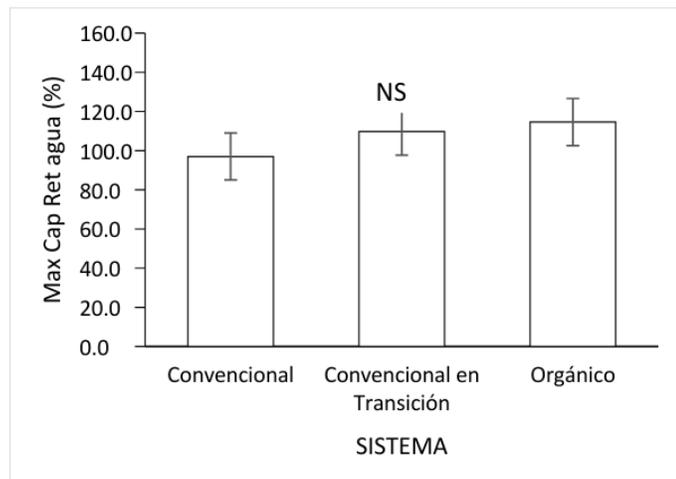


Gráfico 14. Comportamiento de la máxima capacidad de retención de agua

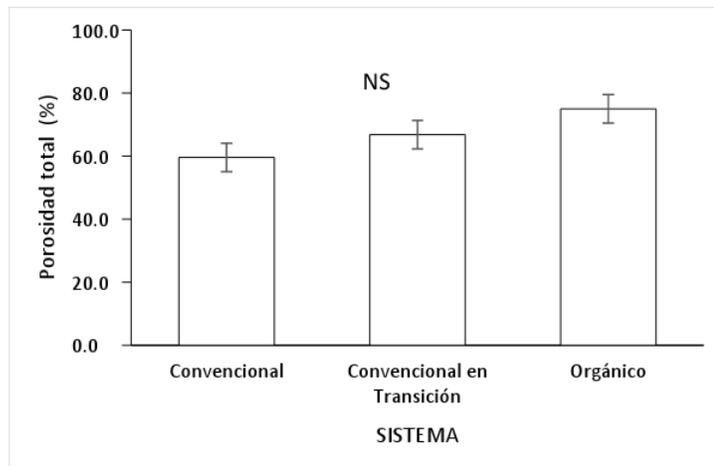


Gráfico 15. Comportamiento de la porosidad total

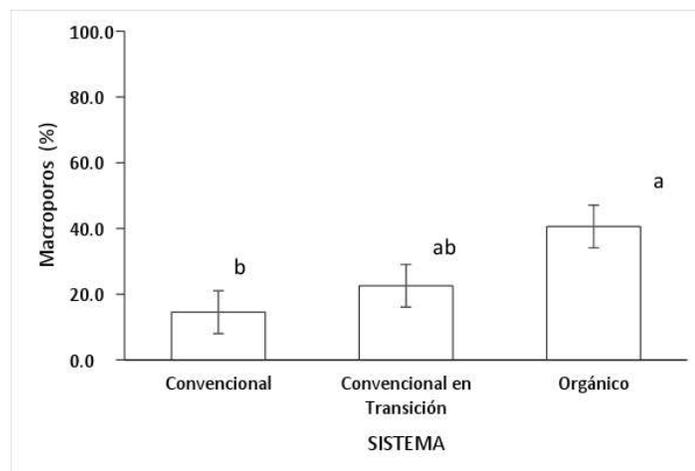


Gráfico 16. Comportamiento de la macroporosidad

### 9.3.5. Cuantificación de la presencia de enfermedades.

Las variables climatológicas que presentaron la mayor homogeneidad fueron la temperatura y el punto de rocío, con una dispersión de 1.3 y 0.7 respectivamente. La más heterogénea fue precipitación pp, que presentó la mayor desviación estándar. Se expresó una relación significativa ( $p < 0.05$ ) e inversa entre la HR y la  $T^{\circ}C$ , mientras la HR con la temperatura de punto de rocío DEW se asociaron de manera directa (Tabla 47).

Tabla 47. Análisis descriptivo y de correlación relacionado con las variables ambientales

Variable	Media±desviación estándar			
HR	80.7±4.3			
T°C	17.0±1.3			
DEW	13.2±0.7			
Pp	52.5±40.5			
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN				
	HR	T°C	DEW	pp
HR	1.0	-0.31*	0.53*	0.16
T°C		1.0	0.37	-0.28
DEW			1.0	-0.15
Pp				1.0

\* Relación significativa  $p < 0.05$

### 9.3.5.1. Presencia de enfermedades.

En la Tabla 48 se presenta la prevalencia o permanencia de las enfermedades, como indicación del peso o abundancia relativa de ellas durante el todo periodo evaluado, de acuerdo al patrón de evaluación semanal en los diferentes planteles sembrados de cada sistema de producción de hortalizas.

Tabla 48. Prevalencia de plantas infectadas por cada tipo de enfermedad

TIPO	CULTIVO	E1	E2	E3	E4	E5
Ecológico	Lechuga	32.0 a	20.3 a	6.8 a	0.5 a	20.3 a
Convencional	Lechuga	28.6 a	18.5 a	2.9 a	0.0 a	0.7 b
Ecológico	Apio	6.3 a	5.3 a	0.0 a	37.9 a	0.0 a
Convencional	Apio	0.0 b	0.0 a	0.0 a	9.1 b	0.0 a
Ecológico	Brócoli	11.9 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	24.3 a
Convencional	Brócoli	13.9 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	20.3 a

Comparación por enfermedad y tipo de cultivo, entre el sistema ecológico vs convencional. Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). E1: *Xanthomonas* sp., E2: *Pseudomonas* sp., E3: *Erwinia* sp., E4: Nematodos, y E5: *Alternaria* sp.

Para el cultivo de lechuga se presentó diferencia significativa en la presencia de la enfermedad *Alternaria* sp., (Figura 18), entre el sistema ecológico y tradicional ( $p < 0.05$ ), con mayor prevalencia durante todo el periodo de evaluación en el sistema ecológico. Sin embargo, sin existir diferencia significativa entre sistemas, se destaca una prevalencia similar en el cultivo de lechuga, de las bacterias *Xanthomonas* sp., y *Pseudomonas* sp., durante el periodo de evaluación; es decir, cercana a una tercera y a una quinta parte del tiempo, respectivamente (Figura 16). Para el cultivo de brócoli no se presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre sistemas en la presencia de las enfermedades. Sin embargo, existe una prevalencia

relativamente similar de *Alternaria* sp., para ambos sistemas, durante el periodo de evaluación. En el apio si se presentó diferencia entre sistemas para las enfermedades: *Xanthomonas* sp., y Nematodos (*Meloidogyne* sp.), en especial para esta última, siendo el sistema ecológico el que presenta mayor prevalencia, aproximadamente durante un 40% del tiempo (Tabla 48).

Hay que destacar que para este estudio y con las variedades de lechuga sembradas, que fueron las mismas en ambos sistemas de producción, es decir, Icevic y Verónica, la bacteria *Xanthomonas* sp., se presentó más comúnmente en las primeras etapas de cada nuevo plantel sembrado, pero su incidencia disminuía a medida que los planteles crecían; mientras que la bacteria *Pseudomonas* sp., fue de presencia más común en etapas intermedias o finales de cada plantel (Figura 16).



Figura 16. Presencia de complejos de bacterias en el cultivo de lechuga



Figura 17. Presencia de complejos de bacterias en brócoli y colchica cercana a lechuga



Figura 18. *Alternaria* sp., en lechuga

El análisis general de enfermedades cuando evaluó todos los cultivos sembrados en cuanto a prevalencia de enfermedades, permitió detectar diferencias ( $p < 0.0001$ ), entre el sistema ecológico y convencional para nematodos y *Alternaria* sp., (Tabla 49). Que en general se presenta en apariencia un mejor comportamiento de los sistemas convencionales, pero sin analizar el manejo, el cual se verá más adelante.

Tabla 49. Análisis general comparativo entre sistemas para la prevalencia de enfermedades

	E1	E2	E3	E4	E5
Ecológico	a	a	a	a	a
Convencional	a	a	a	b	b
MANOVA					
Wilks L	$p < 0.0001$	Phillai's	$p < 0.0001$	Roy's G	$p < 0.0001$

Comparación por enfermedad, entre el sistema ecológico vs convencional. Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). E1: *Xanthomonas* sp., E2: *Pseudomonas* sp., E3: *Erwinia* sp., E4: Nematodos, y E5: *Alternaria* sp.

En la Tabla 50, se observa que la prevalencia de nematodos (*Meloidogyne* sp.) se expresó principalmente en el sistema ecológico (E), y con mayor énfasis a partir de la semana 6 de edad en el cultivo del apio, cuando la sintomatología de retraso en el desarrollo es más notable. Pero para el resto de enfermedades en apio, no existe diferencia significativa de prevalencia de enfermedades entre sistemas.

Tabla 50. Comparación estadística entre presencia de enfermedades para el Apio por semanas

Semana (edad)	Apio E1		Apio E2		Apio E3		Apio E4		Apio E5	
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E
1-5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a

E1: *Xanthomonas* sp., E2: *Pseudomonas* sp., E3: *Erwinia* sp., E4: Nematodos, y E5: *Alternaria* sp.

Tabla 51. Comparación estadística entre presencia de enfermedades para la Lechuga por semanas

Semana (edad)	Lechuga E1		Lechuga E2		Lechuga E3		Lechuga E4		Lechuga E5	
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

E1: *Xanthomonas* sp., E2: *Pseudomonas* sp., E3: *Erwinia* sp., E4: Nematodos y E5: *Alternaria* sp.

Para la lechuga existe diferencia estadística entre sistemas, en la presencia de *Alternaria* sp., durante la mayor parte del desarrollo del ciclo productivo del cultivo, manifestada especialmente en el sistema ecológico. Pero para el resto de enfermedades no existe diferencia significativa entre sistemas, como se puede apreciar en la tabla 51. Denota un muy buen esfuerzo y avances en el sistema ECO sin aplicación de plaguicidas.

Tabla 52. Comparación estadística entre presencia de enfermedades para brócoli por semanas

Semana (edad)	Brócoli E1		Brócoli E2		Brócoli E3		Brócoli E4		Brócoli E5	
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
10	a	a	a	a	a	a	a	b	a	b

E1: *Xanthomonas* sp., E2: *Pseudomonas* sp., E3: *Erwinia* sp., E4: Nematodos, y E5: *Alternaria* sp.

En brócoli la presencia de *Alternaria* sp., mostró diferencia estadística entre ambos sistemas, principalmente en las etapas finales del ciclo productivo del cultivo o cuando entró en cosecha, sin embargo no se presentaron diferencias en cuanto al resto de las enfermedades estudiadas (Tabla 52). Igualmente los sistemas ecológicos presentan ventajas en cuanto a ahorro de recursos como el agua y de combustibles fósiles durante todo el ciclo vegetativo de los cultivos.

### 9.3.5.2. Incidencia de enfermedades en sistemas productivos de hortalizas.

En la Tabla 53 se presenta los resultados de incidencia de las enfermedades comunes a los tres cultivos seleccionados en los sistemas de producción ecológica y convencional.

Tabla 53. Comparaciones entre sistemas, relacionados con el porcentaje de incidencia de las enfermedades evaluadas

<b>APIO</b>					
	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>I5</b>
<b>Ecológico</b>	1.9 a	1.3 a	0.0 a	23.7 a	0.0 a
<b>Convencional</b>	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.2 b	0.0 a
<b>BRÓCOLI</b>					
	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>I5</b>
<b>Ecológico</b>	4.2 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	9.5 a
<b>Convencional</b>	3.5 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	8.9 a
<b>LECHUGA</b>					
	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>I5</b>
<b>Ecológico</b>	9.7 a	8.2 a	2.2 a	0.1 a	7.2 a
<b>Convencional</b>	10.0 a	9.1 a	2.4 a	0.0 a	0.1 b
<b>MANOVA</b>					
<b>Wilks L</b>	p>0.05	Phillai's	p>0.05	Roy's G	p>0.05

Se presentó en apio diferencia significativa entre sistemas de producción, en lo que respecta a la incidencia de nematodos (*Meloidogyne* sp.) ( $p < 0.05$ ), donde el cultivo ecológico obtuvo el mayor valor. En las demás enfermedades evaluadas en apio no hubo mayor número significativo de plantas enfermas. Respecto al cultivo de brócoli no se detectó divergencia entre los dos tipos de manejo, sea este ecológico o convencional ( $p > 0.05$ ). En la lechuga, la diferencia estadística radicó en la evaluación de *Alternaria* sp. ( $p < 0.05$ ), también con mayor incidencia en el sistema ecológico. Por su parte, el análisis multivariado de la varianza para incidencia de enfermedades, el cual tiene en cuenta todos los tipos de manera simultánea, no permitió establecer diferencias entre los agricultores que tienen un manejo ecológico, con respecto a los convencionales (Tabla 53). Lo que de por sí, indica el inmenso potencial de una agricultura sin plaguicidas.

#### **Comparación entre sistemas para incidencia de enfermedades para el apio**

Para el cultivo de apio se detectó diferencia en la incidencia de nematodos ( $p < 0.05$ ), donde el cultivo ecológico presentó el mayor valor, reflejado en la presencia de síntomas y signos característicos de la afectación, en especial por mayor densidad del nematodo *Meloidogyne* sp., (poblaciones con más de 80 nematodos por 100 cc de suelo) esto es, retardo en el crecimiento

vertical o altura de las plantas, existe un crecimiento más tipo horizontal y abundancia relativa de mayor número de pequeños rebrotes que reales tallos, como consecuencia de los ataques en raíz que se reflejan en lesiones tipo agallas; esto diferenciado con respecto al cultivo convencional con crecimiento vertical con más altura. La especie de nematodo fitopatógeno más común con mayor densidad ha sido el *Meloidogyne* sp., que presenta en dos periodos de evaluación un crecimiento promedio de 198 a 253 nematodos por cada 100 cc de suelo, mientras en los sistemas convencionales posee un valor cercano a 0 (9.3). La segunda especie fitopatógena en orden de importancia ha sido *Helicotylenchus* sp. (umbral económico de 500 nematodos por 100 cc de suelo) también con mayor densidad promedio en los sistemas ECO, que para dos periodos aumentó de 138 a 238 nematodos por cada 100 cc de suelo, mientras en el sistema convencional el promedio fue de 156 nematodos por cada 100 cc de suelo. También se encontró que en los sistemas orgánicos no certificados ORG, la densidad del *Meloidogyne* sp., fue de 138 y en transición orgánico Tr-ORG de 50 por cada 100 cc de suelo. En cuanto a *Helicotylenchus* sp., en sistemas ORG la densidad fue de 175 y en Tr-ORG de 190 por cada 100 cc de suelo.

Esto es explicado porque en los sistemas ecológicos certificados y orgánicos no certificados, los agricultores no utilizan en ninguna etapa del ciclo vegetativo, productos de síntesis química de acción nematicida o fumigante del suelo. Todas las etapas del sistema ECO son controladas por cada agricultor ecológico y por el sistema de auditoría interno del grupo, es decir, no se contrata con terceros las actividades de protección de cultivos, es responsabilidad directa del agricultor de acuerdo a protocolos de la norma ecológica. Ellos tampoco aplican herbicidas a malezas y residuos de cosecha, los que por biodegradación podrían incluir metabolitos con acción nematicida. Los agricultores ecológicos dejan gran parte de sus problemas de nematodos en el suelo al no eliminar dichos residuos.

Los nematodos formadores de agallas, son parásitos obligados de las plantas por lo que sobreviven en los residuos de las plantas infectadas por períodos cortos, hasta que consumen sus propias reservas, así que la estrategia de eliminar las plantas junto con raíces contaminadas, evitará que los nematodos se multipliquen después de la cosecha (Collange et al., 2011).

Aunque se observan plantas dentro de los campos de hortalizas de los agricultores ECO, con algunos registros de acción nematicida, en realidad no se aplican regularmente a los cultivos, extractos vegetales con estos fines, simplemente se dejan crecer y florecer aquellas plantas. De acuerdo con Naz et al. (2016), plantas con acción nematicida pueden usarse de manera segura en el manejo integrado de enfermedades (MIE) y el manejo integrado de plagas, ya que los

fitoquímicos que contienen, son relativamente más seguros con el ambiente y la salud humana y animal, con modo de acción selectivo y evitarán la acumulación de resistencia en nematodos.

Por el contrario, entre los productos más utilizados en los sistemas convencionales muestreados, para control de nematodos, se encontraron las moléculas de Cadusafos (insecticida-nematicida agrícola de contacto, no fumigante organofosforado) y productos prohibidos como Carbofuran (Insecticida, acaricida y nematicida no fumigante carbamato, sistémico con largo efecto residual, extremadamente peligroso), ambos, son normalmente metabolizados a sulfóxidos, que son potentes nematicidas. No se acostumbra en estos sistemas otro tipo de estrategias diferentes a los agroquímicos. Varios de los agricultores convencionales para sistemas de producción en invernadero, que hacen parte de otra forma de explotación dentro de la finca, contiguas a los sistemas a campo abierto, utilizan variedades mejoradas para tomate resistentes a nematodos, y aun así, presionan fuertemente dentro del sistema protegido, con aplicación de los mencionados nematicidas.

Los nematicidas que han sido más utilizados a nivel mundial son cadusafos, carbofurano, etoprop, fenamifos, fostiazato, oxamilo y terbufos, que son pesticidas basados en organofosfato o carbamato, que controlan nematodos a través de la inhibición de acetilcolina esterasa (Wu et al., 2011).

La adsorción de plaguicidas por el suelo es uno de los principales mecanismos que influyen en lograr el alcance de los microorganismos objetivo y su potencial incluso para afectar organismos no objetivos. La adsorción puede provocar una disminución de la actividad biológica, un aumento de las tasas de degradación y un retraso en el movimiento con soluciones de lixiviación (ElShafei, Nasr, Hassan y Mohammad, 2016).

También en los sistemas ecológicos se observa el uso de cultivos protegidos para tomate, cercanos al apio y demás cultivos a campo abierto, pero con un mayor número de variedades, con diferencia en resistencia a nematodos, corriendo el riesgo de su diseminación en el resto de la finca, cuando el sistema no está bien manejado.

En los sistemas de invernadero hay ciclos variables de altas humedades y temperaturas que favorecen que los cultivos de hortalizas sean particularmente susceptibles a nematodos al promover la incubación de huevos y adquisición de formas de resistencia. Esto sugiere que se debe reducir la irrigación, pero el agua es crítica para el rendimiento y la calidad, por lo que es difícil aplicar un manejo óptimo del agua para el control de nematodos (Collange et al., 2011).

La resistencia genética de los cultivos, es una forma prometedora de control entre muchas otras igualmente complementarias, pero ha conducido para que muchos otros patógenos, quiebren la resistencia, debido a la fuerte presión de selección ejercida por las mismas plantas resistentes (Collange et al., 2011).

A nivel mundial, varios fumigantes y nematicidas se han retirado del mercado en las últimas décadas, debido a las preocupaciones sobre el medio ambiente y la salud humana (Rich et al., 2006, citado por Oka, 2010). Entre los plaguicidas, los nematicidas son las sustancias químicas consideradas más problemáticas por ser altamente tóxicas para los humanos, y al aplicarse al suelo, pueden contaminar las aguas subterráneas, y algunas también son absorbidas por las plantas (Oka, 2010).

### **Comparación diferencial entre sistemas de uso de productos de protección**

También los agricultores convencionales hacen uso del Fipronil (insecticida fenil pirazola, reconocido con acción herbicida), en cuestionamientos a nivel mundial. Otros pesticidas usados en estos sistemas son de carácter matamaleza como el Paraquat (herbicida cuaternario de amonio. Bipyridilos), Linuron (herbicida urea substituida) y el Glifosato (herbicida aminofosfonato), que contiene el surfactante polioxietileno amina POEA. De acuerdo a estudios por Carvalho (2013), peces expuestos previamente a POEA no pueden responder a ningún otro factor estresante adicional. Así mismo, Tush, Maksimowicz y Meyer (2018), aseveran que mayores toxicidades se han dado en especies acuáticas con la mezcla de glifosato y POEA, que con solo el primero de ellos. Además el surfactante es fuertemente absorbido en los suelos agrícolas y persiste a través de los años.

De acuerdo a Pesticides News (2000), la molécula Fipronil actúa como un insecticida por contacto y acción estomacal, sospechosa de acción herbicida también. Es escasamente soluble en agua, con estabilidad a temperaturas normales por un año, pero inestable en presencia de iones metálicos y se degrada por la luz solar para producir una variedad de metabolitos, uno de los cuales, el fipronil-desulfinilo (MB 46513), que es extremadamente estable y es más tóxico que el compuesto original. Esto origina conflictos evidentes sobre su uso en sistemas de MIP, que es una de las estrategias empleadas por los fabricantes de este producto.

El glifosato y el paraquat además de la acción herbicida, tienen acción bactericida. El glifosato, es reconocido en su acción letal sobre las plantas y los microorganismos (principalmente bacterias) por inhibición de la actividad de la enzima enol piruvilshikimato- fosfato sintasa

(EPSPS), la cual es constitutiva de los vegetales y las bacterias nitrificantes y afecta así mismo el proceso de fijación del nitrógeno y posiblemente la acción de otras bacterias, al retornar el herbicida desde las raíces a la solución del suelo. El principal componente del paraquat es el cloro y una vez que es liberado y por su gran reactividad natural que posee por la acción de los microorganismos, junto con el yodo y el ozono, destruyen ya sea en forma permanente o parcial, las células de las bacterias, de modo que estas no pueden volver a reproducirse (Florida, Lopez y Pocomucha, 2012). El paraquat es muy usado en los sistemas convencionales muestreados para desecar los residuos de toda cosecha y acelerar la siembra del próximo cultivo y luego previo o seguido a la nueva siembra, aplican Linuron.

La aplicación de glifosato elimina en general sin diferencia, las plantas a las cuales llega su aplicación, debido a que suprime su capacidad de generar aminoácidos aromáticos. La mayoría de los residuos del glifosato (90%) se encuentran en los primeros 15 cm del suelo, representando una amenaza probada para la actividad microbiológica del suelo. Además, existe evidencia actual que demuestra que el glifosato compite con los nutrientes por los sitios de intercambio en las partículas de los suelos, formando complejos insolubles que disminuyen la disponibilidad para las plantas (Wynne, 2001). La exposición continua al glifosato afecta la estructura de las comunidades microbianas del suelo, con una amplia variedad de respuestas, que van desde cambios transitorios a permanentes, que afectan a miembros de *phylum Acidobacteria*, bacterias oxidantes de amoníaco, mycorrhiza y otros. También hay reducción o aumento de la actividad microbiana y la biomasa en el suelo (Hernández et al., 2018). En el anexo 5 se presentan los productos químicos más usados de acuerdo a la información levantada de la línea base de los muestreos en campo y disposición en bodega, además de la complementación de las encuestas a los agricultores.

Según dicha información, se extrae del grupo de agricultores convencionales con nivel de transición hacia una mayor eficiencia o disminución en el uso de insumos externos, una estimación en costos de producción, de gastos en plaguicidas del 25 al 36% ha<sup>-1</sup>, considerando sólo insumos sin semillas. Es decir, los fertilizantes, constituyen entre el 64 al 75% del valor total de insumos sin material vegetal. Lo anterior lleva a estimar que en sistemas de producción de hortalizas, sin ningún proceso de conversión iniciado, la representación de los plaguicidas es aún mayor, en un rango del 40 al 51%, equiparándose de cerca, al valor invertido en los fertilizantes.

## Análisis de evaluación de nematodos

Las Tablas 54, 55 y 56 presentan los resultados de evaluación de nematodos para suelos ecológicos y suelos convencionales y en transición orgánica.

Tabla 54. *Análisis nematológico en suelos Ecológicos (Semestre 2-2015)*

Finca	Nematodos por 100 cc de suelo													
	Fitoparásitos							Micófagos				Depredadores		Saprobios
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ECOPan	291			291				194						776
ECO3-MA-Hand	168			302	101	67		34						201
ECOLF	242			30				91						333
ECOKh	156			467				187						1742
ECO1-MA-Hill	501			63	63			31						595
ECOJar	260							37						297
ECO2-MA-Sea	61		92	61	31									154
ECOHole	104	62					69	313						313
ECOVal		31		31		31		215						430

1.Meloidogyne, 2.Pratylenchus, 3.Paratylenchus, 4.Helicotylenchus, 5.Trichodorus, 6.Hemicyclophora, 7.Criconeoides, 8.Fylenchus, 9.Tylenchus, 10.Aphelenchoides, 11.Aphelenchus, 12.Dorylaimus, 13.Mononchus, 14. Saprobios

Tabla 55. *Análisis nematológico en suelos Ecológicos (semestre 2-2016)*

Finca	Nematodos por 100 cc de suelo													
	Fitoparásitos							Micófagos				Depredadores		Saprobios
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ECOPan	107			213					107			107		426
ECO3-MA-Hand	93			187							93	93		280
ECOLF	133			133					133			67		536
ECOKh	240			180				240			120	300		720
ECO1-MA-Hill	887			127					127		127			1520
ECOJar	453			793					567		113	113		903
ECO2-MA-Sea	360			360	240				120		240	240		1800
ECOHole					47				327		47	93		280
ECOVal				147	73				73			73		367

1.Meloidogyne, 2.Pratylenchus, 3.Paratylenchus, 4.Helicotylenchus, 5.Trichodorus, 6.Hemicycliophora, 7.Criconemoides, 8.Fylenchus, 9.Tylenchus, 10.Aphelenchoides, 11.Aphelenchus, 12.Dorylaimus, 13.Mononchus, 14. Saprobios

Tabla 56. *Análisis nematológico en suelos Convencionales y en Transición (semestre 2-2016)*

Finca	Nematodos por 100 cc de suelo o por 1g de raíz													
	Fitoparásitos							Micófagos				Depredadores		Saprobios
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CM-GU-JR				373							93			747
CM-CV-IG				77					77		153	77		307
CM-ES-LA									83		167			250
CM-ES-LM				160					80		160	80		240
CM-ES-MA									83		83	167		333
CM-MA-CP									240		300	240		6600
CM-MA-LE									77		230			770
CM-MA-AA		93		187					93		93	93		465
CM-MA-ZA-AC	93			523					93			47		523
CM-MA-LE-AC				240					80			160		6720
ORG-MA-RD	67				67				133		200			200
Tr-ORG-MA-LE-SC	100													200
Tr-ORG-MA-AP-SC				350								167		1083
ORG-CV-DE	140			280	140				70		70	140		210
ORG-CV-CO	200			100	100				200		300			300

1.Meloidogyne, 2.Pratylenchus, 3.Paratylenchus, 4.Helicotylenchus, 5.Trichodorus, 6.Hemicycliophora, 7.Criconemoides, 8.Fylenchus, 9.Tylenchus, 10.Aphelenchoides, 11.Aphelenchus, 12.Dorylaimus, 13.Mononchus, 14. Saprobios

Del análisis de la tablas 54, 55 y 56, se deduce que en los sistemas del grupo de agricultores ecológicos certificados y en los productores orgánicos del grupo no certificado, en general, se conserva y promueve la vida, al existir mayor presencia y densidad de nematodos, confirmado en la amplitud de especies presentes, tanto fitopatógenas como micófagas, depredadoras y saprobias que protegen el ambiente. De los fitopatógenos se destacó en especial en los sistemas ecológicos, los nematodos del género *Meloidogyne* sp., en umbral de daño económico y el género *Helicotylenchus* sp., con respecto a los sistemas convencionales donde prácticamente no se presentaron estos dos tipos de nematodos.

En los sistemas de producción de cultivos ecológicos, el brócoli como la lechuga no manifestaron susceptibilidad alta, al no observarse síntomas y signos visibles de retraso o amarillamiento por la presencia de nematodos fitopatógenos en los suelos, aunque si pequeñas agallas en lechuga

por causa del género *Meloidogyne* sp. Hay que considerar además que en los sistemas ecológicos, los agricultores frente a la susceptibilidad de cultivos como el apio a tales patógenos, compensan la afectación mediante las siembras conjuntas de esos otros cultivares comerciales menos susceptibles que el apio, además de arreglos de cultivos diversos; en este caso se observa la presencia de plantas con acción nematocida como el tagetes (*Tagetes erecta*), capuchina (*Tropaeolum majus*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), ruda (*Ruta graveolens*), como productos biológicos que no tienen plazo de seguridad ni de residualidad, al compararse con los nematocidas. También a cierta escala, en algunas de las fincas ecológicas trabajan algunos abonos verdes como el petaco (*Phaseolus coccineus*), que luego son incorporados en ciertas épocas a los suelos y que se estima ejercen acción nematocida.

Wiratno et al., (2009), realizaron experimentos con 17 diferentes especies vegetales en forma de extractos tales como piretro, citronela, neem, pimienta, marañón entre ellas y con un control en condiciones de laboratorio del 80% sobre *Meloidogyne incognita* sobre tabaco, clavo y vid de Betel. Cuadra, Cruz, Ortega y Fajardo (2000), utilizaron cultivos de ciclo corto como lechuga, rábano y col china (*Brassica raga subsp pekinensis*) para eliminar los nematodos de agallas antes de plantar cultivos que fueran susceptibles como el tomate (*Lycopersicum esculentum*), el pepino (*Cucumis sativus*) o el guisante (*Vigna unguiculata*). El número de nematodos en el suelo disminuyó en un 50% y el rendimiento de los cultivos aumentó en un 10-20% en 3 a 5 meses.

Los agricultores ecológicos como los orgánicos no certificados, a diferencia de los convencionales, que utilizan plaguicidas para control de nematodos, recurren a los procesos de descomposición de materiales orgánicos, para elaboración de abonos en sus propias fincas y con al menos dos alternativas diferentes de preparación, de acuerdo a las necesidades de fertilización y mantenimiento de sus sistemas de producción: los denominados biosólidos y los biolíquidos. Para el efecto, como base de sus preparaciones de bioinsumos, recurren a la inoculación y reproducción de microorganismos nativos presentes en los propios suelos de las fincas o de suelos locales mínimamente intervenidos, a partir de la materia prima conocida como tierra capote (mantillo de bosque).

Los microorganismos eficientes contienen especies seleccionadas con poblaciones predominantes de lactobacillus, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos. Todos son compatibles entre sí y pueden coexistir en un medio líquido y no contienen microorganismos modificados genéticamente. Su reproducción a nivel de finca, hace uso de microorganismos nativos para enriquecer biológicamente el abono

tipo bocashi muy utilizado (materia orgánica fermentada), que es preparado en un recipiente plástico de 200 litros de capacidad y cuya preparación consta de una parte de tierra de montaña virgen, una parte de salvado o pulidura de arroz, un galón de melaza o miel de caña de azúcar y un galón de suero de leche. Todos los ingredientes por un espacio de quince días pasan a un proceso de fermentación en lo oscuro. En dicho tambor de plástico, de 200 litros, se pueden preparar hasta 150 kilos de semilla de microorganismos (Restrepo, 2007).

Sin embargo, para los agricultores ecológicos la norma establece los límites de N aplicado por hectárea que les impide ejercer a través de la aplicación de dicho tipo de abonos orgánicos, una acción nematicida, pero si por el contrario, tratar de mantener un equilibrio entre las diferentes densidades poblacionales de los diferentes tipos de acción de los nematodos, como se observa en las tablas 54, 55 y 56. Por el contrario, los sistemas convencionales tanto a campo abierto con mediano plazo, como los sistemas bajo condiciones de invernadero a corto plazo, llegan a rebasar las aplicaciones de nitrógeno  $\text{kg}^{-1}$  de suelo, ejerciendo acción nematicida, lo que explica igualmente como acción sinérgica, la ausencia de nematodos fitopatógenos en niveles económicos de daño.

Para sistemas convencionales se han reportado una serie de trabajos sobre el empleo de amoniaco anhidro como fertilizante nitrogenado, que aplicado por inyección a la concentración de 300-900  $\text{mg kg}^{-1}$  de suelo, redujo los problemas de nematodos. Así mismo, experimentos con urea, que se convierte en amonio por acción de la ureasa existente en el suelo, mostraron que es un buen nematicida si se aplica en cantidades superiores a 300  $\text{mg}$  de N  $\text{kg}^{-1}$  de suelo y así otros fertilizantes NPK (Bello, González, Arias y Rodríguez, 1998; Al-Hazmi y Dawabah, 2014).

El establecimiento y la incorporación de cultivos de cobertura o en rotación, especialmente con plantas de brassicas, ocasionalmente suprimen las enfermedades transmitidas por el suelo, incluidos los nematodos. La utilización de compuestos tóxicos volátiles, como los isotiocianatos generados a partir de los glucosinolatos en dichos sistemas, para el control de enfermedades en el suelo, generalmente se denomina biofumigación (Kirkegaard, Gardner, Desmarchelier y Angus, 1993). Estos compuestos se hidrolizan mediante enzimas de mirosinasa para producir no solo isotiocianatos, sino también una combinación de nitrilos, tiocianatos y oxazolidina thiones en cantidades variables, según las condiciones de hidrólisis y la naturaleza química de los glucosinolatos (Wu et al., 2011). Normalmente en pequeñas áreas afectadas en algunas de las fincas ecológicas, se acostumbraba cubrir dichas plantas con lona plástica negra durante varias semanas, para mayor efecto. Dicha técnica de la biofumigación, en general, no es tan común en

los sistemas ecológicos, aunque la rotación de cultivos, si es muy habitual con las brassicas en dichos sistemas y un 10% aproximadamente del volumen total de producción de estas, permanece dentro del suelo como residuos después de la cosecha.

### **Comparación entre sistemas para incidencia de enfermedades para lechuga y brócoli**

El análisis comparativo determinó que para ambos sistemas de producción, la lechuga presentó más daño por incidencia de otros microorganismos diferentes a los nematodos, principalmente las bacterias *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp., y el hongo *Alternaria* sp. Y en mucho menor incidencia la bacteria *Erwinia* sp., que se presentó solo en lechuga y no en otros cultivos. *Alternaria* sp., fue más incidente en lechuga en el sistema ecológico comparado con el sistema convencional.

El conocimiento de los complejos de enfermedades en la agricultura tropical es aún muy limitado y así sucede con los nematodos fitoparásitos que se comprenden mucho menos, a pesar que aparecen concomitantemente con microorganismos patógenos en la rizosfera y en las raíces de las plantas. En la mayoría de dichos complejos examinados, la presencia de nematodos fitoparásitos, resultó en un aumento en la incidencia y daño causado por otros microorganismos presentes, aunque en algunos casos, la presencia de otros patógenos resultó en una disminución en la reproducción y daño potencial de los nematodos fitoparásitos (DeWaele y Elsen, 2007). La lechuga y el brócoli, no susceptibles significativamente a nematodos significativamente en este estudio en particular, son afectados por ejemplo, por complejos de bacterias.

La tabla 48 presenta los resultados estadísticos de la prevalencia de las diferentes enfermedades durante todo el período evaluado, destacándose para la lechuga, sin diferencia entre sistemas, una prevalencia cercana del 30% del tiempo para *Xanthomonas* sp., y cercana del 20% para *Pseudomonas* sp., en ambos sistemas, lo que significa que en un 55,5% del tiempo las dos bacterias se presentaron juntas, la tercera clase de bacteria *Erwinia* sp., se presentó también conjuntamente por temporadas mucho más cortas en los dos sistemas. Además la complejidad de patógenos también se dio por la presencia de otras enfermedades, tal el caso de *Bremia lactucae* en lechuga.

Cinco muestras de lechuga con edades entre 5 a 7 semanas, que presentaban síntomas comunes de pudrición acuosa con lesiones en pseudotallo y hojas bajas, fueron seleccionadas de una finca ecológica y una finca convencional, de las del estudio y enviadas al laboratorio Centro de Investigaciones Biológicas CIB de Medellín. De ellas se aislaron inicialmente 12 morfotipos por el

CIB y la identificación molecular de acuerdo a la homología y a las características de los primeros empleados, reveló presencia de *Pseudomonas* sp., que es la bacteria que más predominó desde la mitad del ciclo productivo de la lechuga hasta su cosecha, en ambos sistemas. Las otras bacterias identificadas correspondieron a contaminaciones por problemas de regular descomposición de estiércol de las fincas, pero que no son las responsables de la sintomatología de las enfermedades en lechuga (Anexo 12).

Los agricultores ecológicos dejan residuos de cosecha enterrados, es decir, restos de raíces y otras partes foliares y de pseudotallo unidas a ellas que permanecen a bajo nivel en el suelo, con los problemas fitosanitarios, en especial, las bacterias, de esta forma, *Xanthomonas* sp., se concentró en las hojas inferiores de los cultivos, las hojas de mayor contacto con el suelo; mientras *Pseudomonas* sp., *Erwinia* sp., y *Bremia lactucae*, rebasaron la parte inferior de la planta en el caso de la lechuga. Sin embargo, debe destacarse que mayoritariamente no se dejan los residuos sobre la superficie del suelo en los sistemas ECO, sino que son recogidos los restos aéreos de los cultivos principales como acompañantes, así como lo que no es comercializable en la clasificación en caseta poscosecha, todo ello utilizado en alimentación animal.

Es resaltable así mismo, que no se presentaron diferencias significativas entre sistemas ecológicos y convencionales con respecto a la incidencia de bacterias, pero están presentes en ambos como complejos, más fuertemente en los cultivares de lechuga y luego en el brócoli. Es de destacar que en los sistemas convencionales se presentaron más conjuntamente los tres tipos de bacterias al mismo tiempo, mientras en los ecológicos fue más común dos de los tipos de bacterias. Igualmente se presentó el hongo *Alternaria* sp., en lechuga y brócoli, pero sin presencia significativa en lechuga en el sistema convencional, por el alto uso de fungicidas aplicados (Tabla 53).

Para el control de las bacterias, los agricultores convencionales utilizan igualmente productos que no están permitidos en agricultura ecológica. En este caso a base de antibióticos como la kasugamicina que posee acción fungicida-bactericida, producida por el metabolismo secundario de la bacteria del grupo Actinomycetales, clasificada como *Streptomyces kasugaensis*. Por otro lado, se encuentra el uso común de la unión del sulfato de gentamicina, bacteria del grupo Actinomycetales llamada *Micromonospora purpurea*, con el clorhidrato de oxitetraciclina, también sintetizada de una especie de *Streptomyces*, *S. rimosus*. Todos son potentes antibióticos que pueden producir efectos de resistencia por parte de los microorganismos atacados.

Aunque modesto en relación con su aplicación en medicina humana y veterinaria, la estreptomicina, la oxitetraciclina y la gentamicina, son los antimicrobianos más ampliamente utilizados en frutas, flores y hortalizas. Además, la falta de políticas normativas claras y programas de monitoreo, permite pasar por alto la vigilancia de registros cualitativos y cuantitativos de las aplicaciones realizadas. Además, estos medicamentos pueden acumularse en suelos agrícolas (Hamscher, Sczesny, Höper y Nau, 2002) o en cultivos, posteriormente a la fertilización con estiércol, de procedencia o manejo dudoso (Kumar, Gupta, Baidoo, Chander y Rosen, 2005).

Los agricultores ecológicos para el manejo de bacterias, confían esporádicamente en el uso del caldo bordelés, el cual consiste en una preparación a base de sulfato de cobre y óxido de calcio o cal viva o hidróxido de calcio o cal apagada. Producto que es enriquecido en las fórmulas de finca, con la mezcla de otros sulfatos como zinc y manganeso. Estas fórmulas varían en las proporciones de los principales ingredientes, que luego son más disueltas para el momento de la aplicación de acuerdo a la evaluación del daño. El hecho de variar las fórmulas consiste en valorar resultados y evitar los riesgos de sobredosificación, el control ha tenido que ser más estricto para evitar contaminaciones de material vegetal y suelo, que perjudiquen la certificación.

Pero confían ampliamente en que una buena fertilización enriquecida, es el principal factor para la defensa contra patógenos como las bacterias y hacen uso de preparación de quelatos minerales, no sintéticos, empleando para ello suero, melaza, pasto triturado, algunos residuos de cosecha y microorganismos de montaña ya elaborados. La cantidad de mineral es añadida de acuerdo al tipo de quelato a preparar y el fin perseguido.

## Representación gráfica de los datos multivariantes en la evaluación de enfermedades

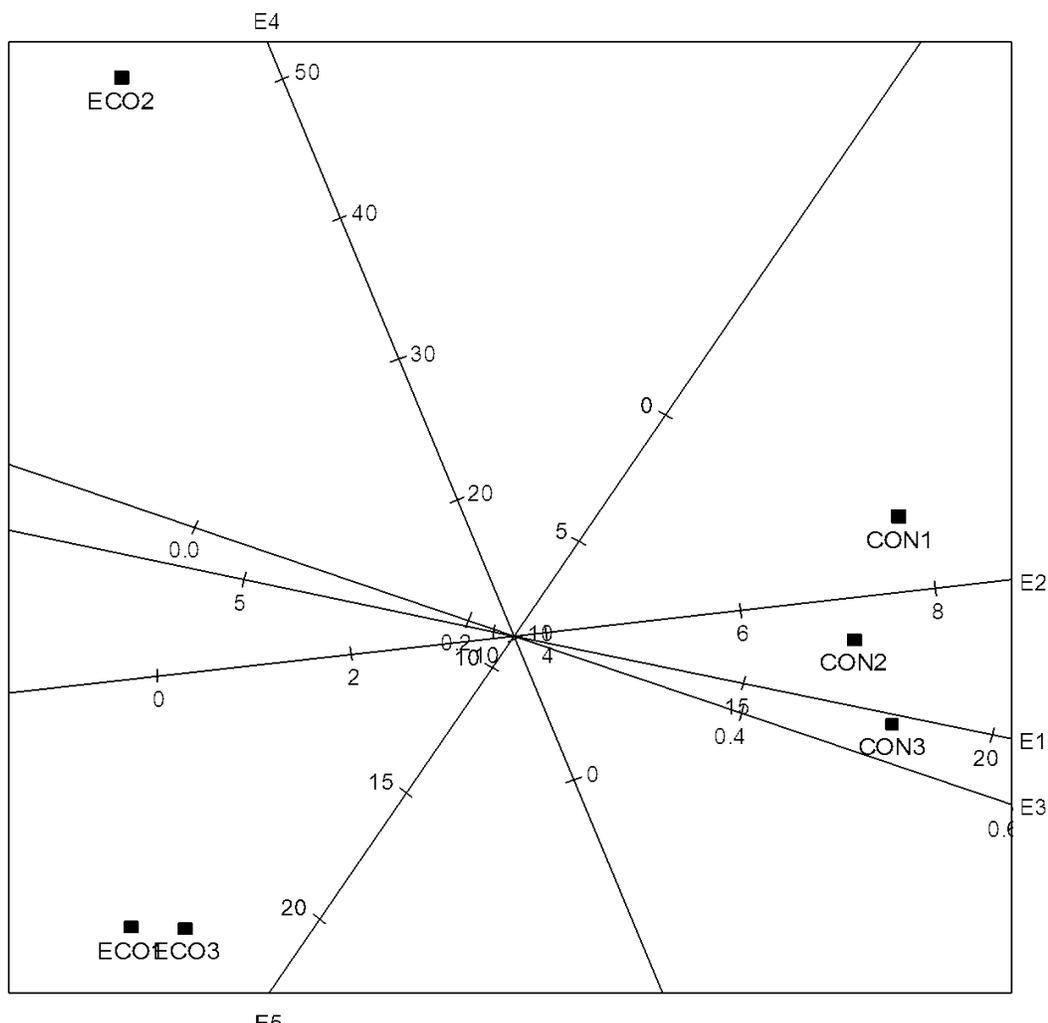


Gráfico 17. Proyección bidimensional de las interacciones entre enfermedades suplementada por el tipo de agricultor

La gráfica 17 Biplot de proyección bidimensional sobre la interacción entre las enfermedades comunes a los cultivos, suplementada por el tipo de agricultor, muestra detalladamente como los agricultores convencionales se concentran conjuntamente en un grupo muy homogéneo, destacado principalmente por la presencia de complejos de bacterias, en este caso, los tres géneros detectados en los muestreos por los síntomas y signos característicos y confirmados por los análisis fitopatológicos del laboratorio de Sanidad Vegetal. Se presentaron conjuntamente las bacterias *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp., y *Erwinia* sp., y a pesar del alto uso de agroquímicos, estos sistemas no eliminan las bacterias de sus sistemas de producción. Mientras que exactamente sucede lo contrario para los nematodos y *Alternaria* sp., en sistemas

convencionales, de los primeros de ellos, prácticamente están ausentes los fitopatógenos y el hongo se puede presentar en el sistema, pero sin relación con las otras enfermedades, su control ha sido con alto uso de fungicidas.

Por su parte para los agricultores ecológicos, la gráfica Biplot presenta que los problemas de nematodos pueden existir, pero su afectación es principalmente en el cultivo del apio. Además los resultados de laboratorio de los diferentes muestreos analizados, presentaron que hay abundancia relativa de los demás tipos de nematodos, creando un equilibrio biológico en el suelo. Las enfermedades bacteriales se presentaron pero son de forma menos compleja, es decir, puede haber presencia de dos de ellas pero más difícilmente de las tres. *Alternaria* sp., se presentó significativamente en lechuga con respecto al sistema convencional, pero no está asociada a la presencia de bacterias.

## **10. Propuesta de proceso de conversión agroecológica en sistemas de producción de hortalizas con pequeños agricultores en la Zona Altiplano, Oriente Antioqueño, Colombia**

### **10.1. Introducción**

La intensificación y especialización de la agricultura se ha realizado a través del alto uso de plaguicidas para controlar plagas y aumentar los rendimientos, pero con impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente natural. Sin embargo, el consumo mundial sigue aumentando en la mayoría de los países y a la fecha es de alrededor de 3,5 millones de toneladas por año, con un valor de mercado de 45 mil millones de dólares. La promoción de diferentes alternativas para reducir significativamente su uso y combatir la resistencia generada, requiere de una mayor carga de trabajo, costos y educación para los agricultores (Steingrimsdottir, Petersen y Fantke, 2018).

Todas estas pruebas negativas de los actuales sistemas agrícolas intensivos en capital y tecnología, son consecuencia de la propia naturaleza actual de la estructura agrícola y las políticas dominantes, al favorecer el mayor tamaño de granjas, la producción especializada, los monocultivos y la mecanización. Han desaparecido de este modo, los imperativos a la diversidad, al integrarse los agricultores a las economías internacionales, mientras los monocultivos son premiados con economías de escala (Altieri y Nicholls, 2005). De acuerdo con el Proyecto de Mejoramiento e Intercomparación de Modelos Agrícolas, el área de los cultivos a nivel mundial en el 2050 será entre un 10 y un 25% más grande que hoy y bajo un escenario de referencia en el que la producción mundial de alimentos aumentará entre un 43 y un 99%, pero bajo los modelos de la intensificación agrícola no sostenible ni ecológica y de la extensificación agrícola, con afectación directa sobre la biodiversidad (Lanz et al., 2018). Además que la preocupación central por la ganancia, incitará a producir los alimentos en mayores áreas dedicadas a monocultivos, y contribuirá a la concentración creciente de la producción en un número limitado de grandes productores (Parmentier, 2014). Las más simples y cotidianas actividades dentro de la finca, entre ellas, las de protección, fertilización y alimentación animal, son reemplazadas a través del alto uso de insumos externos, reemplazando los métodos de control natural de insectos plaga, malezas y enfermedades de cultivos. Los fertilizantes inorgánicos sustituyen al estiércol, el compost y las plantas leguminosas (Sachs y Santarius, 2007, citados por Parmentier, 2014).

Es de este modo como, en el proceso de conversión agroecológica se considera que los sistemas convencionales subsidiados y con alto nivel de intervención humana son, por principio, de acuerdo a Parmentier (2014): i) ausentes de los contenidos de transmisión y herencia del conocimiento de las comunidades indígenas y campesinas locales, es decir, el conocimiento

procede del exterior, se recibe siguiendo un enfoque descendiente de manos de proveedores de insumos y expertos externos; ii) sin relacionamiento, ya que reflejan un cambio radical de las relaciones con la naturaleza en comparación con las agriculturas campesinas tradicionales, respetuosas del medio ambiente. Según ello, las prácticas agrícolas convencionales, no necesitan adaptarse a las especificidades del ecosistema en el que se instituyen; por el contrario, es el ecosistema el que debe ajustarse a las necesidades de las prácticas foráneas; iii) Los costos ambientales y sociales se externalizan (Utviklingsfondet, 2011; Trócaire, 2012, citados por Parmentier, 2014). La explotación de los bienes de la naturaleza, comunes a la humanidad, es llevada a cabo en formas destructivas, reduciendo los recursos naturales a simples mercancías, sin que estos bienes y servicios incluyan el costo real de la carga del impacto ambiental como social causados, destruyendo así el planeta (García, 2015).

Y iv) La alta simplificación y especialización de los sistemas agrícolas industriales, así como su dependencia fundamental de las tecnologías de punta, contribuyen a aumentar su vulnerabilidad ecológica y económica (Altieri, 1998; Swiderska et al., 2011; Hilmi, 2012, citados por Parmentier, 2014).

El cambio de dirección inicia cuando se comprendan cosas tan simples como que existe un sin fin de interacciones mutuas y complejas entre los cultivos y sus plagas y enfermedades, que estas son parte integral de los agroecosistemas, donde han coevolucionado con los cultivos durante milenios. Que las formas de entender las dinámicas que producen afectaciones a los cultivos, encuentran las respuestas en factores físicos, biológicos, sociales y económicos que los rodean (Donatelli et al., 2017). El manejo de las enfermedades de los cultivos no debe corresponder a una estrategia aislada a acciones de aplicación de plaguicidas de síntesis química sino a acciones conjuntas que rescaten los valores de equidad generacional en todas sus acepciones de distribución justa de oportunidades en el disfrute de la salud y larga vida para todos y el planeta.

El manejo sostenible en todos los tiempos, de las enfermedades de los cultivos, debe apuntar a fortalecer la seguridad alimentaria para una sociedad estable fundamentada en la salud de los ecosistemas asociados y el manejo sostenible de los recursos naturales. Para lograr estas múltiples funcionalidades, debe hacerse hincapié en la adaptación racional de estrategias de resistencia, prevención, eliminación y remediación individual y colectiva, que garanticen el desarrollo normal de los principios ecológicos, guiados por rasgos de asociaciones específicas de patógenos-huésped, para crear condiciones ambientales favorables para el crecimiento y

desarrollo del huésped mientras que son adversas para la reproducción y evolución de patógenos (He et al., 2016).

La agricultura sostenible tiene los fundamentos para realizar la combinación adecuada del par vegetal-animal, que incluye abonos verdes y estiércol animal, lo que permite sincronizar la disponibilidad de nutrientes para cumplir con las demandas de los cultivos en el sistema, pero la calidad y cantidad del estiércol depende también de la alimentación animal. Los sistemas integrados de cultivos con el componente animal, reducen el riesgo de bajos rendimientos, contribuyen a la sostenibilidad de los agricultores al mejorar las dietas de los hogares y aumentan las oportunidades de ingresos. El ganado estabulado así mismo, que recibe la alimentación de esta forma, se constituye en un componente lógico apropiado del sistema agrícola para una mejor utilización de los recursos de la finca (Uphoff, 2002).

Un principio clave de la agroecología, es exactamente la diversificación de sistemas agrícolas que promueven mezclas de cultivos, intercalados, agroforestales, integración ganadera, etc. que potencian los efectos positivos de la biodiversidad en la productividad y sostenibilidad, derivados de los efectos crecientes de la complementariedad entre especies de plantas y animales, que introduce procesos y crea flujos de energía, sustancias y materiales, que significa un mejor uso de la luz solar, el agua, los recursos del suelo y la regulación natural de las poblaciones de insectos plaga y enfermedades (Gliessman, 1998; Altieri & Nicholls, 2012; Kazemi et al., 2018). El entendimiento y aprovechamiento adecuado de todas esas sinergias permitirá mantener un suelo sano sin consecuencias negativas fuertes para los cultivos por presencia de patógenos.

Del análisis de caracterización se concluyó, que para el efecto, como parte del programa de engorde de ganado y su integración al sistema, varios agricultores en sistemas productivos alternativos en la zona Altiplano del Oriente Antioqueño, han establecido áreas de amortiguación y reserva de alimentación dentro de las fincas, que en general, son menos productivas para cultivos comerciales o principales, pero que para pasturas, forrajes y conservación de semillas, se constituyen en grandes alternativas para mantener el engorde de animales estabulados, además de la protección de germoplasma. Igualmente, hacen uso de residuos de cosecha de hortalizas para complementar la dieta animal, así como forrajeras, algunas arbóreas y otras herbáceas, tales como maní forrajero (*Arachis pintoii*), quiebrabarrigo (*Trichantera gigantea*), matarratón (*Gliricida sepium*), morera (*Morus alba*) y botón de oro (*Thitonia diversifolia*). Se destaca también en el componente animal, en alguna que otra finca, el uso de especies de ganado monogástricas y otras poligástricas menores como cabras, por su más fácil manejo,

especialmente en estabulación, por las dificultades de mantener áreas mayores y adecuadas cantidades y calidades de alimentos en el caso de bovinos.

Generalmente se registraba que el vínculo general entre forrajes y animales se ha hecho con ruminantes para conformar lo que se conoce como agrosilvopastoreo, mientras que es poco lo que se hacía con especies monogástricas, especialmente por su condición digestiva que no permite degradar altas cantidades de fibra. Sin embargo, los forrajes podrían ser parte de su dieta (Preston et al., 2002; Sarria et al., 1994; Figueroa, 1996). Por lo tanto hoy, los rendimientos de las cantidades disponibles de forraje para los monogástricos son mayores en cuanto al aprovechamiento y para mayor número de animales. De esta forma, más nutrientes están disponibles para los cultivos desde el subsistema procedente del estiércol, además de contribuir a la mejora de la estructura del suelo.

La tendencia mundial desde los años 2000s es el rápido cambio global hacia una producción ganadera monogástrica que se expande cada vez más (García, Celaya, García y Osoro, 2012). Por otro lado, están las cabras como la última especie que los agricultores más pequeños pueden explotar cuando no pueden darse el lujo de trabajar con los herbívoros más grandes y exigentes como lo es el ganado vacuno. Además las cabras son animales de fácil adaptación a condiciones adversas e incluso como medio de recuperación de zonas degradadas por otros sistemas.

La idea central es como integrar los agroecosistemas a través de la eficiencia en el aprovechamiento de los flujos de materiales locales y para el efecto haciendo uso de los productos naturales generados en cada sistema o subsistema y evitar el desperdicio de energía. Una de las formas de lograr ello es: i) aumentar la eficiencia en el uso de los recursos forrajeros, ii) aumentar el rendimiento de cultivos como de animales y iii) aumentar la eficiencia económica general (Zhiping y Dawson, 2005). La causa principal de la conversión incompleta del producto fotosintético en un agroecosistema, es el desperdicio de forraje. Cuanto menor es la relación de aprovechamiento de cultivos, mayor es la proporción resultante de residuos de forraje, es decir, la pérdida de energía es mayor entre cultivos y el levantamiento de animales. Ello se revierte equilibrando la estructura de cultivos, densidad poblacional de animales y contenido de nutrientes del forraje y su mezcla con pastos (Zhiping y Dawson, 2005).

Las necesidades nutricionales de los animales dependen del equilibrio del suministro de alimento, mano de obra y agua, que estén disponibles sin afectarlos, conservando su calidad y uso adecuado. En los sistemas de agricultura orgánica, las restricciones orgánicas adicionales se derivan de regulaciones orgánicas, tales como una tasa máxima de aplicación de estiércol, una

tasa mínima de autoabastecimiento de alimento y una longitud mínima de rotación (Groot et al., 2012). Semejando la estrategia agrosilvicultural, el manejo agroforestal, en realidad, es de orden integral en la gestión del uso de las tierras, puesto que incluye una gama de plantas perennes leñosas, árboles pero también arbustos, en asociaciones espaciales y temporales con plantas perennes no leñosas, pastos y cultivos anuales, junto con una variedad de animales, que pueden ser ganado vacuno, ovejas, cabras, cerdos, pollos, conejos, etc., no como sistemas agrosilvicultoriles de grandes extensiones, sino como sistemas intensivos de pequeña extensiones que son agroecológicamente sólidos y mantienen la calidad del suelo (Uphoff, 2002).

La agroforestería como sistemas que incluyen elementos de especies mixtas, comprende beneficios socioeconómicos como ecosistémicos. Su diversidad genética es un componente característico que les permite ser más eficientes y generalmente más estables y resistentes a las perturbaciones, al obtenerse una serie de rasgos diferentes que pueden contribuir a múltiples funciones. La biodiversidad generada de los herbívoros tuvo efectos significativos favorables en la multifuncionalidad de los ecosistemas que la biodiversidad de las mismas plantas (Ching Liu, Kuchma y Krutovsky, 2018)

Es reconocido el concepto de alimentación animal sostenible, fundamentada en los criterios de su adecuada nutrición, para ofrecer productos económicamente viables y seguros a las personas, integrando de esta forma, la importancia del uso eficiente de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, los beneficios socioculturales, la rentabilidad y la integridad y sensibilidad éticas (Makkar y Ankers, 2014), por ello, la importancia de la adecuada integración del componente animal en los agroecosistemas, para que estos no sean afectados ni tampoco los demás sistemas naturales.

El diseño de la propuesta para la conversión agroecológica, se fundamentó en los resultados obtenidos del análisis participativo de la construcción de los elementos críticos de valoración de la sostenibilidad en sistemas productivos de hortalizas en la zona del Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño (Capítulo 8), junto con el análisis del comportamiento de la prevalencia de enfermedades, valorando el sistema de manejo de las hortalizas (Capítulo 9). Dicho proceso permitió entender que el uso indiscriminado de plaguicidas, incluso mezclados y de todos los tipos, haciendo parte del programa de protección de cultivos en los sistemas convencionales, no ofrece ningún tipo de garantía de mejores controles o equilibrios de los problemas fitosanitarios, en especial, los referidos a las enfermedades, ya sean estas de carácter bacteriano y nematodos. Además de presentar en la mayoría de los casos muestreados, presencia de residuos de

plaguicidas (moléculas detectadas) en el material vegetal, y aún en varios de los casos, rebasando los límites permisibles dictados por las normas de control (Anexo 5).

La presencia o prevalencia de las bacterias patógenas en los sistemas productivos convencionales no presentó diferencias significativas con los sistemas ecológicos, a pesar del alto uso de plaguicidas. Por otro lado, fue verificado ampliamente que el uso de productos de tipo nematicida en los sistemas convencionales, afectan la presencia de otros indicadores de la salud del suelo, es decir, no sólo se reducen las densidades de nematodos de carácter fitopatógeno sino igualmente aquellos que cumplen funciones de control biológico y orgánico, como lo son los depredadores, micófagos y saprobios (Capítulo 9).

En especial, la mesofauna del suelo (artrópodos, nematodos y tardígrados) presenta una serie de ventajas respecto a la microflora (bacterias, hongos y algas) y a la microfauna (protozoos, nematodos) como bioindicadores (Zalidis et al., 2004, citados por Sánchez-Moreno y Talavera, 2013), en el sentido de responder a diferentes tipos de manejo del suelo. Dichos grupos biológicos se encuentran uno o dos niveles más altos en la cadena alimenticia, por lo que integran las propiedades químicas, físicas y biológicas de los recursos alimenticios, y en segundo lugar, su ciclo de vida (de días a años), es más largo que el de los microbios metabólicamente activos (de horas a días), por lo que sus poblaciones son más estables y no están sujetas a fluctuaciones temporales por liberaciones efímeras de nutrientes (Mulder et al., 2005, citados por Sánchez-Moreno y Talavera, 2013).

Complementariamente se observó que en un mayor número de predios con manejo orgánico (88% de ellos), comparados con los predios convencionales muestreados (70% de ellos), hubo contenidos mayores al 10% de M.O.(Anexo 7), explicado en el tipo de manejo dado al suelo en los primeros, donde el agricultor en la mayoría de los casos, mantiene coberturas vivas, en especial en taludes de las eras de cultivo, además utiliza en arreglos, diversidad de cultivos en rotación, con uso de leguminosas y aplica sostenimiento del suelo mediante el uso de enmiendas orgánicas (compost), y no aplica nunca herbicidas ni nematicidas, a los residuos de cosecha (Capítulo 7).

El valor de pH como indicador de manejo de suelos, tiende a un valor más apropiado en los sistemas orgánicos comparados con los sistemas convencionales, gracias al efecto de encalado de las enmiendas órgano-minerales aplicadas en los primeros y a su mayor aprovechamiento por uso moderado y fraccionado de las mismas durante el ciclo vegetativo de cultivos; lo que permite la liberalización progresiva de nutrientes, mediada por la alta capacidad de intercambio catiónico

presente en ellas, que favorece el incremento en el número de grupos funcionales a medida que se controla la descomposición de los residuos orgánicos (Capítulo 7). El uso de enmiendas orgánicas para nutrición de suelos, se ha asociado con mejorar los problemas de salud del suelo, al permitir la recuperación de propiedades deseables como una mayor capacidad de retención de agua disponible para los cultivos, capacidad de intercambio catiónico CIC, provisión de nutrientes, estabilización del pH y una menor densidad aparente, a la vez que fomenta microorganismos beneficiosos (Bulluck III et al., 2002; Aparna et al., 2014).

El concepto tradicional de adecuada calidad de suelo, como aquel libre de patógenos, ha sido reconvertido al de “suelo saludable”, en el que se consideran otros aspectos adicionales, como la capacidad para realizar servicios ecosistémicos esenciales con el mínimo de insumos añadidos. El desarrollo y evaluación de indicadores que proporcionen información sobre la estructura y función de los procesos ecológicos en los suelos, se considera, por tanto, el primer y fundamental paso a la hora de decidir qué agroecosistemas pueden considerarse como sostenibles (Neher, 2001, citado por Sánchez-Moreno y Talavera, 2013).

La conversión agroecológica de los sistemas de producción de hortalizas, es un proceso de gran contribución tanto en compromiso como en dedicación y en aplicación del conocimiento por parte de los agricultores del cinturón de la zona Altiplano del Oriente Antioqueño. El aprovechar los avances logrados de la insistencia y perseverancia con un pequeño grupo de agricultores sometidos a la norma ecológica, pero a la vez reflexivos en la necesidad de avanzar y junto con estos, los agricultores no certificados, dentro de los cuales, existe un grueso de convencionales, dispuestos a procesos de transición hacia una agricultura sostenible de carácter agroecológico, se convierte en una oportunidad para establecer un marco de criterios como punto de partida (Capítulo 8).

La planificación de sistemas agrícolas mixtos que incluya determinada variedad de cultivos con diversos tipos de animales y una gama acompañante de otros recursos, puede ser compleja, ya que implica muchas decisiones de planificación sobre la asignación de recursos. Estas elecciones y sus resultados resultantes están sujetos a una amplia gama de objetivos y limitaciones, los primeros incluyen la necesidad de suficientes rendimientos financieros para mantener el sustento de los agricultores y trabajadores agrícolas, y el cumplimiento de metas ambientales para salvaguardar la sostenibilidad del sistema, tales como la reserva de nutrientes, evitando su pérdida (Groot et al., 2012).

## 10.2. Metodología

La metodología de formulación de la propuesta agroecológica se fundamentó en el proceso de análisis y retroalimentación de los resultados del levantamiento de la información (fase de caracterización), discusiones y evaluaciones de los sistemas de producción ecológica como convencional de hortalizas, tanto a nivel de finca y laboratorios, como en los espacios de los talleres grupales (fase de análisis), con una amplia participación de los agricultores, con quienes adicionalmente se realizaron encuestas individuales complementarias, fortaleciendo la construcción de la línea base (Anexos 1, 6). Se caracterizó y analizó el agroecosistema y su sistema de manejo en su conjunto, de una parte el subsistema suelo a través de la evaluación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas; los subsistemas de carácter multidimensional del agroecosistema, entre ellos, lo organizacional (sociocultural), mercados (económico), insumos y planes de manejo (tecnológico); el subsistema de cultivos a través de la descripción de sus componentes, el subsistema de enfermedades a través del análisis de la prevalencia e incidencia de patógenos, además de incluir el comportamiento del clima durante la fase de medición fitosanitaria.

La propuesta agroecológica recoge todos estos elementos necesarios para la formulación de objetivos de acuerdo a las necesidades de reconfiguración del modelo convencional predominante. Se verificó la hipótesis sobre que los análisis de resultados de los parámetros de medición de fertilidad del suelo como de calidad de insumos utilizados, infieren diferencias de manejo específico, en especial a través de la práctica de nutrición de cultivos y por ende las contribuciones de cada tipo de sistema a la mejor calidad del suelo o no (Capítulo 7). Se comprobó la hipótesis que las perspectivas y percepciones sumadas desde el nivel del agricultor, bajo el análisis de la sostenibilidad, acercan a las directrices a seguir para alcanzar el mejor desempeño de los sistemas de producción de hortalizas, determinando que la multifuncionalidad y estructuración de tales agroecosistemas, no se circunscriben al enfoque unidimensional productivista (Capítulo 8). Se verificó en gran parte la hipótesis que la prevalencia o afectación de problemas fitosanitarios causados por enfermedades en sistemas productivos de hortalizas, puede aminorarse o gestionarse por la confluencia de un manejo orgánico apropiado del suelo y sus demás prácticas integradas, en especial aquellas aportadas por sistemas agrícolas diversificados, que garanticen la salud del suelo, reflejado en la salud de cultivos y que deberá potenciarse en los principios agroecológicos (Capítulo 9).

**Zona de estudio:** el trabajo se realizó como se ha especificado, en el cordón principal de producción de hortalizas en la zona Altiplano de la subregión denominada Oriente Antioqueño, comprendiendo principalmente los municipios de Marinilla, El Santuario, El Carmen de Viboral, San Vicente y Guarne y el municipio de El Peñol en límites con dicha zona. Según Arias (1995), los elementos geomorfológicos que conforman la estructura básica del relieve en la zona, son las superficies de denudación de suelos, escarpes regionales, frentes erosivos y cañones; estos elementos han ido sucediendo a través de diferentes episodios en un transcurso histórico jalonado por el proceso discontinuo del levantamiento de la Cordillera Central.

Se caracteriza la zona por presentar un área importante cubierta de depósitos aluviales relativamente recientes, asociados a la cuenca del río Negro y sus principales afluentes, al igual que depósitos de vertiente encontrados en los bordes de los límites de las diferentes áreas de erosión y los escarpes regionales. Los depósitos aluviales presentan hasta ocho niveles de terrazas (Rendón et al., 2011). Las formaciones superficiales están compuestas de dos tipos de materiales: saprolitos, producto de la descomposición de rocas ígneas y metamórficas con espesores variables y diferentes clases de depósitos detríticos, dentro de los cuales se tienen depósitos de vertiente asociados a los escarpes regionales y al altiplano de Santa Elena; depósitos lacustres conocidos como Las Sedimentitas de La Fe; depósitos aluviales y varios niveles de terrazas localizados en las diferentes superficies de erosión, principalmente a lo largo del Valle del río Negro (Figura 19, Rendón et al., 2011).

En cuanto a la geomorfología, los principales relieves de primer orden que conforman la zona de estudio son las superficies de erosión, los escarpes que las separan y los cañones que las segmentan. Igualmente cada uno de estos, muestran un conjunto de relieves de segundo orden, que se pueden agrupar a partir de los relieves de primer orden. Los investigadores en este trabajo han propuesto una nueva cartografía, como lo más actualizado en este tema y que muestra la configuración del relieve del oriente cercano a Medellín (Rendón et al., 2011).

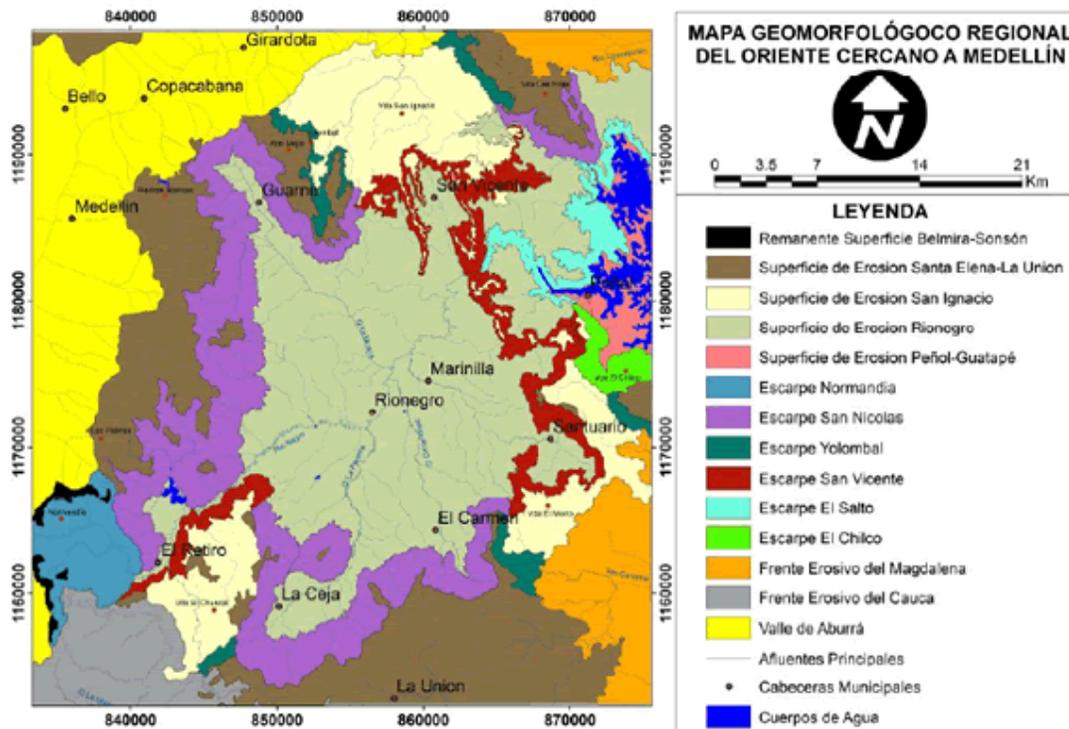


Figura 19. Unidades geomorfológicas predominantes en la zona de estudio (Fuente: Rendón et al., 2011)

### 10.3. Estudio de caso: Caracterización de los sistemas de producción convencional de hortalizas predominantes en la zona Altiplano de la subregión del Oriente Antioqueño

Se tomó el caso de dos de los tres sistemas de producción convencional de hortalizas evaluados en el proceso de investigación, ubicados en las veredas La Esperanza y La Montañita, del municipio de Marinilla, los que están más alejados de la agricultura sostenible.

Dichos sistemas de producción convencional de hortalizas, son típicos del predominio en la subregión de tal forma de intervención agroquímica, como se ha destacado a través de todo el trabajo de investigación en cada uno de los diferentes capítulos. Son sistemas altamente intensivos en la producción, con uso de variedades mejoradas de hortalizas y en los cuales, aunque existe cierto nivel de rotaciones, estas no cumplen exactamente los efectos esperados para tal tipo de prácticas, debido a que el sistema en conjunto, es totalmente dependiente de la aplicación de plaguicidas de todo tipo y al igual de altas dosis de fertilizantes inorgánicos, con enmiendas minerales como la cal y abonos orgánicos comerciales no siempre certificados. Las parcelas divididas en los diferentes tipos de cultivos o lotes, obedecen a áreas mayores conjuntas

de los cultivos principales (lechuga, brócoli u otra brassica, y apio, y aún tomate) cuando se comparan con los sistemas ecológicos certificados y los orgánicos no certificados.

Utilizando el enfoque de sistemas propuesto por (Hart, 1985), se construyó el gráfico del sistema de producción convencional de hortalizas predominante, que incluye los subsistemas suelo, cultivos, plagas (P), enfermedades (E), las entradas y las salidas, destacándose la ausencia de varios subsistemas, entre ellos, animal, reciclaje, coberturas, entre otros (Figura 20).

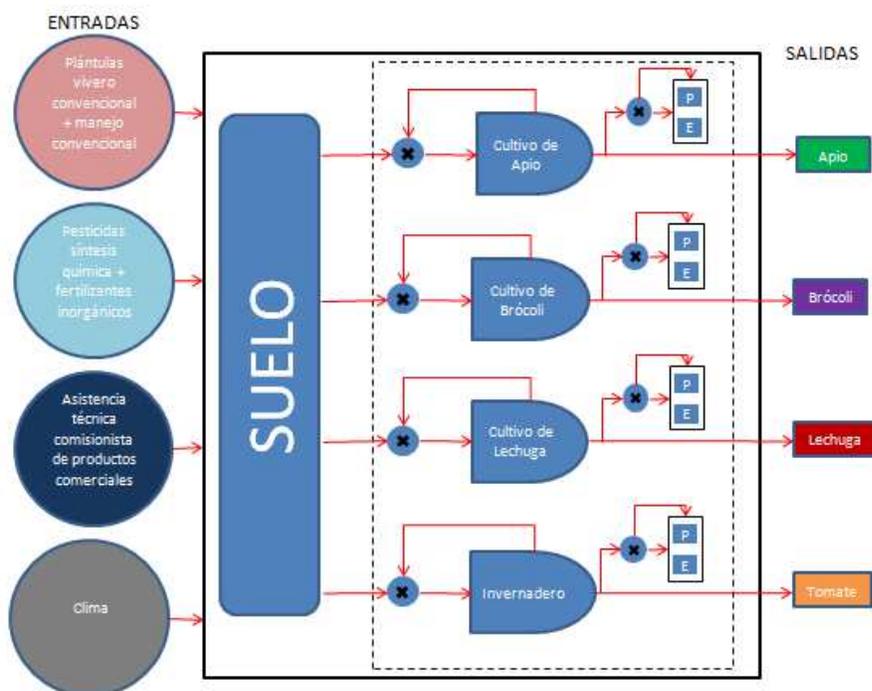


Figura 20. Sistema de producción convencional de hortalizas en la zona Altiplano de la Subregión del Oriente Antioqueño

El problema que se observa esquemáticamente en la Figura 20, es con respecto a cómo operan los sistemas de producción convencional de hortalizas en la zona de estudio y en un solo ejemplo de tantos otros que podrían darse, es el referido al manejo de las enfermedades, tema seleccionado como crítico por los propios agricultores. No se recurre a ninguna estrategia que vaya más allá del control químico, escasamente se leen las instrucciones de las etiquetas para de todas formas aplicar producto en demasía. Es decir, no existe en general un análisis integral de las causas reales de los problemas fitosanitarios y se fortalece este estado de inercia de las cosas, con otras medidas directamente relacionadas y que afectan la salud del sistema en su extensión amplia, ellas inician desde la misma programación de siembras y sus rotaciones por

parcelas de la finca, medidas que obedecen principalmente a especificidades exclusivas de mercado y todo el manejo agroquímico circunscrito a ello. No siguen las decisiones el fortalecer procesos eficientes de flujos de productos y subproductos entre y dentro de los diferentes componentes y subsistemas del agroecosistema de hortalizas; como podrá extraerse de los análisis de los sistemas convencionales (Tablas 57 a 60).

La rotación en estos sistemas, es mínima internamente dentro de cada parcela, puesto que en general se repiten continuamente las mismas variedades, y si se cambia de variedad (en especial lechuga), se obtiene la siembra de especies de la misma familia, como en el caso concreto de las brassicas (brócoli y repollo) y las solanáceas (tomate y papa). Ese criterio se une a que en más grandes extensiones que las de los mismos agricultores ecológicos, sembrando las mismas variedades, se logran presentar al mismo tiempo, diferentes edades de cultivos de esas pocas variedades o una permanencia de ellas, así como diferentes edades de relativa diversidad de cultivos pero de la misma familia, lo que exacerba la presencia o prevalencia de patógenos, en especial, las referidas a las de carácter bacterial, como las estudiadas en la investigación (ver Capítulo 9). Es decir, donde el agricultor permanentemente, tal vez sin saberlo bien, ejerce continuamente un control negativo, afectando suelos, cultivos y la misma dinámica del comportamiento de plagas y enfermedades.

El mismo sistema convencional en su conjunto, desde la definición de entradas, inicia con graves limitantes, debido a que las condiciones de operación, son desde el principio, impuestas desde afuera. Se puede detallar ello en los resultados obtenidos sobre la conceptualización y operacionalización de la sostenibilidad en dichos sistemas productivos (Ver Tabla 26), como los resultados de los factores o puntos críticos (Ver Tablas 27 a 32), donde las explicaciones socioculturales, económicas y tecnológicas son expuestas y discutidas. Resalta la alta preocupación por la salud en toda su extensión humana y ambiental y de todo el agroecosistema.

Al considerar los insumos, el material vegetal, la asistencia técnica y el clima imperante, como entradas al sistema, no existe una interacción de doble vía (retroalimentación), al menos si la hubiera (solamente se siguen instrucciones externas, sin analizar), los resultados no se reparten por igual, se da la relación de dependencia más fuertemente que la de interdependencia. Todas las fórmulas son dadas desde afuera, al menos a grosso modo. El nivel de control en este caso es más fuerte desde afuera del sistema y es presionado de tal forma, que dentro del mismo sistema, sucede lo mismo, por eso, no se presentan las eficiencias esperadas de las interacciones biológicas, químicas y aún físicas desde el componente suelo, porque este aunque por su gran

poder de vida y capacidad de interacciones, logra proveer sustento, nutrientes, y controles, no sucede lo mismo siempre desde el sistema de manejo impuesto; el control entonces es de carácter negativo.

El sistema de producción convencional predominante es totalmente desconectado del componente animal, por lo que no garantiza una interacción permanente con el componente suelo y por ende con los diferentes subsistemas de cultivos. No se da un proceso de reciclaje motivado desde la misma decisión del agricultor, depende casi exclusivamente de la fertilización inorgánica, que como se detalló en el capítulo 7 de análisis de parámetros de variables químicas de suelos, que crea una sobresaturación de calcio en el 45% de los suelos convencionales muestreados y con un pH con tendencia a bajar. Los niveles de materia orgánica del suelo tampoco suben a pesar de las sobredosis de abonos orgánicos a base de gallinaza y porquinaza, comprados en el mercado.

#### **10.3.1. Entorno.**

El material parental de la zona de estudio está compuesto por rocas ígneas y aluviones, donde destacan capas de cenizas de diferente espesor, drenajes imperfectos a buenos, fertilidad baja a moderada, con procesos erosivos y movimientos en masa, los paisajes son de altiplanicie (IGAC, 2007).

De acuerdo a los registros de las estaciones climatológicas instaladas, las fincas en general, presentan una temperatura promedio de 17°C, con una humedad relativa variable entre el 75 al 85%, una precipitación entre 2100 a 2700 mm, y altitudes entre 2000 a 2200 msnm. Corresponden a la zona de vida bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) en su mayor parte, con topografía plana a ondulada y pendientes cortas entre el 15 al 25%.

Poseen suelos ubicados principalmente dentro de la asociación Guadua, descrita en el capítulo introductorio (Tabla 1), caracterizados por proceder de cenizas volcánicas e igualmente de rocas ígneas. Se destacan las asociaciones de suelos Typic Hapludans, Typic Fulvudands (Figura 21) e Hydric Hapludands (IGAC, 2007).



*Figura 21.* Suelos Typic Fulvudands. Foto de García, 2006 (IGAC, 2007)

De la flora identificada como más común en la zona de estudio y comparada con el estudio del inventario de plantas vasculares del departamento de Antioquia realizado por Idárraga et al., en el 2013, se destaca la predominancia del árbol *Saurauia ursina* Triana & Planch., con nombre vulgar Dulumoco, de la familia Actinidaceae, que es nativo, con predominancia en las zonas de vida bh-MB, bh-PM, bmh-MB, con una alta atracción por la fauna. El árbol *Mauria ferruginea* Tul., especie de la familia Anacardiaceae, de nombre vulgar Chochito, en las mismas zonas de vida que el anterior. El arbusto *Austroeupatorium decemflorum*, de la familia Asteraceae, de nombre vulgar salvia; el arbusto *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, de la familia Asteraceae, conocido como botón de oro o margaritón; el árbol *Delostoma integrifolium* D. Don, de la familia Bignoniaceae, conocido como jaguito; el árbol *Clusia cuneifolia* Cuatrec, de la familia Clusiaceae conocido como Chagualo; el arbusto *Floscopa peruviana* Hassk. ex C.B. Clarke, Commelinaceae.

Así mismo como árboles de conservación de suelos, se encuentran en la zona, leguminosas en general como *Erythrina edulis* de la familia Fabaceae de nombre vulgar chachafruto; *Celosia cristata* de la familia Amaranthaceae, conocida como cresta de gallo; *Lupinus mutabilis*, Fabaceae de nombre vulgar chocho; *Leucaena leucocephala*, Fabaceae, conocida como leucaena.

**10.3.2. Descripción de los componentes o subsistemas actuales de los sistemas de producción convencional de hortalizas prevaecientes.**

Municipio: Marinilla, Agricultor: CONV 1, Finca: CONV1-MA-JG. Área total: 3.254 m<sup>2</sup> (sin invernaderos).

Cultivos en franjas: Apio con 3345 plantas, Brócoli con 8596 plantas y Lechuga con 5355 plantas.

Tabla 57. Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema apio

Componentes y Manejo del Subsistema del Apio				
1. Otros cultivos contiguos	2. Rotación previa	3.Procedencia plántulas	4. Productos más usados en el plantuladero	5. Control de las enfermedades
Sólo hortalizas: Tomate en invernadero con cosechas continuas; se acostumbra otras solanáceas como pimentón, papa y brassicas como repollo en otra gran franja, no asociados, no sólo a nivel de arreglo, sino definitivamente tampoco, de manejo. Algunos cultivos con tutorado y dejan varias semanas los residuos sobre el mismo y el suelo	Se había cosechado repollo antes donde ahora está el apio, sin embargo, puede haberse dado repetición de dos veces el mismo cultivo en la misma franja. Sin leguminosas normalmente en la rotación	Vivero comercial convencional que aplica fungicidas, insecticidas y bactericidas, una vez por semana (4 veces antes del despacho al cliente)	Ácido Yodhídrico más polietoxi etanol; Sulfato de gentamicina (100 g i.a./kg) y clorhidrato de oxitetraciclina (300 g i.a./kg); Streptomyces kasugaensis; Mancozeb + Oxiclورو de Cobre	Exclusivamente químico: C/ 8 días: Trifloxystrobin Cyproconazole en mezcla con difenoconazole
				Hacia mediados del ciclo, empieza a rotar moléculas tratando de controlar la aparición de la enfermedad con Propineb

Componentes y Manejo del Subsistema del Apio				
6. Otros productos de control para plagas	7. Fertilización del suelo	8. Consumo de agua por ciclo en solo aplicaciones de plaguicidas sin herbicidas	9. Control de malezas y manejo de arvenses	10. Manejo de residuos cosecha y nueva rotación
Al iniciar el cultivo usa Insecticida Cipermetrina para remojar plántulas, previa a la siembra, pasando el producto fácilmente al suelo. Luego a la semana, realiza una nueva aplicación de Cipermetrina, ya vía foliar	<p>Gallinaza siempre externa, no existen animales en finca. Gallinaza no certificada, sin marca, junto con cal a la siembra, ambos al voleo, no son incorporados. DAP (fosfato diamónico) y granulado triple 15, 40 grs/planta</p> <p>Termina de abonar con 10-20-20, más Nitrógeno total (N) 8.0%; Nitrógeno amoniacal (N) 1%; Nitrógeno ureico (N) 7%; Fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 5.0%; Calcio (CaO) 18.0%; (MgO) 6.0%; Azufre (S) 1.6%; Boro (B) 1.0%; Cobre (Cu) 0.14%; Molibdeno (Mo) 0.005%; Zinc (Zn) 2.5%</p>	45,5 L, equivalente a 1300 L ha <sup>-1</sup>	Las malezas no existen prácticamente y no hay arvenses. Siempre con herbicidas: Inicia aplicación inmediatamente después de siembra con Linuron. Glifosato para bordes de cultivos	Previo a nueva siembra, deseca los residuos de cosecha con herbicida Paraquat y luego los entierra con maquinaria y siembra zanahoria. Para un total con Linuron de 20 L más de aplicación de agua, equivalente a 571 L ha <sup>-1</sup> más de plaguicidas

Tabla 58. Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema brócoli

Componentes y Manejo del Subsistema del Brócoli				
1. Otros cultivos contiguos	2. Rotación previa	3. Procedencia plántulas	4. Productos más usados en el plantuladero	5. Control de las enfermedades
Tomate protegido, pimentón y apio en otra gran franja solo. Solanáceas cosechadas con residuos de varias semanas atrás sobre el tutorado y sobre el suelo	Se había cosechado antes la misma especie de brassica	Vivero Comercial Convencional que aplica fungicidas, insecticidas y bactericidas una vez por semana (4 veces antes del despacho al cliente)	Ácido Yodhídrico más polietoxi etanol; Sulfato de gentamicina (100 g i.a./kg) y clorhidrato de oxitetraciclina (300 g i.a./kg); Streptomices kasugaensis; Mancozeb + Oxicloruro de Cobre	C/8 días Mancozeb (500g/KG) + Oxicloruro de Cobre (190g/Kg) + Complejo Ferrico (50g/Kg): 175 litros de solución. Usa en rotación con fungicida a base de azufre coloidal
Componentes y Manejo del Subsistema del Brócoli				
6. Otros Productos de control para plagas	7. Fertilización del suelo	8. Agua por ciclo de cultivo en solo aplicaciones de plaguicidas sin herbicidas	9. Control de malezas y manejo de arvenses	10. Manejo de Residuos cosecha y nueva rotación
Cipermetrina al inicio y a la semana vía foliar, para 24 L de solución. C/15 días Insecticida Dimetoato: 146 L de solución. Rotado con Spinetoram: 146 L más de solución	Gallinaza no certificada sin marca, junto con cal a la siembra, ambos al voleo, no son incorporados. DAP y Granulado triple 15, 40 grs/planta. Termina de abonar con 10-20-20 y agrimins	491 L, equivalente a 2888 L ha <sup>-1</sup>	No hay arvenses. Herbicidas: Inicia aplicación inmediatamente después de siembra con Linuron. Paraquat y Glifosato para desecar al cosechar y para bordes de cultivos. Total 51 L de solución, para 300 L ha <sup>-1</sup> más	Previo a nueva siembra, deseca los residuos con herbicida Paraquat y luego los entierra con maquinaria y siembra para rotar papa, añade 24 L de Fipronil a la siembra de papa, y empieza a rotar con cipermetrina

Tabla 59. Componentes en sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema lechuga

Componentes y Manejo del Subsistema de la Lechuga				
1. Otros cultivos contiguos	2. Rotación previa	3. Procedencia plántulas	4. Productos más usados en el plantuladero	5. Control de las enfermedades
Tomate protegido, cilantro y papa en otra gran franja aledaños	Se había cosechado antes apio	Vivero Comercial Convencional	Ácido Yodhídrico más polietoxi etanol; Sulfato de gentamicina (100 g i.a./kg) y clorhidrato de oxitetraciclina (300 g i.a./kg); Streptomices kasugaensis; Mancozeb + Oxiclورو de Cobre	C/8 días Mancozeb (500g/KG) + Oxiclورو de Cobre (190g/Kg) + Complejo Ferrico(50g/Kg), rota con Clorotalonil

Componentes y Manejo del Subsistema de la Lechuga				
Otros productos de control	1. Fertilización	8. Consumo de agua por ciclo de cultivo en solo aplicaciones de pesticidas sin herbicidas	9. Control de malezas y manejo de arvenses	10. Manejo de residuos cosecha y nueva rotación
Insecticida Cipermetrina para remojar plántulas previa a la siembra, llega al suelo	Gallinaza no certificada sin marca, junto con cal a la siembra, ambos al voleo, no son incorporados. Reabono con 10-20-20	98 L, equivalente a 1400 L ha <sup>-1</sup>	Herbicidas: Inicia aplicación inmediatamente después de siembra con Linuron. Paraquat y Glifosato para desecar al cosechar y para bordes de cultivos	Previo a nueva siembra, deseca los residuos con Paraquat y luego los entierra con maquinaria y siembra zanahoria. 35 L más de aplicaciones para un total de 500 L ha <sup>-1</sup>

Municipio: Marinilla, Agricultor: CONV 2, Finca: CONV2-MA-JAC. Área total finca: 4.954 m<sup>2</sup>

Cultivo evaluado: Lechuga 23.330 plantas distribuidas en tres lotes (2121 m<sup>2</sup>).

Tabla 60. Componentes en los sistemas de producción convencional de hortalizas: Subsistema lechuga con predominancia de monocultivo

Componentes y Manejo del Subsistema de la Lechuga				
1. Otros cultivos contiguos	2. Rotación previa	3. Procedencia plántulas	4. Productos más usados en el plantuladero	5. Control de las enfermedades
Otras parcelas destinadas al mismo cultivo y de diferentes edades de lechuga y otras más alejadas con cilantro y zanahoria que pasarán a rotar con zanahoria. En un área semejante de 1800 m <sup>2</sup>	Repetición continua del mismo cultivo y a más largo periodo, siembra de otros cultivares. Se había cosechado antes cilantro y lechuga. Cada 2.4 semanas hay siembras nuevas de plántulas de lechuga	Vivero Comercial Convencional, con tratamiento agroquímico de plántulas (especialmente fungicidas y algunos insecticidas). Así mismo tratamiento inorgánico de la fertilización	NPK, enraizadores, iniciadores, Ácido Yodhídrico más polietoxi etanol; Sulfato de gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina; Streptomices kasugaensis; Mancozeb + Oxicloruro de Cobre	C/8 días mezcla de los fungicidas Difenoconazole + Propineb + Mancozeb + junto con Methamidophos + Diazinon, para un total de 1523 litros de solución/ciclo
Componentes y Manejo del Subsistema de la Lechuga				
6. Otros productos de control de plagas	7. Fertilización del suelo	8. Consumo agua por ciclo en solo aplicaciones de pesticidas	9. Control de malezas y manejo de arvenses	10. Manejo de residuos cosecha y nueva rotación
Methamidophos + Diazinon, que son mezclados con fungicidas. Además utiliza en rotación otros dos insecticidas con el mismo ingrediente Lambda cihalotrina	90 grs Gallinaza por planta junto con 22,5 grs cal dolomita a la siembra, no son incorporados. 706 L en todo el ciclo, de solución de fertilizante foliar a base de Nitrógeno amoniacal y nítrico. 6 grs de Urea, 6 grs de triple 15 y 6 grs de triple 16, a los 21 días después de siembra	1523L, equivalentes a 7180 L ha <sup>-1</sup>	No maneja ningún tipo de arvenses. Aplicación de Dicloruro de Paraquat en postemergencia y se observa fitotoxicidad en los cultivos	Previo a nueva siembra, deseca los residuos con herbicida Paraquat y luego los entierra con maquinaria y siembra cilantro y repite lechuga en áreas de las mismas parcelas

### **10.3.3. Elaboración de la propuesta de conversión de los sistemas de producción convencional de hortalizas.**

Partiendo del diagnóstico elaborado en la caracterización de los sistemas intensivos de producción convencional de hortalizas, de acuerdo a las fincas modelo sobre sus sistemas de manejo, junto con la caracterización multidimensional descrita desde los capítulos anteriores cuando se trabajó con los dos grupos de agricultores, en los cuales se destaca el gran avance del grupo de ecológicos en lo referente a la no aplicación de plaguicidas de síntesis química, ni de fertilizantes inorgánicos, con un proceso regido por la norma ecológica, y a su vez con el grupo más heterogéneo de agricultores en diferentes niveles de agricultura, ambos grupos con perspectivas y trayectorias significativas en sus procesos socio-ecológicos; se presenta una propuesta de conversión agroecológica. Ella no sólo se debe circunscribir al diseño técnico de arreglos y disposición de componentes como tal, puede ser además variable de acuerdo a las condiciones particulares de cada finca y en especial a las preferencias y dotaciones de capital, mano de obra y demás recursos, entre ellos el factor humano.

Los objetivos que se persiguen en el proceso de mejoramiento y conversión de los sistemas de producción, parte de los resultados de las caracterizaciones y evaluaciones del proceso de investigación participativa, con el enfoque centrado principalmente en los agricultores más dependientes de los plaguicidas y demás insumos externos, por su dependencia de evidencias diferentes, de la necesidad de transformaciones a través de mucho trabajo de seguimiento, de la necesidad de redes con agricultores de avanzada como los ecológicos muestreados. Así como la necesidad de técnicos preparados e instituciones promotoras. Actualmente, la presión externa es muy alta, no solo por vecinos sino al igual por las políticas de mercado e institucionales dirigidas a la especialización de productos.

El uso de indicadores de sustentabilidad, auspiciados con la participación de agricultores, es una herramienta apropiada para evaluar emprendimientos de reconversión agroecológica. Reconociendo en el proceso que existe una amplia heterogeneidad ecológica y cultural, no existiendo por lo tanto, recetas únicas de diseño, bregando porque las estrategias formuladas se adecúen lo mejor posible (Sarandón y Flores, 2014). De acuerdo al análisis participativo con los grupos de agricultores y los resultados obtenidos del proceso de investigación se plantea los lineamientos de la propuesta de transición de sistemas convencionales a sistemas agroecológicos.

Tabla 61. Caracterización de las diferentes estrategias integradas en una propuesta de conversión agroecológica de sistemas de producción convencional de hortalizas

Caracterización estrategias de conversión agroecológica de hortalizas			
Problemática actual	Estrategia	Descripción	Justificación
Inexistencia total del componente animal y arbóreo. No están integrados en las fincas convencionales de sistemas de producción de hortalizas. Las fuentes de materia orgánica empleadas, normalmente son de origen animal y externas a la finca, es decir, no existe control sobre la calidad del producto comprado y menos la facilitación garantizada de la activación de procesos bióticos a nivel del suelo que no creen contaminaciones	Restablecimiento de las interacciones biológicas beneficiosas en el suelo a través del manejo de la materia orgánica vegetal y animal presentes en finca	Reensamblaje de la interacción vegetal-animal. Animales en estabulación o semiestabulación, no en pastoreo absoluto, sino controlado, pensando siempre en el bienestar animal. Por el tamaño de explotaciones, preferiblemente poligástricos menores, tales como los ovino-caprinos, más fáciles de manejar por las condiciones de las fincas y competencia y condiciones de mercados que existen para los monogástricos como cerdos, pollos de engorde, gallinas ponedoras, que exige la necesidad de volúmenes y precios sostenidos (no se descartan sin embargo su uso)	El uso del estiércol animal llevado a composteras para mezclar con fuentes vegetales, lo que favorece mejores valores de grupos funcionales en el suelo en el mediano plazo comparado con sistemas convencionales (donde el componente animal no está integrado). Contribuyendo a las exigencias nutritivas de los cultivos y a la salud del sistema
Inexistencia de la diversificación temporal y espacial del componente vegetal multiestrata en las fincas de sistemas de producción de hortalizas convencionales	Alimentación animal balanceada con fuentes proteicas, energéticas y suplementarias a través del componente vegetal diverso integrado en las fincas sin necesidad de	Establecimiento de bancos de forrajeras y algunas como coberturas (arvenses), más áreas pequeñas de pastos de corte y cercas vivas con especies arbóreas	Alimentación animal con pasturas para henificar y de fuentes forrajeras leguminosas o de otras familias, integradas al sistema, como fuentes proteicas y energéticas, complementadas de acuerdo a la especie

	disminuir las áreas dedicadas a la producción de hortalizas o de bregar a anexar áreas nuevas en bosque, sino el aprovechamiento de lo que se posee. Completar con insumos externos permitidos, para satisfacer sus requerimientos en fases de mantenimiento y producción animal		animal, y con residuos sanos de cosecha de hortalizas
Escasez de productos de diferente índole a las propias hortalizas que generen complementación de la dieta e ingresos	Formación para el aprovechamiento de la producción de productos sanos para consumo humano e ingresos adicionales, derivados del componente animal	Alternativas de producción de leche de cabra y sus derivados, huevos de gallina y carne de pollo, cerdo u ovino-caprino	Complementación de los ingresos de la finca a través de las ventas, además de variación de la dieta familiar o autoconsumo sano
Consumo de abonos orgánicos externos procedente de animales con probabilidades de manejo epidemiológico y sanitario desconocido o sin registros	Mantenimiento y salud de los animales	Uso de medicamentos veterinarios permitidos guardando sus periodos de retiro o consumo, sin antibióticos y hormonas en los piensos. Y aplicación del plan sanitario regido por la autoridad competente	El uso de medicamentos permitidos o regulados por la norma ecológica o de acuerdo al desarrollo de protocolos ya probados en mantenimiento y salud animal natural y suplementos alimenticios naturales, para asegurar que el rendimiento no se incremente a expensas de la salud del consumidor, la seguridad o el bienestar de los animales
Uso de maquinaria pesada para preparación de suelos e	Protección del suelo a través de	Realización de terrazas, coberturas	Aprovechamiento de la integración de leguminosas y

<p>incorporación de residuos de cosecha en los sistemas de producción convencional de hortalizas</p>	<p>medidas de conservación</p>	<p>vivas, labranza mínima</p>	<p>arvenses que crecen apropiadamente a nivel superficial, además de capacidad de tolerar sombra, pisoteo y fijadoras de nitrógeno y controladoras de malezas. No laboreo del suelo con maquinaria pesada, solo con implementos que lo perturben mínimamente</p>
<p>Ausencia de leguminosas en la rotación, si se presentan, están aisladas y más como monocultivo de frijol en algunas de las fincas</p>	<p>Leguminosas seleccionadas por adaptación ecológica de la especie, en especial a condiciones climáticas y adaptadas a las condiciones de suelo de la zona Altiplano</p>	<p>Considerando alturas promedio entre 2000 a 2200 msnm, HR entre 75 a 85%, temperatura promedio de 17°C y entre 2100 a 2700 mm de precipitación</p>	<p>Hacer uso del amplio rango de adaptación de varias leguminosas en la zona y algunas otras familias, entre ellas maní forrajero, guandul, canavalia, crotalaria, frijol terciopelo, pega-pega, morera, ramio, botón de oro, frijol petaco, entre otras.</p>
<p>Uso excesivo de fertilización inorgánica a base de NPK y aplicación excesiva de cal</p>	<p>Eliminación paulatina de las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos</p>	<p>Mantenimiento del equilibrio de descomposición y reposición de la materia orgánica del suelo con la sincronización de la calidad y cantidad de bioabono de finca en forma de compost y otros aportes como las leguminosas y residuos de cosecha</p>	<p>Rotaciones de cultivos con leguminosas que pueden incorporarse al suelo y por descomposición de residuos, no de cultivos comerciales por problemas fitosanitarios; sino de deshierbes, hojarasca y podas de barreras vivas. La materia orgánica así formada en el suelo, posee la capacidad de amortiguación de pH, mejorando adecuadamente, evitando los excesos de nitratos y de desbalances por el</p>

			amonio en las aplicaciones inorgánicas
Uso exclusivo de variedades mejoradas de hortalizas, sin diversidad interespecifica como intraespecifica	Incrementar la biodiversidad en espacio y tiempo, con diversidad interespecifica como intraespecifica de cultivos principales como las hortalizas, en mezclas con cereales y frutales arbustivos, intercalados o en bordes de cultivos y límites y divisorias de franjas	Arreglos productivos, tanto con variedades de cultivos de diferentes familias como de cultivares emparentados con los cultivos principales y otras especies opuestas en funciones	Mejor desempeño frente a estrés por clima, patógenos e insectos, gracias a que la biodiversidad planeada favorece la biodiversidad asociada arriba como abajo del suelo; arriba por mayor variabilidad en la distribución de la competencia y defensa frente a factores adversos y abajo con mayor diversidad de grupos funcionales, favoreciendo sinérgicamente las defensas de arriba del suelo
Uso exclusivo de plaguicidas de síntesis química para control de plagas y enfermedades	Eliminación progresiva de todas las formas de intervención con biocidas de síntesis química	Uso de mecanismos internos de regulación de plagas y enfermedades	Resistencia inducida por un adecuado manejo de nivel nutricional de cultivos, gracias a efectos de reciclaje y prácticas asociadas de manejo del hábitat, centradas en la formación y conservación de suelo, como enmiendas o compost de finca, coberturas, rotación de cultivos diversos, asociaciones y cultivos múltiples
	Uso natural no sintetizado de allomonas, kairomonas y sinomonas, elaboradas o favorecidas por el	Arreglos distributivos donde intervengan plantas con acción repelente para inhibir la acción de fitófagos y con	Con el fin de contribuir a la regulación de poblaciones desde las etapas iniciales de la conversión hacia la agricultura

	manejo mismo de los agricultores de los diferentes tipos de cultivos	acción atrayente para atraer controladores	sostenible y establecer un equilibrio de control biológico
Eliminación de la biodiversidad intra e interpredial que amplía la frontera agrícola para mayores áreas dedicadas a monocultivos de hortalizas	Biodiversidad ampliada a través de árboles en los costados o límites de la finca, y entre ellos, siembras de cultivos de diferentes características de crecimiento, tales como arbóreos, arbustos y herbáceos	Ampliación y aplicación del conocimiento de la biodiversidad planificada, para crear biodiversidad asociada, y fortalecerlas a través de las adecuadas prácticas de manejo, utilizando cercas vivas, barreras cortavientos, coberturas, arvenses, sistemas de agroforestería, vegetación seminatural, refugios o corredores biológicos	Restablecimiento de las complejas interacciones entre los componentes de los agroecosistemas, cumpliendo diferentes funciones biológicas, químicas y físicas, para contribuir como pasos intermedios a los servicios de regulación de los ecosistemas y por ende de los agroecosistemas, sosteniendo así el equilibrio y brindando satisfacción de necesidades
Diseños de cultivos con predominio de unas pocas especies, que se repiten constantemente en el espacio y en el tiempo, sin mayor variabilidad	Implementación de un sistema de planificación de prácticas agroecológicas integradas, fundamentadas en la regulación de poblaciones, evitando el control específico y limitado de problemas particularizados por el conocimiento dependiente de los plaguicidas	Activación de las competencias interespecíficas con intraespecíficas de cultivares preferiblemente no mejorados genéticamente o al menos mezclados con variedades locales y andinas y en diseños productivos multidiversos, que permitan la creación de variados microclimas arriba y abajo del suelo	Rotación de cultivos, opuestos en dinámicas de susceptibilidad o resistencia a agentes infecciosos, junto con el uso de cultivos trampa, que permitan en conjunto, el quiebre del comportamiento reiterativo de los patosistemas dominantes
Afectación de las fuentes de agua y suelos como sumideros de residuos de toda índole	Manejo eficiente de los factores abióticos que causan enfermedades	Planes de manejo centrados en la fertilización orgánica y conservación del suelo, que incluya el suministro de	Mantenimiento de procesos de reciclaje de materiales orgánicos, sincronizados con las demandas de

		elementos considerados mayores y menores a través de las materias primas propias a nivel de finca y de mejoramiento de las condiciones físicas del suelo	cultivos y demás activación de cadenas tróficas bajo el suelo. Prácticas de conservación de los demás recursos como el agua, el aire y sus contenidos y ciclos, al favorecer la calidad del suelo
--	--	--	---

De acuerdo a los resultados ampliamente detallados en la tabla 61, la propuesta se centra en la implementación de sistemas agroforestales en las fincas de los agricultores de hortalizas, donde las pequeñas áreas dedicadas a este tipo de cultivos, son integradas junto con otros tipos de cultivos en arreglos espaciales diversos y con rotación en el tiempo. Esas otras especies son árboles, arbustos, arvenses, además de la integración del componente animal preferiblemente estabulado en instalaciones bien acondicionadas, aprovechando para ello toda una serie de áreas que están disponibles en las fincas o que se pueden integrar con manejos sencillos, económicos y prácticos (Figura 22).

En general, en estos sistemas se utilizan tanto plantas agrícolas como especies forestales, que pueden ocupar espacio físico común, con el objetivo de continuar produciendo tanto alimentos como materias primas aprovechables en diferentes usos dentro de la finca, cumpliendo múltiples funciones, entre ellas, promoción o aprovechamiento de nutrientes presentes tanto en las capas superficiales como profundas del suelo, además de fomentar el control biológico natural de plagas y enfermedades (Costa, Guimaraes, Marques, Morais da Costa, Hoffmann, 2010).

Dichos sistemas pueden ser llevados a cabo de acuerdo con la regeneración natural de especies nativas de un bosque o de relictos de bosque dentro de la finca o relativamente cercano, con especies de relativo rápido crecimiento y con el apoyo de vecinos y viveros forestales públicos asentados en la región con amplia experiencia y espacios donde también se conserven bancos de germoplasma. La biodiversidad planificada se hará con siembras de cultivos comerciales de hortalizas de ciclo corto, de acuerdo a la adecuada variedad de especies intraespecíficas e interespecíficas junto a otras especies acompañantes de plantas medicinales, aromáticas y repelentes y en mucho menor escala especies de cultivos anuales como cereales, leguminosas y semipermanentes como frutales. El componente animal apropiadamente ubicado, sin causar contaminación cruzada e igualmente de especies fácilmente adaptables a la zona, donde la base

de su alimentación esté integrada dentro de la finca, con áreas dedicadas a bancos de proteínas y pasturas de corte preferiblemente (Figura 22).

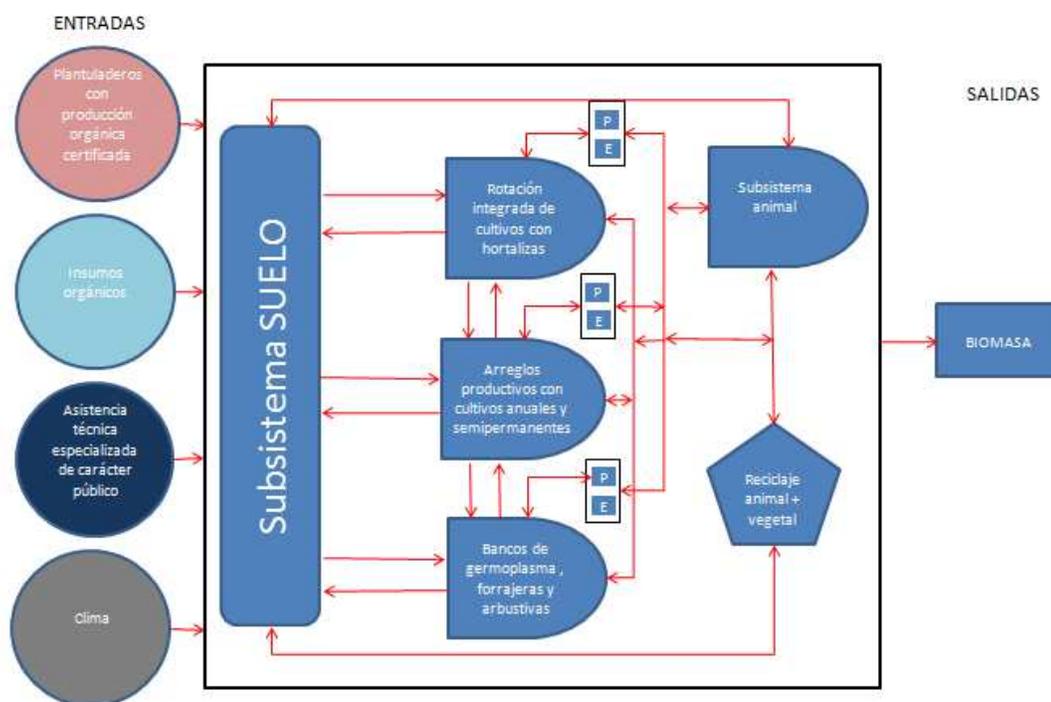


Figura 22. Propuesta de diseño de componentes o subsistemas para los sistemas de producción de hortalizas

### 10.3.3.1. Componente vegetal.

#### 10.3.3.1.1. Árboles en límites y en fuentes de agua de las fincas.

Constituyen el estrato alto y son sembrados en menor cantidad, preferiblemente en los límites de las pequeñas fincas, sirviendo como barreras rompevientos, además de atrayentes de fauna benéfica, y conservando el suelo. Entre ellos, adaptables y nativos de la zona de estudio:

Dulumoco (*Saurauia ursina*): Actinidiaceae, con alta atracción faunística, con tasa de crecimiento alta, resiste los suelos pobres, con requerimiento medio de luminosidad (Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA, 2014).

Guamo (*Inga edulis*): Fabaceae, se la cultiva por sus grandes vainas comestibles y por su aporte a la rotación de cultivos con fijación de nitrógeno. Para protección de cuencas, hacer postes, leña, carbón y alimento, pues la pulpa blanca y carnosa de las semillas es comestible y dulce.

Chagualo (*Clusia cuneifolia*): Clusiaceae, se adapta a terrenos erosionados, como recuperador de suelos. Para uso de vigas en vivienda por su alta resistencia. Postes para cercas.

10.3.3.1.2. *Árboles para las fuentes de agua dentro o en fuentes que bordean los límites de las fincas.*

Cordoncillo (*Abatia parviflora*): Salicaceae, además es casual melífera que atrae a insectos como abejas por lo que es usada en apicultura.

Quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*): Acanthaceae, también cumple funciones de alimentación animal y de una amplia aceptación para los monogástricos, debido a su alta digestibilidad y baja concentración de sustancias fenólicas. Con gran crecimiento de área foliar, y capacidad de rebrotes tiernos, con proteína del 16 al 20% (Sarria et al., 1994).

10.3.3.1.3. *Arbustos como estrato medio, cumpliendo funciones de barreras vivas y alimentación animal y humana en muchos casos.*

Se puede aprovechar el conocimiento y uso que se tiene por parte de muchos de los agricultores, de especies leguminosas y también follajes no leguminosos presentes en sus parcelas, cumpliendo funciones tanto de alimentación animal como de conservación del suelo y aguas y protección de límites de las fincas, tales como el mismo quebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricida sepium*), morera (*Morus alba*) y botón de oro (*Thitonia diversifolia*).

Muchas de estas especies vegetales, según Camacho (2009), producen metabolitos secundarios como fenoles, sesquiterpenos, cumarinas, que pueden contribuir en buena forma al control alelopático de malezas y como defensa contra plagas y patógenos y donde los microorganismos presentes en el suelo son capaces de descomponer los polímeros fenólicos en sus monómeros a través de un proceso conocido como deglicoxidación. Ringuelet y Viña (2013), sostienen que dentro del grupo de los compuestos fenólicos que actúan como fitoalexinas y/o fitotoxinas, las hidroxycumarinas y los conjugados hidroxycinamatos, son de crucial importancia por su contribución a los mecanismos de resistencia a las enfermedades en las plantas.

10.3.3.1.4. *Arvenses y pastos en un estrato llamado bajo, pero cumpliendo funciones importantes varias.*

En lo que respecta a las arvenses están las que cumplen una función de protección del suelo, además de contribuir al equilibrio de la fauna del cultivo y como parte de la misma biodiversidad del sistema, por lo que puede planearse su introducción o trabajo selectivo dentro de las mismas

áreas de la finca, a través de franjas o en bordes de cultivo, para crear refugios para enemigos naturales y que puedan apoyar el control biológico de plagas tanto insectiles como de patógenos al interferir en sus desplazamientos y dinámicas (Santana, Córdoba, Jaramillo y Díaz, 2005). Muchas de las arvenses de todas formas hay que saberlas manejar por la posibilidad en muchas de ellas de albergar también plagas y patógenos. Se recomienda la ruda de castilla (*Ruta chalapensis* L.), el pega-pega (*Desmodium uncinatum*), y el trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

#### **10.3.3.2. Componente cultivos.**

La propuesta referente a sostener la siembra de cultivos de carácter comercial, sustenta el empleo de las hortalizas para ello, pero propiciando un proceso de control integral desde las entradas al sistema (figura 22), con respecto a que tanto el material vegetal como la mayor parte de los insumos, se podrán ir obteniendo con el tiempo dentro del agroecosistema y/o en conexión con sistemas en la misma trayectoria o mayor grado de avance (caso productores certificados para producirlos) y mientras se da un proceso de transición completo. No se recurrirá a insumos sustitutos, pero sí a aquellos procesos de carácter social regional que han avanzado significativamente en la región hacia una agricultura sostenible o que por lo menos el trabajo en pequeñas redes lo sustente y lo facilite con el apoyo institucional (ONGs, Secretarías de Agricultura). Por ello, y muy fundamental es que los gobiernos locales en alianza con el gobierno departamental, lideren la instalación de capacidades para el real desempeño del proceso de asistencia técnica especializada en el tema, que requerirá la nivelación de técnicos y demás personal profesional, con capacidades para valorar a la gente y los aprendizajes de doble vía.

Los insumos orgánicos y al igual el material que se requiera de plantulación, se adquirirá a grupos de agricultores que tengan los avales de dicha posibilidad de provisión o que pertenezcan a alguna organización dispuesta a ofrecer servicios de intercambio de experiencias y al igual con proveedores integrados.

La propuesta que se recoge en el análisis con productores, será el diseño de cultivos con hortalizas que obedecerá a arreglos diversificados con otros cultivos, en policultivos preferencialmente, procurando que la biodiversidad planificada integre desde el inicio un proceso de introducción de diversidad genética tanto intraespecífica como interespecífica y complementado con la estrategia del manejo agroecológico del suelo, es decir, procurando una adecuada nutrición de cultivos, fundamentada en la integración animal y demás recursos disponibles a escala de finca, donde el eje central de las decisiones se fundamenta en la experiencia y aprendizaje continuo del agricultor, contribuyendo al manejo agroecológico de las

enfermedades y plagas. Para el efecto el agricultor hará uso de un plan de manejo ajustable del sistema de producción, mediante la gestión del riesgo. Varios autores, entre ellos Dogliotti et al., 2004, enfatizan en propuestas sustentadas en el enfoque de la superación de los problemas de sostenibilidad para sistemas de producción de hortalizas, a través de la implementación de rotaciones de cultivos que mejoren el rendimiento general, reduzcan la erosión del suelo y los requerimientos de altos insumos, siempre bajo el esquema de mejoramiento de la eficiencia de los recursos que se integran y se trazan en el rediseño. Para complementar dicho proceso está la integración de arreglos espaciales de dos o más cultivos, ya sean cultivos intercalados en surcos diferentes o en franjas de cultivos o cultivos mixtos, planificando debidamente los arreglos espaciales junto a densidades de siembra, fechas de siembra y de cosecha escalonadas (Sullivan, 2003).

Los sistemas de producción mixtos (cultivos y ganadería) brindan oportunidades para capturar interacciones ecológicas entre diferentes alternativas de uso del suelo, para hacer que los agroecosistemas con pastos incluidos, sean más eficientes en el ciclo de nutrientes, preservando los recursos naturales y el medio ambiente, mejorando la calidad del suelo al proveer N y mejorando la biodiversidad (Lemaire, Franzluebbers, Carvalho y Dedieu, 2014).

En la propuesta de discusión con los agricultores, el arreglo de policultivos con hortalizas, tendrá en cuenta que no deben sembrarse las mismas variedades de las mismas especies sin un ciclo adecuado de rotación, al menos esto no debe suceder dentro de las mismas franjas o parcelas en los que está dividida el área de cultivos comerciales. Sino que la rotación obedezca a procesos coordinados entre franjas de cultivos.

Por siglos, la agricultura de los países en algún momento llamados tercermundistas como la India, se fundamentó en los recursos locales, en especial caracterizados por la multitud de variedades y conocimiento autóctonos, logrado como parte de su interacción sostenida con la naturaleza (Altieri, 2004; Srivastava et al., 2016). Hoy se reconoce que la alta adopción de las especies híbridas modernas desplazó significativamente el espacio ocupado por las variedades locales, erosionando la diversidad genética contenida en ellas (Coromaldi, Pallante y Savastano, 2015)

Además, deben los sistemas convencionales integrar a los cultivos anuales y semipermanentes adecuadamente ubicados, sean estos arbustos, árboles y comerciales, que no hagan interferencia con las hortalizas. Dichos cultivos estarán en mucho menor proporción con respecto a la densidad total de hortalizas y sembrados como cultivos de bordes de áreas, protectores, que permitan la llegada de depredadores y demás controladores de plagas. Podría pensarse en

retomar cereales de porte pequeño, tales como el maíz y cereales llamados andinos, que ofrecen servicios de fuente de alimentación animal y humana por su alto contenido proteico y energético, control de barreras a insectos plagas. Entre ellos la quinua (*Chenopodium quinoa*), tarwi o lupino (*Lupinus mutabilis*) y la chia (*Salvia hispanica L.*).

La complejidad inherente en la selección de las diferentes especies para conformar la estructura y el manejo de los sistemas agroforestales con multiespecies, es de sumo cuidado para lograr sus beneficios potenciales, evitando efectos de competencia negativa, además de prever la inversión inicial alta y los altos periodos de tiempo para el crecimiento de árboles y obtención de los efectos positivos (Wolz y DeLucia, 2018).

#### **10.3.3.3. El subsistema o componente animal.**

El componente animal por supuesto, será aquel que más se acondicione a las exigencias, gustos y facilidades del agricultor, se propone por resultados y manejo, que sean poligástricos menores como las cabras, por ser una especie que se adapta a una infraestructura manejable en la zona, que con pocos animales, en un promedio de seis animales, para áreas de fincas promedio de 0,5 hectáreas, es suficiente y donde el negocio no es producir cabras, pero si es una gran oportunidad para además de cubrir necesidades de estiércol como materia orgánica, obtener productos como la leche que tiene tanta demanda por sus atributos para la salud de la mujer embarazada, los niños y ancianos. Se recomienda que el sistema sea estabulado y con el debido manejo establecer un pastoreo controlado de cuatro horas diarias, con cercas, para mejorar la misma calidad de los suelos en el área destinada junto al aprisco, sosteniendo en ella, bancos de forrajes con leguminosas y pasturas. De acuerdo a Bonaudo et al. (2014), un alto nivel de integración entre cultivos y ganado, implica una alta tasa de reciclaje de los recursos naturales, destacado por una agricultura de bajo uso de insumos externos, pero que puede proporcionar poca rentabilidad económica y bajos volúmenes de producción, por lo que se requerirá en el proceso de transición de sistemas convencionales a ecológicos, estudios de ecoeficiencia. Entre muchos estudios, el diseño debe basarse en sistemas que promuevan la gestión de las funciones metabólicas e inmunes del sistema como un todo, para fortalecer la función productiva con el mínimo de insumos externos.

Por cuestiones de competencia de mercados, además de la necesidad de más animales y demanda alta de manejo, no se recomienda pero tampoco se obvia, si lo desea el agricultor, el manejo de monogástricos como cerdos y aves en los sistemas integrados de producción. Además de que el estiércol se convierte en materia prima para la fabricación de abonos, así mismo, se

aprovechan los residuos de las hortalizas adecuadamente manejados para complementar la dieta animal. Sustentan Sánchez y Rosales (1999), que en los sistemas mixtos con árboles forrajeros y multipropósito, el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, con gran complementariedad, donde los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha para rumiantes por un lado y por otra parte, para la dieta de monogástricos como porcinos basada en algún producto rico en energía como jugo de caña, yuca, etc.

Los animales en los sistemas de producción diversificados en los países en desarrollo, desempeñan diversas funciones que no son sólo la producción de alimentos demandados por consumo de proteínas, sino también como una fuente de ahorros, producción de fertilizantes orgánicos, entre otros. De esta forma, los animales se han considerado un signo de riqueza para los pobres, debido a estas múltiples funciones (Duteurtre y Faye citados por Lemaire et al., 2014).

#### ***10.3.3.4. El subsistema plagas y enfermedades.***

La agroecología tiene como estrategia el manejo del sistema de producción o de la finca como un conjunto integrado, mediante prácticas que favorezcan su complejidad. Es así como al adoptar la diversificación, se favorecen el control biológico y la nutrición orgánica, inseparablemente. Con respecto a ello, se da el enfoque de sistemas al manejo de plagas, no supeditado al mero cultivo afectado o a la plaga en sí misma como problema, sino en su interacción con el resto de componentes. Desde el enfoque agroecológico, se plantea un análisis de todos los componentes para la comprensión de la problemática de las plagas, donde los agentes potencialmente denominados plagas (insectos, malezas y enfermedades), son un componente más del agroecosistema, con características propias y que interactúan y se relacionan con el entorno (Sarandón y Flores, 2014). Es así como a nivel de la parcela cultivada, del predio y del propio territorio circundante, un productor agroecológico, trata de conocer mejor los factores internos y externos que afectan positiva y negativamente las dinámicas de sus sistemas productivos, entre ellos, los comportamientos de las poblaciones de insectos plagas y patógenos y sus controladores.

Se consideran tres funciones clave que operan en un agroecosistema sano: la función producción, la función metabólica, y la función inmune. La analogía orgánica de la función metabólica es el proceso de degradación y síntesis de materiales y energía en los ecosistemas. La función metabólica se refiere al ciclo de nutrientes y el flujo de energía en los ecosistemas que se da a través de un complejo conjunto de interacciones bióticas y abióticas. La función inmune

se refiere al mantenimiento de la salud y la resistencia a las perturbaciones del ecosistema (Holling, 1973). Igualmente la función inmune en el enfoque ecológico de los agroecosistemas, abarca los flujos de energía, el ciclo de nutrientes, los mecanismos de regulación de las poblaciones y la resiliencia del sistema, para permitir el rediseño de la agricultura a escala de paisaje (Pretty, 2013). El cambio en el diseño debe proceder de sistemas que han confiado en el suministro de insumos externos con énfasis en la función de la producción a sistemas que confíen en las funciones metabólica e inmune, para promover la producción con el mínimo de insumos externos (Bonaudo et al., 2014).

En el diseño de la propuesta cada uno de los subsistemas en interacción, han sido expuestos en su estructura y función, donde el subsistema de manejo agroecológico en cada uno de ellos, se constituye en un producto de resultados mayor que la suma de las diferentes estrategias individuales. Los resultados discutidos en el capítulo 9 sobre la evaluación semanal de la sola presencia o no de las diferentes enfermedades en los sistemas productivos, como indicación del peso o abundancia relativa, permitió detectar que dichos valores, fueron superiores a los de incidencia, cuando hubo por supuesto enfermedad. Esto se detalló que es característico del tipo de arreglos productivos en ambos sistemas, con siembras permanentes en rotaciones cortas de los mismos cultivos en la gran mayoría de los agricultores evaluados, tanto en los sistemas ecológicos que siembran diversidad como en los convencionales con menor número de especies sembradas. Es destacable como el sistema ecológico a pesar de estas condiciones de arreglos productivos, presentó similares comportamientos de prevalencia de las bacterias, sin controles químicos, comparado con el sistema convencional en el caso del cultivo de la lechuga que fue el más afectado de los tres cultivares. Para el caso de nematodos en el cultivo del apio, los sistemas ecológicos fueron afectados significativamente con mayor prevalencia durante todo el periodo de evaluación, con respecto al sistema convencional, pero conservó mayor presencia de otros tipos de nematodos no fitopatógenos, conservando así un equilibrio biológico. También el sistema ecológico fue afectado mayormente en el cultivo de la lechuga por la *Alternaria* sp., comparado con el segundo sistema que recurre a altas dosis de fungicidas. Los resultados del diseño particular de cada sistema también demuestra que no hay diferencias entre las semanas de desarrollo fenológico de los cultivos en cuanto a prevalencia de las enfermedades tomadas en conjunto, debido al traslape continuo de diferentes edades de cultivo.

## 11. Conclusiones Generales.

Aunque estadísticamente no hay diferencia significativa, es resaltable que el 18% del total de predios ecológicos de hortalizas, tuvieron contenidos de M.O. mayores al 10% comparados con los convencionales mejorados, con un manejo de bajos insumos, explicado por el mantenimiento de coberturas vivas en las eras de cultivo, como mayor diversidad de cultivos, no solo hortalizas, sino además leguminosas en rotación y uso de enmiendas orgánicas (EO) elaboradas con protocolos a nivel de finca y adicionalmente no existe aplicación de herbicidas a arvenses y residuos de cosecha.

La eficiencia en el uso de materias primas originadas a nivel de finca para su disposición en el aprovechamiento de reciclaje, en especial para la elaboración de compost u otros biosólidos como tipo bocashi, para su destino a la nutrición vegetal, demuestra según los resultados de análisis de calidad en laboratorio certificado para dos periodos, el aporte en elementos como P, y K, pero con restricciones en la disposición de Ca y Mg. Por lo que debe replantearse en los protocolos, las cantidades, tipos de calidad de las materias primas empleadas, así como las mezclas y tamaño de ellas más apropiados, para el mejoramiento del manejo de la nutrición de plantas en sistemas ecológicos.

Las altas dosificaciones y continuas repeticiones de cal en los sistemas convencionales cada vez que se siembra, liberan inicialmente el S del suelo para hacerlo disponible y al igual sucede con la mineralización del N y el P; pero los efectos de continuar con dicha práctica unida a la de los fertilizantes sintéticos altamente solubles, más abonos orgánicos externos, está causando efectos de degradación y contaminación de suelos, al descompensar las relaciones entre las bases intercambiables y acidificar el suelo.

En los sistemas convencionales, el Fe, Cu y Mn, permanecen en niveles medio-altos, favorecido por un pH moderadamente ácido y por los estados variables de óxido-reducción ocurridos por momentos de encharcamiento y secamiento por causa de altas densidades de siembra de unos pocos cultivos a campo abierto a un solo cultivo en invernaderos, sin coberturas naturales en el suelo y con altas dosis de fertilizantes nitrogenados inorgánicos como orgánicos en demasía, exigiendo mayores demandas de agua para lograr las necesidades de absorción de nutrientes.

El proceso participativo de caracterización de los sistemas de manejo de producción de hortalizas con pequeños agricultores, a través del análisis descriptivo de la multidimensionalidad de la sostenibilidad de tales sistemas, priorizando sus factores críticos, señaló las rutas a seguir para

la definición de las estrategias ampliadas de transición hacia una agricultura agroecológicamente sostenible (saludable).

La preparación y como tal las respuestas frente a las perturbaciones del medio físico como de decisiones de no gobernabilidad (tales como las presiones de los mercados y las prácticas de los vecinos), influyen en la forma como los agricultores ecológicos y en transición, se sustentan para equilibrar los problemas de salud generados al sistema. La intervención de los sistemas ECO sobre las vicisitudes que se presentan, se supedita a acciones complementarias y/o decisiones de control a la entrada de la finca, observable a simple vista cuando se llega a ellas y a la vigilancia interna dentro del predio, mediante la implementación de protocolos de riesgos físicos, químicos y biológicos, tratando de interiorizar y aplicar medidas de ajuste y manejo, que aún deben ajustarse.

Inicialmente y por un buen tiempo, mientras el proceso de transición a la certificación ecológica se alcanza y se equilibran las actividades y exigencias de mantenimiento y cambio, existen altos costos de producción en los sistemas ecológicos de hortalizas, comparados con los costos de los sistemas convencionales, en especial por mayor empleo de mano de obra en deshierbes, fabricación de abonos, monitoreo de plagas y enfermedades y prácticas de conservación de suelos y aguas. Toda esta serie de ajustes pasa por el filtro de las limitantes biofísicas como del conocimiento adquirido y las exigencias de la transición que puede ser un método muy rígido en la norma ecológica certificada y más flexible en la transición agroecológica como tal. La idea central en un mediano plazo para ambos tipos de enfoque a nivel de eficiencia de recursos propios y circundantes, es su máximo aprovechamiento posible para el reciclaje y todos sus procesos anexos, con la mínima inversión en insumos externos costosos, que les permita obtener mayor retorno por las ventas de sus productos. Es de esta forma que integran una estrategia de real bioeconomía al sistema.

Sucede todo lo contrario con el grueso de los productores convencionales de la región, que se supeditan al paradigma de la defensa agroquímica a gran escala, con plaguicidas y fertilizantes inorgánicos. Reflejado por ejemplo en el indicador “volumen de aplicación de plaguicidas sintéticos en la región”, es decir, existen por vecinos convencionales, entre 10 a 14 aplicaciones, generalmente mezclas de ellos, para un total de 2.000 a 2.800 L solución ha<sup>-1</sup> ciclo productivo promedio de 3 meses. En los sistemas de producción de hortalizas convencionales, fue común el uso de 46 ingredientes activos diferentes, para tratar problemas fitosanitarios, de ellos, 18 fueron fungicidas, 20 insecticidas, 4 herbicidas, 2 de carácter insecticida-nematicida y 2 de acción

bactericida. Los fungicidas son los que más se repiten en las aplicaciones o en mezclas, incluso con otros productos, con mayor consumo por unidad de área. Presentando en muchos de los casos de material vegetal muestreado en campo, residuos de plaguicidas, que rebasan los límites permisibles dictados por las normas de control.

Los sistemas de producción ecológica son más sostenibles que los sistemas de producción convencional por diferencia establecida en los indicadores del componente de la calidad del suelo, seguido por los de la salud de cultivos. La aparente similitud en este último, obedece que los sistemas convencionales por su forma de intervención tratan de “aproximarse” a cultivos aparentemente sanos, por el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes, puesto que al analizar indicadores como aspectos nutricionales, crecimiento de cultivos, rendimientos esperados, y presencia de enfermedades; los valores de calificación son iguales o ligeramente superiores a los de los ecológicos. Pero por supuesto, sin considerar la afectación a la biodiversidad en todos sus atributos, como la diferencia en los costos de manejo y tipos de insumos utilizados entre sistemas y sin valorar el conocimiento incorporado.

Sin existir diferencia significativa entre sistemas ecológico y convencional, se destaca una prevalencia similar en el cultivo de lechuga, de las bacterias *Xanthomonas* sp., y *Pseudomonas* sp., durante el periodo de evaluación de enfermedades, es decir, cercana a una tercera y a una quinta parte del tiempo en los ciclos de cultivo, respectivamente. Así mismo, existe una prevalencia relativamente similar del hongo *Alternaria* sp., para ambos sistemas, durante el periodo de evaluación en el cultivo del brócoli. En el apio si se presentó diferencia entre sistemas para las enfermedades: *Xanthomonas* sp., y Nematodos (*Meloidogyne* sp.), destacándose esta última, siendo el sistema ecológico el que presenta mayor prevalencia de la enfermedad durante el periodo evaluado, aproximadamente durante un 40% del tiempo. La explicación está dada en la alta aplicación de productos con efecto nematicida en los sistemas productivos convencionales, donde además de no evidenciarse presencia significativa de *Meloidogyne* sp., presenta menores densidades de especies micófagas, depredadoras y saprobias que protegen el ambiente.

Todas estas conclusiones, reflejan que los sistemas productivos ecológicos ya sean certificados o no, poseen características de estructura, función y manejo, que los acerca a sistemas más sostenibles, donde los cambios necesarios de rediseño se supeditan a la retroalimentación positiva generada a partir de la gestión del riesgo, el seguimiento y evaluación continuos de los resultados obtenidos, el fortalecimiento de un cada vez mejor trabajo en red con sus pares y demás actores que sustentan el subsector de las hortalizas.

## 12. Recomendaciones

Los agricultores sin excepción, sean estos ecológicos certificados o en transición orgánica u orgánicos no certificados, enfrentan procesos permanentes que amenazan desestabilizar sus sistemas productivos, puesto que existen toda una serie de factores críticos de carácter multidimensional, no sólo en lo económico, tal la gran presión que ejercen continuamente sus vecinos convencionales quienes las más de las veces, poseen mayores recursos económicos e imponen tendencias de comportamiento como en el caso del uso de plaguicidas, que elevan los costos de producción y ambientales. La forma de superar estos obstáculos, es poner al servicio los recursos disponibles al interior de los predios, tanto naturales como el bagaje de conocimientos y emprendimientos de sus estilos de vida fundamentados en la agricultura campesina de pequeña escala. Al esfuerzo de carácter individual de predios aislados, debe unirse el refuerzo de la poca representatividad de los minúsculos grupos de pequeños agricultores orgánicos y en transición, que no crece significativamente. Ello puede lograrse a través del trabajo en redes de innovación y más allá de las políticas de gobierno al respecto, debe ser liderado por los mismos agricultores y entidades educativas de formación integral para y en el campo, con apoyo de organismos de investigación y entidades públicas que lideren la orientación técnico-social con énfasis en procesos de transición de los sistemas de producción.

Es de gran relevancia inferir, que el alcance de la sostenibilidad de los sistemas de producción de hortalizas como estilo de vida de pequeños agricultores, debe trazarse fundamentado en objetivos enmarcados en el bienestar social y ambiental, donde los tiempos y las formas de logro, no se supediten exclusivamente a enfoques normativos y temporales establecidos para la transición técnica y menos en forma lineal, sino que obedezcan siempre a las aspiraciones personales y colectivas de largo plazo de las personas dispuestas al cambio, que están permeadas por los satisfactores de salud física, emocional como la salud del agroecosistema en todo su conjunto; seguidamente se darán las necesidades de ingresos e inversiones.

El atributo de la resiliencia socio-ambiental que va de la mano de la adaptabilidad, se centra fundamentalmente en el aprendizaje continuo, en la acumulación de conocimientos y su aprovechamiento en el rediseño constante de mejoramiento de los sistemas de producción, donde las buenas prácticas ya sean ecológicas o de transición hacia una agricultura sostenible, juegan un papel preponderante, que debe unirse a la verificación y retroalimentación.

El cambio de paradigma en la ruta de la dependencia y círculo vicioso de los insumos de síntesis química y en especial para tratar las limitantes fitosanitarias, entre ellas, las enfermedades de las

plantas, nace de reconsiderar el recurso suelo y todas sus cualidades de sustento de la vida, como eje de giro permanente que hay que gestionar para enriquecer las existencias de materia orgánica y por ende su actividad microbiana de microorganismos benéficos responsables de la disponibilidad de nutrientes y capacidad supresora del suelo contra las enfermedades.

Los sistemas productivos en transición deberán reducir paulatinamente el uso de los plaguicidas, iniciando por el abandono de los herbicidas y nematicidas (con grandes cuestionamientos por afectar los sistemas), que permita de nuevo el crecimiento de arvenses y demás plantas silvestres y acompañantes de los cultivos, para promover de esta forma la restauración de organismos controladores de plagas y enfermedades. Los insecticidas se irán reemplazando por medidas exclusivas de monitoreo, trampas, liberaciones de control biológico y zonas de amortiguación y refugio de depredadores dentro de las fincas. Los fungicidas se irán también disminuyendo con el apoyo de medidas conjuntas del rediseño de los sistemas de producción.

El rediseño de los agroecosistemas de hortalizas estudiados debe retomar las tres funciones clave que permitan recuperar su bienestar, donde la función producción no se supedita al mayor rendimiento posible con alta dependencia de insumos externos, sino al adecuado conocimiento del equilibrio nutricional de los suelos y la biodiversidad funcional en todas sus acepciones, es decir, protección de la diversidad natural circundante, la planificada con diversidad intraespecífica como interespecífica y la diversidad fortalecida asociada de los suelos y depredadores. Restablecer las funciones de reciclaje y flujos de energía dentro de todo el sistema, donde la base es la integración vegetal-animal, cuyos residuos por adecuada descomposición y manejo, están al servicio de elaboración de la defensa y nutrición de cultivos. Todo este accionar fortalece las funciones de inmunidad del sistema, haciéndolo más resiliente, fuerte y permanente.

El manejo de los suelos deberá evitar las siembras altamente densas de un solo o pocos cultivos, fuertemente demandantes del recurso agua al ser continuamente sobreencalados y sobreabonados, lo que sobrecarga de nutrientes los suelos, que no se aprovechan adecuadamente. Debe garantizarse la rotación de diferentes variedades de especies de cultivos, sin repeticiones continuas de muy cortos periodos en las mismas franjas, al menos prever una secuencia coordinada con el resto de las franjas y con un adecuado aprovechamiento de los residuos, que no sean fumigados con herbicidas y luego incorporados con maquinaria, ya que compactan el suelo y crean condiciones variables de secamiento y encharcamiento.

El manejo nutricional de los suelos que favorezca la salud de los cultivos debe estar de acuerdo a las exigencias mínimas de nutrientes, sin descuidar el aporte de todos los elementos sin

excepción según diferenciaciones de especies y diseño de las secuencias y planeaciones ajustadas al conocimiento y manejo que se vaya adquiriendo y cada vez más apropiado de las materias primas orgánicas a la mano en las fincas.

Se recomienda para los sistemas ECO, en la fabricación de bioinsumos, el uso de materiales adicionales de carácter nativo a través de fuentes de hojarasca o mezclas de ellas de los diferentes árboles, más forrajeras, que procuren en un tiempo más corto, suministrar no sólo los elementos mayores como N, P y K, a través de fuentes ricas en carbohidratos estructurales, sino también el suministro de elementos secundarios como Ca, Mg y S, que son los que más limitantes están presentando. Claro que estos también pueden aplicarse a través de reconsiderar aplicaciones fraccionadas de enmiendas calcáreas que fueron desatendidas y suministro de sulfatos en las fórmulas empleadas.

La integración animal al sistema de transición será esencial por el aporte de estiércol, ya sea este de cabra o vaca en la elaboración de enmiendas en mezclas con residuos vegetales, puesto que se convierte en una apropiada estrategia de aplicación y regulación de fuentes de nutrientes, entre ellos el P, además de evitar los excesos de este elemento, que puedan contaminar el ambiente, como generalmente ocurre en los sistemas convencionales con fuentes sintéticas.

## Bibliografía

- Acevedo, O., Ortiz, E., Cruz, M., y Cruz, E. (2004). El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*, 22 (4), 485-497.
- Al-Hazmi, A. S., y Dawabah, A. A. (2014). Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. *Saudi journal of biological sciences*, 21(2), 191-196. doi: 10.1016/j.sjbs.2013.10.002
- Altieri M.A. (1998). Modern Agriculture: Ecological impacts and the possibilities for truly sustainable farming', *Monthly Review*, 50(3), 60-71. Doi: dx.doi.org/10.14452/MR-050-03-1998-07\_5
- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1), 19–31. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Altieri, M. y Nicholls C. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie textos básicos para la formación ambiental. México D.F: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Altieri, M. A. (2002). Fatal harvest: old and new dimensions of the ecological tragedy of modern agriculture. *Journal of Business Administration and Policy Analysis*, 30-31, 239 - 263. Recuperado de <http://agroecology.pbworks.com/f/Altieri-NEMETZ.pdf>
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (64), 17 - 24.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil & Tillage Research*, 72, 203-211. Doi: 10.1016/S0167-1987(03)00089-8.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2005). *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture*. México D.F: Ed. United Nations Environment Programme. Environmental Training Network for Latin America and the Caribbean. Doi: 10.1.1.461.8168&rep=rep1&type=pdf

- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*, 16(1). Recuperado de <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2007b). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Barcelona, España: Icaria Editorial s.a.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2008). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Revista Agroecología*, 1, 29-36.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2012). Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. En: *Sustainable agriculture reviews*, 11, 1-29. Recuperado de: <https://www.usc-canada.org/UserFiles/File/scaling-up-agroecology.pdf>
- Altieri, M. y Nicholls, C. (junio de 2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica: Una contribución a las discusiones de Rio+20 sobre temas en la interface del hambre, la agricultura, y la justicia ambiental y social. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Recuperado de <http://rio20.net/wp-content/uploads/2012/06/final2.pdf>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. y Funes, F. (May 2012). The scaling up of agroecology: spreading the hope for food sovereignty and resiliency. A contribution to discussions at Rio, 20. Recuperado de [https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/The\\_scaling\\_up\\_of\\_agroecology\\_Rio.pdf](https://www.weltagrarbericht.de/fileadmin/files/weltagrarbericht/The_scaling_up_of_agroecology_Rio.pdf)
- Alzate, F., Gómez, S. y Rodríguez, M. (2008). Especies vegetales del altiplano del oriente antioqueño en peligro de extinción. Medellín, Colombia: Lealon. Recuperado de [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20240%2003/pd240-032%20rev1\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20240%2003/pd240-032%20rev1(F)%20s.pdf)
- Aparna, K., Pasha, M., Rao, D. y Krishnara, P. (2014). Organic amendments as ecosystem engineers: Microbial, biochemical and genomic evidence of soil health improvement in a tropical arid zone field site. *Ecological Engineering*, 71, 268–277.
- Arias, L. A. (1995). El Relieve de la zona central de Antioquia: Un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 10, 19-24.

- Arnalds, O. y Stahr, K. (2004). Volcanic soil resources: occurrence, development, and properties. *Catena*, 56 (1-3), 1 - 264.
- Astier, M., Maser, O. R. y Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. Valencia, España: SEAE.
- Atwood, D., y Paisley-Jones, C. (2017) Pesticides Industry Sales and Usage: 2008-2012 Market Estimates. Washington, DC: United.States Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs. Recuperado de: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/pesticides-industry-sales-usage-2016\\_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/pesticides-industry-sales-usage-2016_0.pdf)
- Baldwin, C., Smith, T. y Jacobson, C. (2017). Love of the land: Social-ecological connectivity of rural landholders. *Journal of Rural Studies*, 51, 37-52.
- Barral, M. P., Rey, J. M., Meli, P., y Maceira, N. O. (2015). Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: a global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 223-231. Doi 10.1016/j.agee.2015.01.009
- Barrera, J.F. (2006). Manejo holístico de plagas: Hacia un Nuevo paradigma de la protección fitosanitaria. En: Pohlen, J., Soto, L., y Barrera, J. (Eds.), *El cafetal del futuro: Realidades y Visiones* (pp. 61 – 81). Aachen, Alemania: Shaker Verlag.
- Baudron, F., Tittonell, P., Corbeels, M., Letourmy, P., y Giller, K. E. (2012). Comparative performance of conservation agriculture and current smallholder farming practices in semi-arid Zimbabwe. *Field crops research*, 132, 117-128. Doi: [10.1016/j.fcr.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.008)
- Bell, M. y Lawrence, D. (2009). Soil carbon sequestration—myths and mysteries. *Tropical Grasslands*, 43, 227 - 231. Recuperado de [https://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/2009%20issue%20pdfs/Vol\\_43\\_04\\_2009\\_p227\\_231%20Bell%20and%20Lawrence.pdf](https://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/2009%20issue%20pdfs/Vol_43_04_2009_p227_231%20Bell%20and%20Lawrence.pdf)
- Bello, A., González, J.A., Arias, M., y Rodríguez-Kábana, R. (1998). *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. Valencia, Spain: Phytoma.
- Bhattacharya, S.S., Kim, K., Das, S., Uchimiya, M., Jeon, B.H., Kwon, E. y Szulejko, J.E. (2016). A review on the role of organic inputs in maintaining the soil carbon pool of the terrestrial

- ecosystem. *Journal of Environmental Management*, 167, 214 - 227. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.09.042>
- Bhattacharyya, P., Nayak, A.K., Shahid, M., Tripathi, R., Mohanty, S., Kumar, A.,... y Dash, K. (2015). Effects of 42-year long-term fertilizer management on soil phosphorus availability, fractionation, adsorption–desorption isotherm and plant uptake in flooded tropical rice. *The Crop Journal*, 3, 387 – 395. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.03.009>
- Birner, R. y Resnick, D. (2010). The Political Economy of Policies for Smallholder Agriculture. *World Development*, 38 (10), 1442 – 1452.
- Bjørkhaug, H. y Blekesaune, A. (2013). Development of organic farming in Norway: A statistical analysis of neighbourhood effects. *Geoforum*, 45, 201 – 210.
- Blesh, J., y Wolf, S.A. (2014). Transitions to agroecological farming systems in the Mississippi River Basin: toward an integrated socioecological analysis. *Agriculture and Human Values*, 31 (4), 621 - 635. Doi: 10.1007/s10460-014-9517-3
- Bommarco, R., Vico, G., y Hallin, S. (2018). Exploiting ecosystem services in agriculture for increased food security. *Global Food Security*, 17, 57-63. Doi: 10.1016/j.gfs.2018.04.001
- Bonanomi G., Filippis F. D., Cesarano G., Storia A. L., Ercolini D., y Scala F. (2016). Organic farming induces changes in soil microbiota that affect agroecosystem functions. *Soil Biol. Biochem.* 103 327–336. Doi: 10.1016/j.soilbio.2016.09.005
- Bonaudo, T., Bendahan, A. B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., y Tichit, M. (2014). Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *European Journal of Agronomy*, 57, 43-51. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>
- Bowman, M. S., y Zilberman, D. (2013). Economic factors affecting diversified farming systems. *Ecology and Society*, 18(1), 33. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05574-180133>
- Brady, N. C., y Weil, R. R. (2002). *The nature and properties of soils*. Singapore: Pearson education.
- Brevik, E. C., Pereg, L., Steffan, J. J., y Burgess, L. C. (2018). Soil ecosystem services and human health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 87-92. Doi: 10.1016/j.coesh.2018.07.003

- Brush, S.B. (1982). The natural and human environment in the central Andes. *Mountain Res. Dev.*, 2 (1), 19 – 38.
- Bulluck III, L.R., Brosius, M., Evanylo, G.K. y Ristaino, J.B. (2002). Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19, 147–160.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., ... y Pulleman, M. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. Doi: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030
- Cabeza, R., Pinochet, D., Mac Donald, R., Weldt, D., Gómez, L., Frez, F. y Vega, D. (2005). Evaluación de la retención de cobre en tres andisoles y un alfisol del sur de Chile. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*, 5 (1), 8-14.
- Camacho, C. (2009). *Compuestos fenólicos y el medio ambiente*. (Monografía). Facultad de Agronomía. Centro de Tecnología Enzimática (CETENZ). Cuba: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- Cámara de Comercio Oriente Antioqueño. (2017). *Concepto Económico del Oriente Antioqueño 2017*. Recuperado de: [https://www.ccoa.org.co/Portals/0/Concepto-economico-del-oriente-antioqueno-2017\\_1.pdf](https://www.ccoa.org.co/Portals/0/Concepto-economico-del-oriente-antioqueno-2017_1.pdf)
- Carvalho, C. (2013). Efeitos do surfactante polioxietileno amina (POEA) em parâmetros genéticos, bioquímicos e fisiológicos do teleósteo *Prochilodus lineatus*. Brasil: Universidade Estadual de Londrina. Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000194249>
- Casierra, F., y Aguilar, O. (2007). Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(2), 246 - 257. Recuperado de <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol1/vol.1no.2/Vol.1.No.2.Art.11.pdf>
- Caubel, J., Launay, M., Lannou, C., y Brisson, N. (2012). Generic response functions to simulate climate-based processes in models for the development of airborne fungal crop pathogens. *Ecological Modelling*, 242, 92-104. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.05.012>

- Ceschin, F., y Gaziulusoy, I. (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*, 47, 118-163. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Chaves, M., Macintyre, T., Verschoor, G. y E.J. Wals, A. (2018). Radical ruralities in practice: Negotiating buen vivir in a Colombian network of sustainability. *Journal of Rural Studies*, 59, 153 - 162. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.02.007>
- Chen, X., Gao, Z., Swisher, M., House, L. y Zhao, X. (2018). Eco-labeling in the Fresh Produce Market: Not All Environmentally Friendly Labels are Equally Valued. *Ecological Economics*, 154, 201 – 210. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2018.07.014
- Ching Liu, C.L., Kuchma, O. y Krutovsky, K.V. (2018). Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. *Global Ecology and Conservation*, 15, 1 – 12.
- Coleman, D.C., Malcom, J., y Uehara, G. (Eds.)(1989). Dynamics of soil organic matter in tropical Ecosystems. Hawaii: NifTAL Project, College of tropical Agriculture and Human resources.
- Collange, B., Navarrete, M., Monfort, F., Mateille, T., Tavoillot, J., Martiny, B. y Tchamitchian, M. (2014). Alternative cropping systems can have contrasting effects on various soil-borne diseases: Relevance of a systemic analysis in vegetable cropping systems. *Crop Protection*, 55, 7 - 15. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.002>
- Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T., y Tchamitchian, M. (2011). Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection*, 30(10), 1251 - 1262. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.04.016>
- Colombi, T., Torres, L. C., Walter, A., y Keller, T. (2018). Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth—A vicious circle. *Science of the Total Environment*, 626, 1026-1035. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.129
- Coomes, O.T., McGuire, S.J., Garine, E., Caillon, S., McKey, D., Demeulenaere, E.,... y Wencélius, J. (2015). Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions. *Food Policy*, 56, 41–50. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.008>

- Cornare -POMCAS (2015) Contrato de consultoría 164-2015. Oriente Antioqueño: Cornare - Consorcio POMCAS. Recuperado de: <http://www.cornare.gov.co/contactenos/182-corporativo/division-socioambiental/pomcas/formulacion/515-pomca-rio-negro>
- Coromaldi, M., Pallante, G., y Savastano, S. (2015). Adoption of modern varieties, farmers' welfare and crop biodiversity: Evidence from Uganda. *Ecological Economics*, 119, 346–358.
- Costa, E., Guimaraes, R., Marques, R., Morais da Costa, C., y Hoffmann, M. (2010). Sistemas Agroflorestais. En: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. *Caderno de inovações tecnológicas: espaço de valorização da agricultura familiar*. Valadão, L.T., Magalhães, R., Nakamura, W. (Orgs.). Brasília: Emater-DF. 76-80.
- Coudrain, V., Hedde, M., Chauvat, M., Maron, P. A., Bourgeois, E., Mary, B., ... y Recous, S. (2016). Temporal differentiation of soil communities in response to arable crop management strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 225, 12-21. Doi: 10.1016/j.agee.2016.03.029
- Cuéllar-Padilla, M. y Calle-Collado, Á. (2011). Can we find solutions with people? Participatory action research with small organic producers in Andalusia. *Journal of Rural Studies* 27(4), 372–383.
- D'Hose, T., Cougnon, M., De Vlieghe, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W.,... y Reheul, D. (2014). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied Soil Ecology* 75, 189– 198.
- D'Hose, T., Cougnon, M., De Vlieghe, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., y Reheul, D. (2014). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied soil ecology*, 75, 189 - 198. Doi: [10.1016/j.apsoil.2013.11.013](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.013)
- Dalsgaard, J.P.T., Lightfoot, C. y Christensen, V. (1995). Towards quantification of ecological sustainability in farming systems analysis. *Ecological Engineering*, 4, 181-189.
- Darnhofer, I., Lamine, C., Strauss, A. y Navarrete, M. (2016). The resilience of family farms: Towards a relational approach. *Journal of Rural Studies*, 44, 111-122.

- Davis, J. y Lopez-Carr, D. (2014). Migration, remittances and smallholder decision-making: Implications for land use and livelihood change in Central America. *Land Use Policy*, 36, 319– 329. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.001>
- De Roest, K., Ferrari, P., y Knickel, K. (2018). Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways. *Journal of Rural Studies*, 59, 222-231. Doi: 10.1016/j.jrurstud.2017.04.013n
- De Souza, J.L., y Resende, P. (2006). *Manual de horticultura orgánica*. Viçosa, Brasil: Editora.
- De Waele, D., y Elsen, A. (2007). Challenges in tropical plant nematology. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 45, 457 - 485. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.45.062806.094438>
- Delgadillo O. y Pérez L. (2016) Medición de la infiltración del agua en el suelo. Método de la doble anilla. Cochabamba, Bolivia: Centro Andino para la Gestión y uso del Agua (Centro Agua), Universidad Mayor de San Simón.
- Departamento Nacional de Estadística – DANE (04 de agosto del 2017). Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA 2016. Boletín técnico. Bogotá: DANE. Recuperado de: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin\\_ena\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf)
- Desmarais, A. A. (2008). The power of peasants: Reflections on the meanings of La Vía Campesina. *Journal of Rural Studies*, 24, 138–149. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2007.12.002>
- Diacono, M. y Montemurro, F. (2010) Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 401 - 422. Doi: <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Dogliotti, S., Rossing, W. A. H. y Van Ittersum, M. K. (2004). Systematic design and evaluation of crop rotations enhancing soil conservation, soil fertility and farm income: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agricultural Systems*, 80(3), 277-302. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2003.08.001>
- Domènech, X. y Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona: Reverté.

- Donatelli, M., Magarey, R.D., Bregaglio, S., Willocquet, L., Whish, J.P. y Savary, S. (2017). Modelling the impacts of pests and diseases on agricultural systems. *Agricultural Systems*, 155, 213 – 214.
- Doran, J.W., y Zeiss, M.R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3 – 11.
- Echeverri, C. (2015). *Diagnóstico Exploratorio sobre uso y Manejo de Plaguicidas en la Región del Oriente Antioqueño*. El Santuario, Antioquia, Colombia: EPM-CORNARE.
- Ehlers, E. (1996). *Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. São Paulo. Brasil: Livros da terra.
- ElShafei, G. S., Nasr, I. N., Hassan, A. S., y Mohammad, S. G. M. (2009). Kinetics and thermodynamics of adsorption of cadusafos on soils. *Journal of Hazardous Materials*, 172(2-3), 1608-1616. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.08.034
- Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) (2014). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Aburrá*. Recuperado de: <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/>
- Espinosa, J., y Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos*. International Plant Nutrition Institute. Costa Rica.
- European Commission. (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. Recuperado de [https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf)
- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Costa Rica: Servicio Editorial IICA.
- Faucon, M. P., Houben, D., y Lambers, H. (2017). Plant functional traits: soil and ecosystem services. *Trends in plant science*, 22(5), 385 - 394. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.005>
- Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica IFOAM. (2003). *Normas para producción y procesado orgánico*. Alemania: IFOAM.
- Feola, G. y Binder, C. R. (2010). Towards an improved understanding of farmers' behaviour: The integrative agent-centred (IAC) framework. *Ecological Economics*, 69(12), 2323 – 2333. Doi:10.1016/j.ecolecon.2010.07.023

- Figuroa, V. (1996). *Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- Finckh, M.R. y Wolfe, M.S. (2006). Diversification strategies. En: Cooke, B.M., Jones, D. y Kaye, B. (Ed.), *The Epidemiology of Plant Disease* (pp. 269–308). New York, Estados Unidos: Springer.
- Florida, N., Lopez, C., y Pocomucha, V. (2012). Efecto del herbicida paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi. *Revista Investigación y Amazonía*, 2(1,2), 35 - 43. Recuperado de <https://www.unas.edu.pe/revistas/index.php/revia/article/view/25>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16, 253 – 267. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Gallopin, G. (2003) Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Santiago de Chile: CEPAL, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120\\_es%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Galt, R. E. (2008). Toward an integrated understanding of pesticide use intensity in Costa Rican vegetable farming. *Human Ecology*, 36(5), 655 – 677.
- Galt, R. E. (2009). Overlap of US FDA residue tests and pesticides used on imported vegetables: Empirical findings and policy recommendations. *Food policy*, 34(5), 468-476. Doi:10.1016/j.foodpol.2009.05.005
- Gámiz, B., Celis, R., Hermosín, M. C., y Cornejo, J. (2010). Organoclays as soil amendments to increase the efficacy and reduce the environmental impact of the herbicide fluometuron in agricultural soils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(13), 7893-7901. Doi: 10.1021/jf100760s
- García, C. (2015). El impacto ambiental social de los costes de producción de las empresas. *Revista TEMAS*, 3(9), 19 - 27.

- García, J., Leyva, J.B., Martínez, I.E., Hernández, M.I., Aldana, L., Rojas, A.E.,... Perera, J.H. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 34, 29 – 60.
- Gaziulusoy, A. I. y Brezet, H. (2015). Design for system innovations and transitions: a conceptual framework integrating insights from sustainability science and theories of system innovations and transitions. *Journal of Cleaner Production*, 108, 558 - 568. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.066>
- Ge, L., Anten N. P., van Dixhoorn, I. D., Feindt, P. H., Kramer, K., Leemans, R., Meuwissen, ..., y Sukkel, W. (2016). Why we need resilience thinking to meet societal challenges in bio-based production systems. *Current opinion in environmental sustainability*, 23, 17-27.
- Ghimire, N., y Woodward, R. T. (2013). Under-and over-use of pesticides: an international analysis. *Ecological Economics*, 89, 73-81. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.02.003
- Gibson, R. B. (2006). Sustainability assessment: basic components of a practical approach. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 24(3), 170-182. Doi: 10.3152/147154606781765147
- Gliessman, S.R. (1998). *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Michigan, Estados Unidos: Lewis Publishers.
- Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: CATIE.
- Gliessman, S.R., y Rosemeyer, M. (2010). *The Conversion to Sustainable Agriculture: Principles, Processes, and Practices*. New York, Estados Unidos: CRC Press.
- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1). Recuperado de: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/134>
- Gómez, C. A., Rondón, F. R., González, F., y López, B. U. (2018). Sustainable supply chain management: Contributions of supplies markets. *Journal of Cleaner Production*, 184, 311-320. Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.233

- Groot, J. C., Oomen, G. J., y Rossing, W. A. (2012). Multi-objective optimization and design of farming systems. *Agricultural Systems*, 110, 63 - 77. Doi: [10.1016/j.agsy.2012.03.012](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.012)
- Grupo K+S. (2017). *Manganeso*. Kasse, Alemania: Recuperado de [http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/nutrients/manganese.html](http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/manganese.html)
- Gudynas, E. (2004). *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*. Quito, Ecuador: ABYA – YALA. Recuperado de: <http://www.ecologiapolitica.net/gudynas/GudynasDS5.pdf>
- Guerrero, R. (Ed.). (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío*. Bogotá, Colombia: Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (E.M.A.)
- Gunderson, L. (2009). *Comparing Ecological and Human Community Resilience*. CARRI Research Report 5. Atlanta, Georgia: Ed. Community & Regional Resilience Initiative.
- Hamblin, A. (1995). The Concept of Agricultural Sustainability. *Advances In: Plant Pathology*, 11. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0736-4539\(06\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0736-4539(06)80003-6)
- Hammond, C., Cox, M. y Bazo, J.L. (2016). Pesticide lock-in in small scale Peruvian agricultura. *Ecological Economics*, 129, 72–81.
- Hamscher, G., Sczesny, S., Höper, H. y Nau, H. (2002). Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Anal. Chem*, 74, 1509 - 1518.
- Hanaček, K. y Rodríguez-Labajos, B. (2018). Impacts of land-use and management changes on cultural agroecosystem services and environmental conflicts—A global review. *Global Environmental Change*, 50, 41 – 59.
- Haney, R. L., Haney, E. B., Smith, D. R., Harmel, R. D., y White, M. J. (2018). The soil health tool—Theory and initial broad-scale application. *Applied Soil Ecology*, 125, 162 – 168. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.035>
- Hao, J., Bijman, J., Gardebroek, C., Heerink, N., Heijman, W., & Huo, X. (2018). Cooperative membership and farmers' choice of marketing channels—Evidence from apple farmers in Shaanxi and Shandong Provinces, China. *Food Policy*, 74, 53-64. Doi: [doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.11.004](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.11.004)

- Haridas, C.V. y Tenhumberg, N. (2018). Modeling effects of ecological factors on evolution of polygenic pesticide resistance. *Journal of Theoretical Biology*, 456, 224 – 232.
- Hart, R. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- He, D. C., Zhan, J. S., y Xie, L. H. (2016). Problems, challenges and future of plant disease management: from an ecological point of view. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), 705-715. Doi: 10.1016/S2095-3119(15)61300-4
- Heal, G., Walker, B., Levin, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Daily, G., ..., y Schneider, S. (2004). Genetic diversity and interdependent crop choices in agriculture. *Resource and Energy Economics*, 26(2), 175-184. Doi: 10.1016/j.reseneeco.2003.11.006
- Heinrich, M., y Hesketh, A. (2018). 25 years after the 'Rio Convention'—Lessons learned in the context of sustainable development and protecting indigenous and local knowledge. *Phytomedicine*. Doi: 10.1016/j.phymed.2018.04.061
- Hermelin, M. (1992). Los suelos del Oriente Antioqueño un recurso no renovable. *Bull, Inst. Fr. Études andines*, 21(1), 25-36.
- Hernández, T. (2006). *Epidemiología. Fundamentos de análisis y manejo sistémico de epidemias de cultivos tropicales*. Lima, Perú: INCADES.
- Hernández, K., Aparicio, V., De Gerónimo, E., Castellote, M., Figuerola, E. L., Costa, J. L., y Erijman, L. (2018). Soil microbial communities and glyphosate decay in soils with different herbicide application history. *Science of The Total Environment*, 634, 974-982. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.393
- Huang, P. M., Wang, M. K. y Chiu, C. Y. (2005). Soil mineral–organic matter–microbe interactions: Impacts on biogeochemical processes and biodiversity in soils. *Pedobiologia*, 49, 609-635.
- Idárraga, A.; Ortiz, R.; Callejas, R. y Merello, M. (Eds.) (2013). *Flora de Antioquia. Catálogo de las plantas vasculares. Vol II*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado de <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/JLF/FAntioquiaII-JLFernLABIATAE2011.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA (Diciembre de 2014) Estadísticas de Comercialización de Plaguicidas Químicos de uso agrícola 2013. *Boletín técnico ICA*. Bogotá: Produmedios.

Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Regulacion-y-Control-de-Plaguicidas-Quimicos/Estadisticas/Comercializacion-plaguicidas-2013.aspx>

- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" – IGAC. (2007). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Jacquet, F., Butault, J. P., y Guichard, L. (2011). An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops. *Ecological economics*, 70(9), 1638 - 1648. Doi: [10.1016/j.ecolecon.2011.04.003](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.003)
- Jamal, A., Moon, Y. S., y Abdin, M.Z. (2010). Sulphur-a general overview and interaction with nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7), 523 - 529.
- Jansen, B. (2003). *The mobility of aluminium, iron and organic matter in acidic* (Tesis doctoral). Amsterdam: IBED, Universiteit van Amsterdam. Acceso: <http://hdl.handle.net/11245/1.210895>
- Janvier, C., Villeneuve, F., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T. y Steinberg, C. (2007). Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 1 – 23.
- Jaramillo, D.F. (2011). *Repelencia al agua en suelos con énfasis en Andisoles de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Jaramillo, J. y Ríos, G. (2007). *Estrategias de Producción limpia de hortalizas*. Rionegro, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva.
- Jefferies, D., Muñoz, I., Hodges, J., King, V. J., Aldaya, M., Ercin, A. E.,... Hoekstra, A. Y. (2012). Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *Journal of Cleaner Production*, 33, 155-166.
- Kazemi, H., Klug, H., y Kamkar, B. (2018). New services and roles of biodiversity in modern agroecosystems: A review. *Ecological Indicators*, 93, 1126-1135. Doi: [10.1016/j.ecolind.2018.06.018](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.018)

- Khan, M.Y., Haque, M.M., Molla, A.H., Rahman, M.M. y Alam, M.Z. (2017). Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by Trichoderma-enriched biofertilizer and their relationship with the soil environments. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 691 – 703.
- Kirkegaard, J.A., Gardner, P.A., Desmarchelier, J.M., Angus, J.F. (Octubre de 1993). Biofumigation – using *Brassica* species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. En *Proceedings of the 9th Australian Research Assembly on Brassicas*. Conferencia llevada a cabo en Wagga Australia.
- Koike, S. T., Gladders, P., y Paulus, A. (2006). *Vegetable diseases: A colour handbook*. San Diego, Estados Unidos: CRC Press.
- Kumar, K., Gupta, S. C., Baidoo, S. K., Chander, Y., y Rosen, C. J. (2005). Antibiotic uptake by plants from soil fertilized with animal manure. *Journal of environmental quality*, 34(6), 2082-2085. Doi:10.2134/jeq2005.0026
- Kuokkanen, A., Mikkilä, M., Kuisma, M., Kahiluoto, H., y Linnanen, L. (2017). La necesidad de una política para abordar el bloqueo del sistema alimentario: un estudio de caso del contexto finlandés. *Journal of Cleaner Production*, 140, 933 - 944. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.171>
- La Vía Campesina (2011, 16 de Marzo). “Las semillas campesinas son dignidad, cultura y vida: campesinos en resistencia, defendiendo sus derechos respecto de las semillas campesinas. Bali Declaración sobre Semillas”. *INESC*. Recuperado de <http://www.inesc.org.br/noticias-es/2011/marzo/bali-declaracion-sobre-semillas>
- Lamberth, C., Jeanmart, S., Luksch, T. y Plant, A. (2013) Current challenges and trends in the discovery of agrochemicals. *Science*, 341 (6147), 742–746
- Lamine, C. (2011). Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *Journal of Rural Studies*, 27(2), 209–219.
- Lanz, B., Dietz, S. y Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144, 260 – 277.

- Lechenet, M., Makowski, D., Py, G., y Munier-Jolain, N. (2016). Profiling farming management strategies with contrasting pesticide use in France. *Agricultural Systems*, 149, 40-53. Doi: 10.1016/j.agsy.2016.08.005
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P. C. de F. y Dedieu, B. (2014). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 4-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>
- Lin, H. C., Huber, J. A., Gerl, G., & Hülsbergen, K. J. (2017). Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency—A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy*, 82, 242 - 253. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.003>
- Liu, J., Liu, Q. y Yang, H. (2016). Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*, 60, 434 – 441.
- Londoño, A. (2012). *Cambios en el uso del suelo en el Altiplano (Oriente antioqueño-Colombia) en los últimos 25 años*, (Disertación doctoral), Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10334/1782>
- Lopes, C., Quedado-Duval, A. M., y Reis, A. (2010). *Doenças da alface*. Brasília DF, Brasil: *Embrapa Hortaliças-Livros técnicos (INFOTECA-E)*.
- Lopes, R. y Videira, N. (2017). Modelling feedback processes underpinning management of ecosystem services: The role of participatory systems mapping. *Ecosystem Services*, 28 (A), 28 – 42.
- Ludwig, M., Wiles, P. y Schrader, S. (2018). Measuring soil sustainability via soil resilience. *Science of the Total Environment*, 626, 1484 – 1493.
- Lou, G., Ling, L., Fireman, V.P., Goo, J., Goo, S., Sheen, Q. y Ling, N. (2018). Organic amendments increase crop yields by improving microbe-mediated soil functioning of agroecosystems: A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 124, 105 – 115.
- Madoff, F. y Van Is, H. (2009). *Building Soils for Better Crops*. New York, Estados Unidos: National Agricultural Library.

- Maker, H. P. y Anker's, P. (2014). Towards sustainable animal diets: a survey-based study. *Animal Feed Science and Technology*, 198, 309 - 322. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.09.018>
- March, J.G. (2014). *Agricultura y Plaguicidas: Un Análisis Global*. Recuperado de [http://fundacionfada.weebly.com/uploads/9/8/5/0/9850131/agricultura\\_y\\_plaguicidas\\_e-book\\_28.04.14.pdf](http://fundacionfada.weebly.com/uploads/9/8/5/0/9850131/agricultura_y_plaguicidas_e-book_28.04.14.pdf)
- Marín, M.A. (2005). *Directiva 91/676/CEE de 12 de diciembre de 1991 (RD 261/96 de 16/02/96)*. Recuperado de [http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/04\\_Manual\\_Directiva\\_91\\_676\\_CEE\\_tcm7-28960.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/04_Manual_Directiva_91_676_CEE_tcm7-28960.pdf)
- Marschner, P., Hatam, Z. y Cavagnaro, T.R. (2015). Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability after the second amendment are influenced by legacy effects of prior residue addition. *Soil Biology & Biochemistry*, 88, 169 - 177. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.05.023>
- Marti, R., Scott, A., Tien Y-C., Murray, R., Sabourin, L., Zhang, Y., y Topp, E. (2013). Impact of manure fertilization on the abundance of antibiotic-resistant bacteria and frequency of detection of antibiotic resistance genes in soil and on vegetables at harvest. *Appl Environ Microbiol*, 79 (18), 5701 - 5709.
- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: el marco de evaluación MESMIS*. México: Mundi-Prensa.
- Masunga, R., Nwakaego, V., Deusdedit, P., Odeh, I., Singh, A., Buchan, D. y De Neve, S. (2016). Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *Applied Soil Ecology*, 101, 185–193.
- Matus, F., Rumpel, C., Neculman, R., Panichini, M. y Mora, M. (2014). Soil carbon storage and stabilisation in andic soils: A review. *Catena*, 120, 102 – 110. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.04.008>
- McDonald, B.A. (2014). Using dynamic diversity to achieve durable disease resistance in agricultural ecosystems. *Tropical Plant Pathology*, 39 (3), 191 – 196.

- McManus, P. S. (2014). Does a drop in the bucket make a splash? Assessing the impact of antibiotic use on plants. *Current Opinion in Microbiology*, 19, 76 – 82. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mib.2014.05.013>
- Mehta, C. M., Palni, U., Franke-Whittle, I. H., y Sharma, A. K. (2014). Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste management*, 34(3), 607-622. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2006). *Resolución 0187*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getdoc/0febd8ff-a997-49d6-86ed-114fbace1eb4/187.aspx>
- Moebius-Clune, B.N., Moebius-Clune, D.J., Gugino, B.K., Idowu, O.J., Schindelbeck, R.R., Ristow, A.J.,...Abawi, G.S. (2017). *Comprehensive Assessment of Soil Health*. New York, Estados Unidos: Cornell University.
- Möhring, N., Gaba, S. y Finger, R. (2018). Quantity based indicators fail to identify extreme pesticide risks. *Science of the Total Environment*, 646, 503 – 523.
- Mónaco, C. (2014) Principios de manejo ecológico de enfermedades de cultivos. En Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (Ed.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. (pp. 314 – 341). La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Moreno, J., Moral, R., (2008). *Compostaje*. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.
- Moreno, J., Moral, R., García, J., Pascual, J. y Bernal, M. (2014). *De Residuo a Recurso, El camino hacia la sostenibilidad*. España: Editorial Mundi-Prensa.
- Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., De Santis, P., y Jarvis, D.I., (2012). A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 157, 70 – 86.
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C. y Jeske-Kaczanowska, A. (2018). Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. *Journal of Cleaner Production* 195, 93 – 101.

- Naz, I., Abdulkafi, S., Munir, I., Ahmad, M., Ali, A., Sultan, A., Palomares-Rius, J.E., Ali, S., y Ahmad, I. (2016). Cis-and trans-protopinium, a novel nematicide, for the eco-friendly management of root-knot nematodes. *Crop Protection*, 81, 138-144. Doi: 10.1016/j.cropro.2015.12.006
- Nelson, V. (2011). *Nutrients in compost*. Recuperado de: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/eng4466](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng4466)
- Nguyen, D.B., Rose, T.M., Rose, T.J., Morris, S.G., van Zwieten, L. (2016). Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 92, 50 – 57.
- Ning, C. C., Gao, P. D., Wang, B. Q., Lin, W. P., Jiang, N. H., y Cai, K. Z. (2017). Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1819-1831. Doi: 10.1016/S2095-3119(16)61476-4
- Nyamwasa, I., Li, K., Rutikanga, A., Rukazambuga, D.N., Zhang, S., Yin, J., Ya-zohng, C., ...Sun, X. (2018). Soil insect crop pests and their integrated management in East Africa: A review. *Crop Protection* 106, 163 – 176.
- Oka, Y. (2010). Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—a review. *Applied Soil Ecology*, 44(2), 101 - 115. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.11.003>
- Ortiz, M.E., et al. (2006). Propiedades de la materia orgánica y capacidad complejante sobre el aluminio en algunos suelos ándicos en Colombia. *Cenicafé*, 57 (1): 51 - 57.
- Osorio, N.W. (2015). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico*. Medellín, Colombia: L. Vieco S.A.S.
- Ottaviani, D., Ji, L., y Pastore, G. (2003). A multidimensional approach to understanding agro-ecosystems. A case study in Hubei Province, China. *Agricultural Systems*, 76(1), 207 - 225.
- Pallante, G., Drucker, A. G., y Sthapit, S. (2016). Assessing the potential for niche market development to contribute to farmers' livelihoods and agrobiodiversity conservation: Insights from the finger millet case study in Nepal. *Ecological Economics*, 130, 92 –105

- Pant, L.P. Adhikari, B. y Bhattarai, K.K. (2015). Adaptive transition for transformations to sustainability in developing countries. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 206 – 212.
- Parmentier, S. (January 2014). *Scaling-up agroecological approaches: what, why and how? Belgium*: Recuperado de: <https://www.oxfamsol.be/fr/scaling-agroecological-approaches-what-why-and-how>
- Pascual, U., Termansen, M., Hedlund, K., Brussaard, L., Faber, J.H., Foudi, S.,... Jørgensen, S.L. (2015). On the value of soil biodiversity and ecosystem services. *Ecosystem Services*, 15, 11 – 18.
- Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M. y Brevik, E.C (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 7 – 13.
- Pérez, M.A., (2010). *Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos. Guía metodológica*. Bogotá, Colombia: Corporación Ambiental Empresarial.
- Pérez, M., y Marasas, M. E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas*, 22(1), 36-43. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.07
- Pergola, M., Persiani, A., Palese, A.S., Di Meo, V., Pastore, V., D'Adamo, C., y Celano, G. (2018). Composting: the way for a sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 123, 744 – 750.
- Pergola, M., Piccolo, A., Palese, A.M., Ingrao, C., Di Meo, V., y Celano, G. (2018). A combined assessment of the energy, economic and Environmental issues associated with on-farm manure composting processes: Two case studies in South of Italy. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3969 – 3981. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.111>
- Perrin, R. M. (1997). Crop protection: taking stock for the new millennium. *Crop protection*, 16 (5), 449 - 456. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(97\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(97)00014-8)
- Perry, R.N. y Moens M. (2006). *Plant nematology*. Cambridge, Estados Unidos: CABI.
- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffman, C., Grando, M.S.,...Anfora, G. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, 97, 70 – 84.

- Pesticide Action Network UK (2000). Fipronil. *Pesticides News*, 48, p. 20. Recuperado de: <http://www.fluoridealert.org/wp-content/pesticides/fipronil.article.pest.news.htm>
- Piotrowska-Długosz, A., Siwik-Ziomek, A., Długosz, J., y Gozdowski, D. (2017). Spatio-temporal variability of soil Sulfur content and arylsulfatase activity at a conventionally managed arable field. *Geoderma*, 295, 107-118. Doi: 10.1016/j.geoderma.2017.02.009
- Planeo (2010). Plan Estratégico del Oriente Antioqueño 2010. Recuperado de <http://planestrategicodeloriente.blogspot.com.co/>
- Poggenburg, Ch., Mikutta, R., Schippers, A., Dohrmann, R. y Guggenberger, G. (2018). Impact of natural organic matter coatings on the microbial reduction of iron oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 224, 223 – 248.
- Poirier, V., Roumet, C., y Munson, A. D. (2018). The root of the matter: Linking root traits and soil organic matter stabilization processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 246-259. Doi: 10.1016/j.soilbio.2018.02.016
- Pope, J., Bond, A., Hugé, J. y Morrison-Saunders, A. (2017). Reconceptualising sustainability assesment. *Environmental Impact Assessment Review*, 62, 205 – 215. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.11.002>
- Powelson, D. S., Gregory, P. J., Whalley, W. R., Quinton, J. N., Hopkins, D. W., Whitmore, A. P., Hirsch, P.R. y Goulding, K. W. (2011). Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. *Food policy*, 36, S72-S87. Doi: 10.1016/j.foodpol.2010.11.025
- Preston, T. R., Leng, R., Rodríguez, L., Castro, A.H., Moreno, F.,...Hernández,G. (2002). Estrategias para el desarrollo de sistemas alimenticios de rumiantes en el trópico. En Seminario de Agricultura Sostenible para el Trópico. Cúcuta, Colombia.
- Pretty, J.N., (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biol Sci*, 363 (1491), 447 – 465.
- Pretty, J., y Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152-182. Doi: 10.3390/insects6010152

- Quijano-Abril, M.A. (2016). *Flora del Oriente Antioqueño. Biodiversidad, Ecología y Estrategias de Conservación*. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Quintero-Ángel, M., y González-Acevedo, A. (2018). Tendencias and challenges for the assessment of agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 273-281. Doi: 10.1016/j.agee.2017.11.030
- Rahman, M.S., Norton, G.W y Rashid, M.H. (2018). Economic impacts of integrated pest management on vegetables production in Bangladesh. *Crop Protection* 113, 6 – 14.
- Ramírez, A., Gallo, A.F., Hoyos, D.E. y Peñuela, G.A. (2014) QuEChERS GC–MS validation and monitoring of pesticide residues in different foods in the tomato classification group. *Food Chemistry*, 158, 153 – 161.
- Reeves, D. W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Tillage Research*, 43 (1-2), 131-167. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00038-X)
- Rendón, A., Caballero, J., Arias, A., González, A., Arenas, J., y Gallego, J. (2011). Estudio geológico-geomorfológico en el oriente cercano a Medellín, como apoyo a la búsqueda de actividad tectónica reciente. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 0(29), 39 - 54. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/29249/39423>
- Restrepo, J. (2007). *Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua, Nicaragua: Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS).
- Ringuelet, J. y Viña, S. (2013). *Productos naturales vegetales*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Rural Advancement Foundation International - RAFI (2000). ¿Condenadas a la extinción? Seminis elimina 2000 variedades. Recuperado de: [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/317/01/geno\\_earmarked\\_es.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/317/01/geno_earmarked_es.pdf)

- Salamanca, A. y Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381 - 397. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/163>
- Sánchez, D., Lis-Gutiérrez, J.P., Robledo, J.C. y Herrera, J.P. (2013). *Estudios Económicos Sectoriales. Estudio sobre Plaguicidas en Colombia*. Bogotá, Colombia: Ed. Industria y Comercio Superintendencia.
- Sánchez, M.D. y Rosales, M. (1999). *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Memorias de la I conferencia electrónica. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal. 143, 515p. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s00.pdf>
- Sánchez-Moreno, S., y Ferris, H. (2007). Suppressive service of the soil food web: effects of environmental management. *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(1-2). Doi: 75-87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.012>
- Sánchez-Moreno, S., y Talavera, M. (2013). Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. *Revista Ecosistemas*, 22(1), 50 - 55. Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/765>
- Santana, G., Cordoba, O., Jaramillo, J., y Díaz, C. (2005). *Identificación de Arvenses (malezas) en cultivos de hortalizas de clima frío moderado*. Bogotá, Colombia: CORPOICA.
- Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19 - 28. Recuperado de <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46738>
- Sarria, P., Gómez, M. E., Rodríguez, L., Molina, J.P., Molina, C.H. y Murgueitio, E. (1994). *Pruebas de campo en el trópico con el uso de biomasa para sistemas integrados y sostenibles de producción animal*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- Scherer, H.W. (2001). Sulphur in crop production — invited paper. *European Journal of Agronomy*, 14 (2001) 81–111.

- Scherer, H. W. (2009). Sulfur in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(3), 326-335. Doi: 10.1002/jpln.200900037
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Antioquia (SADRA). (2016). Documento de acuerdo de competitividad del Comité Regional de la Cadena de las Hortalizas de Antioquia. Manuscrito no publicado.
- Sikora, R. A., y Fernández, E. (2005). Nematode parasites of vegetables. En: Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (Eds.) (2005). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Oxfordshire: CABI, 319-392.
- Smit, B. y Smithers, J. (1994). Sustainable Agriculture and Agroecosystem Health. En: N.O Nielson (Ed.), *Proceedings of an International Workshop*. (pp. 31-37), Ottawa, Canada: University of Guelph/International Development Research Centre.
- Souza, J. (2009). La problemática del uso de plaguicidas en Argentina. Modelos productivos e impacto en el ambiente. *XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología*. Congreso llevado a cabo en las VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires, Argentina.
- Spalding, B. P., Brooks, S. C., y Watson, D. B. (2010). Hydrogel-Encapsulated Soil: A tool to measure contaminant attenuation in situ. *Environmental science & technology*, 44(8), 3047-3051. Doi: 10.1021/es903983f
- Spectrum Analytic Inc (s.f.) University of Maryland (UMD) and Penn State crop recommendations. Washington, Estados Unidos: Agronomic Library.
- Spectrum Analytic. (15 January, 2018). Spectrum Analytic, Excellence in Testing. Washington Court House. En: <https://www.spectrumanalytic.com>
- Spectrum Technologies (2013). Medir es Saber. Aurora (EU): Spectrum Technologies, Inc.
- Speranza, C. I., Wiesmann, U., y Rist, S. (2014). An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social–ecological dynamics. *Global Environmental Change*, 28, 109 - 119. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.005>
- Srivastava, P., Singh, R., Tripathi, S. y Raghubanshi, A. S. (2016). An urgent need for sustainable thinking in agriculture—An Indian scenario. *Ecological indicators*, 67, 611 - 622. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.015>

- Steingrímisdóttir, M. M., Petersen, A., y Fantke, P. (2018). A screening framework for pesticide substitution in agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 192, 306-315. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.04.266
- Stock, P. V., Forney, J., Emery, S. B., y Wittman, H. (2014). Neoliberal natures on the farm: farmer autonomy and cooperation in comparative perspective. *Journal of Rural Studies*, 36, 411 - 422.
- Sullivan, P. (2003). *Intercropping principles and production practices. Agronomy systems guide. Appropriate. Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*. Recuperado de [http://el.doccentre.info/eldoc1/k33\\_/intercropping-principles.pdf](http://el.doccentre.info/eldoc1/k33_/intercropping-principles.pdf)
- Sun, H.Z. y Guan, L.L. (2018). Feedomics: Promises for food security with sustainable food animal production. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 107, 130 – 141.
- Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G., y Zuberer, D. A. (2005). *Principles and applications of soil microbiology*. New Jersey, Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.
- Tamm, L., Thürig, B., Fließbach, A., Golltlied, A. E., Karavani, S., & Cohen, Y. (2011). Elicitors and soil management to induce resistance against fungal plant diseases. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3), 131-137. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2011.01.001>
- Tejada, M., Hernández, M. T. y García, C. (2009). Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. *Soil & Tillage Research*, 102, 109–117.
- Tendall, D.M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q.B.,..., y Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17 – 23.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M. y Siemann, E. (1997). The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. *Science*, 227, 1300 – 1302.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., y Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108 (50), 20260 – 20264.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... y Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59. Doi:10.1016/j.biocon.2012.01.068

- Turmel, M. S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N., y Govaerts, B. (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134, 6-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.009>
- Tush, D., Maksimowicz, M. M., y Meyer, M. T. (2018). Dissipation of polyoxyethylene tallow amine (POEA) and glyphosate in an agricultural field and their co-occurrence on streambed sediments. *Science of The Total Environment*, 636, 212-219. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.246
- Udo de Haes, H., Voortman, R.L., Bussink, D.W., Rougoor, C.W. y van der Weijden, W.J. (2012). *Scarcity of micronutrients in soil, feed, food, and mineral reserves - Urgency and policy options*. Recuperado de [https://www.iatp.org/sites/default/files/scarcity\\_of\\_micronutrients.pdf](https://www.iatp.org/sites/default/files/scarcity_of_micronutrients.pdf)
- Ugaglia, A., Del'homme, B., y Filippi, M. (2011). *Overcoming grape growers' pesticide lock-in*. Recuperado de <http://cahiersdugretha.u-bordeaux4.fr/2011/2011-12.pdf>
- Uphoff, N. (Ed.). (2002). *Agroecological Innovations. Increasing Food Production with Participatory Development*. London, United Kingdom: Earthscan.
- USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Washington DC, Estados Unidos: USDA.
- Vandermeer, J., van Noordwijk, M., Anderson, Jo., Ong, C. y Perfecto, I. (1998). Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67 (1), 1 – 22.
- Vázquez, L.L. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario*, 15 (1), 7 – 111. Recuperado de [http://agricultura-ecologica.servidor-alicante.com/documentos-agricultura-ecologica/Agricultura\\_Ecologica\\_-\\_Manejo\\_de\\_plagas\\_en\\_la\\_agricultura\\_ecologica\\_INISAV\\_2010.pdf](http://agricultura-ecologica.servidor-alicante.com/documentos-agricultura-ecologica/Agricultura_Ecologica_-_Manejo_de_plagas_en_la_agricultura_ecologica_INISAV_2010.pdf)
- Vázquez, L.L. y Matienzo, Y. (2010). *Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas*. Ciudad de La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) Ministerio de la Agricultura. Recuperado de <http://doctoradoagroecologia2010.pbworks.com/f/INISAV+Metodolog%C3%ADa+para+la+clasificaci%C3%B3n+r%C3%A1pida+de+la+biodiversidad+.pdf>

- Veldstra, M. D., Alexander, C. E., y Marshall, M. I. (2014). To certify or not to certify? Separating the organic production and certification decisions. *Food Policy*, 49, 429-436. Doi: 10.1016/j.foodpol.2014.05.010
- Wang, H., Moustier, P., y Thi Tan Loc, N. (2014). Economic impact of direct marketing and contracts: The case of safe vegetable chains in northern Vietnam. *Food Policy* 47, 13 – 23.
- Wesemael, W.M., Viaene, N., y Moens, M. (2011). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. *Nematology*, 13 (1), 3 – 16.
- Willekens, K., Vandecasteele, B., Buchan, D., y De Neve, S. (2014). Soil quality is positively affected by reduced tillage and compost in an intensive vegetable cropping system. *Applied soil ecology*, 82, 61-71. Doi: [10.1016/j.apsoil.2014.05.009](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.009)
- Wiratno, Taniwiryo, D., van den Berg, J. H. J., Riksen, J. A. G., Rietjens, I. M. C. M., Djiwanti, S. R., Kammenga, J. E., y Murk, A. J. (2009). Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The open natural products journal*, 2, 77-85. Doi: 10.2174/1874848100902010077
- Wolz, K. J., y DeLucia, E. H. (2018). Alley cropping: Global patterns of species composition and function. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 252, 61 - 68. Doi: 10.1016/j.agee.2017.10.005
- Wu, H., Wang, C. J., Bian, X. W., Zeng, S. Y., Lin, K. C., Wu, B., Zhang, G. A., y Zhang, X. (2011). Nematicidal efficacy of isothiocyanates against root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in cucumber. *Crop protection*, 30(1), 33-37. doi:10.1016/j.cropro.2010.09.004
- Wynne, B. (2001). Creating public alienation: expert cultures of risk and ethics on GMOs. *Science as culture*, 10(4), 445 - 481. Doi: <https://doi.org/10.1080/09505430120093586>
- Xu, W. y Mage, J. A. (2001). A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. *Agriculture, ecosystems & environment*, 83(3), 215-233. Doi: 10.1016/S0167-8809(00)00159-6
- Yan, J., Yang, Z., Li, Z., Li, X., Xin, L, y Sund, L. (2016). Drivers of cropland abandonment in mountainous areas: A household decision model on farming scale in Southwest China. *Land Use Policy*, 57, 459 – 469. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.014>

- Yiridoe, E. K. y Weersink, A. (1997). A review and evaluation of agroecosystem health analysis: the role of economics. *Agricultural systems*, 55(4), 601 - 626. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(97\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00026-7)
- Zapata, D., Barrera, M., Gómez, R. y Naranjo, L. (Eds.). (2017). *Plan de Crecimiento Verde y Desarrollo Compatible con el Clima en el Oriente antioqueño*. Alianza Clima y Desarrollo, Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare. Cali, Colombia: Fundación Natura, WWF.
- Zech, W., Senesi, N., Guggenberger, G., Kaiser, K., Lehmann, J., Miano, T.,..., y Schroth, G. (1997). Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79, 117-161.
- Zimmerer, K. S., y Bell, M. G. (2015). Time for change: The legacy of a Euro-Andean model of landscape versus the need for landscape connectivity. *Landscape and Urban Planning*, 139, 104-116. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.002
- Zhiping, C. y Dawson, R. (2005). Modeling circulation function in agroecosystems. *Ecological modelling*, 181(4), 557 - 565. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.06.041>
- Zhu, B., Chen, Q., Chen, S., y Zhu, Y. G. (2017). Does organically produced lettuce harbor higher abundance of antibiotic resistance genes than conventionally produced? *Environment international*, 98, 152 - 159. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.001>
- Zhu, W., Wang, S. y Caldwell, C. (2012). Pathways of assessing agroecosystem health and agroecosystem management. *Acta Ecológica Sinica*, 32(1), 9 – 17. Recuperado de <http://soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon-pools>

## Anexos

### Anexo 1. Levantamiento de línea base de los sistemas productivos en hortalizas en el altiplano del oriente antioqueño

Nº Encuesta: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre del encuestador:
Email:
Teléfono:

Nombre del propietario:	Nombre del encuestado:
Edad:	
Documento de identidad:	
Teléfono:	
Email:	
Nombre de la finca:	
Municipio:	
Vereda:	

#### ASPECTOS SOCIALES:

Tipo de población: Desplazada\_\_\_ Vulnerable\_\_\_ Residente\_\_\_ Otra ¿Cuál?\_\_\_\_\_

Tenencia de la tierra: Propia\_\_\_ Arrendada\_\_\_ Otra ¿Cuál?\_\_\_\_\_

Estrato social: 1\_\_\_ 2\_\_\_ 3\_\_\_ 4\_\_\_ 5\_\_\_

Estado de la vivienda: Buena\_\_\_ Regular\_\_\_ Mala\_\_\_

Servicios Públicos: Agua\_\_\_ Luz\_\_\_ Teléfono\_\_\_ Otro ¿Cuál?\_\_\_\_\_

¿Cuántas personas habitan la vivienda? 1 a 3\_\_\_ 4 a 6\_\_\_ 7 a 9\_\_\_ Más de 9\_\_\_

¿Cuántos hijos tiene? 1 a 2\_\_\_ 3 a 4\_\_\_ 5 a 6\_\_\_ Más de 6\_\_\_

Rango de edad de los hijos: 1 a 6 años\_\_\_ 7 a 15 años\_\_\_ 16 a 30 años\_\_\_ Más de 30 años\_\_\_

Nivel de escolaridad del grupo familiar: Primaria\_\_\_ Secundaria\_\_\_ Técnico\_\_\_ Profesional\_\_\_

Número de personas a cargo: \_\_\_\_

¿Depende económicamente de la agricultura? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

¿Hace cuánto trabaja la agricultura? \_\_\_\_\_

¿Usa mano de obra familiar? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

¿Cuántas? \_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_ Masculino \_\_\_\_

¿Cuántas personas del grupo familiar laboran actualmente? \_\_\_\_ Actividad: Agrícola: \_\_\_\_  
Pecuaria \_\_\_\_ Otra ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Tiene seguridad social: SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Sisben: \_\_\_\_ Nivel: \_\_\_\_

Pertenece a alguna asociación: SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Estado civil: Soltero \_\_\_\_ Casado \_\_\_\_ Unión libre \_\_\_\_ Viudo \_\_\_\_

#### ASPECTOS TECNOLOGICOS

Zona de vida \_\_\_\_\_ a.s.n.m \_\_\_\_ T° \_\_\_\_ Humedad \_\_\_\_ Precipitación anual (nm) \_\_\_\_

Latitud \_\_\_\_\_ Longitud \_\_\_\_\_ Pendiente \_\_\_\_\_

Área de la finca \_\_\_\_\_ ( $m^2$ )

Área cultivada en hortalizas \_\_\_\_\_ ( $m^2$ )

Sistema de producción: Invernadero \_\_\_\_ Semicubierta \_\_\_\_ Campo abierto \_\_\_\_ Otra ¿Cuál?  
\_\_\_\_\_

Vías de acceso a la finca: Via pavimentada \_\_\_\_ Via destapada \_\_\_\_

## ESPECIES CULTIVADAS

Especie	Área	Fecha siembra	Tipo desistema (invernadero, libre exposición)	Edad del cultivo	Distancia entre plantas	Distancia entre sur	Ancho cama	Largo cama	No cama	No plantas

## INFORMACIÓN EDAFICA:

Realiza análisis Suelo: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cada cuánto? \_\_\_\_\_

pH \_\_\_

Textura \_\_\_\_\_

Estructura \_\_\_\_\_

Profundidad efectiva \_\_\_\_\_

Porosidad \_\_\_\_\_

Nivel freático \_\_\_\_\_

## INFORMACIÓN HÍDRICA

¿Posee fuente de agua natural? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Tiene retiros de las fuentes de agua? SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cuál es la distancia? \_\_\_\_\_

Caudal de la fuente de agua \_\_\_\_\_ (l/seg)

Riega con: Agua tratada \_\_\_ Agua natural \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

¿Realiza análisis al agua? SI \_\_\_ NO \_\_\_

## PREPARACIÓN DEL SUELO

Labranza: Cero \_\_\_ Mínima \_\_\_ Excesiva \_\_\_

Trazado: Curvas a nivel \_\_\_ Triangulo \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Aplica enmiendas: Cal dolomita \_\_\_ Yeso agrícola \_\_\_ Escorias Thomas \_\_\_ Rocas \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

## MATERIAL VEGETAL

Usa material vegetal: Certificado \_\_\_ No certificado \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Reproduce la planta por: Semilla \_\_\_ Asexual \_\_\_ (tipo) \_\_\_\_\_

Usa material vegetal de su propia fina: SI \_\_\_ NO \_\_\_

Compra el material vegetal en: Vivero \_\_\_ Casa comercial \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

## SIEMBRA

Tiene pan de fertilización: SI \_\_\_ NO \_\_\_

Recibe asistencia técnica para la nutrición de los cultivos: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿De quién? \_\_\_\_\_

## TIPO DE FERTILIZANTES USADOS:

Elemento	Fuente	Dosis	Frecuencia	Época de aplicación	Foliar	Edáfico

## LABORES CULTURAS

Especie agrícola	Rotación	Aporca	Manejo arvences (método)	Manejo de plagas (método)	Manejo de enfermedades (método)	Realiza sanitaria	Utiliza cobertura	Usa riego (tipo)

## PLAGAS

¿Tiene plan MIP? SI\_\_\_ NO\_\_\_

Realiza monitoreo: SI\_\_\_ NO\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

Especie agrícola	Tipo de plaga	Parte de la Planta afectada	Daño causado	Manejo	Nombre vulgar	Nombre científico

Recibe asistencia técnica en plagas: SI\_\_\_ NO\_\_\_

## ENFERMEDADES

¿Tiene plan MIP?: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Realiza monitoreo: SI\_\_\_ NO\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

Especie agrícola	Agente causal	Parte de planta afectada	Síntomas	Manejo	Nombre vulgar	Nombre científico

Recibe asistencia técnica en enfermedades: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Aplica pesticidas en sus cultivos: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Especie agrícola	Tipo de plaga	Tipo de enfermedad	Tipo de pesticida	Fuente	Dosis	Frecuencia

## COSECHA

Realiza cosecha: Madurez fisiológica \_\_\_\_\_ Madurez de cosecha \_\_\_\_\_

Desinfecta herramientas y canastillas: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cuál producto? \_\_\_\_\_

La cosecha es: Manual \_\_\_ Mecánica \_\_\_ Tipo de implemento \_\_\_\_\_

Realiza: Lavado \_\_\_ Selección \_\_\_ Clasifica \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Utiliza algún producto químico en la poscosecha: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Tipo de empaque: Canastillas \_\_\_ Cajas \_\_\_ Bolsas \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Tipo de embalaje: \_\_\_\_\_

Tipo de transporte: \_\_\_\_\_

Mercado: Nacional \_\_\_ Internacional \_\_\_

Comercializa: Minoristas \_\_\_ Mayoristas \_\_\_ Grandes superficies \_\_\_

Vende de: Contado \_\_\_ Crédito \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Frecuencia de entrega: Semanal \_\_\_ Quincenal \_\_\_ Mensual \_\_\_ Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Maneja costos de producción: SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Cuáles son sus ingresos mensuales? \_\_\_\_\_

## RELACIONAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y PRECIOS DE VENTA

Especie agrícola	Rendimiento por área	Costos de producción/kilo	Precio venta/kilo

Maneja su finca como modelo empresarial: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Tiene registro de cámara de comercio: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Su predio está certificado en BPA: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Planea su producción: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Maneja flujograma de procesos: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Maneja plan de capacitación para sus empleados y trabajadores: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Maneja registros: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Hace trazabilidad sus procesos: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Posee seguridad social para sus trabajadores y empleados: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Valor del jornal (día): \_\_\_\_\_

Tiene créditos con bancos: SI\_\_\_ NO\_\_\_

Le gustaría capacitarse: SI\_\_\_ NO\_\_\_ ¿En qué? \_\_\_\_\_

Observaciones del cultivo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma del productor

## Anexo 2. Evaluación de la calidad del suelo y la salud del cultivo

FINCA:

Agricultor:

Calidad del suelo		
1. Consistencia en húmedo (humedad entre sequedad y CC)		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	Suelo polvoso, sin gránulos visibles, desagregado, no se adhiere al hacer ligera presión	
5-7	Suelo suelto con pocos gránulos, ligeramente adherente, se rompe al aplicar presión suave entre pulgar e índice	
8-10	Suelo friable y granular, agregados mantienen formas después de aplicar presión suave, aún humedecidos	

2. Estructura		
Valor establecido	Características a diferentes profundidades	Valor en el campo
1-2	Grano suelto: Sin estructura, una masa inconsolidada, tal como arena suelta, sin agregados visibles. Sin agregados visibles	
3	Masivo: Sin estructura. Masa coherente. Donde todo el horizonte del suelo aparece cementado en una gran masa. No se forman terrones	
4	Deficientemente formada por agregados apenas visibles, escasos agregados intactos. Áspera al tacto que da un tipo de estructura de tamaño gruesa	
5-7	Estructuras en bloques o bloques subangulares: bloques casi cuadrados o más o menos angulares (o Estructuras prismáticas y columnares o estructuras laminares)	
8-10	Estructuras granulares y migajosas: son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelo	

<b>3. Compactación e infiltración</b>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	compacto, se anega fácilmente, el agua permanece arriba en la superficie	
3-5	presencia de capa compacta delgada a baja profundidad, el agua infiltra lentamente	
6-10	suelo no compacto, agua infiltra fácilmente	

<b>4. Profundidad de suelo</b>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	subsuelo casi expuesto, sin capa orgánica u horizonte A, se observa grava, piedra	
5-7	suelo superficial delgado (menos de 10 cm de capa orgánica)	
8-10	suelo superficial más profundo (de 10 cm a 20 cm de capa orgánica)	

<b>5. Estado de residuos</b>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-5	Residuo orgánico presente en el campo que no se descompone o muy lentamente por mal manejo (o compostaje mal elaborado, poca calidad e insuficiente variedad de materias primas, no alcanza para suplir demandas). Otro quema los residuos con herbicida y luego los entierra. Además no hay un buen manejo rotacional.	
5-7	aún persiste residuo del año pasado en varias facetas de descomposición de acuerdo a un manejo rotacional (compostaje semielaborado, no totalmente utilizado, almacenado y alcanza a cubrir)	
8-10	residuos en varios estados de descomposición, pero residuos viejos bien descompuestos al fin (o compostaje bien elaborado, calidad de materias primas y cantidades adecuadas)	

<i>6. Color, olor y materia orgánica</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	suelo de color pálido, con olor malo o químico, y no se nota presencia de materia orgánica o humus	
5-7	suelo de color café claro o rojizo, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus	
8-10	suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica	

<i>7. Retención de humedad</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	Suelo se seca rápido: Seco en apariencia, solamente con presión no es posible hacer una bolita en texturas gruesas o es relativamente moldeable. Forma una bolita cuando presiona un poco de terreno en texturas finas	
5-7	suelo permanece semihúmedo en época seca: Tendencia a aglomerarse, o bien ligeramente, a veces, y bajo presión, permite la formación de una bolita que se disgrega fácilmente en texturas gruesas o se forma cilindro con facilidad cuando se amasa entre los dedos tiene un tacto untuoso en texturas finas	
8-10	suelo mantiene algo de humedad en época seca	

<i>8. Desarrollo de raíces</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas	
5-7	raíces de crecimiento algo limitado, se ven algunas raíces finas	
8-10	raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas	

<i>9. Cobertura de suelo</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	suelo desnudo	
5-7	menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva	
8-10	más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta	

<i>10. Erosión</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos	
5-7	erosión evidente pero baja	
8-10	no hay mayores signos de erosión	

<i>11. Actividad biológica</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípodos, etc.)	
5	se ven algunas lombrices y artrópodos	
10	mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos	

<i>Promedio Calidad de suelo</i>	
----------------------------------	--

## Salud del cultivo

1. Apariencia (deficiencias)		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	cultivo clorótico o descolorido con signos severos de deficiencia de nutrientes	
5-7	cultivo verde claro, con algunas decoloraciones	
8-10	follaje color verde intenso, sin signos de deficiencia	

2. Crecimiento del cultivo		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	Cultivo poco denso, de crecimiento pobre, estancado. Tallos y hojas cortas y quebradizas. Casi no hay crecimiento de follaje nuevo	
5-7	cultivo más denso pero no muy uniforme, con crecimiento nuevo y con hojas y tallos pero aun delgados	
8-10	cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con hojas y tallos gruesos y firmes	

3. Resistencia o tolerancia estrés (sequía, lluvias intensas, ataque de plagas, etc.)		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés	
5-7	sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente	
8-10	soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida	

<i>4. Incidencia de enfermedades</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	susceptible a enfermedades, más del 50% de plantas con síntomas de alguna o varias enfermedades desde los primeros estados de desarrollo	
5-7	entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos	
8-10	resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves	

<i>5. Rendimiento actual o porcentual</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1	bajo con relación al promedio de la zona	
5	medio, aceptable	
10	bueno o alto	

<i>7. Diversidad genética</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	pobre, domina solo una variedad de hortalizas o monocultivos a gran escala por sectores sin mayor rotación	
5-7	media, existen por lo menos dos variedades en rotación	
8-10	alta, más de dos variedades de hortalizas en rotación	

<i>8. Diversidad general</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	sin presencia de barreras vivas y/o corredores biológicos y/o árboles protectores	
5-7	con al menos dos especies de barrera viva y/o de corredores biológicos y/o árboles protectores	
8-10	con más de 2 especies de barreras vivas y/o corredores biológicos y/o árboles protectores	

<i>9. Diversidad natural circundante</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	rodeado por otros cultivos de carácter convencional, campos baldíos sin coberturas o carretera	
5-7	rodeado al menos en un lado por vegetación natural o cultivos de manejo ecológico	
8-10	rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural o de cultivos de manejo ecológico	

<i>10. Sistema de manejo del agricultor</i>		
Valor establecido	Característica	Valor en el campo
1-4	Monocultivo(s) o rotación convencional, manejado con agroquímicos	
5	Monocultivo(s) o rotación de cultivos en transición con sustitución de agroquímicos	
10	dos o más cultivos en proceso de transición ecológica o con cumplimiento de todos los criterios ecológicos	

<i>Promedio Salud del cultivo</i>	
-----------------------------------	--

### **Anexo 3. Variables de medición de las condiciones de plantulación**

#### **1. Información Previa**

Fecha de visita: \_\_\_\_\_

Nombre del Plantuladero: \_\_\_\_\_

Propietario: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Estudiante de Doctorado en Agroecología: \_\_\_\_\_

Registro ICA: \_\_\_\_\_

Certificados: \_\_\_\_\_

#### **2. Materiales**

Procedencia de las semillas: \_\_\_\_\_

Cultivares que multiplica: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tiene semillas propias: \_\_\_\_\_

Tipos de multiplicación empleados: \_\_\_\_\_

Acondicionamiento o tratamiento previo de semillas antes de plantular: \_\_\_\_\_

Prácticas de acondicionamiento (disposición de T°C, HR, Luz, protección, etc):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **3. Control de Calidad y Riesgos**

Realiza control de calidad: directos \_\_\_\_\_ Cuáles: \_\_\_\_\_

Indirectos: \_\_\_\_\_ Cuáles: \_\_\_\_\_

---

Realiza control de riesgos: \_\_\_\_\_

Identificación de cuáles riesgos (tipos, fuentes y descripción):

---

---

Medidas empleadas de control de riesgos (correctivos):

---

---

#### **4. Protocolos**

Lleva registros de información de lotes de producción: \_\_\_\_\_

Cuenta con asesoría técnica de Ingeniero Agrónomo: \_\_\_\_\_

Recibe visitas de verificación del ICA: \_\_\_\_\_

Tipo de enfoque técnico de producción de plántulas: \_\_\_\_\_

---

Sustrato empleado: \_\_\_\_\_

Preparación del sustrato: \_\_\_\_\_

---

Pruebas de calidad del sustrato: \_\_\_\_\_

---

Plan de fertilización: \_\_\_\_\_

Fertilizantes más empleados: \_\_\_\_\_

---

Plan fitosanitario: \_\_\_\_\_

Insumos fitosanitarios más empleados: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Plan de lavado y desinfección de materiales y herramientas de plantulación: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Insumos para desinfección: \_\_\_\_\_

**5. Realiza evaluación de parámetros de calidad de plántulas**

Calidad fisiológica de plántulas: \_\_\_\_\_ Cuáles: (%s, tiempos, comportamiento del desarrollo):

\_\_\_\_\_

Otros:

Capacidad de iniciación y crecimiento de nuevas raíces \_\_\_\_\_

La resistencia al estrés hídrico \_\_\_\_\_

Tiempo de permanencia en plantulación \_\_\_\_\_

Sintomatología de deficiencias nutricionales \_\_\_\_\_

Síntomas y signos de plagas y enfermedades \_\_\_\_\_

**6. Medición Del Recurso Agua**

Calidad del agua usada (cuenta con análisis): \_\_\_\_\_

Tiene tratamiento el agua: \_\_\_\_\_ Cuál: \_\_\_\_\_

Cantidad de agua utilizada: \_\_\_\_\_

Tipo y frecuencia de riego: \_\_\_\_\_

**7. Acondicionamiento previo antes de enviar el pedido al cliente: \_\_\_\_\_**

Tipo de empaque: \_\_\_\_\_

Forma de envío: \_\_\_\_\_

**8. Otras Observaciones: \_\_\_\_\_**

**Anexo 4. Puntos críticos priorizados por dimensión e indicadores seleccionados por los agricultores en la caracterización de sistemas de manejo de hortalizas**

<b>Dimensión</b>	<b>Puntos críticos priorizados</b>	<b>Indicadores Seleccionados</b>
<b>SOCIOCULTURAL</b> (Búsqueda de la equidad intra e intergeneracional, participación para una justa distribución de los recursos económicos, ambientales y sociales, seguridad y soberanía alimentaria, valores y saberes locales, capacidad de toma de decisiones)		
<b>ECONÓMICA</b> (logro de beneficio que permita cubrir necesidades económicas del productor y su familia y la disminución de riesgos asociados a la dependencia de los mercados, insumos o a la baja diversificación de productos)		
<b>TECNOLÓGICA</b> (Sistemas de manejo y tecnologías asociadas apropiadas para responder a las demandas y riesgos del sistema)		
<b>AMBIENTAL</b> (conservación y rehabilitación o restauración de los recursos naturales a nivel local, regional. Mantener su funcionamiento y capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones)		

**Anexo 5. Productos plaguicidas más utilizados en los sistemas convencionales de hortalizas**

<b>Nombre común</b>	<b>Grupo Químico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Categoría</b>
Abamectina	Streptomyces avermitilis	Insecticida-bactericida	III
Azoxistrobina	Metoxiacrilatos	Fungicida	II
Benomyl	benzimidazol	Fungicida	III
Cadusafos	Organofosforado	Insecticida-Nematicida	III
Captan	Ftalimidias	Fungicida	III
Carbendazim	Bencimidazólico	Fungicida	III
Carbofuran	Carbamato	Insecticida-Nematicida	I
Carfentrazone Ethyl	Triazolinonas	Herbicida	III
Cartap	Análogo de la nereistóxina	Insecticida	III
Cipermetrina	Piretroide	Insecticida	II
Chlorfenapyr	Pirroles	Insecticida	III
Clorantraniliprole	Diamida antranílicas	Insecticida	IV
Clorotalonil	Chloronitrilos (phthalonitrilos)	Fungicida	II
Clorpirifos	Organofosforado	Insecticida	II
Cyproconazole	Triazol	Fungicida	III
Deltametrina	Pireroide	Insecticida	II
Difenoconazole	Triazoles	Fungicida	II
Dimethomorph	Amidas de ácido cinámico	Fungicida	III
Dimetoato	Organofosforado	Organofosforado	II
Fentoato	Organofosforado	Insecticida	III
Fipronil	Phenylpyrazole	Insecticida	III
Flubendiamide	Diamida	Insecticida	III
Fluopicolide	pyridinylmethyl-benzamides	Fungicida	III
Folpet	Ftalimidias	Fungicida	III
Fosetyl-Al	Fosforado + ditiocarbamato	Fungicida	IV
Gentamicina	Actinomycetales *	Bactericida biológico	IV
Glifosato	Aminofosfonato	Herbicida	III
Imidacloprid	Neonicotinoide	Insecticida	II
Kasugamicina	Actinomycetales	Bactericida	III
Lambda-Cyhalothrin	Piretroides	Insecticida	III
Linuron	Ureas	Herbicida	III
Mancozeb + Cymoxanil	Cianocetamida + ditiocarbamato)	Fungicida	III
Metalaxyl	Acylalaninas	Fungicida	IV
Methamidophos	Organofosforado	Insecticida	I
Paraquat	Bipiridilo	Herbicida	II
Pyrimethanil	Anilinopyrimidinas	Fungicida	III

Profenofos	Organofosforado	Insecticida	II
Propamocarb + fosefilo	Carbamato-Organofosforado	Fungicida	II
Propineb	Ditiocarbamato	Fungicida	III
Pyraclostrobin	Estrobilurinas	Fungicida	II
Spirotetramat	Ácido tetrónico	Insecticida	III
Spinetoram	Actinomycetales	Insecticida biológico	III
Tetradifon	Hidrocarburo clorado	Insecticida	III
Thiocyclam	Nereistoxina	Insecticida	III
Trifloxystrobin	Estrobilurinas	Fungicida	III

### Anexo 6. Línea base de las variables de los sistemas de producción de hortalizas

VARIABLES SOCIOECONÓMICAS																					
	Municipio	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8	VS9	VS10	VS11	VS12	VS13	VS14	VS15	VS16	VS17	VS18	VS19	VS20
1	Marinilla	Eco	Res	P	2	B	A,Lu	2	0-6	Prof	3	No	4	Si	0	0	0	3	3	No	Si
2	Marinilla	Eco	Res	P	3	B	A,Lu,T,I	0	0-0	Prof	2	Si	10	Si	2	2	0	1	1	Si	Si
3	Marinilla	Eco	Res	Ar	2	R	A,Lu	2	16-30	Tec	2	Si	30	Si	1	1	0	4	3	Si	Si
4	Marinilla	Eco	Res	P	2	B	A,Lu	2	7_15	Sec	3	Si	10	Si	0	0	0	3	3	No	Si
5	Marinilla	Eco	Res	P	2	B	A,Lu,T	1	16-30	Tec	2	Si	15	Si	0	0	0	3	2	Si	Si
6	Marinilla	Eco	Res	P	3	B	A,Lu	2	16-30	Tec	2	Si	17	Si	0	0	0	4	2	Si	Si
7	El Peñol	Eco	Res	P	1	R	A,Lu	7	16-30	Tec	8	Si	35	Si	0	0	0	3	3	Si	No
8	Carmen	Eco	Res	Ar	3	B	A,Lu	2	0-6	Prof	2	Si	8	Si	2	1	1	2	2	Si	No
9	Carmen	Eco	Res	P	3	B	A,Lu,T,Tv	4	> 30	Tec	0	Si	40	No	1	1	0	4	1	Si	No
10	Marinilla	Con	Res	P	2	R	A,Lu	3	16-30	Tec	4	Si	40	Si	0	0	0	4	4	No	No
11	Marinilla	Con	Res	P	2	R	A,Lu,T	2	16-30	Sec	3	Si	30	Si	0	0	0	2	2	Si	No
12	Marinilla	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T	1	16-30	Tec	1	Si	30	Si	0	0	0	2	2	No	No
13	Guarne	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T,I	2	16-30	Prof	2	Si	23	Si	1	1		2	2	Si	Si
14	Guarne	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T,I	3	16-30	Tec	1	No	12	No	5	3	2	1	1	Si	No
15	Guarne	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T,I	2	16-30	Prof	5	Si	40	Si	2	2	0	2	2	Si	No
16	Guarne	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T	3	16-30	Prof	0	No	32	No	3	2	1	1	1	Si	Si
17	Santuario	Con	Res	P	2	B	A,Lu,T,Tv	6	16-30	Tec	5	Si	40	Si	1	1	0	2	1	No	No
18	Santuario	Con	Res	P	1	B	A,Lu,T,I	1	7_15	Sec	2	Si	10	No	2	1	1	1	1	Si	Si
19	Santuario	Con	Res	P	2	B	A,Lu T	1	16-30	Tec	1	Si	40	No	1	1	0	1	1	Si	Si
20	Santuario	Con	Res	P	2	R	A,Lu,T,Tv	7	16-30	Tec	6	Si	40	Si	2	2	0	5	5	Si	Si
21	Carmen	Con	Des	Ar	2	B	A,Lu,T,Tv	2	16-30	Sec	3	Si	40	No	2	2	0	3	1	Si	No
22	Carmen	Con	Res	Ar	2	B	A,Lu	2	16-30	Sec	2	Si	40	No	1	1	0	1	1	Si	No
23	Marinilla	Con	Res	Ar	2	B	A,Lu,T,I	0	0-0	Tec	0	Si	5	Si	1	1	0	2	2	Si	Si
24	Marinilla	Con	Res	Ar	3	B	A,Lu,T	2	7_15	Tec	4	Si	8	No	2	2	0	1	1	Si	No
25	Marinilla	Con	Des	P	2	R	A,Lu,T,Tv	2	16-30	Sec	3	Si	15	Si	0	0	0	3	3	Si	No

VARIABLES TECNOLÓGICAS																				
	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8	VT9	VT10	VT11	VT12	VT13	VT14	VT15	VT16	VT17	VT18	VT19	VT20
1	20	17.000	4.000	Cai	Des	10	Si	6,1	FA	Gra	60	Si	Si	0-30	Min	Si	Org	Fin	Cer	Sem
2	30	3.200	2.000	Cai	Des	8	Si	6,3	FA	Gra	60	Si	Si	0-30	Min	Si	Yfo	Fin	Cer	Sem
3	30	7.396	2.000	Cai	Des	10	Si	5,3	FA	Gra	60	No	Si	31-60	Min	Si	Org	Fin	Cer	Sem
4	45	4.800	3.800	Ca	Des	10	Si	6,8	FA	Gra	60	Si	Si	0-30	Min	Si	Co	Finv	Cer	Sem
5	50	4.338	1.300	Ca	Des	10	Si	6	FA	Gra	60	No	Si	61-90	Min	Si	Org	Fin	Cer	Sem
6	20	3.600	2.500	Ca	Des	10	Si	5,9	FArA	Gra	40	No	No	61-90	Min	Si	Yfo	Fin	Cer	Sem
7	20	14.000	6.000	Ca	Des	10	Si	5,4	FA	Gra	40	Si	Si	0-30	Min	Si	Yfo	Finc	Cer	Sem
8	25	19.200	6.000	Ca	Pav	5	Si	6,6	FA	Blo	30	No	No	> 91	Min	Si	Yfo	Fin	Cer	Sem
9	10	12.000	4.800	Cai	Pav	10	Si	6,5	FA	Gra	50	No	No	61-90	Min	Si	Yfo	Finv	Cer	Sem
10	30	30.000	20.000	Ca	Pav	3	No	5,4	FA	Gra	30	Si	Si	0-30	Exc	Si	Co	Com	Cer	Sem
11	50	3.700	500	Inv	Des	2	No	5,4	F	Blo	20	Si	Si	0-30	Min	Si	cal	Nut	Cer	Sem
12	45	2.500	50	Cai	Des	1	No	5,8	FA	Blo	25	Si	Si	31-60	Min	Si	cal	Nut	Ncer	Sem
13	50	1.850	1.850	Inv	Des	1	Si	4,9	FA	Pol	30	Si	Si	0-30	Min	Si	Co	Com	Cer	Sem
14	45	13.213	4.027	Inv	Pav	1	No	5,6	FA	Gra	35	Si	Si	0-30	Exc	Si	Co	Com	Cer	Ase
15	40	28.000	2.150	Inv	Des	1	No	6,2	FA	Gra	30	Si	Si	31-60	Exc	Si	cal	Nut	Cer	Sem
16	45	3.000	3.000	Inv	Des	1	No	5,6	FA	Gra	30	Si	Si	0-30	Exc	Si	cal	Nut	Cer	Sem
17	20	12.000	9.000	Ca	Des	5	Si	6,3	FArA	Pol	35	No	Si	61-90	Min	Si	Co	Com	Cer	Sem
18	5	6.400	2.100	Cai	Pav	9	Si	5,7	F	Gra	40	Si	No	61-90	Min	Si	Cot	Fin	Cer	Sma
19	40	4.500	600	Ca	Des	4	No	5,3	FA	Pol	50	Si	Si	0-30	Min	Si	Org	Fin	Cer	Sem
20	50	50.000	20.000	Ca	Des	3	Si	6	FA	Blo	30	No	No	61-90	Exc	Si	Yfo	Com	Cer	Sem
21	10	44.800	25.600	Ca	Des	4	Si	5,9	FA	Blo	25	Si	Si	31-60	Exc	Si	Co	Com	Cer	Sem
22	50	8.000	4.000	Ca	Des	3	No	5,6	F	Blo	40	Si	Si	0-30	Exc	Si	Co	Com	Cer	Sem
23	25	12.000	3.250	Cai	Pav	10	Si	6	FArA	Blo	30	No	Si	0-30	Min	Si	Yfo	Fin	Cer	Sem
24	30	10.000	8.000	Cai	Pav	6	Si	5,2	FA	Blo	25	Si	Si	31-60	Exc	Si	Co	Com	Cer	Sem
25	45	3.225	3.000	Ca	Des	2	Si	5,2	FA	Pol	30	Si	No	61-90	Exc	Si	Co	Com	Cer	Sem

VARIABLES TECNOLÓGICAS														
	VT21	VT22	VT23	VT24	VT25	VT26	VT27	VT28	VT29	VT30	VT31	VT32	VT33	VT34
1	Si	Si	Si	No	Compost, lombricompost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Caldo bordeles, caldo sulfocálsico, Purines de hierbas varias	Si	No	Nin
2	Si	Si	Si	No	Compost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Caldo bordeles, caldo sulfocálsico, Purines de hierbas varias	Si	No	Nin
3	Si	Si	Si	No	Compost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Caldo bordeles, caldo sulfocálsico, Purines de hierbas varias	Si	No	Nin
4	Si	Si	Si	No	Compost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Caldo bordeles, caldo sulfocálsico, Purines de hierbas varias	Si	No	Nin
5	Si	Si	Si	No	Compost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Caldo bordeles, caldo sulfocálsico, Purines de hierbas varias	Si	No	Nin
6	Si	Si	No	No	Bocashi y biopreparados líquidos	No	Si	No	Nin	No	Purines de varias hierbas	Si	No	Nin
7	Si	Si	No	No	Compost, Bocashi y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Purines de varias hierbas, caldo bordelés	Si	No	Nin
8	Si	Si	No	No	Bocashi, fosfitos y quelatos	Si	Si	No	Nin	Si	Purines de varias hierbas y caldo sulfocálsico	Si	No	Nin
9	Si	No	No	No	Compost	Si	Si	No	Nin	Si	Purines de varias hierbas	No	No	Nin
10	No	No	No	Si	Triple 15, Agrimins	No	No	Si	Quin	No	Clorotalonil, Carbendazim, Dimethomorph	Si	Si	Sm
11	Si	Si	Si	Si	Compost, Triple 15, Agrimins	Si	Si	Si	Quin	No	Difenoconazole, Metiram, Pyraclostrobin, Pyrimethanil	Si	Si	Sm
12	No	No	No	Si	Triple 15, 10-30-10	No	Si	Si	Quin	No	Difenoconazole	No	Si	Quin
13	No	Si	No	Si	Triple 15, 18-46-0, 10-20-30, 17-6-18-2	No	Si	Si	Quin	No	Difenoconazole, Clorotalonil	Si	Si	Quin
14	No	Si	Si	Si	Triple 15, 10-20-20, 46-0-0	No	Si	Si	Quin	No	Fungicida de azufre, Clorotalonil, Carbofuran, Carbendazim	Si	Si	Quin
15	No	Si	No	Si	Triple 15, 18-46-0	No	Si	Si	Quin	No	Clorotalonil, Mancozeb	Si	Si	Quin
16	No	Si	No	Si	10-20-20	No	Si	Si	Quin	Si	Fungicida de azufre	Si	Si	Quin

17	No	No	No	Si	Triple 15, 17-6-18-2, agrimins	No	Si	Si	Quin	No	Difenoconazole, Myclobutanil, Azoxistrobina, Clorotalonil	No	Si	Sm
18	No	No	No	Si	Compost, lixiviado de lombris, Triple 15, Agrimins	No	Si	No	Nin	No	Fungicida de azufre	Si	Si	Quin
19	No	No	No	No	Compost, triple 15	No	Si	No	Nin	No	Fungicida de azufre	Si	No	Quin
20	Si	No	No	Si	10-30-10, 18-46-0	No	Si	Si	Quin	No	Difenoconazole, Clorotalonil, Azoxistrobina	Si	Si	Quin
21	No	Si	No	Si	Triple 15, 10-20-20, agrimins, fosfoyeso	No	Si	Si	Quin	No	Fungicida de azufre	Si	Si	Quin
22	No	No	No	Si	Triple 15	No	Si	Si	Quin	No	Trifloxystrobin más Cyproconazole, Clorotalonil	No	Si	Quin
23	Si	Si	Si	No	Compost, humus de lombris, abono orgánico-mineral	Si	Si	No	Nin	Si	Alelopatía, Caldo sulfocálcico, Caldo bordelés	Si	No	Nin
24	No	Si	Si	Si	Triple 15, 18-46-0, 10-20-20, 10-30-10, agrimins	No	Si	Si	Sm	No	Trifloxystrobin; Propineb Cyproconazole en mezcla con difenoconazole	Si	Si	Sm
25	No	No	No	Si	Urea, triple 15, triple 16, foliar nitrogenado	No	No	Si	Sm	No	Difenoconazole, Metamidofos	No	Si	Sm

VARIABLES SOCIOEMPRESARIALES													
	VSE1	VSE2	VSE3	VSE4	VSE5	VSE6	VSE7	VSE8	VSE9	VSE10	VSE11	VSE12	VSE13
1	Come	Lsc	Can	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	Fis	Ls	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	Si	Si	Si	Si
3	Come	Lsc	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4	Fisco	Lsc	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	No	Si	Si	Si
5	Fisco	Lsc	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6	Fis	Lsc	Can	Loc	Cf	Cont	Smm	Si	Si	No	No	Si	Si
7	Fis	Lsc	Can	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	No
8	Come	Ls	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	Si
9	Fis	Ls	Ccb	Loc	Cf	Cont	Sm	No	Si	No	No	Si	No
10	Fisco	Lsc	Can	Loc	Int	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	No
11	Come	Lsc	Can	Loc	Int	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	No
12	Come	L	Bo	Loc	Int	Cont	Sm	No	No	No	No	Si	No
13	Come	Lsc	Can	Loc	May	Cont	Sm	Si	No	No	No	Si	No
14	Come	Lsc	Can	Loc	May	Cont	Sm	No	No	No	No	No	No
15	Come	Lsc	Can	Loc	Mino	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	No
16	Come	Lsc	Can	Loc	Int	Cont	Sm	No	No	No	No	No	No
17	Come	Lsc	Co	Loc	plaza	Cont	Quin	No	No	No	No	No	No
18	Fisco	Ls	Ccb	Loc	Cf	Cont	Smm	Si	Si	No	Si	Si	No
19	Come	Ls	Can	Nac	Mino	Cont	Quin	Si	Si	No	No	Si	No
20	Come	Ls	Ccb	Loc	Mino	Cre	Men	No	No	No	Si	Si	No
21	Come	Lsc	Co	Loc	Int	Cont	Sm	No	Si	No	No	Si	Si
22	Fisco	Ls	Co	Loc	Mino	Cont	Sm	No	No	No	No	No	No
23	Fisco	Ls	Can	Loc	Cf	Cont	Sm	Si	Si	No	No	Si	Si
24	Fisco	Lsc	Cc	Nac	Min	Cont	Smm	Si	Si	No	No	Si	No
25	Come	Ls	Cc	Loc	Mino	Cont	Sm	Si	No	No	No	Si	No

	VARIABLES SOCIOEMPRESARIALES											
	VSE14	VSE15	VSE16	VSE17	VSE18	VSE19	VSE20	VSE21	VSE22	VSE23	VSE24	VSE25
1	Si	Si	Si	No	No	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
2	Si	Si	Si	Si	Si	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
3	Si	Si	Si	Si	Si	Si	0,6-1,0	No	No	Si	No	
4	Si	Si	Si	No	No	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
5	Si	Si	Si	No	No	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
6	No	Si	Si	Si	Si	Si	0,5	Si	Si	Si	No	
7	No	Si	No	No	Si	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
8	No	No	No	Si	No	Si	1,6-2,0	Si	Si	Si	No	
9	No	No	No	No	No	Si	1,1-1,5	Si	Si	Si	No	
10	No	Si	No	No	No	Si	1,6-2,0	No	No	Si	No	
11	Si	No	No	No	Si	Si	0,6-1,0	No	No	Si	Si	Bajos ingresos
12	No	No	No	No	No	Si	1,1-1,5	No	No	Si	Si	Difícil acceso a mercados
13	No	Si	No	No	Si	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
14	No	No	No	No	Si	Si	0,6-1,0	Si	Si	Si	No	
15	No	No	Si	No	Si	Si	0,6-1,0	No	No	Si	No	
16	No	No	No	No	No	Si	0,5	Si	Si	NO	Si	Bajos ingresos
17	No	No	No	No	No	Si	1,1-1,5	No	No	Si	Si	Bajos ingresos
18	Si	Si	Si	No	Si	Si	1,6-2,0	Si	Si	Si	No	
19	No	No	No	No	No	Si	0,6-1,0	No	No	Si	No	
20	Si	Si	No	No	Si	Si	0,6-1,0	No	No	Si	No	
21	No	No	Si	No	No	Si	1,1-1,5	Si	Si	Si	Si	Bajos ingresos
22	No	No	No	No	No	Si	0,6-1,0	No	No	Si	No	
23	No	Si	Si	No	No	Si	1,1-1,5	Si	Si	Si	No	
24	No	Si	No	No	No	Si	1,6-2,0	Si	Si	Si	No	
25	No	No	No	No	No	Si	1,1-1,5	No	No	Si	No	

Lista de abreviaturas de la línea base			
VS1	Tipo de Sistema o Manejo Productivo	VT20	Tipo de Reproducción
VS2	Tipo de Población	VT21	Usa material vegetal de su propia finca
VS3	Tenencia de la Tierra	VT22	Maneja plan de fertilización
VS4	Estrato Social	VT23	Asistencia técnica para manejo de sus cultivos
VS5	Estado Vivienda	VT24	Fertiliza con químicos
VS6	Servicios Públicos	VT25	Insumos para fertilización
VS7	Número de Hijos	VT26	Manejo integrado de plagas
VS8	Rango de Edad de los Hijos	VT27	Monitoreo de plagas
VS9	Nivel Escolaridad grupo familiar	VT28	Usa insecticidas químicos
VS10	Personas a cargo por el productor	VT29	Frecuencia de aplicación insecticidas químicos
VS11	Depende de la agricultura	VT30	Manejo integrado de enfermedades
VS12	Años de trabajo en la agricultura	VT31	Insumos para manejo de enfermedades
VS13	Usa mano de obra Familiar	VT32	Monitoreo de enfermedades
VS14	Cuántas personas contrata	VT33	Usa fungicidas químicos
VS15	Cuántos hombres contrata	VT34	Frecuencia aplicación fungicidas químicos
VS16	Cuántas mujeres contrata	VSE1	Tipo de madurez para cosecha
VS17	Personas que laboran actualmente grupo familiar	VSE2	Prácticas valor agregado poscosecha
VS18	Cuántas del grupo familiar se emplean en la finca	VSE3	Tipo de empaque
VS19	Posee Seguridad Social	VSE4	Tipo de mercado
VS20	Pertenece alguna asociación	VSE5	Destino Comercialización
VT1	Pendiente promedio (%)	VSE6	Tipo de venta
VT2	Área de la finca (m <sup>2</sup> )	VSE7	Frecuencia de venta
VT3	Área cultivada en hortalizas (m <sup>2</sup> )	VSE8	Maneja Costos de Producción
VT4	Forma o arreglo de explotación	VSE9	Manejo de la finca como modelo empresarial
VT5	Vías de acceso	VSE10	Tiene Camara de Comercio
VT6	Número especies de hortalizas cultivadas	VSE11	Tiene certificado BPA u otro
VT7	Realiza análisis de suelo	VSE12	Planificación de producción
VT8	pH	VSE13	Maneja flujograma de procesos
VT9	Textura del suelo	VSE14	Tiene plan de capacitación
VT10	Estructura del suelo	VSE15	Maneja Registros
VT11	Profundidad efectiva (cm)	VSE16	Trazabilidad a procesos
VT12	Fuente de agua natural dentro de la finca	VSE17	Maneja seguridad social para empleados
VT13	Protege retiros de fuentes de agua	VSE18	Cuenta con créditos en bancos
VT14	Cuál es la distancia a la que está el agua	VSE19	Le gustaría capacitarse

VT15	Tipo Labranza	VSE20	Unidades salario mínimo mensuales por agricultura
VT16	Aplica enmienda	VSE21	Otras actividades extraprediales
VT17	Tipo de enmienda	VSE22	Otros ingresos extraprediales
VT18	Procedencia de la enmienda orgánica	VSE23	Continúa en la actividad agrícola
VT19	Clase de material vegetal	VSE24	Cambió a otros cultivos
Eco	Ecológico	VSE25	Por qué abandono la actividad de hortalizas
Con	Convencional	Cer	Certificado
Res	Residente	Ncer	No certificado
Des	Desplazada	Sem	Semilla
P	Propia	Ase	Asexual
Ar	Arrendada	Sma	Semilla y asexual
Prof	Profesional	Nin	Ninguna
Tec	Técnico	Quin	Quincenal
Sec	Secundaria	Sm	Semanal
Cai	Campo abierto e invernadero	Come	Comercial
Ca	Campo abierto	Fis	Fisiológica
Inv	Invernadero	Fisco	Fisiológica-comercial
Des	Destapada	Lsc	Lavado-selección y clasificación
Pav	Pavimentada	Ls	Lavado y selección
Gra	Granular	L	Lavado
Blo	Blocosa	Can	Canastillas
Pol	Polvosa	Ccb	Canastillas, cajas y bolsas
Min	Mínima	Bo	Bolsas
Exc	Excesiva	Co	Costales
Org	Orgánica solo	Cc	Canastillas y cajas
Yfo	Yeso o rocas fosfóricas y orgánica	Loc	Local
Co	Cal, orgánica	Nac	Nacional
Cot	Cal, orgánica, triple 30	Cf	Consumidor final
Fin	Finca	Int	Intermediarios
Finv	Finca y vecinos	May	Mayorista
Finc	Finca y comprada	Mino	Minorista
Com	Comprada	Cont	Contado
Nut	No utiliza	Cre	Crédito
Men	Mensual	Smm	Dos veces por semana
B	Buena	R	Regular
A	Agua	Lu	Luz
T	Teléfono	I	Internet
Tv	Cable TV		

**Anexo 7. Análisis comparativo de variables físico-químicas y materia orgánica de suelos**

	Sistema productivo	Año de muestreo	V(x) Físicas				Factor	Comp. Org %
			A%	L%	Ar%	Clase	pH	M.O.
1	<b>Convencional</b>	2013	64	28	8	FA	5.8	19
2		2013	60	24	16	FA	5.5	21
3		2013	58	30	12	FA	5.6	14
4		2015	56	30	14	FA	5.3	15.6
5		2015	70	18	12	FA	4.9	8.0
6		2015	46	28	26	F	5.3	16.4
7		2013	64	26	10	FA	6.2	6.3
8		2013	54	32	14	FA	5.8	9.9
9		2013	66	24	10	FA	6.1	10.9
10		2015	58	24	18	FA	6.0	9.0
11		2015	42	34	34	F	5.7	7.7
12		2015	54	26	20	FA	6.3	5.9
13		2013	60	32	8	FA	5.8	14.3
14		2013	64	30	6	FA	5.6	18.8
15		2015	46	34	20	F	5.8	16.4
16		2015	46	34	20	F	5.6	15.6
17		2013	66	24	10	FA	5.5	12.8
18		2015	54	34	12	FA	4.7	16.8
19		2013	64	28	8	FA	5.7	17.8
20		2015	44	38	18	F	6.4	12.1
21	<b>Ecológico</b>	2014	62	20	18	FA	5,7	14,5
22		2014	62	30	8	FA	5,2	19,8
23		2014	52	24	24	FArA	6,4	4,9
24		2014	68	24	8	FA	5,5	23,3
25		2014	64	28	8	FA	6	11,8
26		2014	62	26	12	FA	5,7	15,4
27		2014	58	24	18	FA	5,6	11,4
28		2014	66	20	12	FA	5,3	10,3
29		2015	64	26	10	FA	5,3	19
30		2015	60	30	10	FA	6,1	17,6
31		2015	62	22	16	FA	6	27,1
32		2015	50	28	22	FA	6,9	3,4
33		2015	58	32	10	FA	6,3	17,3
34		2015	64	30	6	FA	6,8	12,8
35		2015	56	30	14	FA	5,5	10,3
36		2015	56	26	18	FA	5,6	14,4
37		2015	60	28	12	FA	6,5	17,3

Variables Químicas													
cmolc/Kg							mg/Kg						
	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1	0	12,70	1,10	0,44	0.05	14,30	50	9	59	3	3	8	0.80
2	0	21,80	5,40	0,8	0.17	28,20	278	25	37	8	2	11	0.95
3	0	2,00	0,41	0,4	0.03	2,80	8	8	186	7	16	3	0.10
4	0.3	42,90	4,70	0,9	0,00	48.83	13	25	112	11	5	9	0.1
5	0.8	29,50	2,60	0,8	0,00	33.68	21	30	256	2	9	3	0.3
6	0.2	39,10	7,10	0,80	0,00	47.19	24	36	112	11	5	9	0.2
7	0	8,20	1,20	0,52	0.06	10,00	177	11	195	4	11	11	0.24
8	0	7,00	1,20	0,57	0.05	8,80	46	15	66	5	7	9	0.10
9	0	5,70	1,90	0,39	0.03	8,00	31	13	90	2	1	4	0
10	0	6,40	1,20	0,68	0,00	8.27	57	45	41	15	3	4	0.1
11	0	10,70	1,40	0,77	0,00	12.91	63	51	52	15	3	6	0.2
12	0	17,90	2,00	0,80	0,00	20.67	89	30	42	12	2	4	0.3
13	0	10,90	1,50	0,90	0.06	13.4	55	9	37	3	4	10	0.18
14	0	8,90	1,20	0,47	0.07	10.6	64	5	79	10	3	7	0.67
15	0	29,50	1,70	1,02	0,00	32.25	15	47	46	15	3	5	0.1
16	0	27,60	1,70	0,46	0,00	29.81	13	22	61	14	4	7	0.1
17	0	3,40	0,48	0,30	0.04	4.2	9	27	62	2	1	4	0.23
18	1.0	42,90	15,10	0,92	0,00	59.9	24	31	371	1	12	1	1.3
19	0	2,30	0,74	0,38	0.04	3.5	11	2	244	5	1	3	0.30
20	0	20,10	2,60	1,05	0,00	23.70	19	35	42	11	2	4	0.2
21	0	8,5	1,3	0,4	0,01	10,20	14	2	60	5	3	6	0,5
22	0	4,5	1,1	0,5	0,10	6,60	3	22	88	4	2	5	0,5
23	0	8,8	2,2	0,4	0,04	11,50	105	6	46	3	2	3	0,6
24	0	8,5	3,4	0,6	0,04	12,90	17	10	51	5	1	17	0,6
25	0	11,3	1,4	0,8	0,10	13,60	7	29	26	2	1	6	0,5
26	0	6,3	1	0,2	0,01	7,50	10	4	69	2	2	6	0,2
27	0	6,5	1,4	0,5	0,06	8,50	28	16	68	4	2	18	0,4
28	1	3,9	0,6	0,2	0,04	5,30	26	5	124	4	3	5	0,4
29	0	8,2	0,9	0,9	0,00	10,11	26	50	112	11	5	9	0,2
30	0	1,9	0,1	1,1	0,00	3,15	17	26	40	14	2	4	0,3
31	0	3,8	0,9	1,3	0,00	5,90	81	44	41	15	3	4	0,2
32	0	2,8	0,3	0,9	0,00	3,98	74	16	21	1	2	4	1
33	0	1	0,1	1	0,00	2,13	6	36	42	12	2	4	0,1
34	0	4,7	0,02	0,3	0,00	5,26	17	90	30	2	2	4	0,3
35	0	6,4	0,6	0,6	0,00	7,63	47	39	74	13	4	8	0,1
36	0	1	0	0,2	0,00	1,21	16	9	61	14	4	7	0,1
37	0	1	0	0,6	0,00	1,63	4	41	42	9	2	4	0,1

	Interpretación de Variables									
	pH	M.O.	Al	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	(K/Mg)≤1.5	Ca/K
1	medio	alto	no limita	alto	medio	alto	no cumple	cumple	cumple	cumple
2	medio	alto	no limita	alto	alto	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
3	medio	alto	no limita	bajo	bajo	medio	cumple	no cumple	cumple	no cumple
4	bajo	alto	no limita	alto	alto	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
5	bajo	medio	no limita	alto	alto	alto	no cumple	cumple	cumple	cumple
6	bajo	alto	no limita	alto	alto	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
7	óptimo	medio	no limita	medio	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	cumple
8	medio	medio	no limita	medio	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
9	medio	alto	no limita	medio	medio	medio	cumple	cumple	cumple	cumple
10	medio	medio	no limita	medio	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
11	medio	medio	no limita	alto	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	cumple
12	óptimo	medio	no limita	alto	medio	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
13	medio	alto	no limita	alto	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
14	medio	alto	no limita	medio	medio	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
15	medio	alto	no limita	alto	medio	alto	no cumple	no cumple	cumple	cumple
16	medio	alto	no limita	alto	medio	alto	no cumple	cumple	cumple	no cumple
17	medio	alto	no limita	bajo	bajo	medio	cumple	no cumple	cumple	no cumple
18	bajo	alto	no limita	alto	alto	alto	cumple	no cumple	cumple	cumple
19	medio	alto	no limita	bajo	bajo	medio	cumple	no cumple	cumple	no cumple
20	óptimo	alto	no limita	alto	alto	alto	cumple	no cumple	cumple	cumple
21	medio	alto	no limita	medio	medio	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
22	bajo	alto	no limita	bajo	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
23	óptimo	bajo	no limita	medio	alto	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
24	medio	alto	no limita	medio	alto	alto	cumple	cumple	cumple	cumple
25	medio	alto	no limita	alto	medio	alto	cumple	no cumple	cumple	cumple
26	medio	alto	no limita	medio	medio	medio	cumple	cumple	cumple	cumple
27	medio	alto	no limita	medio	medio	alto	cumple	cumple	cumple	no cumple
28	bajo	alto	no limita	bajo	bajo	medio	cumple	cumple	cumple	cumple
29	bajo	alto	no limita	medio	bajo	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
30	medio	alto	no limita	bajo	bajo	alto	no cumple	no cumple	no cumple	no cumple
31	medio	alto	no limita	bajo	bajo	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
32	óptimo	bajo	no limita	bajo	bajo	alto	cumple	no cumple	no cumple	no cumple
33	óptimo	alto	no limita	bajo	bajo	alto	cumple	no cumple	no cumple	no cumple
34	óptimo	alto	no limita	bajo	bajo	medio	no cumple	no cumple	no cumple	cumple
35	medio	alto	no limita	medio	bajo	alto	cumple	no cumple	cumple	no cumple
36	medio	alto	no limita	bajo	no existe	medio	no cumple	no cumple	no cumple	no cumple
37	óptimo	alto	no limita	bajo	no existe	alto	no cumple	no cumple	no cumple	no cumple

	Interpretación de Variables								
	Ca+Mg/K	CICE	P	S	pH≥6.0, S	Mn	Cu	Zn	B
1	cumple	media	alto	bajo	no cumple	bajo	alto	alto	alto
2	cumple	alta	alto	medio	no cumple	medio	medio	alto	alto
3	no cumple	baja	bajo	bajo	no cumple	medio	alto	medio	bajo
4	cumple	alta	bajo	medio	no cumple	alto	alto	alto	bajo
5	cumple	alta	medio	medio	no cumple	bajo	alto	medio	medio
6	cumple	alta	medio	medio	no cumple	alto	alto	alto	medio
7	cumple	media	alto	bajo	cumple	bajo	alto	alto	medio
8	no cumple	baja	alto	bajo	no cumple	medio	alto	alto	bajo
9	cumple	baja	alto	bajo	cumple	bajo	medio	alto	bajo
10	no cumple	baja	alto	medio	cumple	alto	alto	alto	bajo
11	cumple	media	alto	alto	no cumple	alto	alto	alto	medio
12	cumple	alta	alto	medio	cumple	alto	medio	alto	medio
13	no cumple	media	alto	bajo	no cumple	bajo	alto	alto	bajo
14	cumple	media	alto	bajo	no cumple	medio	alto	alto	alto
15	cumple	alta	medio	medio	no cumple	alto	alto	alto	bajo
16	no cumple	alta	bajo	bajo	no cumple	alto	alto	alto	bajo
17	no cumple	baja	bajo	medio	no cumple	bajo	medio	alto	medio
18	no cumple	alta	medio	medio	no cumple	bajo	alto	bajo	bajo
19	no cumple	baja	bajo	bajo	no cumple	medio	medio	medio	medio
20	cumple	alta	medio	medio	cumple	alto	medio	alto	medio
21	cumple	media	bajo	bajo	no cumple	medio	alto	alto	medio
22	no cumple	baja	bajo	bajo	no cumple	bajo	medio	alto	medio
23	cumple	media	alto	bajo	cumple	bajo	medio	medio	alto
24	cumple	media	medio	bajo	no cumple	medio	medio	alto	alto
25	cumple	media	bajo	medio	cumple	bajo	medio	alto	medio
26	cumple	baja	bajo	bajo	no cumple	bajo	medio	alto	medio
27	no cumple	baja	medio	bajo	no cumple	bajo	medio	alto	medio
28	cumple	baja	medio	bajo	no cumple	bajo	alto	alto	medio
29	no cumple	media	medio	medio	no cumple	alto	alto	alto	medio
30	no cumple	baja	medio	medio	cumple	alto	medio	alto	medio
31	no cumple	baja	alto	medio	cumple	alto	alto	alto	medio
32	no cumple	baja	alto	bajo	cumple	bajo	medio	alto	alto
33	no cumple	baja	bajo	medio	cumple	alto	medio	alto	bajo
34	no cumple	baja	medio	alto	cumple	bajo	medio	alto	medio
35	no cumple	baja	alto	medio	no cumple	alto	alto	alto	bajo
36	no cumple	baja	medio	bajo	no cumple	alto	alto	alto	bajo
37	no cumple	baja	bajo	medio	cumple	medio	medio	alto	bajo

## Anexo 8. Biodiversidad bacteriana en suelo de agricultores ecológicos

Finca	Parámetros			
	Índice de Shannon	UFC/g suelo seco	Número de morfotipos	Humedad del suelo (%)
AM050	1.05±0.13	4.4 * 10 <sup>5</sup>	6	29.0
AM051	1.6±0.15	4.4 * 10 <sup>5</sup>	7	67.0
AM052	1.4±0.17	3.7 * 10 <sup>5</sup>	9	67.3
AM053	0.58±0.09	1.7 * 10 <sup>6</sup>	7	57.6
AM054	0.22±0.12	4.0 * 10 <sup>4</sup>	2	62.4
AM055	1.21±0.10	6.0 * 10 <sup>6</sup>	5	52.1
AM056	1.22±0.10	5.6 * 10 <sup>5</sup>	6	53.5
AM057	1.21±0.18	4.0 * 10 <sup>5</sup>	7	57.3
AM058	1.06±0.16	1.74 * 10 <sup>5</sup>	7	55.3
AM059	1.39±0.12	2.20 * 10 <sup>5</sup>	6	23.5

## Anexo 9. Biodiversidad bacteriana en suelo de agricultores convencionales

Finca	Parámetros			
	Índice de Shannon	UFC/g suelo seco	Número de morfotipos	Humedad del suelo (%)
AM600	2.17±0.06	5.8 * 10 <sup>4</sup>	11	38.4
AM601	2.05±0.05	1.13 * 10 <sup>5</sup>	10	31.8
AM602	1.82±0.05	1.00 * 10 <sup>5</sup>	8	34.9
AM603	1.81±0.13	3.7 * 10 <sup>4</sup>	10	36.0
AM604	1.61±0.08	4.4 * 10 <sup>5</sup>	7	45.9
AM605	1.04±0.15	2.8 * 10 <sup>5</sup>	6	35
AM606	1.59±0.09	3.3 * 10 <sup>5</sup>	7	29.4
AM607	1.05±0.18	3.4 * 10 <sup>5</sup>	7	24.8
AM608	1.55±0.08	5.5 * 10 <sup>5</sup>	7	33.7
AM609	1.24±0.10	3.9 * 10 <sup>5</sup>	5	39.6
AM610	1.26±0.11	4.6 * 10 <sup>5</sup>	7	35.8
AM611	1.35±0.10	4.2 * 10 <sup>5</sup>	7	33.1
AM612	1.18±0.06	1.6 * 10 <sup>5</sup>	6	40.9

### Anexo 10. Análisis microbiológicos de suelos en sistemas ecológicos

Finca	Bacterias totales	Hongos								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
3241	$5.3 * 10^5$	$1.7 * 10^3$	$1.7 * 10^3$	$1.7 * 10^3$	$3.3 * 10^3$					$1.3 * 10^4$
3242	$3.3 * 10^6$			$1.7 * 10^3$	$1.2 * 10^4$	$3.3 * 10^3$				$2.0 * 10^4$
3243	$1.1 * 10^6$	$1.2 * 10^4$			$1.2 * 10^4$		$1.7 * 10^3$			
3244	$1.1 * 10^6$			$1.7 * 10^3$			$1.0 * 10^4$			$8.3 * 10^3$
3245	$2.0 * 10^6$			$8.3 * 10^3$	$6.0 * 10^4$	$2.2 * 10^4$	$6.7 * 10^3$	$1.7 * 10^3$		$6.7 * 10^3$
3246	$5.1 * 10^5$		$1.7 * 10^3$	$3.3 * 10^3$	$1.5 * 10^4$	$8.3 * 10^3$	$2.3 * 10^4$			$8.3 * 10^3$
3247	$3.3 * 10^5$		$3.3 * 10^3$	$3.3 * 10^3$	$1.5 * 10^4$		$8.3 * 10^3$	$3.3 * 10^3$		$6.7 * 10^3$
3248	$2.1 * 10^6$	$1.7 * 10^3$		$1.0 * 10^4$	$2.2 * 10^4$	$5.0 * 10^3$	$1.7 * 10^3$			$5.0 * 10^3$
3249	$2.2 * 10^6$	$1.7 * 10^3$			$7.0 * 10^4$		$1.3 * 10^4$		$1.7 * 10^3$	$1.2 * 10^4$

1 Trichoderma; 2 Mucor; 3 Fusarium; 4 Levadura; 5 Aspergillus; 6 Penicillium; 7 Rhizopus; 8 Paecilomyces;

9 Otros géneros.

### Anexo 11. Análisis microbiológicos de suelos en sistemas convencionales

Finca	Bacterias totales	Hongos								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
3276	$2.7 * 10^5$	$6.7 * 10^3$		$1.0 * 10^4$		$3.3 * 10^3$				$2.5 * 10^4$
3277	$4.1 * 10^5$			$4.3 * 10^4$		$8.3 * 10^3$				$1.5 * 10^4$
3278	$4.2 * 10^5$		$1.0 * 10^4$		$3.3 * 10^3$	$1.7 * 10^4$	$1.7 * 10^4$			$1.5 * 10^4$
3279	$9.3 * 10^5$		$1.7 * 10^3$			$8.3 * 10^3$	$9.3 * 10^4$			$1.7 * 10^4$
3280	$7.9 * 10^5$					$1.5 * 10^4$	$4.3 * 10^4$			$2.8 * 10^4$
3281	$1.0 * 10^6$		$5.0 * 10^3$	$1.7 * 10^4$	$1.0 * 10^4$	$1.7 * 10^3$	$1.7 * 10^3$			$2.0 * 10^4$
3282	$5.8 * 10^5$		$1.7 * 10^3$	$1.3 * 10^4$	$5.0 * 10^3$	$8.2 * 10^4$	$1.7 * 10^3$			$2.0 * 10^4$
3283	$4.8 * 10^5$			$4.3 * 10^4$		$1.7 * 10^3$	$1.7 * 10^3$	$5.0 * 10^3$		$1.8 * 10^4$
3284	$4.6 * 10^5$		$3.3 * 10^3$	$1.3 * 10^4$		$5.0 * 10^3$				$2.5 * 10^4$
3285	$2.9 * 10^5$	$5.0 * 10^3$	$1.7 * 10^3$		$1.7 * 10^3$	$5.0 * 10^3$	$1.3 * 10^4$			$1.3 * 10^4$
3286	$1.9 * 10^5$			$1.2 * 10^4$				$6.7 * 10^3$		$6.7 * 10^3$
3287	$8.5 * 10^5$		$5.0 * 10^3$	$1.1 * 10^5$		$8.3 * 10^3$	$6.7 * 10^3$			$1.0 * 10^4$
3288	$7.2 * 10^5$		$6.7 * 10^3$	$2.7 * 10^4$		$4.0 * 10^4$	$5.0 * 10^3$	$3.2 * 10^4$		$3.2 * 10^4$
3303	$2.7 * 10^4$	$1.7 * 10^3$		$2.5 * 10^4$		$8.3 * 10^3$				$5.0 * 10^3$
3304	$3.7 * 10^5$			$8.2 * 10^4$		$3.3 * 10^3$	$5.0 * 10^3$			$5.0 * 10^3$
3305	$2.3 * 10^5$			$3.7 * 10^4$						$2.5 * 10^4$
3306	$5.0 * 10^4$			$3.7 * 10^4$		$3.3 * 10^3$			$1.7 * 10^3$	$1.3 * 10^4$

1 Trichoderma; 2 Fusarium; 3 Levadura; 4 Aspergillus; 5 Penicillium; 6 Rhizopus; 7 Cladosporium; 8 Geotrichu; 9 Otros géneros.

## Anexo 12. Identificación molecular de microorganismos de muestras de lechuga

Código de la muestra	Nombre	% identidad
M1- Hoja- Morfotipo 1	Enterobacter sp	99
M1 – Pseudotallo – Morfotipo 1	Pseudomonas sp	99
M1 – Pseudotallo – Morfotipo 2	Enterobacter sp	99
M2 – Pseudotallo – Morfotipo 1	Serratia sp	99
M2 – Pseudotallo – Morfotipo 2	Serratia sp	99
M4 – Hoja – Morfotipo 1	Providencia sp	99
M4 – Hoja – Morfotipo 2	Pseudomonas sp	99
M4 – Hoja – Morfotipo 3	No reportada	99
M4 – Hoja – Morfotipo 4	Enterobacter sp	99
M4 – Hoja – Morfotipo 5	Pseudomonas sp	99
M4 – Pseudotallo – Morfotipo 1	Enterobacter sp	99
M5 – Hoja – Morfotipo 1	Providencia alcalifaciens	99