



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Análisis ambiental de las prácticas campesinas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense - Colombia

Environmental analysis of peasant resilience practices to climate change and variability in ecological farms on the Cundiboyacense high plains – Colombia

Gonzalo Pradilla Villamizar

Biólogo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA

Bogotá D.C., Colombia

2016

Análisis ambiental de las prácticas campesinas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense - Colombia

Gonzalo Pradilla Villamizar

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Director:

Tomás León Sicard

Doctor en Tecnología Agroambiental

Línea de Investigación en Estudios Ambientales Agrarios - IDEA

Grupo de Investigación en Agroecología – IDEA

Grupo de Investigación en Gestión y Desarrollo Rural – Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA

Bogotá D.C., Colombia

2016

Dedicado a las campesinas y campesinos incansables, de corazón inmenso, que a pulso y sudor siguen abriendo los surcos de esta nación.

Para superar la crisis ambiental actual, más allá de una receta tecnológica, será necesario repensar la sociedad en su conjunto y construir una nueva cultura.

No es el primer cambio de piel que ha tenido que sufrir el hombre a lo largo de su historia.

Augusto Ángel Maya

Agradecimientos

A las familias campesinas de Paipa, Duitama y Guasca, quienes nos abrieron las puertas de sus hogares, compartiéndonos sus saberes y acogiéndonos con gran cariño a lo largo del proyecto: Irene Fonseca, Bertha Cano, Salomón González, Tulia Álvarez, Angélica Ruíz, Virginia, Marleny Fonteche, Isaías Rodríguez, María Salamanca, Rafael y Luz Janneth Pardo, Luis y Clementina Barajas, Alfredo Álvarez, Manuel Sánchez y Héctor González.

A mi director y mentor Tomás León Sicard, por su orientación, oportunos consejos y amistad.

A Paola Castilla, Adriana Rodríguez y a Oxfam Colombia por sus ingentes esfuerzos para vincular la investigación académica con los problemas y necesidades del campesinado.

A la Fundación San Isidro de Duitama y al Programa Mercados Campesinos por su compromiso y soporte al proyecto.

A Omar Gutiérrez y Álvaro Parrado, miembros del Grupo de Investigación en Gestión y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional, por su valioso acompañamiento.

A los compañeros y docentes del PMAD, y muy especialmente, a Cindy, Estyben, Sonia y Sandra por su amistad y apoyo en este camino.

A la Fundación Juan Pablo Gutiérrez Cáceres y al Jardín Botánico de Bogotá por su apoyo económicos que me permitió cursar y culminar mis estudios de maestría.

A los profesores Patricia Stella Jaramillo y Marco Heli Franco, jurados de esta investigación, por su tiempo y valiosos comentarios.

A Sandra, por estar de corazón.

A mi familia, soporte y cómplice de mis sueños.

Resumen

Se estudiaron 12 fincas campesinas agroecológicas en los municipios de Guasca (Cundinamarca), Paipa y Duitama (Boyacá), con el objetivo de: 1. identificar posibles impactos de la variabilidad climática sobre la producción, incidencia de plagas y enfermedades, e ingresos; 2. analizar las capacidades, potencialidades y limitantes de cada agroecosistema para mitigar, afrontar y adaptarse a la variabilidad y el cambio climático (resiliencia). Se evaluaron y calificaron 58 variables de orden biofísico y cultural agrupadas en 11 componentes: condiciones físicas; calidad del suelo; manejo del suelo, agua y cultivos; estructura agroecológica principal (EAP); y aspectos sociales, económicos, institucionales, políticos y tecnológicos. La metodología abarcó revisión de fuentes secundarias y visitas de campo, en las que se realizaron entrevistas semiestructuradas, observación participante y cartografía social, junto con una descripción biofísica de las fincas, sus suelos, prácticas agrícolas y dinámicas productivas. Los resultados muestran que todos los agricultores han sufrido impactos negativos asociados a fenómenos de variabilidad climática, siendo la escasez de agua la causa más frecuente, seguida de las heladas y las lluvias intensas e inundaciones, con diferencias marcadas entre localidades. La calificación global de la resiliencia ubicó a todas las fincas en niveles similares (entre 3,74 y 2,83), siendo estos en general ligeramente superiores en la localidad Guasca (media 3,47) respecto a Paipa-Duitama (media 3,11). El manejo agroecológico de suelos y cultivos, el aporte de materia orgánica al suelo, la cosecha de agua lluvia, la construcción de reservorios, los sistemas de riego e invernaderos de pequeña escala, sumados a las dinámicas de organización social y asociatividad productiva, mostraron ser las estrategias más importantes para incrementar la resiliencia de los agroecosistemas, en tanto que las principales barreras para su adopción y escalamiento fueron el limitado acceso a capital, mercados, financiamiento y asistencia técnica.

Palabras clave: agroecología; agroecosistemas; variabilidad climática; adaptación; sistemas socioecológicos; medios de vida rurales.

Abstract

There were studied 12 agroecological smallholder farms in the municipalities of Guasca (Cundinamarca), Paipa and Duitama (Boyacá), in order to: 1. identify potential impacts of climate variability on production, incidence of pests and diseases, and income; 2: analyze the capabilities, potentialities and limitations of each agroecosystem to mitigate, cope and adapt to climate change and variability (resilience). There were evaluated and scored 58 biophysical and cultural variables, grouped into 11 components: physical conditions; soil quality; soil, water and crop management; main agroecological structure (MAS); and social, economic, institutional, political, and technological aspects. The methodology included the review of secondary sources and field visits, in which semi-structured interviews, participant observation and social mapping were conducted, along with a description of biophysical, soil and agricultural characteristics of each farm. The results show that all farmers have faced negative impacts associated to climate variability, being water scarcity the most common cause, followed by frost and heavy rains and flooding, with marked differences between locations. The overall resilience level rated all farms at similar levels (between 3.74 and 2.83), being slightly higher in the Guasca locality (average 3.47) compared with Paipa-Duitama (average 3.11). Agroecological management of soils and crops, addition of organic matter to the soil, rain-water harvesting, construction of reservoirs, small-scale irrigation systems and greenhouses, coupled with social organization and productive association, proved to be the most important strategies to increase the resilience of agroecosystems, while the main barriers to their adoption and scaling up were the limited access to capital, markets, financing and technical assistance.

Keywords: agroecology; agroecosystems; climate variability; adaptation; socioecological systems; rural livelihoods.

Contenido

| | Pág. |
|---|-------------|
| Agradecimientos | V |
| Resumen | VII |
| Abstract | VIII |
| Lista de figuras | XI |
| Lista de tablas | XIII |
| Introducción | 1 |
| Objetivos | 3 |
| 1. Bases conceptuales y teóricas para un análisis ambiental de la agricultura y la resiliencia | 3 |
| 1.1. La dimensión ambiental y la sustentabilidad ambiental | 4 |
| 1.2. Agricultura y Sustentabilidad | 11 |
| 1.2.1. Dos paradigmas opuestos | 12 |
| 1.3. La agricultura campesina y familiar | 18 |
| 1.3.1. Rasgos distintivos de la pequeña agricultura campesina..... | 18 |
| 1.3.2. La agricultura ante un clima cambiante | 21 |
| 1.3.3. Cambio Climático y Variabilidad Climática | 21 |
| 1.3.4. La agricultura campesina frente a escenarios de cambio y variabilidad climática | 24 |
| 1.3.5. Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia..... | 25 |
| 1.3.6. Resiliencia de los sistemas productivos campesinos | 28 |
| 1.3.7. La agricultura campesina: una alternativa sustentable | 30 |
| 2. Materiales y métodos | 35 |
| 2.1. Caracterización de los agroecosistemas y las zonas de estudio | 36 |
| 2.2. Metodología para el análisis de la resiliencia de los agroecosistemas | 37 |
| 3. Resultados y Discusión | 45 |
| 3.1. Descripción de las zonas de estudio..... | 45 |
| 3.1.1. Paipa / Duitama – Boyacá..... | 45 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.1.2. | Guasca - Cundinamarca | 51 |
| 3.2. | El estado de la conversión agroecológica en las fincas de estudio | 57 |
| 3.3. | Impactos de la variabilidad climática sobre los agroecosistemas y hogares ... | 61 |
| 3.3.1. | Percepciones de los agricultores sobre la variabilidad climática | 64 |
| 3.3.2. | Prácticas de mitigación y adaptación a la variabilidad climática | 66 |
| 3.4. | Análisis de la resiliencia de los Agroecosistemas | 73 |
| 3.4.1. | Condiciones Físicas | 73 |
| 3.4.2. | Suelos..... | 75 |
| 3.4.3. | Manejo de suelos..... | 79 |
| 3.4.4. | Manejo del agua | 81 |
| 3.4.5. | Manejo de cultivos | 86 |
| 3.4.6. | Estructura Agroecológica Principal (EAP) | 89 |
| 3.4.7. | Aspectos Sociales..... | 92 |
| 3.4.8. | Aspectos Económicos | 96 |
| 3.4.9. | Aspectos Políticos e Institucionales..... | 101 |
| 3.4.10. | Aspectos Tecnológicos..... | 104 |
| 3.4.11. | Resiliencia global de los agroecosistemas..... | 106 |
| 4. | Conclusiones | 109 |
| 5. | Bibliografía..... | 111 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1: Localización de las fincas de estudio - Localidad Paipa-Duitama, Boyacá (Fuente: elaboración propia)..... | 46 |
| Figura 2: Mapa finca Bella vista (Paipa)..... | 46 |
| Figura 3: Mapa finca Bella vista (Paipa)..... | 46 |
| Figura 4: Mapa finca San Antonio (Paipa) | 47 |
| Figura 5: Mapa finca Casa Vieja (Paipa)..... | 47 |
| Figura 6: Mapa finca El Sauce (Paipa)..... | 47 |
| Figura 7: Mapa finca La Magnolia (Duitama) | 47 |
| Figura 8: Precipitaciones mensuales acumuladas promedio en la localidad Paipa-Duitama (Fuente: Tobón, 2013). | 48 |
| Figura 9: Localización de las fincas de estudio – Localidad Guasca, Boyacá (Fuente: elaboración propia)..... | 52 |
| Figura 10: Mapa finca Alsacia (Guasca) | 52 |
| Figura 11: Mapa finca Betania (Guasca)..... | 52 |
| Figura 12: Mapa finca El Molino (Guasca)..... | 53 |
| Figura 13: Mapa finca El Morro (Guasca)..... | 53 |
| Figura 14: Mapa finca La María (Guasca) | 53 |
| Figura 15: Mapa finca San Luis (Guasca) | 53 |
| Figura 16: Precipitaciones mensuales acumuladas promedio en la localidad de Guasca (Fuente: elaboración propia a partir de Tobón, 2013). | 54 |
| Figura 17: Mapa precipitación media anual (mm) municipio de Guasca, Cundinamarca (Fuente: Díaz-Leal & Zamora, 2011) | 55 |
| Figura 18: Caneca de 100 L y tanque 1.000 L para la recolección improvisada de agua lluvia, Finca Mis Sueños, Paipa (izq.); tanque de 20.000 L para almacenamiento de agua lluvia captada por la superficie de un invernadero, Finca El Morro, Guasca (der.)..... | 67 |
| Figura 19: Tanques de 1.000 y 2.000 L para almacenamiento de agua, finca San Antonio, Paipa (izq.); construcción de tanque de concreto enterrado de 18.000 L, finca Casa vieja, Paipa (der.)..... | 68 |
| Figura 20: Manejo de arvenses en las fincas La Magnolia, Duitama (izq. arriba) y San Antonio, Paipa (izq. abajo); acolchado con restos de poda, finca San Luis, Guasca (der.). | 69 |
| Figura 21: Policultivos en las fincas San Luis y El Molino (Guasca) y Bella vista (Duitama) | 71 |
| Figura 22: Compostaje materia orgánica finca El Molino, Guasca (izq.); biofertilizantes líquidos finca San Luis, Guasca (der.)..... | 72 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23: Terrazas en la finca La Magnolia, Duitama (izq.); zanjas para mejorar el drenaje en la finca El Morro (der.) | 73 |
| Figura 24. Esquematización de la EAP de dos agroecosistemas muy desarrollada (izq.) y pobremente desarrollada (der.). Fuente: León-Sicard (2014)..... | 89 |
| Figura 25: Barreras vivas y setos dentro de las fincas Bella vista, Paipa (izq.) y Alsacia, Guasca (der.) | 90 |
| Figura 26: Distribución de los hogares según la extensión de tierra propia - Mercados Campesinos Región Central 2012. Fuente: Encuesta de hogares Línea de Base (Parrado <i>et al.</i> , 2012). | 98 |
| Figura 27: Invernaderos con sistemas de riego por goteo en la finca La María (izq.) y El Morro (der.) | 105 |

Lista de tablas

Pág.

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Algunos factores de presión no-climáticos sobre la pequeña agricultura campesina y de subsistencia. Adaptado de Morton (2007). | 29 |
| Tabla 2: Diferencias entre la producción agrícola industrial convencional y la producción campesina agroecológica. Modificado con base en Altieri & Toledo (2011) y Rosset <i>et al.</i> (2011). | 31 |
| Tabla 3: Variables biofísicas y culturales calificadas en cada finca en relación con la resiliencia a la variabilidad climática | 38 |
| Tabla 4: Precipitaciones acumuladas promedio para las dos temporadas lluviosas y secas del año en la localidad de Paipa-Duitama (Fuente: Tobón, 2013). | 48 |
| Tabla 5: Precipitaciones acumuladas promedio para las dos temporadas lluviosas y secas del año en la localidad de Guasca (Fuente: Tobón, 2013). | 54 |
| Tabla 6: Avance del proceso de conversión agroecológica en las fincas estudiadas | 60 |
| Tabla 7: Número de fincas por localidad (Boyacá/Guasca) que reportan diversos impactos por eventos de variabilidad climática en los 12 meses anteriores. | 61 |
| Tabla 8: Intensidad y proporción afectada de los 3 cultivos más importantes de cada finca por localidad (Guasca/Duitama) en los 12 meses anteriores. | 63 |
| Tabla 9: Prácticas de mitigación y adaptación de los eventos de variabilidad climática implementadas por los agricultores en las localidades de Guasca y Paipa-Duitama. | 66 |
| Tabla 10: Número de especies y variedades vegetales cultivadas en cada agroecosistema | 70 |
| Tabla 11: Resiliencia - Componente No. 1: Condiciones físicas de los predios. | 74 |
| Tabla 12: Resiliencia - Componente No. 2: Suelos | 75 |
| Tabla 13: Resultados del análisis físico-químico de los suelos (Guasca). Fuente: elaboración propia | 76 |
| Tabla 14: Resultados del análisis físico-químico de suelos (Paipa-Duitama). Fuente: Autor | 76 |
| Tabla 15: Velocidades estables de infiltración para grupos mayores de textura de suelo, en suelos humectados en profundidad (Hillel, 1982 citado por USDA, 1999) | 77 |
| Tabla 16: Resiliencia - Componente No. 3: Manejo de suelos | 80 |
| Tabla 17: Resiliencia - Componente No. 4: Manejo del agua. | 82 |
| Tabla 18: Resiliencia - Componente No. 5: Manejo de cultivos. | 87 |
| Tabla 19: Resiliencia - Componente No. 6: EAP | 91 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 20: Resiliencia - Componente No. 7: Aspectos Sociales | 94 |
| Tabla 21: Resiliencia - Componente No. 8: Aspectos Económicos..... | 96 |
| Tabla 22: Resiliencia - Componente No. 9: Aspectos Políticos..... | 102 |
| Tabla 23: Resiliencia - Componente No. 10: Aspectos Institucionales | 104 |
| Tabla 24: Resiliencia - Componente No. 11: Aspectos tecnológicos..... | 105 |
| Tabla 25: Calificación global de la resiliencia de los agroecosistemas..... | 106 |

Introducción

El presente trabajo se desarrolló en el marco del programa Mercados Campesinos, como parte del proyecto multi-país [Colombia, Guatemala y Honduras] "*Seguridad alimentaria, políticas y nuevos modelos de negocios entre pequeñas/os productores y mercados en tres contextos de América Latina*" desarrollado por Oxfam en asocio con el Grupo de Gestión y Desarrollo Rural (GIGDR) de la Universidad Nacional de Colombia.

Hace parte también de los esfuerzos investigativos de la línea de Estudios Ambientales Agrarios, perteneciente a la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), que viene desarrollando diversos trabajos en agroecología, producción campesina y resiliencia frente a la variabilidad y el cambio climático.

El trabajo es el resultado de un proceso de investigación participativa realizado con familias campesinas pertenecientes a la Fundación San Isidro del departamento de Boyacá, con quienes se desarrolló un piloto de mitigación y adaptación a la variabilidad climática. Estas familias vienen implementando en sus sistemas productivos los principios de la agricultura ecológica, con diversos grados de avance dentro del proceso de transición agroecológica, iniciado hace más de 10 años. En la investigación se incluyen también resultados obtenidos a partir del trabajo realizado con productores del municipio de Guasca (Cundinamarca).

La vulnerabilidad de los pequeños agricultores frente a los cambios en el clima es alta, especialmente para las mujeres rurales, el campesinado, los pueblos indígenas y las comunidades afrodescendientes, principalmente como resultado de su condición histórica de marginalización y falta de reconocimiento político, limitado acceso a recursos fundamentales como la tierra y el agua, apoyo financiero y crédito, que se ven frecuentemente obligados a vivir bajo esquemas de agricultura de subsistencia en ambientes frágiles (Altieri & Nicholls, 2009; Feola, 2013; PNUD, 2011a).

Por tal razón, desde el Programa Mercados Campesinos se viene impulsando una línea de acción para identificar cuáles son algunos de los impactos que el Cambio y la Variabilidad Climática están teniendo sobre los pequeños productores, con el fin de avanzar en el diseño de medidas y estrategias para hacerles frente.

A pesar de que los niveles de amenaza para las comunidades andinas asociados al Cambio Climático siguen siendo inciertos, diversas proyecciones prevén, entre otras, cambios en los niveles de precipitación y temperatura, caudal de los ríos y acentuación de los contrastes microclimáticos, así como el probable aumento de las lluvias torrenciales

durante las temporadas húmedas y una disminución de los flujos mínimos durante las temporadas secas, lo cual podría tener importantes consecuencias para la erosión del suelo, la calidad del agua y su disponibilidad para el consumo y la agricultura (Pabón, 2012; Perez *et al.*, 2010; Ruiz, 2010).

Al respecto, cabe resaltar que de acuerdo con el estudio de Línea Base del Programa Mercados Campesinos (Parrado *et al.*, 2012), el 83% de los productores encuestados en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Meta, consideran que fueron afectados por la variabilidad climática entre el 2011 y el primer semestre de 2012. En el caso específico de Cundinamarca y Boyacá, como parte del trabajo realizado, el 89% y 83% de los agricultores respectivamente manifestaron haber sufrido algún impacto por eventos climáticos fuera de lo común.

Resultados de investigaciones recientes sugieren que muchos agricultores se adaptan e incluso se preparan frente a los impactos de la variabilidad y el cambio climático, minimizando las pérdidas en productividad mediante la mayor utilización de variedades locales tolerantes a la sequía, cosecha de agua, policultivos, agroforestería, desyerbe oportuno, recolección de plantas silvestres y otras técnicas agronómicas (Altieri & Nicholls, 2009).

Múltiples trabajos de investigación (Altieri *et al.*, 2011; Altieri & Koohafkan, 2008; Altieri & Toledo, 2011; Morton, 2007; Nicholls & Altieri, 2011; Perez *et al.*, 2010; Salcedo-Pérez *et al.*, 2014) documentan las muy variadas estrategias de los productores campesinos frente a la incertidumbre climática, bajo enfoques de agricultura alternativa. En varios países andinos del norte de Suramérica, por ejemplo, los campesinos controlan la humedad del suelo a través del riego, terrazas, cerramientos, uso de variedades tolerantes a la sequía y árboles para proteger los cultivos del aire frío, con el fin de reducir el impacto de las heladas y la sequía (Perez *et al.*, 2010).

Otros estudios, como los realizados por Tobón (2013), Turbay *et al.* (2014) y Córdoba & León-Sicard (2013), han encontrado que agricultores de diversas regiones de Colombia implementan cambios en sus prácticas y dinámicas productivas, tales como el manejo de sombrío (en cafetales), asociación de cultivos, coberturas vegetales, siembra escalonada, diversificación y uso de variedades resistentes a la sequía, así como la asociatividad comunitaria y gremial o las estrategias de comercialización a través de mercados justos, con el fin de minimizar los efectos de la variabilidad climática y recuperarse de fenómenos climáticos adversos.

En este trabajo se buscó caracterizar las condiciones biofísicas y las prácticas y dinámicas productivas de un total de 12 fincas campesinas ecológicas en los municipios de Guasca (Cundinamarca), Paipa y Duitama (Boyacá) e identificar posibles impactos de la variabilidad climática sobre variables como la producción de los principales cultivos presentes en las fincas, la fertilidad de los suelos, la incidencia de algunas plagas y enfermedades seleccionadas y los ingresos de los agricultores, bajo un enfoque de análisis ambiental (relación ecosistema-cultura).

Las diferencias encontradas en las variables seleccionadas se analizaron en función de las prácticas de manejo de los agroecosistemas y su racionalidad, con el fin de comprender los principales impactos que ha tenido el clima sobre la producción y las dinámicas de los agricultores, así como las capacidades y potencialidades de adaptación existentes entre productores orientados por un enfoque agroecológico o que se encuentran en proceso de transición hacia este tipo de modelo.

Objetivos

General:

Analizar, desde el punto de vista ambiental, las prácticas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático implementadas por campesinos en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense.

Específicos:

- Caracterizar las condiciones biofísicas, las prácticas y dinámicas productivas de un total de 12 fincas campesinas ecológicas en los municipios de Guasca (Cundinamarca), Paipa y Duitama (Boyacá).
- Identificar posibles impactos de la variabilidad climática sobre la producción de los principales cultivos presentes en las fincas, la fertilidad de los suelos, la incidencia de algunas plagas y enfermedades seleccionadas y los ingresos de los agricultores.
- Analizar las diferencias encontradas en las variables seleccionadas en función de las prácticas de manejo de los agroecosistemas y su racionalidad.

1. Bases conceptuales y teóricas para un análisis ambiental de la agricultura y la resiliencia

A lo largo de la segunda mitad del siglo pasado, la fuerza de las corrientes económicas neoclásicas consiguió la hegemonía dentro del mundo político y académico, con sus nociones respecto a la globalización, el crecimiento y el desarrollo. La pérdida cada vez mayor de importancia relativa de la agricultura, primero frente a la industria y más tarde respecto a los sectores terciario y cuaternario de las economías, junto a las importantes transformaciones acaecidas en la esfera de lo rural y el peso creciente de las urbes en la vida social de los países latinoamericanos, terminó por desplazar a la agricultura de la agenda académica.

Con el fin del siglo asistimos a una agudización de los problemas de alimentación y nutrición a escala global¹ que, junto con los debates sobre soberanía alimentaria, las consecuencias nefastas de la intensificación de la agricultura sobre la salud y los ecosistemas, la amenaza del Cambio Climático y la exacerbación de los conflictos ambientales en todo el mundo, se han encargado de volver a poner a la agricultura en el foco de las grandes discusiones.

No obstante, a pesar de la enorme relevancia que tienen hoy los debates sobre desarrollo, medio ambiente y sustentabilidad, los trabajos realizados alrededor del ámbito agrícola han seguido dominados por estudios orientados hacia la historia del conflicto por la tierra, la ruralidad y en menor medida la agroecología. En nuestro país se ha repetido la misma tendencia, en tanto que las líneas de trabajo predominantes se han concentrado en el estudio cuantitativo del uso y la estructura de propiedad de la tierra, las políticas

¹ En 2009, en el marco de la recesión y crisis económica global desatada en EE.UU., la FAO estimaba que, por primera vez en la historia de la humanidad, cerca de una sexta parte de la población sufría de subnutrición. Entre 2006 y 2008 se había presentado una crisis mundial de la seguridad alimentaria que fue principalmente el resultado de aumentos rápidos y marcados de los precios de los alimentos básicos. Si bien en su último informe sobre el estado de la seguridad alimentaria la FAO (2014) calculó que unos 805 millones de personas están crónicamente subalimentadas, salta a la vista que el acceso a alimentos sigue siendo altamente inestable.

gubernamentales en materia de reforma agraria y la historia de las luchas campesinas e indígenas, por nombrar sólo las más destacadas.

Los sistemas de producción agropecuarios son, en definitiva, una expresión cultural de los grupos humanos; son el resultado de la interrelación de variables no sólo de tipo ecológico, sino también ideológico, social, económico, político y tecnológico, que inciden en las decisiones de los agricultores. De allí que para poder realizar un análisis genuinamente ambiental de la agricultura, es imprescindible comprender no solo las características agroecosistémicas o biofísicas de las fincas, sino todo el andamiaje cultural (simbólico, organizativo y tecnológico) en que se basan los productores para enfrentar, resistir y aún modificar las condiciones cambiantes del clima y sus eventos extremos (Altieri *et al.*, 2012; León-Sicard, 2007).

En este primer capítulo se discutirán algunos de los principales elementos conceptuales que sirven de sustento teórico al enfoque ambiental bajo el cual se ha realizado el análisis de los agroecosistemas estudiados.

1.1. La dimensión ambiental y la sustentabilidad ambiental

Los conceptos de sostenibilidad o sustentabilidad, que en este trabajo se asumen como sinónimos², se hallan en el centro de los debates actuales sobre ambiente y desarrollo, precisamente por tratarse de una cuestión muy compleja, todavía lejos de ser resuelta en el terreno teórico y práctico, al punto de que existen incluso divergencias de fondo respecto a definición misma.

No es objeto de este trabajo profundizar demasiado en dichas divergencias. Empero, sí es importante destacar cómo en años recientes la cuestión de la sustentabilidad ha venido cobrando una fuerza creciente, precisamente en el sentido de lo planteado por Leff *et al.* (2002), quienes recalcan que este proceso se ha dado en buena medida como resultado de las luchas sociales contra la globalización y por la reapropiación de la naturaleza, consiguiendo desplazar el discurso del desarrollo sostenible en el sentido de una

² El uso de estos conceptos sigue siendo problemático, debido a la ambigüedad de la cual han sido revestidos como consecuencia de su uso extensivo y en muchos casos indiscriminado. En la revisión de literatura realizada se verificó que no existe una diferenciación consistente y generalizable entre las palabras sustentabilidad y sostenibilidad, lo cual hace asimilables las acepciones de ambos términos. No sucede lo mismo respecto al concepto de Desarrollo Sostenible, acuñado en 1987 en el marco del Informe Brundtland, el cual ha sido ampliamente debatido y criticado desde su formulación.

deconstrucción de la lógica económica, con lo cual se abre cada vez más el campo para la construcción de una nueva racionalidad ambiental.

Debido a que una noción de sustentabilidad desde una visión sistémica debe abarcar todas las esferas de la vida social, inevitablemente estos análisis han conducido a indagar cuáles han de ser las dinámicas de producción, apropiación, distribución, intercambio y consumo mejor encaminadas a alcanzarla.

La relevancia que han cobrado las discusiones alrededor del crecimiento, el desarrollo (sostenible, sustentable) y el medio ambiente, tiene su razón de ser en la encrucijada ambiental que enfrenta hoy la humanidad, que valga decirlo, se ha agudizado con el modo capitalista de producción. Encrucijada que, para ser comprendida y superada, es imperioso abordar desde un enfoque sistémico y holístico.

Pocos años después de la primera Conferencia de Río de Janeiro, Augusto Ángel Maya (1996) llamaba la atención respecto a la enorme brecha que significó la escisión del pensamiento occidental entre “el sobrenaturalismo filosófico de las ciencias sociales, que nada quieren saber de la naturaleza... y el reduccionismo de las ciencias naturales, que no comprenden al hombre sino como una especie más del reino animal”. Concluía que el problema ambiental es consecuencia directa del proceso evolutivo, entendiendo la cultura como “naturaleza transformada”, y en ese sentido, la única salida posible es que la humanidad asuma la responsabilidad que inexorablemente le corresponde sobre el conjunto del sistema de vida planetario.

En este punto es necesario hacer una digresión para precisar que, desde la escuela de pensamiento ambiental en la que se inscribe este trabajo, el concepto de cultura es usado en la acepción amplia del término. Tal y como fue propuesto por Tylor (1871)³ y retomado por Ángel-Maya (1993, 1995, 1996), la cultura abarca tanto las relaciones sociales, económicas, políticas y militares de una sociedad, sus estructuras simbólicas de pensamiento, ritos, costumbres, relaciones religiosas, marcos filosóficos, conocimientos y experiencias históricas, como sus expresiones tecnológicas (equipos, maquinarias, dispositivos, utensilios, insumos, herramientas, sistemas de información) (León-Sicard, 2014).

³ Tylor definía la cultura como la herencia no biológica de la humanidad y se refería a ella como el todo complejo que incluye el conocimiento, la creencia, el arte, la moral, la ley y la costumbre y cualquier otra capacidad o hábito adquirido por el hombre en tanto que miembro de una sociedad (León-Sicard, 2014).

Es así que la *Dimensión Ambiental* deviene como nuevo campo del conocimiento debido precisamente al reencuentro de estas dos vertientes escindidas, en un proceso catalizado de manera muy importante por la fuerza social cada vez mayor del ambientalismo, que se configura definitivamente hacia mediados de la década de 1960 en EE.UU. y Europa, evolucionando sobre la base de corrientes como el conservacionismo y el ecologismo naturalista de un lado, y de las luchas populares contra el uso desproporcionado de los recursos y servicios ambientales por parte de los ricos y poderosos, en lo que Martínez-Alier (2004) ha insistido en rescatar como *ecologismo de los pobres* o *ecologismo popular*.

Esto ha conducido a la consolidación progresiva de un cuerpo filosófico, teórico y metodológico que, a pesar de los vacíos propios de toda escuela en gestación, ha conseguido plantarse como una alternativa sólida a las concepciones fundadas en la economía neoclásica.

En consecuencia, a lo largo de los años setenta se fueron organizando conferencias internacionales y se elaboraron diversos informes que trataban la problemática ambiental a partir de diferentes enfoques. Entre ellos cabe destacar el Club de Roma y sus informes "Los límites al crecimiento" de 1972 y "La humanidad en la encrucijada" de 1974, así como los documentos de la Conferencia Mundial sobre el Hábitat y los Asentamientos Humanos, realizada en 1976 en Vancouver, Canadá.

En 1980, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus recursos (UICN), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de Naciones Unidas (ONU), el Fondo Mundial de la Vida Silvestre (WWF), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), formulan la primera estrategia política de desarrollo ecológico a nivel internacional, que se llamó la "World Conservation Strategy" (WCS) y se empieza a discutir alrededor de la meta del Desarrollo Sostenible. Finalmente, en 1987 se publica el Informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, más conocido como el "Informe Brundtland", donde por primera vez se llega a una definición de desarrollo sostenible (Eschenhagen, 1998).

Desde entonces, los conceptos de crecimiento, desarrollo (sostenible) y sustentabilidad ambiental han sido intensamente analizados, debatidos y criticados, a través de un proceso que ha extendido muy rápidamente sus fronteras, virtualmente hacia todos los ámbitos de la vida social.

Tras el Informe Brundtland en 1987, buena parte de las críticas estuvieron dirigidas a señalar que las medidas para alcanzar las metas del desarrollo sostenible se verían frustradas; en primer lugar, por las contradicciones fundamentales entre la permanente demanda por crecimiento económico y el nivel de conservación ecológica y, en segundo lugar, por la falta de atención a las relaciones de poder entre los actores locales-globales y

las instituciones que apoyan el desarrollo *insostenible*. Han transcurrido más de dos décadas, tiempo en el cual los críticos han probado tener razón: a pesar de que hoy se da mayor atención a las consecuencias ambientales de los proyectos de desarrollo, las principales fuerzas impulsoras de la degradación ambiental se han fortalecido; el gobierno cooperativo global del medio ambiente previsto en la cumbre de Río se encuentra aún en el papel, mientras que la globalización económica neoliberal se ha convertido en una realidad, y las desigualdades en el acceso a las oportunidades económicas se han incrementado de manera dramática dentro y entre la mayoría de las sociedades (Nilsen, 2010).

Para la década de 1980, el término “crecimiento económico” era utilizado como sinónimo de desarrollo y era presentado como la solución a todos los males de la humanidad. De manera análoga, el término “desarrollo sostenible” se ha traducido en que los actuales niveles de utilización de recursos, asignación de espacio y similares puede mantenerse simplemente con modificaciones menores. Esta falsa idea es una de las motivaciones para que muchos autores hayan optado cada vez más por emplear otros términos como sustentabilidad, en lugar de la definición de desarrollo sostenible formulada en el informe Brundtland, en el sentido de dirigir la atención hacia la importancia de una distribución equitativa de recursos a largo plazo, en términos temporales y espaciales (Cairns, 1997).

En consonancia, han aparecido nuevos conceptos para precisar los alcances de la sostenibilidad, como es el caso de la Sostenibilidad Débil (SD) y la Sostenibilidad Fuerte (SF). La SD es definida como un desarrollo sostenido en donde la utilidad o el consumo no descienden a lo largo del tiempo, y la naturaleza es sustituible por bienes de capital; en tanto que la SF plantea esencialmente que economía y naturaleza deben ser entendidos como complementarios, estableciendo fuertes restricciones a la sustituibilidad entre naturaleza y economía⁴ (Nilsen, 2010).

Sin embargo, hay que reconocer que la dinámica dominante en el mundo está fundamentada en recomendaciones políticas en la línea de la sostenibilidad débil y la economía neoclásica (Nilsen, 2010). Para el caso Latinoamericano, puede afirmarse también que ningún país de la región cuenta con una real política científico-tecnológica para un desarrollo sostenible, entendida como el propósito de generar los conocimientos propios necesarios para un aprovechamiento autodeterminado y sustentable de sus potenciales ecológicos (Leff *et al.*, 2002).

⁴ Existen desde luego múltiples tendencias en el seno de estas dos escuelas, con diferencias importantes que no corresponde recoger en este trabajo, pero que en lo fundamental tienen elementos comunes que permiten agruparlas para facilitar su contraste.

Estas nuevas nociones de sustentabilidad dan un paso adelante respecto al conservacionismo y al desarrollo sostenible al incorporar y dar una mayor especificidad a algunas de las siguientes dimensiones: funciones y capacidad productiva ecosistémica; producción de beneficios económicos; ciclo hidrológico; suelos; biodiversidad; calidad del paisaje; balance de carbono; diversificación de productos; satisfacción de necesidades humanas; desarrollo en armonía con comunidades locales; distribución justa y equitativa de los beneficios entre los actores y entre las naciones; derechos de los pueblos originarios (Gastó *et al.*, 2009).

Es importante mencionar también cómo a lo largo de las últimas dos décadas se han desarrollado de manera muy importante los alcances de la sustentabilidad, hacia nuevos ámbitos como el desarrollo popular, el ecologismo popular y el decrecimiento económico (Barkin, 2001; Martínez-Alier, 2007).

A largo plazo, la única opción que tiene sentido es procurar alcanzar la sostenibilidad del sistema socioecológico completo. Se entiende por sistema socioecológico un sistema formado por un componente (subsistema) societal (o humano) en interacción con un componente ecológico (o biofísico). Puede ser urbano o rural y puede definirse a diferentes escalas, desde lo local a lo global, una perspectiva que es compatible con la idea de “sostenibilidad fuerte”. De acuerdo con ella, los distintos tipos de capital no son necesariamente sustituibles, de tal modo que habría que conservar independientemente, en términos físico/biológicos reales, cantidades mínimas de una serie de tipos de capital diferentes (económico, ecológico, social). La razón principal de esta insistencia deriva del reconocimiento de que los recursos naturales son insumos esenciales de la producción económica, del consumo o del bienestar, que no pueden sustituirse por capital físico o humano (Gallopín, 2003).

De lo anterior se desprende que el análisis de la sostenibilidad pasa necesariamente por la consideración del sistema ecosistema-cultura en su conjunto, así como por el entendimiento de los patrones dinámicos que rigen su desarrollo, lo cual sólo es posible desde una aproximación transdisciplinaria⁵, holística y sistémica (Alzate-Atehortúa, 2008).

⁵ De acuerdo con Tress, Tress & Fry (2005) la investigación *multidisciplinaria* involucra múltiples disciplinas que interactúan sólo débilmente alrededor de un objetivo común pero con objetivos disciplinarios paralelos; la investigación *interdisciplinaria* implica múltiples disciplinas que interactúan estrechamente para lograr un objetivo común basado en un marco concertado; en tanto que la investigación *transdisciplinaria* involucra miembros de diferentes disciplinas relacionadas, así como participantes no académicos, para crear nuevo conocimiento, teoría e investigación alrededor de una pregunta común.

El enfoque holístico implica el paso de la descomposición, el análisis y la fragmentación de las totalidades en partes cada vez más pequeñas hacia nuevas tendencias para la integración, la síntesis y la complementariedad, reemplazando la dependencia hacia lo exclusivamente lineal y deterministas, por procesos no lineales, cibernéticos y caóticos, sobre la base de los sistemas de pensamiento de la complejidad, las redes y los órdenes jerárquicos (Naveh, 2001). Adicionalmente, la visión holística aplicada al estudio del ambiente implica que los seres humanos no están separados de la naturaleza o incluso por encima ella, valorando sólo sus funciones instrumentales, sino que son parte integral de la naturaleza. Por lo tanto, la humanidad no debe ser considerada como una “perturbación” externa, sino que en cambio, los aspectos y dimensiones humanas tienen que ser tratados como intrínsecos a los procesos del ambiente (Naveh, 2004).

En años recientes, estos objetivos han venido siendo asumidos cada vez más a través del trabajo de diversas disciplinas y ciencias emergentes alrededor de la acción humana sobre el ambiente biofísico y viceversa; una segunda vertiente que también ha contribuido en ese mismo sentido son los estudios sociales y de desarrollo que abordan la cuestión de las influencias ambientales sobre la sociedad; asimismo, se ha fortalecido progresivamente un cuerpo pequeño pero creciente de comunidades de investigación interdisciplinaria a nivel mundial (Kates *et al.*, 2000). Las comunidades académicas y científicas vienen enfrentándose a nuevos desafíos en la medida que los enfoques disciplinarios tradicionales han probado ser insuficientes ante las demandas de la crisis ambiental a la que asistimos.

Ante este reto, los investigadores de *lo ambiental* han tropezado con dos dificultades importantes. La primera radica en conseguir integrar de manera efectiva los conocimientos de diversas disciplinas científicas, y la segunda implica generar conocimientos orientados a la acción, para hacer frente, mitigar o contrarrestar el cambio global y sus efectos negativos. Lüdeke *et al.* (2004) plantean que la salida en ambos casos está directamente relacionada con la necesidad de una investigación transdisciplinar. Esto se traduce, como primera medida, en la cuestión de cómo incorporar el conocimiento cualitativo y el saber no académico a los procesos de análisis; tiene que ver también con la relación entre los niveles de análisis, ya que las situaciones locales difícilmente pueden ser representadas por un único modelo global; de igual manera, resaltan que ello significa llevar la ciencia a trascender sus esferas tradicionales, para lo cual es indispensable que los diferentes actores sociales jueguen un papel de mucho mayor peso en el proceso de construcción de conocimiento científico.

Es así que el uso del concepto de sustentabilidad sigue siendo en buena medida problemático, tanto por la ambigüedad de la cual ha sido revestido debido a su uso indiscriminado, como también porque la sustentabilidad, como lo afirma Ángel-Maya (2003), “es en sí misma un interrogante abierto”, al demandar readaptaciones del desarrollo a tal punto que “no es posible saber si será posible hacerlo ni si las fuerzas sociales en juego estarán dispuestas a ello”.

¿Cuáles son algunas de estas readaptaciones? Es necesario reducir las desigualdades entre países y en su interior; cambiar los patrones de consumo, y evitar el dispendio y el consumos superfluos; orientar los esfuerzos hacia el uso eficiente y el reciclaje de recursos; desarrollar tecnologías más eficientes basadas en recursos renovables; conservar y restaurar los ecosistemas naturales; asegurar la participación efectiva de todos los actores sociales —incluidos los más pobres— en los procesos de toma de decisiones, y crear instituciones que permitan trabajar con una pluralidad de perspectivas e intereses, entre otras tareas importantes (Gallopín, 2001; Galván-Miyoshi *et al.*, 2008).

Sneddon *et al.* (2006) plantean claramente cómo los retos de la sostenibilidad y el desarrollo son todavía mayores hoy día que al momento de ser formulado el informe Brundtland, debido a varias razones. En primer lugar, la ciencia ha venido documentando ampliamente la destrucción ecológica, que ha resultado ser mayor de lo que se tenía previsto. En segundo lugar, el discurso de Brundtland asumía que los problemas de equidad podrían y deberían ser resueltos por el crecimiento, cuando en realidad el crecimiento neto desde Brundtland ha venido en gran medida acompañado de una desigualdad creciente. Y finalmente, el aumento de la interconectividad económica y ecológica, con la correspondiente disminución en el poder de la soberanía nacional, aunadas a una turbulencia generalizada en el orden global, significa que las soluciones -cada vez más necesarias y urgentes-, se hacen más difíciles de alcanzar.

De acuerdo con Galván-Miyoshi *et al.* (2008), la sostenibilidad debe ser entonces asumida como un ‘metaconcepto’ —tal como la democracia o la justicia— pues ésta parte de principios generales y es de aplicación universal. En tal sentido, no existe una definición única de sostenibilidad, pues en última instancia ésta dependerá del sistema de valores sobre el cual se estructure. Se trata entonces de un concepto complejo, multidimensional y dinámico, que implica abordar la interrelación entre aspectos ecológicos, económicos y sociales. Esto es, la sostenibilidad de los socioecosistemas en su conjunto, también denominada “sustentabilidad dura”.

Otros autores, como León-Sicard (2007, 2008, 2014), cuestionan profundamente la idea estrecha de vincular el desarrollo solamente a sus connotaciones de acumulación de capital y de ganancias económicas, optando por conceptos alternativos como el de *sostenibilidad ambiental de la sociedad*. En éste último, son pilares fundamentales la equidad en el acceso y distribución de insumos y excedentes, la salud de toda la población, la educación como factor esencial del bienestar, la conservación de los bienes naturales y la solidaridad para con las generaciones futuras, como base de la prosperidad general, principios que deben formar parte del conjunto de objetivos de una sociedad sustentable.

Finalmente, el hecho de que el uso del concepto de la sustentabilidad se haya vuelto tan extensivo, reviste sin embargo una ventaja: se ha convertido en lo que Gieryn (1999) denomina un “término fronterizo”, en el que la ciencia se encuentra con la política, y

viceversa, posibilitando la formación de comunidades que comparten conocimiento y tienen hasta cierto punto un compromiso común vinculado a preocupaciones ambientales y del desarrollo (Scoones, 2011). Esta es una de las razones por las cuales se incorpora el concepto de sustentabilidad/sostenibilidad en el presente trabajo.

1.2. Agricultura y Sustentabilidad

La agricultura, al constituir una de las fuerzas antrópicas de transformación de la naturaleza que más temprana y profundamente ha impactado el planeta, al tiempo que ha moldeado las interacciones entre los grupos humanos y los ecosistemas con los que dichos grupos han interactuado a lo largo de la historia, reviste un papel crucial de cara a la construcción de sociedades sustentables.

Desde una perspectiva biológica y ecológica, los seres humanos alteramos los procesos de la vida directa e indirectamente a través del uso y transformación constante de los espacios agrícolas. Las preocupaciones ambientales relacionadas con el manejo de la tierra rural son por tanto muy diversas y se presentan en una amplia variedad de escalas; en términos ecológicos por ejemplo, el uso de la tierra y las prácticas de manejo pueden afectar procesos de muy diversa índole y escala, como la demografía de las especies, la biodiversidad, la frecuencia e intensidad de los regímenes de perturbación, los ciclos biogeoquímicos, las formaciones vegetales (Dale *et al.*, 2005) y la estructura ecológica del paisaje.

Hoy día, cerca del 50% de la superficie de la tierra libre de hielo ha sido transformada. Prácticamente toda la tierra se ha visto afectada de alguna manera por procesos de modificación antropogénica del paisaje, cambios climáticos y la contaminación de la tropósfera, y se estima que los diversos usos del suelo por parte del ser humano consumen entre un 10 y un 50% de la productividad primaria neta terrestre (Turner & Lambin, 2007). De modo creciente desde 1950, las mejoras en la tecnología y los recursos para la agricultura han permitido al uso agrícola del suelo conseguir una independencia (aparente) de los recursos naturales, y los insumos cada vez mayores de fertilizantes y la mecanización han desestabilizado la variaciones ambientales (Smeding & Joenje, 1999).

Al mismo tiempo, al ser los sistemas agrícolas “artefactos humanos”, las determinantes de la agricultura no se agotan en los límites de los campos de cultivo, ya que las estrategias agrícolas no responden únicamente a presiones ecológicas, sino que también son reflejo directo de las estrategias humanas de subsistencia y de las dinámicas económicas, políticas y sociales; factores tales como la disponibilidad de mano de obra, el acceso y condiciones de los créditos, los subsidios, riesgos, información sobre precios, tamaño de la familia y acceso a otros tipos de sustento son a menudo variables críticas para la comprensión integral de la lógica de un sistema agrícola (Hecht, 1999).

1.2.1. Dos paradigmas opuestos

Al examinar el problema de la sustentabilidad, esta vez especificándola al terreno de la agricultura, resulta imposible separar los problemas propios de los agroecosistemas de las dinámicas socioeconómicas. El enfoque convencional imperante hoy en la agricultura no se adecúa a una era con problemas ambientales y energéticos. La ciencia de la agroecología, por su parte, enfatiza la necesidad de avanzar hacia una agricultura auto-suficiente, económicamente viable, energéticamente eficiente, conservadora de los recursos y socialmente aceptable (Altieri, 1999).

Welch & Graham (1999), plantean la existencia de dos grandes momentos o enfoques dentro de lo que se denomina como agricultura convencional a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. El primero, el “paradigma de la producción”, culmina en la Revolución Verde y consistió en una serie de estrategias globales dirigidas a hacer frente al problema del hambre a través de la expansión de la producción mundial de alimentos básicos, en particular los cereales; un gigantesco esfuerzo internacional que comenzó en la década de 1960, que permitió alcanzar elevados niveles de producción de calorías/proteínas en tan sólo dos décadas. Un segundo momento se abre hacia finales de la década de 1980, bajo el enfoque de la “agricultura sostenible”, el cual busca mantener una alta productividad, pero introduciendo como nuevo elemento la necesidad de preservar o mejorar los recursos base de la agricultura y el medio ambiente.

El modelo convencional dominante en la agricultura

La así llamada Revolución Verde debe su nombre al hecho de haber conseguido incrementar la producción de alimentos de manera vertiginosa, mediante el uso intensivo de factores tecnológicos como la química agrícola (fertilizantes, anabólicos, plaguicidas, entre otros), el mejoramiento genético, los sistemas de irrigación, la mecanización del laboreo y la siembra en la forma de monocultivo; es decir, se producía más en menos tierras y a ritmos cada vez mayores (León-Sicard, 2007).

En términos absolutos, ha habido un notable crecimiento en la producción agrícola, con aumentos en la producción de alimentos en todo el mundo desde el comienzo de la década de 1960. Desde entonces, de acuerdo con cifras de la FAO, la producción total mundial de alimentos ha crecido en un 145% (Pretty, 2008).

Sin embargo, estos avances en la productividad agregada no han traído consigo la reducción de la incidencia del hambre a escala global. Adicionalmente, desde la década de 1960, la superficie agrícola total se ha ampliado en un 11%, pasando de 4,5 a 5 mil millones de hectáreas y la superficie cultivable de 1,27 a 1,4 miles de millones de hectáreas. También existe creciente evidencia que sugiere que este enfoque del crecimiento agrícola ha llegado a límites ambientales críticos y que los costes totales en términos de beneficios

perdidos o no percibidos de los servicios ambientales son demasiado grandes para ser soportados (Pretty, 2008).

Paradójicamente, aun cuando la producción de alimentos a nivel mundial se ha elevado continuamente, la FAO (2009a) debió reconocer que “por primera vez en la historia de la humanidad, más de 1.000 millones de personas padecen subnutrición en todo el mundo (...) cifra [que] equivale a una sexta parte aproximadamente de la población total del mundo”⁶.

Es así como, al contrario de lo pregonado por los defensores del modelo convencional, lo que han demostrado los hechos es que un aumento en la producción de alimentos *per se* no asegura su distribución global y equitativa. Más aún, el problema del hambre tiene vertientes adicionales de mayor complejidad asociadas a la economía real del mercado, tales como la intermediación en la distribución y en la comercialización, la falta de poder adquisitivo de una gran proporción de la población mundial que les impide el acceso libre al mercado de alimentos, entre otros (Cecon, 2009).

Estos impactos, junto a la denuncia activa por parte del naciente ambientalismo, las comunidades que empezaban a verse afectadas y –un poco más tímidamente- las críticas de algunos sectores de la comunidad científica, forzaron a los defensores de este modelo a incluir algunos nuevos elementos, sin que ello significara alterar su esencia. Nace así el paradigma de la agricultura sostenible, dentro del cual es posible englobar buena parte de las iniciativas de producción “verde” o “limpia”, en una analogía casi perfecta con lo que ha sido el concepto de Desarrollo Sostenible.

Los defensores de esta idea de agricultura sostenible, en realidad, aspiran a una reedición de la Revolución Verde, bajo la idea de que ésta ha presentado tan sólo algunas fallas menores. De ahí que, en lugar de hacer una crítica de fondo al modelo, se han limitado a encuadrarlo dentro de las premisas económicas dominantes:

“A pesar de algunos problemas, la Revolución Verde ha sido un gran éxito. Hay, sin embargo, preguntas sobre si una nueva ‘Revolución doblemente verde’ – ambientalmente sostenible con aumentos de rendimiento- podría ayudar a las necesidades de alimentos durante las próximas dos décadas. Esta revolución

⁶ De acuerdo con el mismo reporte, el número de hambrientos se incrementó entre 1995-97 y 2004-06 en todas las regiones del mundo, excepto en Latinoamérica y el Caribe. Pero incluso en esta última región, los progresos en la reducción del hambre se han visto anulados como consecuencia del alza de los precios alimentarios y la actual crisis económica.

necesitará de voluntad política para eliminar las distorsiones que discriminan a los pobres, hacer inversiones en salud y educación rural, entidades de crédito e investigación de alta calidad, en la que la biotecnología tendrá un papel cada vez mayor” (Serageldin, 1999, p.388).

Por el contrario, si bien los beneficios de la Revolución Verde –especialmente en incrementos de la productividad de ciertos cultivos generados por la mejora agrícola- son indiscutibles, estos vinieron aparejados con problemas e impactos negativos de igual o mayor magnitud, en cuanto a los costos sociales y ecológicos que generaron (Pengue, 2005).

Como resultado, de la mano con los grandes cuestionamientos ambientales a la denominada Revolución Verde, se ha abierto un debate continuo e intenso sobre qué tipo de sistemas agrícolas son o no sostenibles, y cuáles pueden ser los criterios rectores para avanzar por la senda de una mayor sostenibilidad, donde se hacen evidentes las convergencias existentes entre los postulados de la agroecología y las nociones sobre sostenibilidad ambiental de la sociedad.

Desde la orilla opuesta al modelo dominante, la economía ecológica, la ecología política, la agroecología y otras disciplinas emergentes, vienen dando importantes pasos para demostrar que no es sólo necesario sino también posible conseguir una producción agrícola diferente, sustentable. No son pocas las experiencias exitosas que han evidenciado cómo los agroquímicos, el monocultivo y los altos subsidios energéticos son absolutamente prescindibles, además de nefastos para la conservación de los suelos, los ecosistemas y la soberanía alimentaria de los países.

Necesidad y alcances de un modelo alternativo de agricultura

Al tratar de mejorar la producción agrícola, la mayoría de los científicos han ignorado un punto clave en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sostenible: la necesidad de un profundo conocimiento sobre la naturaleza de los agroecosistemas y los principios por los que funcionan. La ciencia de la Agroecología ha surgido como una alternativa a la visión unidimensional dominante que la aborda bien sea desde la genética, la agronomía o la edafología, para abrazar un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de la co-evolución, estructura y función de los agroecosistemas (Altieri, 2002).

Como lo anotan Liu *et al.* (2007), a diferencia de la investigación ecológica tradicional, que a menudo excluye los impactos humanos, o la investigación social que generalmente ignora los factores ecológicos, el estudio integrado de los sistemas socio-ecológicos permite revelar nuevos patrones y procesos, no evidentes cuando son analizados por los científicos sociales o naturales por separado.

En ese sentido, abordar la agricultura desde la dimensión ambiental exige comprender las limitaciones y potencialidades del escenario biofísico o ecosistémico en el que se desarrollan las actividades de producción y, al mismo tiempo, una aproximación cultural a los grupos humanos, en donde se haga visible la estructura simbólica, la organización social y la plataforma tecnológica a través de las cuales se realiza la apropiación de la naturaleza (León-Sicard, 2009).

La definición de Agroecología, como la ciencia ambiental emergente y joven que es, sigue aún en proceso de construcción. Gliessman (1998) la definía como “la aplicación de conceptos y principios ecológicos en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables”; Dalgaard *et al.*, (2003) como “el estudio de las interacciones entre plantas, animales, humanos y el ambiente dentro de los sistemas agrícolas”; y Francis *et al.* (2003) la conciben como “el estudio ecológico integral de la totalidad de los sistemas alimentarios, en sus dimensiones ecológica, económica y social, o simplemente (...) la ecología de los sistemas alimentarios” (León-Sicard, 2014).

En este trabajo, se asume como referente conceptual la definición propuesta por Altieri & León-Sicard (2010), quienes plantean que la agroecología es “la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas tanto desde el punto de vista de sus interrelaciones ecológicas como culturales”.

Como bien lo señala León-Sicard (2014), en lugar de situar su estudio exclusivamente en la esfera de la ecología, esta definición eleva la agroecología hasta la complejidad de la dimensión ambiental, enfocándola hacia el agroecosistema como unidad prioritaria de análisis, en un esfuerzo por superar la mera concepción biofísica, abarcando los estudios simbólicos, sociales, económicos, políticos y tecnológicos que influyen en el devenir de las sociedades agrarias.

Los principios básicos de la agroecología, en su dimensión ecológica, incluyen: el reciclaje de nutrientes y energía en la finca; en lugar de la introducción de insumos externos, incrementar la materia orgánica del suelo y aumentar su actividad biológica; diversificación de las especies de plantas y recursos genéticos en los agroecosistemas a través del tiempo y el espacio; privilegiar las interacciones que integran los cultivos y el ganado; optimización de la productividad del sistema agrícola total, en lugar de los rendimientos de las especies individuales (Gliessman, 1998).

En el plano cultural, algunos principios rectores de la agroecología son: favorecer y mantener la vida en todas sus dimensiones y expresiones; producir alimentos sanos e inocuos; conservar y mejorar los recursos ecosistémicos; minimizar la dependencia de insumos externos a los agroecosistemas; fortalecer el intercambio gratuito y oportuno de semillas; mantener la seguridad y la soberanía alimentaria de productores y consumidores; rescatar y difundir el conocimiento ancestral; promover la participación de los agricultores

en la toma de decisiones políticas y económicas; propiciar la equidad de género y la repartición justa y equitativa de los excedentes agrarios; fortalecer la autonomía cultural en todas sus manifestaciones políticas, económicas y sociales; utilizar tecnologías adaptadas localmente; respetar todas las opciones agrarias, como parte de sus respectivas expresiones culturales (León-Sicard, 2014).

En lugar de centrarse en un componente particular del agroecosistema, la agroecología pone énfasis en las interrelaciones, la estructura y la función de los agroecosistemas, tanto desde el punto de vista de sus relaciones ecológicas como culturales, lo cual hace de ella una ciencia fundamentalmente ambiental (León-Sicard, 2009).

Por ende, la idea de sustentabilidad en la agricultura demanda un cambio de paradigma, que se decanta en los principios y prácticas de la agroecología. Siguiendo a Gastó *et al.* (2009), la magnitud del grado de sustentabilidad estará dada por las actuaciones de la sociedad, los acuerdos locales y globales, y las restricciones éticas y estéticas impuestas al sistema por la sociedad.

La problemática principal de una agricultura que pudiera denominarse sustentable no es pues lograr el rendimiento máximo, sino más bien lograr una estabilización a largo plazo. El desarrollo de agroecosistemas en pequeña escala, viables económicamente, diversificados y autosuficientes proviene de nuevos diseños de sistemas de cultivo y/o ganado, con tecnologías adaptadas a los ambientes locales que se encuentran dentro de los recursos de los agricultores. Se deberían tomar en consideración la conservación de la energía y los recursos, la calidad ambiental, la salud pública y el desarrollo socioeconómico equitativo, con el fin de tomar decisiones sobre las especies de cultivos, las rotaciones, el espaciamiento en hileras, la fertilización, el control de las plagas y la cosecha (Altieri, 1999).

Como lo subraya el mismo autor, el desafío se presenta en diversos frentes: aprender a compartir innovaciones entre países; búsqueda de modelos agrícolas sustentables combinando elementos del conocimiento científico tradicional y moderno; ajustes importantes en la estructura del capital intensivo de la agricultura en los países industriales, y cambios estructurales para corregir las desigualdades en la distribución de recursos en el caso de los países del tercer mundo; aumentar al máximo las estrategias de desarrollo agrícola autónomo; y quizás lo más importante de todo, reconocer que los agroecosistemas sustentables representan cambios profundos que muy seguramente tendrán importantes implicaciones sociales y políticas.

Es por ello que un análisis ambiental en el ámbito agrícola y rural no puede ser abordado más que desde un punto de vista sistémico, esto es, desde la comprensión interrelacionada de múltiples disciplinas.

Con todo lo dicho, es claro que el análisis ambiental de la agricultura se extiende mucho más allá de los límites del agroecosistema mismo, debiendo incluirse el almacenamiento,

transporte, distribución y mercadeo de los productos agrícolas; las fuentes de financiación; el manejo de residuos; el uso y conservación de cuencas hidrográficas; la administración de recursos naturales; participación comunitaria y desarrollo institucional; legislación y comercio internacional; educación, investigación y generación tecnológica; políticas estratégicas del Estado en relación con nuevas perspectivas de desarrollo (León-Sicard, 2007).

En el contexto de la gestión de los recursos naturales y la producción agrícola, la comprensión y evaluación del desempeño de los complejos sistemas socio-ambientales se ha convertido en un reto, y el diseño de alternativas más sostenibles una tarea urgente. Además, existe una necesidad de traducir los principios generales de sostenibilidad en definiciones operativas y prácticas. Actualmente, los siguientes principios son aceptados como mínimos para avanzar en la consolidación de dicha senda de sostenibilidad en el ámbito agrícola (Pretty, 2008):

- (i) integrar los procesos biológicos y ecológicos, tales como el ciclado de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la regeneración del suelo, la alelopatía, la competencia, la depredación y el parasitismo en los procesos de producción de alimentos;
- (ii) reducir al mínimo el uso de insumos no renovables, que causan daños al medio ambiente o a la salud de los agricultores y los consumidores;
- (iii) hacer un uso productivo del conocimiento y las capacidades de los agricultores, mejorando así su autosuficiencia y la sustitución de capital humano por costosos insumos externos; y
- (iv) hacer un uso productivo de las capacidades colectivas de la gente, trabajando juntos para resolver problemas comunes relativos a los recursos agrícolas y naturales como las plagas, las cuencas hidrográficas, el riego, los bosques y la gestión del crédito.

Desarrollando estos principios e incorporando el enfoque de la teoría de sistemas al análisis de la sostenibilidad agrícola, han sido propuestos siete atributos de sostenibilidad (Astier *et al.*, 2011):

- Alto nivel de productividad por medio de un uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos.
- Estabilidad, fiabilidad y resiliencia, en referencia a la presencia y la eficacia de los procesos de retroalimentación negativa que permiten el mantenimiento de un estado de equilibrio dinámico en un nivel de productividad constante, bajo condiciones de choque normal o estrés.

- Adaptabilidad para enfrentar los cambios socio-ambientales.
- Equidad en la distribución de costos y beneficios entre los diferentes usuarios de los recursos.
- Auto-suficiencia, lo que implica suficiente independencia de insumos externos para mantener el rendimiento y a pesar de la aparición de cambios externos.

Todo lo anterior no puede sino ratificar la afirmación de que nuestra capacidad de avanzar hacia modelos de sustentabilidad agrícola dependerá ineludiblemente de transformaciones integrales, que rebasan en todo sentido los límites de fincas y parcelas, para conseguir una agricultura que no devaste los ecosistemas, afecte negativamente la salud humana y en cambio permita dar pasos hacia la generación de nuevos equilibrios tecnobiológicos⁷.

1.3. La agricultura campesina y familiar

Una de las particularidades que ha caracterizado a la agroecología en su búsqueda de nuevos tipos de desarrollo agrícola y estrategias de manejo de los recursos, es que el conocimiento que tiene el campesinado del ambiente, las plantas, suelos y los procesos ecológicos recupera una importancia sin precedentes.

Muchos investigadores están convencidos de que comprender los rasgos culturales y ecológicos característicos de la agricultura tradicional es de importancia crucial para obtener información útil y pertinente que guíe el desarrollo de estrategias agrícolas sustentables (Altieri, 2009).

1.3.1. Rasgos distintivos de la pequeña agricultura campesina

En los estudios sobre el campesinado y la estructura agraria en América Latina, hay consenso en cuanto a la existencia de significativas variaciones regionales y nacionales en lo referente a su proceso de desarrollo y heterogeneidad. Los análisis académicos presentan un cuadro complejo acerca de la situación del campesinado en América Latina,

⁷ Ángel-Maya (2008), plantea que el objetivo básico de la planificación y gestión ambientales debe consistir en lograr los límites de equilibrio tecnobiológico que permitan la continuidad de los sistemas vivos, bajo la premisa de que es necesario conservar sin renunciar a la transformación de la naturaleza, y que la inventiva tecnológica de transformación de los ecosistemas y la vida debe incentivarse pero regulándola de acuerdo a los límites de un equilibrio que es necesario descubrir continuamente. Esto supone el estudio de una naturaleza modificada tecnológicamente, que no por ello deja de ser naturaleza, aunque inevitablemente ya no puede responder exactamente a las leyes que rigen los sistemas ecológicos no modificados.

dificultando las generalizaciones; sin embargo, es un hecho bien establecido que el campesinado ha tenido y tiene un papel crucial como proveedor de alimentos básicos a lo largo del continente (Rojas, 2009).

A pesar de haber acuerdo acerca de su importancia, el establecimiento de una definición certera resulta ser un asunto complejo, dada la gran heterogeneidad socioeconómica y cultural que caracteriza al sector (Salcedo-Pérez *et al.*, 2014). Por tal razón, según el objetivo de cada investigación, así como dependiendo de las fuentes de información disponibles para su cuantificación, el término puede abarcar distintas tipologías de hogares, diferentes tipos de productores o diversas actividades productivas (Garay *et al.*, 2014).

Uno de los autores más importantes en el estudio de la agricultura campesina es sin lugar a duda Alexander Chayanov, quien a comienzos del siglo XX describió su modo de organización, relaciones de producción y vínculos con el sistema económico. Para este autor, la economía campesina tiene un carácter fundamentalmente familiar, cuya característica básica es la unidad de producción-consumo, siendo la mano de obra familiar el “aparato de trabajo”. La familia campesina cubre sus necesidades mediante una combinación de actividades artesanales, de comercio minorista y de producción agropecuaria, dependiendo de su rentabilidad. La organización de la economía campesina está determinada por la composición de la familia, su coordinación, sus demandas de consumo, y el número de trabajadores con que cuenta, lo cual la convierte en un tipo de sistema productivo que no es típicamente capitalista (Garay *et al.*, 2014; Salcedo *et al.*, 2014).

La agricultura campesina y familiar está conformada por pequeños productores rurales que practican una agricultura intensiva, permanente y en muchos casos diversificada, en fincas relativamente pequeñas, donde la casa o el hogar campesino es la principal unidad social para la movilización del trabajo agrícola, la gestión de los recursos productivos y la organización del consumo. Dentro de la economía campesina familiar, el hogar produce una parte significativa de su propia subsistencia y por lo general participa en el mercado donde es vendida una proporción variable de la producción de la finca; también hacen parte de la dinámica económica de estos sistemas la producción de artículos de manufactura artesanal y diversas formas de empleo por fuera de la finca (Netting, 1993).

Chayanov destacaba también que la actividad económica del sistema de producción campesino está estimulada por la necesidad de satisfacer los requerimientos de subsistencia de la unidad de producción, por lo que, a diferencia de la empresa capitalista que se orienta al valor de cambio, la economía campesina lo hace al valor de uso (Hernández, 1993 citado por Salcedo *et al.*, 2014).

Otros autores (Barnett, 1997; Ellis, 1993; Morton, 2007) refieren a los campesinos y la pequeña agricultura de subsistencia como aquellos productores que pueden encontrarse en un *continuum* entre la producción de subsistencia y la producción para el mercado, desarrollando actividades no agropecuarias, que en su conjunto constituyen una estrategia de vida donde una parte importante del producido es consumido directamente y solo una parte pequeña es destinada al mercado, y donde hay ninguna o muy pocas entradas adquiridas externamente.

En Colombia, otros autores como Machado *et al.* (1993) definen a la economía campesina como un sistema socioeconómico y cultural de producción-consumo fundamentado en el trabajo familiar, articulado de múltiples maneras al sistema socioeconómico y a los mercados, operando dentro de un modo de vida rural.

En el mismo sentido, Forero (2003) plantea que en el caso colombiano, la gran mayoría de los campesinos son estrictamente productores familiares, cuya actividad se caracteriza por constituirse en unidades de producción que son al mismo tiempo unidades de consumo, cuya finalidad es precisamente la reproducción de la familia y/o la comunidad. Esta circunstancia diferencia al campesino del empresariado capitalista agropecuario cuya reproducción depende de la obtención de ganancias. La familia o la comunidad, a la vez, le imprimen el carácter organizativo a la actividad productiva de los campesinos, que se organiza de acuerdo con el sistema de decisiones de la familia o de la comunidad y con la división de tareas entre sus miembros, de acuerdo con la edad, sexo, jerarquías y con sus experiencias y conocimientos.

Como también lo destaca el mismo autor, a pesar de que la organización de la producción campesina sea esencialmente familiar, los productores campesinos están altamente integrados al mercado, una importante proporción contrata trabajadores asalariados incluso al punto de superar la participación del trabajo familiar, compran insumos y, en ocasiones, alquilan o compran maquinaria de pequeña escala. Complementariamente a estas dinámicas, se dan también prácticas como los intercambios recíprocos, donaciones de alimentos, diferentes formas de trabajo comunal y solidario y el autoconsumo, todas ellas estrategias de gran importancia para la reproducción de los hogares campesinos.

A manera de síntesis, aún a sabiendas de que cualquier generalización deja por fuera los matices y grados intermedios propios de un ámbito tan complejo, se puede plantear que los rasgos distintivos de la agricultura familiar campesina (De la O & Garner, 2012; Garay *et al.*, 2014; Parrado *et al.*, 2014; Salcedo *et al.*, 2014) son:

- 1) predomina la fuerza de trabajo familiar, con contratación esporádica de mano de obra;
- 2) la producción está orientada parcialmente a la subsistencia y parcialmente al mercado, por lo cual la toma de decisiones no se basa principal o únicamente en la

maximización de beneficios sino en garantizar los niveles de autoconsumo de la familia y los ingresos necesarios para adquirir los bienes no agropecuarios.

3) se desarrolla en fincas de escaso tamaño, si bien esto debe entenderse en función de las características agroecológicas del predio, y por lo general, la unidad de producción es el sitio donde se ubica la vivienda familiar;

4) el ingreso familiar es bajo y altamente diversificado (varios productos, actividades no agrícolas y salarios extraprediales);

5) está ligada al mercado a través de la venta de los productos, la fuerza de trabajo y la compra de insumos;

6) muy frecuentemente, miembros de la fuerza de trabajo familiar migran, temporal o permanentemente, a otros lugares.

1.3.2. La agricultura ante un clima cambiante

La agricultura es un componente esencial del sistema social, ocupa cerca del 40% de la superficie terrestre, usa el 70% del agua y hace uso de la biodiversidad a todos los niveles (genes, especies y ecosistemas). En todos los ámbitos productivos, la agricultura influye y es influenciada por los ecosistemas, la economía, la política y el clima. Este último en particular, viene generando preocupación entre los científicos, en la medida en que la producción agrícola y la seguridad alimentaria podrían verse severamente afectadas -tanto global como localmente- por los cambios que vienen ocurriendo en variables climáticas claves como las precipitaciones y la temperatura (Altieri & Koohafkan, 2008).

Debido a las características propias de los sistemas de producción campesinos, dichos impactos tenderán a ser localmente específicos y difíciles de predecir. Adicionalmente, la variedad de especies de cultivos y de ganado producidos por los hogares campesinos, las interacciones existentes a su interior, así como la importancia de las relaciones por fuera del mercado en la producción y la comercialización, aumentan la complejidad tanto de los impactos como de las adaptaciones posibles (Morton, 2007).

1.3.3. Cambio Climático y Variabilidad Climática

A pesar de que todavía no existe consenso en el seno de la comunidad científica alrededor del denominado Cambio Climático Global o Cambio Climático (CC), las conclusiones de una parte considerable de ella coinciden de manera cada vez más consistente en que el planeta está experimentando modificaciones importantes en su dinámica climática y que las actividades humanas juegan un papel fundamental en dichas modificaciones.

Este fenómeno es definido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2012) como una alteración en el estado del clima que implica cambios en su comportamiento promedio y/o en su variabilidad, los cuales persisten por un periodo prolongado de tiempo, típicamente de una década o más. Dichos cambios pueden deberse tanto a procesos naturales internos o fuerzas externas, así como a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera y los usos del suelo.

En uno de los más recientes informes del IPCC (2013), se recalca el hecho de que la influencia humana ha sido detectada en cambios de muy diversa índole dentro del sistema climático global, como lo son el calentamiento de la atmósfera y el océano, cambios en el ciclo global del agua, reducciones de nieve y hielo, aumento global del nivel medio del mar, así como en cambios en algunos extremos climáticos.

Las evidencias de esta influencia han venido creciendo de manera sostenida a lo largo de las últimas décadas, al punto que el Panel califica de “muy probable” que las actividades humanas sean la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX, y de igual manera, que al menos la mitad del incremento observado en la temperatura media global entre 1951 y 2010 ha sido causada por el aumento en las concentraciones de gases de invernadero y otras fuerzas antropogénicas (IPCC, 2013).

Por otra parte, a diferencia del Cambio Climático Global que se expresa en procesos de larga duración, la Variabilidad Climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos relativamente cortos, dando lugar, entre otros, al aumento o disminución de las precipitaciones, alteraciones en las temporadas lluviosas o secas y la ocurrencia de eventos extremos (heladas, granizos, sequías). Estos pueden resultar en perjuicios muy importantes para el sector agropecuario, que con frecuencia requiere de varios años para recuperarse económica y financieramente de los daños ocasionados (Giménez & Lanfranco, 2012).

La variabilidad puede darse periódicamente con recurrencia de meses, años y decenios. Como ejemplo de variabilidad climática interanual se pueden mencionar las fluctuaciones generadas por El Niño-La Niña u Oscilación del Sur (ENOS). Las fases extremas del ciclo ENOS generan alteraciones temporales de las condiciones climáticas en la región del Pacífico tropical, las cuales se manifiestan en anomalías de temperatura del aire y de precipitación, así como de otras variables climatológicas. Estas anomalías impactan las actividades socioeconómicas, en particular la agricultura y la ganadería trayendo como consecuencia fluctuaciones en la producción (Pabón, 2004).

De esta manera, mientras que la Variabilidad Climática es una característica inherente al sistema climático, que tiene manifestaciones a muy diversas escalas temporales y espaciales con impactos de importancia probada sobre la sociedad, el Cambio Climático es

un fenómeno de largo plazo cuyas causas siguen siendo objeto de investigación y sus impactos todavía inciertos.

Es sabido por ejemplo que los Modelos de Circulación Global desarrollados por el IPCC contienen errores considerables, debido a la simplificación de la representación climática, a supuestos que podrían estar potencialmente equivocados respecto a los procesos climáticos, así como a la resolución espacial y temporal limitada de los datos (Buytaert *et al.*, 2009). Esto significa que la variabilidad a pequeña escala (temporal y espacial) bien puede seguir estando determinada por fluctuaciones naturales como El Niño, anomalías en el calor del océano o fluctuaciones en la circulación termohalina⁸. Debido a la variabilidad local, así como las limitaciones de los modelos y datos climáticos globales, una incertidumbre importante persiste en las proyecciones que puedan realizarse (Buytaert *et al.*, 2011).

En los Andes tropicales por ejemplo, se han observado lo que se presume son cambios en los factores climáticos y respuestas de los ecosistemas, aunque el panorama general del futuro climático en esta región sigue siendo incierto, haciendo difíciles los pronósticos sobre el destino de los ecosistemas (Anderson *et al.*, 2009).

En esa medida, los patrones y tendencias climáticas a escalas locales son todavía muy difíciles de discernir y constatar. Las tendencias en los registros de estaciones locales bien pueden no tener una significancia estadística suficiente debido a la escasez de datos insuficiencia o vacíos en las series, a la alta variabilidad natural de la lluvia en los Andes, a la incapacidad de modelar de manera adecuada las condiciones actuales de los patrones de precipitación o a una combinación de todos los factores anteriores (Buytaert *et al.*, 2010).

Sigue siendo muy complejo establecer con un alto grado de certeza el tipo y escala de las alteraciones que las actividades humanas tienen y tendrán sobre las dinámicas del clima y otros procesos naturales interrelacionados de maneras altamente complejas. A pesar de los niveles de incertidumbre que todavía hay respecto del Cambio Climático y sus impactos, esto de ninguna manera puede conducirnos a obviar sus posibles consecuencias.

Aquí es pertinente aludir al principio de precaución, estrechamente ligado a la comprensión sistémica de los problemas ambientales. Éste establece en términos

⁸ La circulación termohalina se refiere a un conjunto de corrientes oceánicas que presentan diferencias en su temperatura y salinidad, las cuales son fundamentales en el flujo de calor entre regiones tropicales, templadas y polares, por lo cual juega un papel muy importante en la regulación del clima planetario.

generales que cuando una actividad plantea amenazas de daño para el medio ambiente o la salud humana, se deben tomar medidas incluso si algunas relaciones causa efecto no se han establecido de manera completamente científica (Riechmann & Tickner, 2002). Es cierto que todavía no podemos predecir cuál será el comportamiento del sistema climático en 5, 10 o 50 años, y tal vez nunca lo lograremos. Pero también es verdad que nunca como en esta época de la historia humana la capacidad de transformación del planeta había alcanzado dimensiones siquiera comparables.

Por lo tanto, es de esperar que existan impactos considerables del Cambio Climático sobre la agricultura, que potencialmente pueden amenazar la sostenibilidad de ciertos sistemas, prácticas y cultivos. Sin embargo, esta afirmación no debe asumirse de modo catastrofista o unilateral, pues las exigencias asociadas al Cambio Climático están propiciando también oportunidades de transformación y mejora de los agroecosistemas, las prácticas agrícolas, la distribución y comercialización de alimentos, e incluso de la sostenibilidad ambiental en contextos rurales.

El debate abierto alrededor de la existencia y repercusiones del Cambio Climático ha servido para suscitar una reflexión profunda y de gran importancia, respecto al hecho de que vivimos en un planeta en constante cambio, sujetos a la variabilidad inherente del clima, de cuyos equilibrios somos altamente dependientes. Es pues de la mayor pertinencia identificar y diseñar estrategias para hacer cada día más compatibles y sustentables las actividades humanas, y la agricultura en particular, con un clima cambiante.

1.3.4. La agricultura campesina frente a escenarios de cambio y variabilidad climática

Para el caso específico de los ecosistemas y agroecosistemas presentes en la región andina, existen múltiples factores asociados a la vulnerabilidad que podrían enfrentar dichos sistemas en un escenario de Cambio Climático, si bien es importante anotar que existen elevados niveles de incertidumbre respecto a dichos escenarios.

Cuesta *et al.* (2012) sintetizan los resultados de diversos estudios respecto a la evidencia sobre respuestas en los sistemas ecológicos en los Andes a los cambios recientes en el clima, destacando los siguientes:

- (1) Alteraciones en la fisiología de las especies y su capacidad de soportar eventos extremos como las heladas
- (2) Cambios en los patrones de distribución y riqueza de especies
- (3) Incrementos en las tasas de extinción locales de algunas especies o comunidades de especies

(4) Alteraciones en los patrones fenológicos

(5) Como consecuencias derivadas, también se proyectan cambios en los patrones de distribución de los ecosistemas o biomas y posibles alteraciones en funciones ecosistémicas como el ciclo del carbono y el agua.

Frente a estos impactos potenciales, los sistemas socioecológicos pueden estar más o menos preparados para afrontar, prepararse y sobreponerse a dichos impactos. Del estudio de los factores que influyen sobre estas características han surgido varios conceptos fundamentales como son la adaptación, la capacidad adaptativa y la resiliencia, entre otros.

1.3.5. Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia

La agricultura, en sus muy diversas formas, es altamente sensible a las variaciones climáticas. De hecho, éstas constituyen la fuente dominante de las fluctuaciones anuales en la producción global de alimentos en muchas regiones. Por ejemplo, el fenómeno de El Niño, asociado a ciclos de sequías e inundaciones, explica entre el 15% y el 35% de la variación del rendimiento global en el trigo, las oleaginosas y los cereales secundarios (Howden *et al.*, 2007).

Como consecuencia, los agricultores históricamente han debido adaptarse a los cambios en el clima, sin duda uno de los factores naturales que de manera más determinante condujo al desarrollo de la plataforma tecnológica humana. En tal sentido, la agricultura presenta un alto grado de adaptación a las condiciones climáticas locales en términos de la infraestructura, el uso de especies, las prácticas agrícolas y la experiencia individual de los agricultores.

En ese sentido, la naturaleza y el tipo de prácticas agrícolas en un lugar determinado están fuertemente influenciadas por las características climáticas de largo plazo, de tal manera que la experiencia y la infraestructura de las comunidades campesinas adoptan tipos específicos de agricultura y grupos específicos de cultivos que por lo general han probado ser los más productivos bajo unas características climáticas dadas. Cambios por fuera de estas características obligarán necesariamente a ajustar las prácticas agrícolas con el fin de mantener la productividad, lo cual puede implicar en algunos casos que el tipo de prácticas y cultivos óptimos deba cambiar (Gornall *et al.*, 2010).

Durante los últimos 20 años se ha venido dando un cambio significativo en la gestión del riesgo de desastres, hacia una comprensión más completa de las causas subyacentes a la vulnerabilidad, las amenazas y hacia el desarrollo de una estrategia de largo plazo orientada a anticipar y manejar el riesgo (Thomalla *et al.*, 2006). Tres conceptos

estrechamente interrelacionados, amenaza, vulnerabilidad y riesgo, sustentan este marco de análisis.

La vulnerabilidad es generalmente entendida como la susceptibilidad de un sistema, o uno de sus componentes, a ser afectado por una perturbación, amenaza o peligro. El nivel de vulnerabilidad está dado por la exposición a las perturbaciones, la sensibilidad a la perturbación y la capacidad de adaptación a tales perturbaciones (Adger, 2006; Gallopín, 2006; Turner *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2004).

Debe subrayarse que la vulnerabilidad está determinada no sólo por aspectos biofísicos, sino que dinámicas como la urbanización no planificada, el uso inapropiado de la tierra, la mala gestión del medio ambiente, la pérdida de biodiversidad, la injusticia social, la pobreza y la visión económica de corto plazo son también importantes determinantes de la vulnerabilidad (ISDR, 2004; Thomalla *et al.*, 2006).

Las amenazas, por su parte, están definidas como las perturbaciones⁹ y factores de estrés que impactan a un sistema, así como las consecuencias que éstos producen, en tanto que el riesgo es la probabilidad y la magnitud de las consecuencias después de ocurrida una perturbación (Turner *et al.*, 2003).

En un contexto agroecológico, Altieri *et al.* (2012) plantean que una amenaza sería cualquier fenómeno de origen natural (huracán, sequía, inundación) o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada de productores, en tanto que la vulnerabilidad denota la incapacidad de una comunidad de productores para evitar los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. El grado de Riesgo estará dado por la combinación de estas dos condiciones, es decir, en qué medida los productores son vulnerables frente a una amenaza.

Un último concepto fundamental, que articula a los anteriores, es el de Resiliencia. Éste proviene de la teoría de sistemas complejos aplicada a la ecología, y actualmente es empleado para expresar la capacidad de un sistema de persistir, esto es, de absorber y recuperarse de una alteración sin perder su estructura básica, modos de funcionamiento, capacidad de autoorganización, adaptación al estrés y al cambio (Turner *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2004).

Dos aspectos integrales de la resiliencia, de gran importancia en el terreno de los sistemas socioecológicos, son la adaptabilidad (o capacidad adaptativa) y la transformabilidad. La adaptabilidad tiene que ver con la capacidad de un sistema para aprender, combinar

⁹ Una perturbación es un aumento en la presión (por ejemplo, un maremoto) más allá del rango normal de la variabilidad en el que opera el sistema.

experiencias y conocimientos, ajustar sus respuestas ante agentes externos y procesos internos, y en suma, influenciar la resiliencia del sistema (Berkes *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2004).

El IPCC (2014a, 2014b) habla también de adaptabilidad, entendida como el conjunto de iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático, moderar o evitar los daños y aprovechar las oportunidades beneficiosas. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, o autónoma y planificada. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de plantas sensibles al choque térmico por otras más resistentes, la diversificación de los medios de vida¹⁰, la gestión integrada de los recursos hídricos o los sistemas comunitarios de alertas tempranas, entre muchos otros.

De igual manera, se ha acuñado el término *maladaptación*, para hacer referencia a aquellas acciones que –por mala planificación, ejecución o resultados imprevisibles- conducen a una mayor vulnerabilidad, incrementan el riesgo de impactos adversos relacionados con el clima o generan una disminución del bienestar presente o futuro (IPCC, 2014a).

Entre tanto, la transformabilidad es la capacidad de crear un sistema fundamentalmente nuevo cuando las estructuras ecológicas, económicas o sociales hacen al sistema insostenible. Esta capacidad con frecuencia implica cambios en las percepciones, redes sociales, patrones de interacción -entre los que se cuentan el liderazgo y las relaciones de poder- y los arreglos sociales e institucionales (Walker *et al.*, 2004).

El reconocimiento de que el Cambio Climático podría tener impactos y consecuencias negativas sobre la producción agrícola ha generado mucho interés en la búsqueda de estrategias para incrementar la resiliencia de los agroecosistemas. Un agroecosistema resiliente, por ejemplo, sería aquel capaz de producir alimentos aun después de sufrir los efectos de una sequía o una tormenta, o también de un incremento repentino de los precios del petróleo o de una escasez de insumos externos (Nicholls & Altieri, 2011).

¹⁰ Los medios de vida son las capacidades, activos (tanto recursos materiales como sociales) y actividades necesarias para vivir, los cuales se pueden dividir en cinco tipos de capitales: 1) Humano (e.g. niveles de salud, alimentación, educación y conocimientos); 2) Social (e.g. redes y conexiones entre individuos con intereses compartidos, formas de participación social, y relaciones de confianzas y reciprocidad); Natural (e.g. recursos naturales útiles); 4) Físico (e.g. infraestructuras y equipamientos básicos y productivos); 5) Financiero (e.g. recursos financieros que las poblaciones utilizan).

Al respecto, León-Sicard (2014) discute el enfoque bajo el cual debe entenderse el concepto de resiliencia en la agricultura: en teoría, la máxima resiliencia posible de un agroecosistema implicaría retornar al ecosistema original dado que los agroecosistemas son en realidad modificaciones dirigidas de las condiciones ecosistémicas de partida. Sin la acción permanente de los seres humanos todo agroecosistema tendería al equilibrio ecosistémico, luego de varias etapas sucesionales.

No obstante, prosigue el autor, la intervención tecnológica de los grupos humanos, mediada por la cultura y expresada en los arreglos espaciales y temporales de los cultivos, el uso de determinados insumos, implementos, herramientas y equipos, representa las posibilidades de un agroecosistema a volverse más o menos resiliente, y en ese sentido la resiliencia también es cultural. En sentido estricto, no sería el agroecosistema el objeto que se vuelve o no resiliente, sino los agricultores, puesto que de ellos depende, en sumo grado, la recuperación biofísica de los agroecosistemas.

Por último, es importante señalar que la vulnerabilidad, el riesgo y la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, no existen de manera aislada del contexto político ni de las dinámicas económicas de uso y apropiación de los recursos, sino que se deben fundamentalmente a la acción humana -accidental o deliberada- que refuerza la distribución dominante del poder social (Adger, 2006). Esto implica que la resiliencia y capacidad de persistencia de un régimen o estado en un sistema no equivale necesariamente a bienestar; más aún, es posible -sobre todo en el ámbito social- que sistemas sub-óptimos sean muy resilientes (e.g. sistemas altamente desiguales o caracterizados por un alto grado de control social) (Walsh-Dilley *et al.*, 2016).

En ese sentido, León-Sicard *et al.* (2014) anotan que la resiliencia podría ser mayor, por ejemplo, en aquellas regiones/comunidades donde sus miembros hacen parte de procesos de organización social fuertemente desarrollados, donde se han generado estrechos lazos de cooperación, asociatividad, altruismo y solidaridad. En tal sentido, podría pensarse por ejemplo que, bajo condiciones de menor verticalidad en la distribución del poder económico y político, las posibilidades de enfrentar disturbios o amenazas exteriores de gran magnitud se incrementarían, si bien estos son temas pendientes de investigación más profunda.

1.3.6. Resiliencia de los sistemas productivos campesinos

Ya se ha mencionado que la resiliencia tiene que ver con la capacidad de un sistema a mantener su estructura y productividad tras una perturbación. Los sistemas campesinos, por sus características particulares, enfrentan factores de presión climáticos y no climáticos que incrementan su vulnerabilidad. Pero al mismo tiempo, han demostrado tener una alta potencialidad en términos de sus capacidades de adaptación, recuperación y niveles de resiliencia.

De acuerdo con Gornall *et al.* (2010), los impactos más relevantes previstos para la agricultura en relación al Cambio y la Variabilidad Climática son: i) cambios en el clima promedio respecto a los estados actuales, lo cual puede requerir ajustes en las prácticas con el fin de mantener la productividad; en algunos casos, el tipo óptimo de agricultura para una zona o región podría alterarse; ii) cambios en la variabilidad y la ocurrencia de eventos climáticos extremos (temperaturas extremas, sequías, lluvias intensas e inundaciones, tormentas tropicales); iii) cambios y/o incremento en la incidencia de plagas y enfermedades; iv) disminución de la disponibilidad de agua debido a cambios climáticos en zonas distantes; v) descensos concomitantes en la productividad.

Sobre los productores campesinos existen también factores de presión internos y externos que pueden acentuar el impacto de los fenómenos climáticos. Morton (2007) destaca que el tamaño pequeño de los predios, el bajo acceso a tecnología y capital, junto a diversos factores de estrés no climáticos (Tabla 1) tienden a aumentar la vulnerabilidad de los sistemas de producción campesinos, en tanto que otros factores como el trabajo familiar, los patrones existentes de diversificación de la agricultura, o la posesión acumulada de conocimiento tradicional, constituyen factores de resiliencia importantes que no pueden ser subestimados.

Tabla 1: Algunos factores de presión no-climáticos sobre la pequeña agricultura campesina y de subsistencia. Adaptado de Morton (2007).

| Factores no-climáticos de presión | |
|-----------------------------------|--|
| • | Aumento de la población que conduce a la fragmentación de la tenencia de tierras. |
| • | Degradación ambiental causada por la población, la pobreza y derechos de propiedad mal definidos e inseguros, incluyendo la degradación generalizada del suelo. |
| • | Mercados regionalizados y globalizados, y regímenes de regulación que implican cada vez más problemas relacionados con la calidad de los alimentos y la seguridad alimentaria. |
| • | Problemas en la comercialización de productos y el suministro de insumos, que conduce a la disminución del acceso al mercado para los pequeños agricultores. |
| • | Las políticas agrícolas proteccionistas de los países desarrollados, la disminución e imprevisibilidad de los precios mundiales de muchos productos agrícolas principales y los choques macroeconómicos. |
| • | La fragilidad del Estado y el conflicto armado en algunas regiones. |

Los sistemas agrícolas campesinos, de subsistencia y pastoreo, especialmente aquellos ubicados en ambientes marginales, zonas de alta variabilidad de precipitaciones o de alto riesgo natural, se caracterizan a menudo por estrategias de medios de vida que se han desarrollado para reducir la vulnerabilidad total frente a las crisis climáticas (estrategias de adaptación), y hacer una gestión de su impacto *ex-post* (estrategias de afrontamiento) (Morton, 2007).

En Latinoamérica se han desarrollado diversas iniciativas a escala local y regional que articulan innovaciones, muchas de las cuales involucran el fortalecimiento y recuperación de los conocimientos tradicionales andinos sobre manejo del territorio y sus recursos. Estas se basan, por ejemplo, en el uso de variedades locales resistentes a la sequía o los extremos de humedad, la cosecha de agua, los sistemas de conservación de suelos, el desyerbe oportuno, la diversificación de las actividades productivas familiares, los policultivos, la agroforestería y la recuperación del saber campesino acerca de las modalidades de siembra y labores del cultivo (Altieri & Nicholls, 2009; Bustamante *et al.*, 2012).

Esto muestra con gran notoriedad que los productores campesinos no se limitan exclusivamente a hacer frente a la variabilidad climática, sino que con frecuencia se preparan para afrontar eventos futuros, con el fin de minimizar la pérdida de rendimientos mediante un amplio rango de estrategias de orden agronómico, ecológico y cultural.

En otras palabras, los agricultores se encuentran en la búsqueda permanente de estrategias que les permita elevar sus niveles de resiliencia, de lo cual existen numerosas experiencias exitosas a lo largo y ancho del denominado tercer mundo. Esa es, precisamente, la razón de ser de esta investigación.

La agricultura campesina en Colombia tiene y seguirá teniendo un rol fundamental, en términos tanto de la soberanía alimentaria de la nación como de la subsistencia económica de miles de familias. Entre tanto, el país se debate en la búsqueda de caminos que permitan superar un modelo agrario plagado de inequidades e insustentable desde el punto de vista social y ambiental. En este contexto, las agriculturas alternativas y el conocimiento tradicional campesino constituyen importantes fuentes de conocimiento desde dónde aportar a la solución de tales problemas.

1.3.7. La agricultura campesina: una alternativa sustentable

A pesar del desarrollo y expansión sin precedentes que experimentó la agricultura industrializada de gran escala durante el siglo XX, la agricultura campesina continúa teniendo un papel fundamental para el mundo.

En los países del sur global, la agricultura campesina es en muchos casos la principal fuente de alimentos básicos, y a nivel mundial se estima que existen unas 500 millones de familias campesinas que producen al menos el 53% de los alimentos (Graeub *et al.*, 2015). Una

proporción considerable de ellos se realiza bajo manejos más sostenibles y eficientes en el uso de la energía y los recursos que los grandes sistemas de producción industriales (Altieri & Koohafkan, 2008).

En América Latina, por ejemplo, cerca de 17 millones de unidades de producción campesinas, que ocupan cerca de 60,5 millones de hectáreas (34,5% de la superficie total cultivada) con tamaño de las fincas promedio de aproximadamente 1,8 hectáreas, producen el 51% del maíz, el 77% de los granos, y el 61% de las papas para el consumo interno (De Grandi, 1996 citado por Altieri, 2008).

Este el caso del altiplano andino a lo largo de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, donde la agricultura se caracteriza por desarrollarse en pequeñas explotaciones agrícolas, que históricamente han sido la fuente principal de suministro de alimentos regionales y locales, en sistemas que frecuentemente demandan pocos recursos naturales e insumos externos y, al hacerlo, proporcionan a su vez servicios ecosistémicos (Mulligan *et al.*, 2010).

La contribución del campesinado a la alimentación de los colombianos es decisiva. Son productos predominantemente campesinos la yuca, el plátano, la panela, papa, frutales, frijol, cacao, ñame y el 74% de la producción nacional de maíz. Asimismo, la producción campesina ha logrado una “silenciosa transformación” tecnológica, incorporando en sus parcelas diversas innovaciones, tanto el uso de agroquímicos y variedades obtenidas, como tecnologías limpias y desarrollo de semillas locales e incluso hay algunos cultivos y algunas comarcas, en que la rentabilidad de las unidades campesinas llega a ser igual o superior a la de las unidades medianas o grandes (Forero, 2010 citado por Ordóñez *et al.*, 2011).

La relevancia de la agricultura campesina se refuerza además por el hecho de que la complejidad de los sistemas de manejo de recursos naturales campesinos ha sido ampliamente reconocida, en alusión a las interacciones estrechas entre las diferentes actividades relacionadas con la gestión de los recursos naturales y la repercusión de estas actividades en la satisfacción de una multiplicidad de objetivos económicos, ambientales y sociales (López-Ridaura *et al.*, 2002).

Tabla 2. Diferencias entre la producción agrícola industrial convencional y la producción campesina agroecológica. Modificado con base en Altieri & Toledo (2011) y Rosset *et al.* (2011).

| Sistemas agrícolas industriales | Sistemas campesinos agroecológicos |
|--|--|
| -Miles de km de transporte de alimentos, grandes emisiones de gases de invernadero, producción orientada a la agroexportación y agrocombustibles | -Producción local, regional y/o nacional, circuitos de consumo locales |

| | |
|--|---|
| -Altamente concentrada en tan solo 20 especies agrícolas y pecuarias | -Más de 40 especies animales y miles de plantas comestibles |
| -Monocultivos de gran escala | -Fincas diversificadas de pequeña escala |
| -Variedades de alto rendimiento, híbridos y cultivos transgénicos | -1.9 millones de variedades locales y cultivos |
| -Alta dependencia del petróleo e insumos químicos externos | -Recursos locales, suministro de servicios ecosistémicos por biodiversidad |
| -Uso de fertilizantes para la nutrición de los cultivos | -Materia orgánica de origen animal y vegetal para alimentar el suelo |
| -Esquemas de extensión verticales y jerarquizados | -Diálogo de saberes, esquemas horizontales (campesino a campesino), investigación participativa |
| -Investigación científica controlada por grandes corporaciones | -Innovación local, intercambios de conocimiento a través de movimientos sociales |
| -Conocimiento tecnológico estrecho, limitado a la comprensión de elementos aislados | -Conocimiento holístico de la naturaleza, cosmovisión |
| -Agroecosistemas insertados en una matriz de paisaje degradada, simplificada y no conductiva para la conservación de especies silvestres | -Agroecosistemas insertados en una matriz natural compleja que provee servicios ecosistémicos a los sistemas productivos (i.e. polinización, control biológico de plagas, etc.) |

Se estima por ejemplo que en el mundo hay cerca de 1.500 millones de pequeños productores, agricultores familiares y pueblos indígenas distribuidos en unos 350 millones de granjas pequeñas, y se calcula que el 50 por ciento de estos campesinos producen bajo sistemas de agricultura de conservación de recursos (Altieri & Toledo, 2011).

Dada esta importante participación en la producción de alimentos, bajos incrementos en los rendimientos de estos pequeños agricultores tendrían un mayor impacto sobre la disponibilidad de alimentos a escala local y regional que los predichos para el caso de monocultivos bajo agricultura convencional, debido a que las pequeñas fincas integrales en las cuales los agricultores a pequeña escala producen granos, frutas, vegetales, forraje y productos de origen animal, aportan rendimientos adicionales a aquellos que se producen en sistemas de monocultivo, a gran escala (Nicholls & Altieri, 2011).

Los Mercados Campesinos en la Región Central de Colombia

En Colombia, la producción de alimentos y el abastecimiento de los centros urbanos provienen en su mayoría de la oferta de pequeños productores, y se ha estimado que para grandes ciudades como Bogotá, alrededor de un 65% de los alimentos consumidos

proceden de la economía campesina de la región central del país (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006).

Sin embargo, los campesinos son el eslabón más vulnerable de la cadena de abastecimiento, debido a que hacen parte de largas y complejas cadenas de valor caracterizadas por una alta intermediación en la comercialización de los productos de origen agropecuario, que conducen a que el precio al consumidor se eleve y la ganancia del productor sea menor. A lo anterior se suma la dificultad general de acceso a mercados por diversos factores, tanto culturales (arraigo por ciertos productos, trabajo individual) como estructurales (exigencias de volúmenes y calidad, condiciones de pago), que terminan por convertirse en barreras de acceso (Parrado & Molina, 2014).

Frente a esta situación, en 2004 surge el proceso de Mercados Campesinos, el cual busca la visibilización de la economía campesina, particularmente en la denominada Región Central de Colombia (Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Meta).

Mercados Campesinos está constituido por organizaciones campesinas comunales de primer y segundo nivel, apoyadas por diversas Organizaciones No Gubernamentales como OXFAM (The Oxford Committee for Famine Relief), ILSA (Instituto Latinoamericano para una Sociedad y un Derecho Alternativos), el acompañamiento de la Unión Europea y la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico de Bogotá, y la participación de connotados colaboradores y estudiosos del agro en Colombia (Ordóñez *et al.*, 2011; Parrado *et al.*, 2012).

El proceso se ha cimentado sobre dos pilares fundamentales: la incidencia directa del campesinado en el diseño y ejecución de políticas públicas, y la capacidad de lograr una participación económica más justa de los campesinos y campesinas en el mercado, al poder comercializar directamente sus productos. Esto se ha concretado a través de mercados presenciales en parques de Bogotá, donde los campesinos venden directamente sus productos a los consumidores urbanos, así como a plazas de mercado y tiendas fruver (Mondragón & Montoya, 2010; Parrado *et al.*, 2012).

Otra de las características del proceso de Mercados Campesinos tiene que ver con el hecho de que buena parte de los agricultores partícipes practican diferentes tipos de agriculturas alternativas, como una forma de producción diferente de la agricultura convencional, que contribuya a mitigar el Cambio Climático, proporcionar alimentos más sanos y libres de agrotóxicos, fortalecer la seguridad alimentaria de las familias campesinas y garantizar la conservación de recursos naturales como el agua y el suelo.

La reconversión hacia sistemas agroecológicos en algunas regiones viene siendo promovida por organizaciones campesinas locales hace más de 20 años. Tal es el caso de la Fundación San Isidro de Duitama, quienes han impulsado y acompañado la puesta en

práctica de este tipo de agricultura entre los pobladores de las zonas rurales de Boyacá, así como la ADUC (Asociación de Usuarios Campesinos) – Cundinamarca, que ha venido implementando procesos de desarrollo rural y formación en agroecología (Ordóñez *et al.*, 2011).

En la última década, bajo la influencia directa o indirecta de Mercados Campesinos, han ido surgiendo también diversas iniciativas de comercialización de productos campesinos en municipios de la región central en la forma de mercados campesinos locales, así como asociaciones de agricultores ecológicos y orgánicos, como es el caso de Agregua (Asociación de Granjeros Ecológicos de Guasca), que aportan a la diversificación de la producción bajo prácticas alternativas de agricultura.

2. Materiales y métodos

Las ciencias ambientales, cuyo surgimiento en términos epistemológicos es sumamente reciente, se encuentran aún en la búsqueda y construcción de unos métodos de estudio y análisis propios. Si se las contrasta por ejemplo con la economía, las ciencias duras, o las humanidades, se puede afirmar que los investigadores de “lo ambiental” carecen aún de un *corpus* metodológico propiamente dicho.

En tal sentido, al hallarse inscritas en el paradigma de la complejidad, las ciencias ambientales encuentran pertinentes y útiles, pero al mismo tiempo insuficientes, muchas de las metodologías nacidas en el seno del ámbito disciplinar.

Como bien anota Carrizosa (2005), frente a la complejidad de los temas ambientales, no es posible emplear el método científico-positivista sin que se pierda la integralidad, por lo cual es preciso apelar a instrumentos y conceptos muy variados, provenientes de diversas disciplinas, con el fin de resolver problemas inherentes a la sostenibilidad como son la coexistencia de escalas diferentes en la relación entre lo global y lo local, y las discontinuidades que presenta el comportamiento humano y social en el tiempo y el espacio, representables en funciones no lineales y de grados extremos de variabilidad.

La metodología aplicada en este trabajo, en proceso de ser estructurada y depurada, constituye pues una aproximación a la resiliencia que busca ante todo reflejar el gran número de factores y tensiones que se tejen dentro de los agroecosistemas, y entre los agroecosistemas y su entorno socio-ecológico.

A partir de un conjunto relativamente extenso de variables biofísicas y culturales (58 en total) agrupadas en 11 componentes -ajustados a las particularidades de los sistemas de agricultura campesina- se combina información cuantitativa y cualitativa para caracterizar las dimensiones biofísicas y culturales de los agroecosistemas.

De manera paralela y con grandes similitudes, en los últimos años la FAO (2014b) ha venido aplicando una metodología piloto, con el objetivo de construir un índice de resiliencia de los hogares, basándose en trabajos previos sobre estrategias de medios de vida y resiliencia de los hogares frente a la inseguridad alimentaria (Alinovi *et al.*, 2010; Alinovi & Romano, 2008).

Éste índice mide la Resiliencia en función de dos grandes categorías (física y capacidades) y 10 dimensiones: Ingreso y acceso a alimentos; Acceso a servicios básicos; Activos agrícolas; Activos no agrícolas; Prácticas agrícolas y tecnología; Redes sociales seguras; Ambiente Natural; Cambio Climático; Entorno institucional; Sensibilidad; Capacidad de adaptación.

Por su parte, Benegas *et al.* (2009) diseñaron una metodología para evaluar la adaptación de los agricultores a la sequía y la variabilidad climática en Centro América, a nivel nacional, regional y de microcuenca, alrededor de 5 aspectos: políticas y procesos de planificación; institucionalidad; estrategias y tecnologías agrosilvopecuarias utilizadas en las unidades de producción (finca); alternativas socioeconómicas no agrícolas y agrícolas; y estrategias de comunicación y sensibilización sobre el uso del agua en las cuencas.

No obstante, éste y otros esfuerzos investigativos sobre resiliencia, medios de vida y seguridad alimentaria (ver también Browne *et al.*, 2014), difieren de manera importante del presente trabajo en términos de escala, puesto que se han desarrollado principal o exclusivamente a nivel regional y nacional, basándose en datos generados por las Encuestas Nacionales de Demografía, Salud, etc. con el fin de definir zonas o regiones prioritarias para las intervenciones en política pública y ayuda humanitaria, mientras que esta investigación se enfoca en la evaluación de la resiliencia a nivel de los agroecosistemas y hogares (finca).

2.1. Caracterización de los agroecosistemas y las zonas de estudio

En los capítulos subsiguientes se analizarán, desde un enfoque ambiental que interrelacione los diversos elementos que inciden en la resiliencia, las estrategias puestas en práctica por agricultores en dos localidades de los Andes colombianos (Boyacá y Cundinamarca) para hacer frente y prepararse para los impactos de un clima cambiante, con miras a ampliar la comprensión y sistematización del conocimiento sobre la resiliencia en contextos rurales de producción campesina.

Para lo anterior, se describirá el contexto ambiental, así como de las características físicas, ecológicas y socioeconómicas de los agroecosistemas estudiados, a partir de lo cual se contrastarán las diferencias en los niveles de resiliencia encontrados, con base en un conjunto de variables que permitan hacer una aproximación integral al problema planteado.

Para este trabajo se seleccionaron 12 fincas de estudio, en tres municipios del altiplano Cundiboyacense (Paipa, Duitama y Guasca) las cuales funcionan bajo los principios de la producción agroecológica o se hallan en proceso de transición hacia ella; la totalidad de los

productores participantes del estudio se hallaba vinculada al Programa Mercados Campesinos.

La información de campo se levantó a través de 3 visitas a cada uno de los predios, a lo largo de un período de seis meses (noviembre - abril). El componente socioeconómico abarcó entrevistas semiestructuradas, observación participante y cartografía social en las fincas, a partir de lo cual se evaluaron aspectos de las condiciones socioeconómicas de las familias y se caracterizaron las prácticas agrícolas y culturales implementadas en los agroecosistemas, y se hizo un conteo del número de especies vegetales cultivadas en cada finca. El componente biofísico de campo consistió en la descripción física de las fincas, que incluyó la representación geográfica de los predios para la elaboración de los respectivos mapas y el chequeo del contenido pedológico de las fincas, a partir de la información secundaria del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC & UPTC, 2005; IGAC, 1970, 2000).

La información sobre geología, geomorfología, vegetación y clima se obtuvo a partir de la revisión de fuentes secundarias. En el caso puntual del componente edáfico, se hizo una caracterización general de los suelos de cada agroecosistema, que se complementó con análisis de laboratorio. Dicha caracterización se hizo tomando como base el Estudio General de suelos y Zonificación de tierras del IGAC (2000, 2005) de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, así como el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta del río Chicamocha elaborado por Corpoboyacá, el Instituto de Estudios Ambientales y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Corpoboyacá, UN & UPTC, 2006).

Esto se complementó mediante observaciones del perfil del suelo con barreno (1,25 m de profundidad), determinación del grosor y profundidad de los horizontes, color con la tabla Munsell, consistencia en distintos grados de humedad, pruebas de reacción al Fluoruro de Sodio (NaF) para determinar posible contenido de cenizas volcánicas, y estimación organoléptica de la textura. Adicionalmente, se tomó una muestra de suelo representativa en cada huerta para el posterior análisis de sus propiedades fisicoquímicas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia.

2.2. Metodología para el análisis de la resiliencia de los agroecosistemas

La evaluación de la resiliencia de los agroecosistemas se hizo con base en una modificación de la metodología propuesta por varios autores (Altieri *et al.*, 2012; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013), en un esfuerzo por abarcar la complejidad de las relaciones existentes en dichos sistemas, a través de la calificación de 58 variables biofísicas y culturales (Tabla 3) agrupadas en 11 componentes, a saber: Características físicas del predio; 2. Calidad del suelo; 3. Manejo del suelo; 4. Manejo del agua; 5. Manejo de cultivos; 6. Estructura

Agroecológica Principal (EAP); 7. Aspectos sociales; 8. Aspectos económicos; 9. Aspectos institucionales; 10. Aspectos políticos; 11. Aspectos tecnológicos.

Cada variable se calificó en una escala de 1 a 5, siendo 1 la condición de más baja resiliencia y 5 el nivel de cada variable que mayor resiliencia confiere a los agricultores y sus fincas. La valoración global se realizó sin ponderar las variables, haciendo la misma interpretación de valores de 1 a 5, como una aproximación al nivel de resiliencia global de cada agroecosistema.

Tabla 3: Variables biofísicas y culturales calificadas en cada finca en relación con la resiliencia a la variabilidad climática

| COMPONENTES | CALIFICACIÓN | | | | |
|--|---|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. CONDICIONES FÍSICAS | | | | | |
| 1 Pendiente | > 75% | 50 – 75% | 25 – 50% | 12-25% | < 12% |
| 2 Exposición a vientos | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| 3 Acceso a fuentes de agua superficiales | Nulo | Baja (acceso difícil a río o quebrada) | Media (acceso intermitente a río o quebrada) | Alta (fácil acceso a río o quebrada cercano al predio) | Muy alta (río o quebrada dentro del predio) |
| 4 Acceso a acuíferos | Nulo | Bajo (pozo o aljibe cercano al predio para abastecimiento esporádico) | Medio (pozo o aljibe dentro o cercano al predio con capacidad para abastecer menos del 30% de la demanda) | Alto (Pozo o aljibe dentro del predio con capacidad para abastecer entre el 70% y el 30%) | Muy alto (pozo dentro del predio con capacidad para abastecer más del 70% de las necesidades del predio) |
| 5 Susceptibilidad a deslizamientos | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| 6 Susceptibilidad a inundaciones | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| 7 Susceptibilidad a sequías | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| 8 Susceptibilidad a heladas | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |
| 2. CALIDAD DEL SUELO | | | | | |
| 9 Profundidad | Muy poco profundo (0 – 15 cm contacto lítico) | Poco profundo (15-50 cm) | Moderadamente profundo (50 – 100 cm) | Profundo (100 – 150 cm) | Muy profundo (mayor a 150 cm) |
| 10 Drenaje | No drenado | Débilmente drenado | Moderadamente bien drenado | Bien drenado | Muy bien drenado |

| | | | | | | |
|----|---|-----------------------|------------------|---|-------------------|---------------------------|
| 11 | Retención de la humedad (*) | Arenosa o arcillosa | Franco arenosos | Franco arcillo arenosa Franco limo arcilloso | Franco limoso | Franco arcilloso y franco |
| 12 | Contenido de Materia Orgánica (M.O.) (**) | Muy bajo (MO < 2,5 %) | Bajo (MO 2,5-5%) | Medio (MO 5-7,5%) | Alto (MO 7,5-10%) | Muy alto (MO > 10%) |
| 13 | Susceptibilidad a la erosión | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy baja |

3.MANEJO DEL SUELO

| | | | | | | |
|----|---|---|--|--|--|--|
| 14 | Uso de fertilización química | Muy alto (Más de 6 aplicaciones /ha /año) | Alto (6 aplicaciones ha / año) | Medio (Entre 5 y 3 aplicaciones ha / año) | Bajo (Entre 3 y 1 aplicaciones ha / año) | Nulo (0 aplicaciones en el último año) |
| 15 | Uso de herbicidas | Muy alto (Más de 20 aplicaciones ha /año) | Alto (Entre 20 y 10 aplicaciones al año x Ha.) | Medio (Entre 10 y 3 aplicaciones al año x Ha.) | Bajo (Entre 1 y 3 aplicaciones al año x Ha.) | Nulo (0 aplicaciones en el último año x Ha.) |
| 16 | Abonado orgánico | Nulo - excesivo | Muy poco | Poco | Medio | Adecuado |
| 17 | Prácticas de conservación de suelos (coberturas, abonos verdes, plantas fijadoras de N) | Nulo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |

4. MANEJO DEL AGUA

| | | | | | | |
|----|---|----------|--|--|--|---|
| 18 | Acceso a acueducto | Nulo | Bajo (servicio esporádico mediante carrotanque o acarreo) | Medio (servicio con restricciones durante las temporadas secas) | Alto (servicio permanente con restricciones esporádicas) | Muy alto (servicio permanente) |
| 19 | Dependencia del riego | Muy alta | Alta | Media | Baja | Muy Baja |
| 20 | Infraestructura de riego | Ninguna | Baja (manguera o algún sistema de riego en menos del 25% del área cultivada) | Media (manguera o algún sistema de riego en un 25% a 50% del área cultivada) | Alta (manguera o algún sistema de riego en un 50 a 75% del área cultivada) | Muy alta (capacidad de riego en más del 75% del área cultivada) |
| 21 | Almacenamiento en reservorios al aire libre | Ninguno | Bajo (capacidad total < 25 m³ y agua sólo en épocas de lluvia) | Medio (capacidad total 25 - 50 m³ con agua sólo en épocas de lluvia) | Alto (capacidad total 0 - 50 m³ con agua todo el año) | Muy alto (capacidad total > 50 m³ con agua todo el año) |

| | | | | | | |
|----|--|-------------|---|--|--|--|
| 22 | Almacenamiento en tanques y/o canecas | Nula | Bajo (Almacenamiento inferior a 1000 L) | Medio (Almacenamiento o 1.000 – 5.000 L) | Alto (Almacenamiento o 5.000 – 20.000 L) | Muy alto (Almacenamiento o > 20.000 L) |
| 23 | Capacidad cosecha de agua lluvia | Nula | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 24 | Prácticas uso eficiente del agua (riego de precisión, goteo, reutilización aguas grises) | Nula | Baja | Media | Alta | Muy alta |

5. MANEJO DE CULTIVOS

| | | | | | | |
|----|---|---|---|--|--|---|
| 25 | Diversidad de cultivos | Muy baja (1 cultivo por ha.) | Baja (2 a 3 cultivos por ha.) | Media (entre 3 y 5 cultivos por ha.) | Alta (5 - 10 cultivos por ha.) | Muy alta (>10 cultivos por ha.) |
| 26 | Incidencia de plagas y enfermedades | Muy baja (afectación aislada de algunas plantas que generan pérdidas exiguas) | Baja (afectación de pocos individuos y pérdidas menores) | Media (afectación de individuos en varios cultivos simultáneamente y pérdidas recurrentes) | Alta (afectación considerable de individuos en uno o varios cultivos que generan pérdidas significativas) | Muy alta (afectación generalizada en uno o varios cultivos y pérdidas elevadas) |
| 27 | Dependencia de plántulas y semillas | Muy alta (100% externo) | Alta (Gran mayoría externo, intercambia unas pocas) | Media (Compra e intercambia semillas con frecuencia que representan menos del 20% del total) | Baja (intercambia y/o produce entre el 20 y el 50% de semillas y plántulas que siembra) | Muy baja (intercambia y/o produce más del 50% de las semillas y plántulas que siembra) |
| 28 | Uso de plaguicidas | Muy alto (> 20 aplicaciones /ha / año) | Alto (20 - 10 aplicaciones/ha/año) | Medio (9 - 3 aplicaciones/ha/año) | Bajo (2 - 1 aplicaciones/ha/año) | Nulo (0 aplicaciones en el último año) |
| 29 | Conocimientos sobre diversidad funcional | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |

6. ESTRUCTURA AGROECOLÓGICA PRINCIPAL (EAP)

| | | | | | | |
|----|---|--|--|--|---|--|
| 30 | Barreras vivas y conectores internos en la finca | Nulo | Bajo (algunos árboles y setos en menos del 20%) | Medio (árboles y setos en 20-50%) | Alto (árboles y setos en el 50%-80%) | Muy alto (árboles y setos en más del 80%) |
| 31 | Vegetación natural circundante a la finca (%) | Nulo | Bajo (<20%) | Medio (20-50%) | Alto (50%-80%) | Muy alto (>80%) |
| 32 | Calidad ambiental predios | Muy baja (predios adyacentes con | Baja (predios adyacentes urbanizados, | Media (monocultivos, potreros, etc.) | Alta (áreas naturales, setos, | Muy alta (vegetación |

| | | | | | |
|------------------------------|---|---|--|--------------------------|--------------------------|
| adyacentes a la finca | actividades contaminantes como minería, industrial, etc.) | fuertemente erosionados, con uso intensivo de agroquímicos) | | cultivos diversificados) | natural bien conservada) |
|------------------------------|---|---|--|--------------------------|--------------------------|

7. ASPECTOS SOCIALES

| | | | | | | |
|----|---|--|---|---|--|---|
| 33 | Composición familiar | Muy baja (madre cabeza de hogar con 2 o más niño / individuo o pareja de ancianos / hogar < 4 miembros, uno con discapacidad completa o grave) | Baja (adulto solo; pareja adultos > 55 años / madre cabeza de hogar con 1 o 2 niños / hogar < 4 miembros, uno con discapacidad moderada) | Media (Pareja con 1 o 2 niños; hogar < 4 miembros uno con discapacidad ligera) | Alta (pareja con mayoría de hijos adolescentes o adultos) | Muy alta (hogar > 5 miembros compuesta por adultos entre 25 y 50 años) |
| 34 | Edad hogar | Predominan ancianos y/o niños | Predominan ancianos y adultos | Predominan adultos > 45 años | Predominan adultos y niños/adolescentes | Predominan adultos |
| 35 | Nivel más alto de educación miembros permanentes del hogar | Analfabetos | Primaria | Bachiller | Técnico | Profesional |
| 36 | Seguridad en la zona | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 37 | Acceso a vías (a menos de 500 m del predio) | Muy baja (ninguna) | Baja (trocha) | Media (vía terciaria) | Alta (vía secundaria) | Muy alta (vía primaria) |
| 38 | Tiempo de permanencia en el predio | Muy bajo (< 1 año) | Bajo (1 a 3 años) | Medio (3 a 5 años) | Alto (5 a 10 años) | Muy alto (>10 años) |
| 39 | Conocimientos variabilidad climática y prevención/mitigación | Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |

8. ASPECTOS ECONÓMICOS

| | | | | | | |
|----|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|---|
| 40 | Área del predio | Muy baja (< ½ UAF) | Baja (entre ½ y 1 UAF) | Medio (1 a 2 UAF) | Alta (2 a 3 UAF) | Muy alta (>3 UAF) |
| 41 | Tenencia de la tierra | Muy bajo (invasión o colono) | Bajo (Aparcero, viviente) | Medio (Arrendatario, propietario sin título) | Alto (Propietario individual/comunal) | Muy alto (Propietario individual/comunal bajo sistema de producción comunitario) |

| | | | | | | |
|----|---|------------------|-----------------------|---|--------------------------|-----------------------------|
| 42 | Fuentes de ingreso adicionales | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 43 | Mano de obra contratada | Ninguno | 1 esporádico | 1 permanente / 2 o 3 esporádicos | 2 a 5 permanentes | Más de 5 permanentes |
| 44 | Nivel de ahorro | Ninguno | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
| 45 | Acceso a crédito | Ninguno | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
| 46 | Autoconsumo (% de la canasta de alimentos que cubre con producción propia) | Nulo (0%) | Bajo (<10%) | Medio (10 - 20%) | Alto (20 - 30%) | Muy alto (> 30%) |
| 47 | Asociatividad productiva | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |

9. ASPECTOS INSTITUCIONALES

| | | | | | | |
|----|--|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| 48 | Presencia del Estado | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 49 | Presencia ONG | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 50 | Presencia Universidades | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 51 | Acceso a capacitaciones, extensión y/o asistencia técnica | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |

10. ASPECTOS POLÍTICOS

| | | | | | | |
|----|--|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| 52 | Pertenencia organización comunal, social o política | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 53 | Capacidad de liderazgo | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 54 | Conocimiento derechos y deberes | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |

11. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

| | | | | | | |
|----|--|----------------|--|--|---|-------------------------|
| 55 | Instalaciones (invernaderos, área poscosecha, refrigeración, etc.) | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 56 | Acceso a servicios (acueducto, energía eléctrica, gas domiciliario, alcantarillado, | Ninguno | Bajo (energía eléctrica, telefonía móvil) | Medio (energía eléctrica, telefonía móvil, acueducto) | Alto (energía eléctrica, telefonía móvil, gas domiciliario, acueducto) | Muy alto (todos) |

| | | | | | | |
|----|---|----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| | telefonía, internet). | | | | | |
| 57 | Acceso a maquinaria o equipos para labores agrícolas | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| 58 | Conectividad / acceso a medios de comunicación | Ninguna | Baja | Media | Alta | Muy alta |

* Se usó la textura de los suelos como aproximación a la capacidad de retención de la humedad (ver sección 3.4.2).

** Niveles críticos de MO definidos con base en la clasificación del IGAC (2014) para el análisis del % C.O. en suelos de clima frío (ver sección 3.4.2).

Por último, con el objetivo de analizar el efecto que tienen los fenómenos de variabilidad climática sobre los agroecosistemas, la producción y los ingresos, se evaluó con los agricultores su percepción frente a la ocurrencia de dichos fenómenos y su impacto, así como si habían o no implementado cambios en sus agroecosistemas con el fin de mitigarlos o prevenirlos.

Se indagó la percepción de los agricultores en relación con la ocurrencia y consecuencias de fenómenos de variabilidad climática durante los 12 meses inmediatamente anteriores. Adicionalmente, se pidió a cada agricultor que seleccionara los tres cultivos que considerara más importantes en su finca, cuáles de ellos habían sido afectados en los últimos 12 meses por eventos climáticos inesperados y cómo calificaba de 0-10 el daño sufrido por cada uno (siendo 0 ninguna afectación y 10 la pérdida total del cultivo en cuestión), con el fin de evaluar los impactos sobre la producción y el nivel de pérdidas.

3. Resultados y Discusión

En esta sección se hace una descripción de las dos zonas de estudio, junto con una caracterización detallada de los 12 agroecosistemas estudiados. Posteriormente, se analizará de qué manera los agricultores perciben los impactos de los eventos climáticos sobre sus actividades y qué tipo de prácticas y estrategias han implementado para mitigar y adaptarse a las presiones asociadas a eventos de variabilidad climática. Finalmente, se realiza una discusión alrededor de los niveles de resiliencia de los agroecosistemas de estudio con base en la evaluación de 11 componentes de orden ecosistémico y cultural.

3.1. Descripción de las zonas de estudio

A continuación, se presenta una descripción de las características del medio natural de las dos zonas de estudio (Paipa-Duitama y Guasca), que incluye una descripción general de las condiciones geográficas, climáticas, ecológicas, edafológicas y socioeconómicas, seguida de una caracterización del tipo de producción agroecológica que realizan los agricultores participantes de la investigación en términos del avance en el proceso de conversión a la agricultura ecológica.

3.1.1. Paipa / Duitama – Boyacá

La primera zona de estudio (Figura 1) está localizada en la provincia Tundama del Departamento de Boyacá, en la cuenca alta del río Chicamocha, entre los 2.300 y los 2.600 msnm aproximadamente, a unos 180 km al norte de la ciudad de Bogotá D.C.

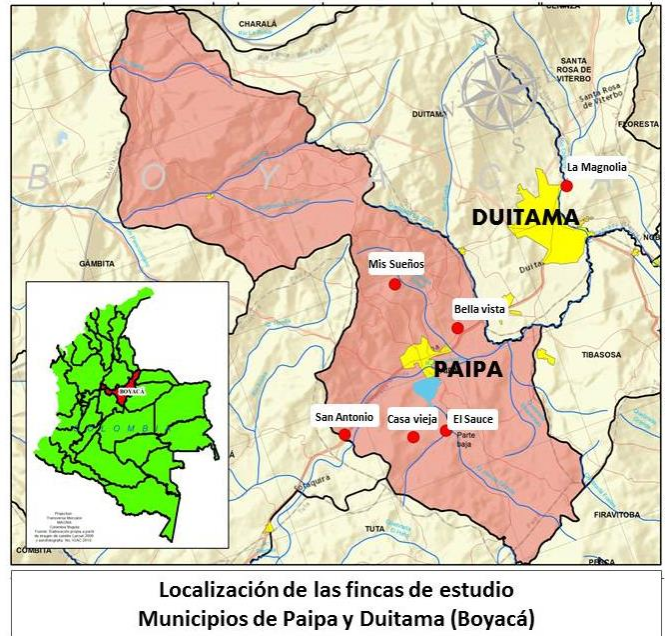


Figura 1: Localización de las fincas de estudio - Localidad Paipa-Duitama, Boyacá (Fuente: elaboración propia).

El trabajo realizado en esta zona comprende un total de seis fincas ecológicas, ubicadas en las veredas Bonza, Los Medios, El Salitre y Volcán del área rural del municipio de Paipa (Figura 2 a Figura 6), y una en la zona de transición urbano-rural de la vereda San Luis, municipio de Duitama (Figura 7), entre los 2.400 y los 2.900 msnm.

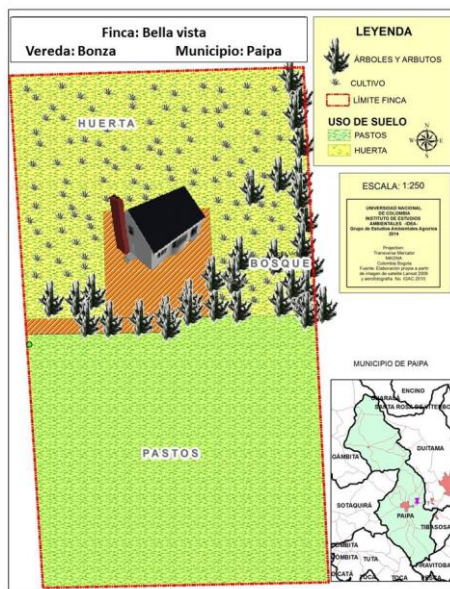


Figura 2: Mapa finca Bella vista (Paipa)

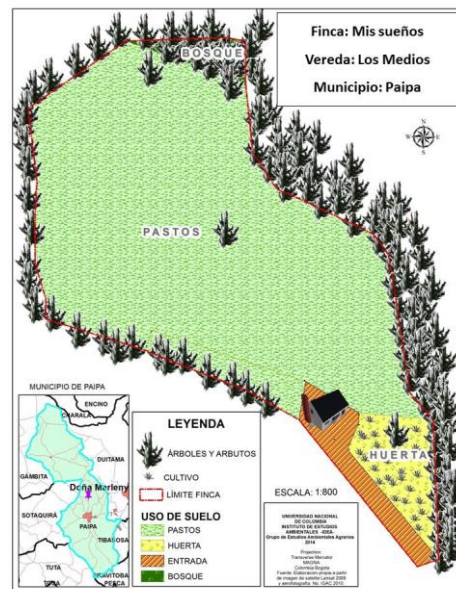


Figura 3: Mapa finca Mis Sueños (Paipa)

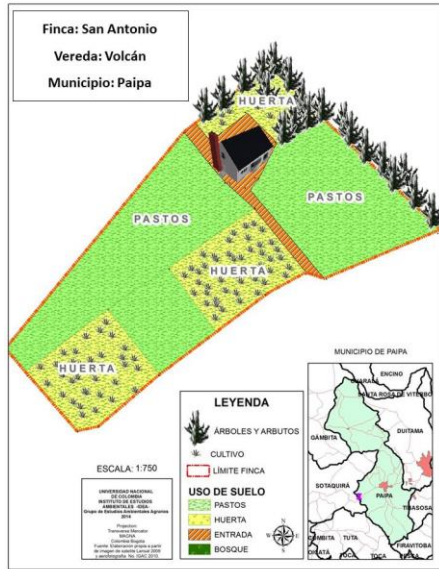


Figura 4: Mapa finca San Antonio (Paipa)

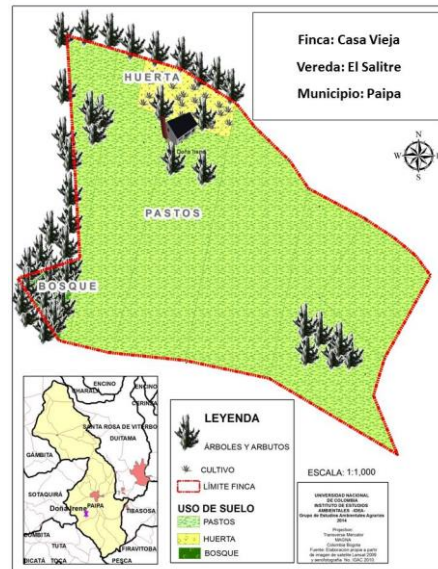


Figura 5: Mapa finca Casa Vieja (Paipa)

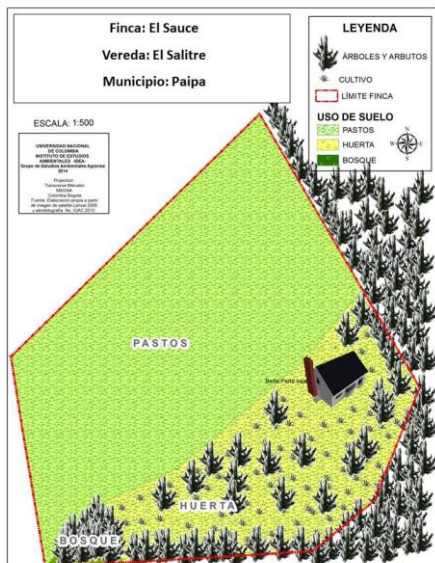


Figura 6: Mapa finca El Sauce (Paipa)



Figura 7: Mapa finca La Magnolia (Duitama)

Clima

El régimen normal de precipitación en toda la cuenca alta del río Chicamocha, se caracteriza por tener una distribución de tipo bimodal, con dos periodos húmedos en marzo - mayo y septiembre – noviembre; así mismo presenta dos periodos secos de junio a agosto y diciembre a marzo (Ballesteros, 2006).

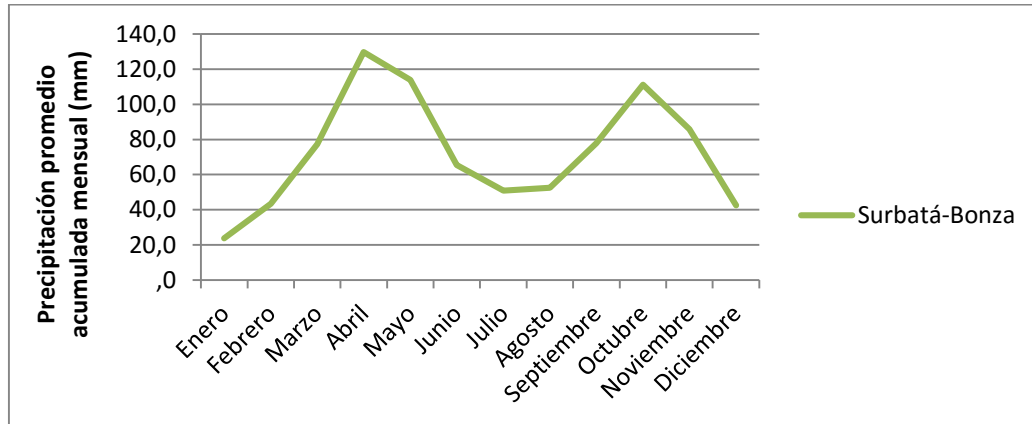


Figura 8: Precipitaciones mensuales acumuladas promedio en la localidad Paipa-Duitama (Fuente: Tobón, 2013).

Como se aprecia en la Figura 8, el comportamiento climático es claramente bimodal, presentándose los picos en las precipitaciones en los meses de abril y octubre, mientras que los niveles más bajos de precipitación ocurren en los períodos dic-ene y julio-ago. La Tabla 4 muestra que ambas temporadas lluviosas presentan cantidades muy similares de precipitación, siendo ligeramente más intensa la segunda del año, mientras que respecto a las temporadas secas la primera (dic-feb) es más intensa que la segunda (julio-septiembre), con variaciones por sectores. La precipitación anual acumulada promedio para la zona está alrededor de los 874 mm (Tobón, 2014).

Tabla 4: Precipitaciones acumuladas promedio para las dos temporadas lluviosas y secas del año en la localidad de Paipa-Duitama (Fuente: Tobón, 2013).

| Temporada | Surbatá-Bonza | % |
|--------------|---------------|------|
| Seca I | 109.9 | 12.6 |
| Lluvias I | 320.9 | 36.7 |
| Seca II | 168.9 | 19.3 |
| Lluvias II | 274.6 | 31.4 |
| TOTAL | 874.3 | |

Los valores de temperaturas medias mensuales más altas se registran entre los meses de diciembre y febrero (17,8 °C); en estos mismos meses se registran las temperaturas mínimas mensuales más bajas (5,8 °C). Es de notar que la primera segunda temporada seca (dic-feb) coincide con los valores más altos de temperaturas máximas, así como con los

menores valores de temperaturas mínimas, asociado a los cielos despejados con fuerte incidencia de radiación solar y descenso marcado de las temperaturas en la madrugada, que es cuando se presentan las heladas.

Geología

La Cuenca del río Chicamocha se caracteriza por la presencia de rocas cuyos sedimentos se depositaron en diferentes tipos de ambientes desde marino a continental, de edad cuaternaria, presentes en abanicos aluviales, taludes y aluviones especialmente entre Paipa – Duitama, Duitama – Tibasosa - Sogamoso y Sogamoso – Firavitoba (Moreno & Fechi, 2006).

Las unidades geológicas presentes en la cuenca alta del Río Chicamocha están compuestas por un registro litológico conformado por rocas sedimentarias con menores exposiciones de afloramientos de rocas ígneas volcánicas en los alrededores de Paipa e Iza. Una amplia sucesión de secuencias sedimentarias del Cretácico Inferior, diferenciables en dos subregiones (Duitama y alrededores de Tunja); el Cretácico Superior se presenta en capas sedimentarias bien diferenciables entre sí; y al tope de la sucesión afloran rocas sedimentarias Terciarias en dos subregiones (Duitama-Pesca y alrededores de Tunja). Por último, se encuentran las rocas ígneas volcánicas de Iza edad Terciario - Cuaternario y un amplio registro del Cuaternario compuesto por depósitos glaciales, aluviales y de talud principalmente (Moreno & Fechi, 2006).

Geomorfología

En el territorio de los municipios de Paipa y Duitama existen importantes depósitos fluviales, cuya fuente son areniscas de grano fino y arcillolitas limosas, además de cenizas volcánicas. La topografía es muy plana, a ligeramente inclinada, recortada superficialmente por pequeñas corrientes intermitentes que han configurado un patrón de drenaje distributivo (Moreno & Fechi, 2006).

Los mismos autores indican que la ciudad de Duitama se ubica sobre grandes depósitos de abanicos aluviales del sistema fluvial de los ríos Surba, así como al Chiticuy, en zonas de grandes cambios de pendiente. También se encuentran Lomeríos Disectados, que corresponden a lomas o colinas convexas generalmente redondeadas y de relieves tabulares niveladas en sus cumbres, que no sobrepasan la cota de 2650 m.s.n.m. (Moreno & Fechi, 2006).

En Duitama se presentan diferentes fenómenos de deslizamiento, bien sea por infiltración de agua, de tipo rotacional o traslacional, derrumbes, caídas, volcamiento y reptación; asimismo se dan flujos de lodo y derrumbes por explotación. En Paipa se presentan

deslizamientos traslacionales, caída de rocas, reptación y flujos de material (Moreno & Fechi, 2006).

Vegetación

En la zona Duitama-Paipa se encuentran dos eco-regiones: 1) Bosque alto andino (frío moderadamente húmedo), y 2) Bosque Andino (frío moderadamente seco).

El bosque alto andino se desarrolla por encima de los 2.700 msnm y llega hasta los 3.200 msnm en condiciones favorables. Son bosques bajos, muy densos, con gran abundancia de epífitas que ayudan a condensar la humedad. Presentan gran acumulación de materia orgánica en el suelo y se encuentran muy presionados por el uso agropecuario (Valenzuela & Pérez, 2006).

El bosque andino, por su parte, se encuentra entre 2.000 y 2.700 msnm. Es una formación vegetal de porte bajo, denso, siempreverde, con poca evidencia de estacionalidad, exceptuando los más secos. Acumulan nutrientes en el suelo pues su tasa de producción es superior a la de consumo y descomposición, afectada esta última por las relativamente bajas temperaturas. Tiene una elevada diversidad y complejidad, y ha sido muy alterado por usos humanos, en especial por la ganadería (Valenzuela & Pérez, 2006). Dentro de este tipo de bosque, en las altiplanicies andinas o cañones un poco abrigados y resguardados dentro de las cordilleras, aparece el bosque seco andino, presente en el valle de Duitama (Ojeda *et al.*, 1998).

Las formaciones de bosque andino y altoandino en el sector de la cuenca alta del río Chicamocha presentan una baja representatividad debido al cambio de uso de los suelos y a los procesos de transformación de la región del valle del Tundama y los cerros circundantes. Sin embargo, persisten relictos de vegetación dominada por especies como: Arrayán (*Myrciantes leucoxylla*), Tibar (*Escallonia myrtilloides*), Encenillos (*Weinmania tomentosa*), Tunos (*Miconia squamulosa*), Pegamosco (*Befaria resinosa*), Raque (*Vallea stipulris*), Uvo de monte (*Macleania rupestris*), Siete cueros (*Tibouchina grossa*) y varias especies del género Piper. Los estratos inferiores con coberturas rasantes están representados por especies como Valeriana (*Valeriana sp.*), Chilco (*Baccharis sp.*), Angelito (*Monochetum myrtioidum*), Chite (*Hypericum sp.*), Helechos (*Elaphoglossum sp.*) y asociaciones de Chusque (*Chusquea scandens*) con otras especies. Las áreas mejor conservadas corresponden a sectores montañosos con pendiente fuerte.

De acuerdo con el IAvH (2014), en la zona de Paipa los bosques altoandinos son en su mayoría secundarios, alcanzan en los sitios de mejor desarrollo 15 m de altura, presentan abundantes epífitas sobre troncos y ramas, y en algunos casos pueden estar dominados por encenillos (*Weinmannia tomentosa*), susques (*Ocotea calophylla*) o robles (*Quercus humboldtii*). En el año 2004, los ecosistemas terrestres en la zona se encontraban en estado de fragmentación alto a avanzado, en especial los bosques montanos, donde cerca del 90%

de los bloques de hábitat relictuales tienen una extensión inferior a 100 Has (Corpoboyacá *et al.*, 2006).

Suelos

Las fincas estudiadas se ubican principalmente sobre lomeríos disectados, en relieves de pendientes que varían desde ligera hasta muy inclinada y fuertemente escarpadas, con materiales parentales de areniscas-arcillolitas. Estos materiales han sufrido procesos de transformación bajo el influjo de un clima frío y seco, que ha permitido la acumulación de materiales y la lenta diferenciación de horizontes. En algunos sectores de pendiente pronunciada, se han generado suelos de poca evolución (entisoles), mientras que en los demás sitios predominan suelos de tipo inceptisol, con inclusiones de suelos alfisoles y molisoles (León-Sicard & Barranco, 2006).

Los suelos en las áreas de estudio de Paipa-Duitama están formados por elementos del orden Inceptisol (posiblemente Haplustept o Durustept); Alfisoles en sectores de lomeríos disectados, presumiblemente Haplustalf o Durustalf, cuya consistencia es dura a extremadamente dura en seco; suelos pertenecientes a la asociación misceláneo erosionada, con alta presencia de material ferralítico, cascajo y gravilla, donde en ocasiones aflora el material parental y en las inclusiones existen suelos muy superficiales, excesivamente drenados; y en la zona alta del municipio (vereda Los Medios) en un paisaje montañoso de presencia de pendientes inclinadas (5 -10%) a fuertemente inclinadas (10-15%), se encuentran suelos que varían de profundos a superficiales, bien drenados y texturas finas a ligeramente finas, entre ellos suelos poco evolucionados de tipo Entisol.

3.1.2. Guasca - Cundinamarca

La segunda zona de estudio corresponde al municipio de Guasca, localizado sobre la Cordillera Oriental en la Provincia del Guavio, al oriente del Departamento de Cundinamarca, a unos 40 km al nororiente de la ciudad de Bogotá. El trabajo realizado comprendió un total de 6 fincas ecológicas (Figura 10 a Figura 15) ubicadas en diferentes sectores del área rural del municipio (veredas Santa Ana, San José, Santa Lucía y La Floresta), entre los 2.400 y los 2.900 msnm.

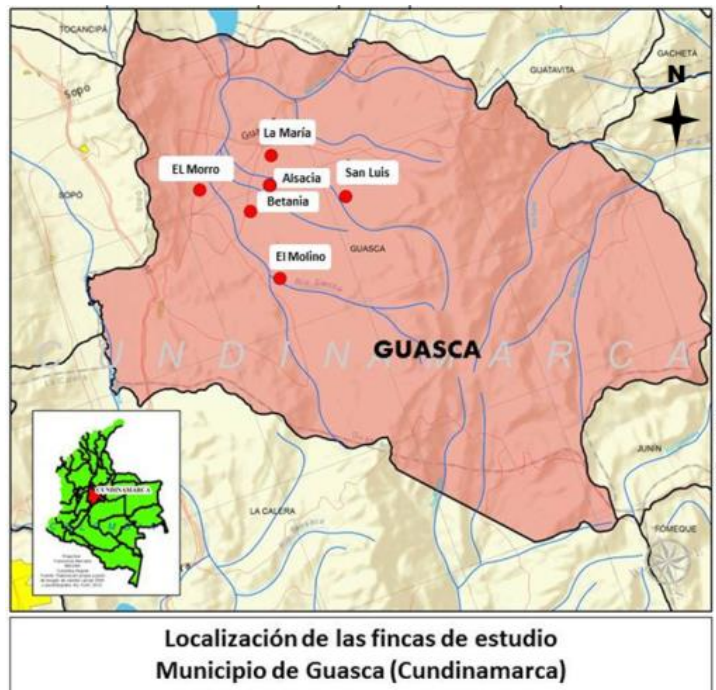


Figura 9: Localización de las fincas de estudio – Localidad Guasca, Boyacá (Fuente: elaboración propia)

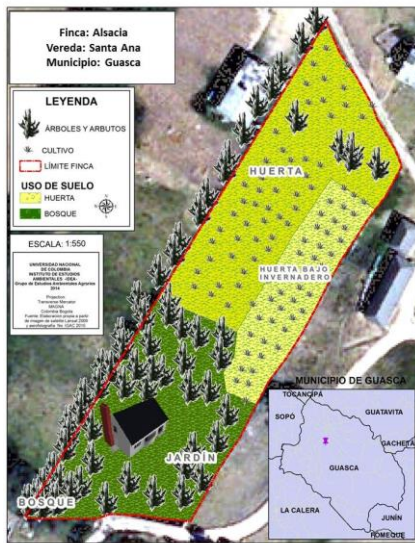


Figura 10: Mapa finca Alsacia (Guasca)



Figura 11: Mapa finca Betania (Guasca)



Figura 12: Mapa finca El Molino (Guasca)

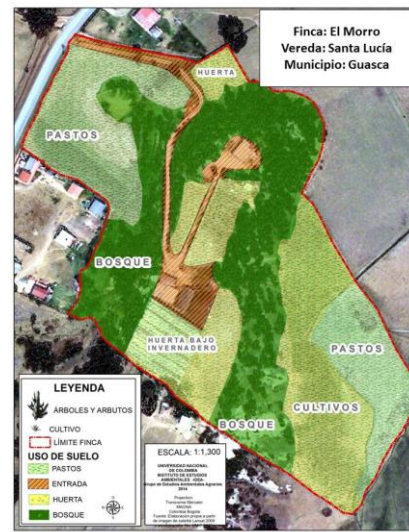


Figura 13: Mapa finca El Morro (Guasca)

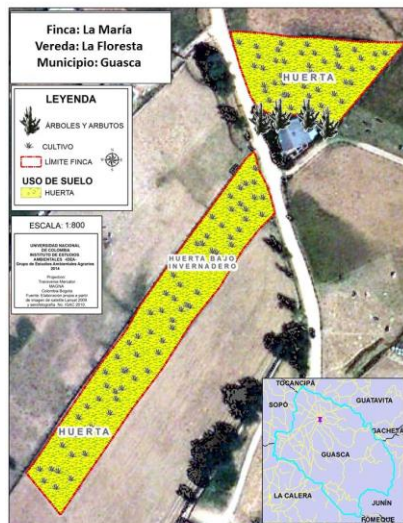


Figura 14: Mapa finca La María (Guasca)

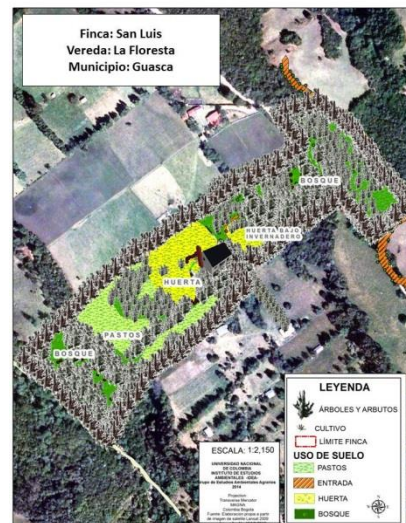


Figura 15: Mapa finca San Luis (Guasca)

Clima

En el municipio de Guasca se presenta un régimen bimodal, con dos períodos de lluvia (abril-junio y septiembre-noviembre) y dos períodos secos definidos (enero-marzo y julio-agosto). Las precipitaciones varían entre los 2.000 y 2.400 mm promedio anual en los períodos lluviosos y entre los 400 y 800 mm promedio anual en períodos secos. En algunos sectores de Guasca prevalecen las deficiencias hídricas, con valores que alcanzan entre los

400 y 500 mm/año en los meses de noviembre a marzo (Corpoguavio, 2012; Díaz Leal & Zamora Rosero, 2011).

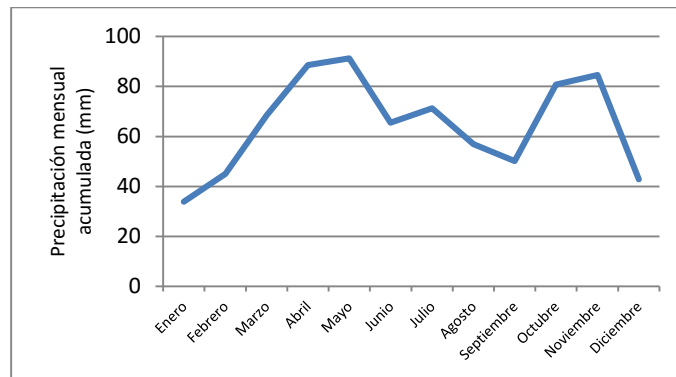


Figura 16: Precipitaciones mensuales acumuladas promedio en la localidad de Guasca (Fuente: elaboración propia a partir de Tobón, 2013).

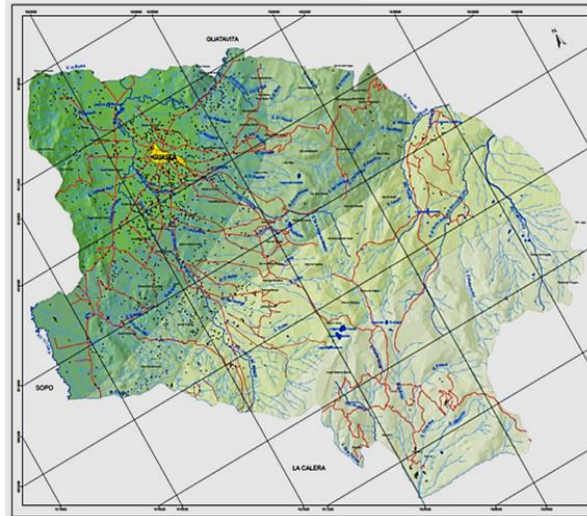
Las lluvias en la localidad de Guasca presentan un comportamiento bimodal más moderado que en el caso de la localidad Paipa-Duitama, siendo la primera temporada seca del año (ene-mar) significativamente más intensa que la segunda (jun-ago); respecto a las temporadas lluviosas (abril-jun y oct-dic) no se presentan diferencias muy marcadas en la precipitación acumulada mensual (Figura 16 y Tabla 5).

Tabla 5: Precipitaciones acumuladas promedio para las dos temporadas lluviosas y secas del año en la localidad de Guasca (Fuente: Tobón, 2013).

| Temporada | Guasca (mm) | % |
|--------------|---------------|-----|
| Seca I | 186,9 | 14% |
| Lluvias I | 425,7 | 33% |
| Seca II | 265,3 | 21% |
| Lluvias II | 414,2 | 32% |
| TOTAL | 1292,1 | |

Los niveles de precipitación promedio en el municipio se incrementan en dirección noroccidente – suroriente (Figura 17), variando desde los 400 mm anuales promedio en los sectores más secos, hasta los 2.400 mm en las zonas altas de páramo del municipio (Díaz Leal & Zamora Rosero, 2011).

La temperatura promedio anual es de 13 °C, presentando gran variabilidad, con oscilaciones diarias de entre 4 y 20°C durante el transcurso de 12 horas, especialmente en los meses de diciembre, enero y febrero. En los meses más lluviosos las diferencias entre temperatura mínima y máxima diaria descienden a oscilaciones de 10°C. Por otra parte, la humedad relativa registra diferencias moderadas entre los diversos sectores, siendo la media anual de un 82% (Corpoguavio, 2012; Díaz Leal & Zamora Rosero, 2011).



1 400 - 800 mm 2 800 - 1.200 mm 3 1.200 - 1.600 4 1.600 - 2.000 5 2.000 - 2.400

Figura 17: Mapa precipitación media anual (mm) municipio de Guasca, Cundinamarca (Fuente: Díaz-Leal & Zamora, 2011)

A lo largo del año, las temperaturas medias más altas se presentan durante los primeros meses del año, específicamente desde enero hasta marzo; ambos coinciden con el periodo de menores volúmenes de precipitación acumulados. En la temperatura mínima mensual no se observan periodos claramente definidos, si bien los valores medios más bajos se presentan entre diciembre y enero (IDEAM, 2015), coincidentemente con los períodos de heladas más frecuentes.

Geología

La mayor parte del municipio de Guasca presenta rocas sedimentarias cretácicas, terciarias y acumulaciones cuaternarias que han dado lugar a la actual configuración del relieve (Díaz & Zamora, 2011).

En la zona se encuentran las formaciones: Subachoque (Qsu), un complejo lacustre/fluvial de arcillas (arenosas), arcillas orgánicas y turbas alternado con arenas (arcillosas) o arenas (arcillosas) y gravas; Río Siecha (Qrs), que aflora hacia el sureste del valle de Guasca y está compuesta por gravas y cantos con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas, paleosuelos húmicos y localmente capas gruesas con abundantes clastos donde forma un vasto sistema de abanicos coalescentes y en el páramo de Sumapaz; y Mondoñedo (Qmo), compuesta por Limos y arenas, la cual se encuentra en la parte inferior de los valles cercanos a Guasca (IGAC, 1970).

Geomorfología

La región presenta características derivadas de la interacción de eventos tectónicos e hidrológicos originados en el levantamiento de la cordillera oriental, con gran influencia en la alta montaña, en donde se destacan alteritas de cenizas volcánicas provenientes de la Cordillera Central, con presencia importante de geoformas pre y pos-glaciales. En el sector de mayores pendientes, las principales geoformas se originaron a partir de abanicos aluviales y terrazas, con cauces trenzados en patrón dicotómico y valles angostos hasta amplios en forma de “V” con pendientes moderadas. En el sector plano, denominado llanura aluvial, predominan los procesos de deposición, con cauces meándricos trenzados y las geoformas están asociadas con valles amplios y topografía plana ondulada (Corpoguavio, 2012).

Vegetación

Por su ubicación y clima, en Guasca es posible encontrar dos grandes tipos de eco-regiones o ambientes ecosistémicos: páramo y bosque andino (Díaz Leal & Zamora Rosero, 2011).

Los páramos están presentes en la zona oriental del municipio. Se pueden diferenciar varias zonas dentro de este tipo de ecosistema: el subpáramo, el páramo medio y el superpáramo. El subpáramo se encuentra bien desarrollado en la cordillera Oriental, aproximadamente entre los 3.300 y 3.800 msnm y presenta una vegetación arbustiva de porte bajo y la presencia abundante del género *Arcytophyllum*. En el páramo medio se encuentran formaciones arbustivas, pero la vegetación es con frecuencia más abierta. De acuerdo con la precipitación se pueden tener páramo de gramíneas de macolla en áreas menos húmedas; páramo de bambúes del género *Chusquea* en zonas más húmedas, y páramo intermedio de macollas y bambúes, siempre acompañadas de especies de frailejones. En el superpáramo la vegetación se vuelve menos continua y las heladas nocturnas son frecuentes (van der Hammen & Otero, 2007).

Se encuentran también formaciones de bosque andino intervenido, áreas boscosas donde se ha realizado aprovechamiento selectivo de especies y sobre las cuales se han establecido pastizales y/o agricultura de subsistencia o se han realizado aprovechamientos parciales de algunas especies arbóreas, representadas en el sector oriental de Guasca (IGAC, 2000).

Suelos

En la parte alta del municipio de Guasca aparecen suelos en buen estado de conservación, propios del páramo, en los cuales predominan suelos oscuros ricos en materia orgánica, con texturas livianas en superficie y mayores contenidos de arcilla en profundidad (Romero, 1983, citado por Mesa, 2012).

Los suelos presentes en áreas de influencia de páramo se caracterizan por tener una marcada acidez, baja cantidad de bases de cambio, saturación de la acidez intercambiable mediana a alta y muy baja de las bases de cambio, escasos contenidos de fósforo disponible, porcentajes altos a muy altos de carbono orgánico, altos valores de CIC y muy bajos de CICE; morfológicamente, destacan por presentar epipedones gruesos y oscuros, agregación moderada, con predominio de estructuras en bloques finos y medianos, consistencia friable, poco pegajosa y poco plástica y retención de humedad mediana a alta (Malagón & Pulido, 2000).

En las partes bajas, sobre terrazas de la planicie fluvio lacustre o altiplano cundinamarqués, en sectores planos con pendientes hasta del 7%, clima ambiental frío seco, y abanicos dentro del sistema montañoso, se encuentran suelos muy aptos para agricultura y ganadería, de evolución baja a moderada y que se caracterizan por ser pobre a moderadamente bien drenados, profundos a superficiales y de texturas finas a moderadamente gruesas (IGAC, 2000).

3.2. El estado de la conversión agroecológica en las fincas de estudio

De acuerdo con lo planteado por (Gliessman, 1998) y Altieri & Nicholls (2007), el proceso de transición de la agricultura convencional, basada en el uso intensivo de insumos de síntesis química, a la agricultura ecológica, puede dividirse en tres grandes fases de duración variable:

1. Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, malezas y suelos.
2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos.
3. Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos.

Como se muestra en la Tabla 6, todas las fincas de estudio en los tres municipios han avanzado exitosamente en la reducción y sustitución de insumos de síntesis química como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas, y en los pocos casos en que se los emplea, su uso es localizado y muy esporádico. Estos han sido reemplazados por insumos orgánicos producidos total o parcialmente en las fincas, entre los que se cuentan el compost, bokashi,

humus de lombriz, caldos microbianos, así como varios tipos de bioles, purines y biopreparados¹¹.

Se realiza un aporte constante de Materia Orgánica (MO) al suelo, y se hace un aprovechamiento de una parte de los residuos orgánicos generados en las fincas, como son los restos del desyerbe y la cosecha, lo cual contribuye al reciclaje de la materia y un uso menos intensivo de insumos externos para la fertilización. No obstante, son pocos los casos en los que se emplean fuentes alternativas y renovables de energía como la producción de biogás, limitándose exclusivamente al uso del viento en dos de los predios estudiados.

El control de enfermedades y poblaciones de insectos se realiza mediante estrategias alelopáticas, prácticas como el policultivo, las barreras naturales o la preparación de repelentes de origen natural como el ajo-ají, lo cual puede estar relacionado con los niveles muy bajos de incidencia y afectación de insectos plaga y enfermedades en las 12 fincas evaluadas.

Las mayores diferencias se presentan en términos del avance en la fase final, que implica acercarse a un funcionamiento integral del agroecosistema como un todo. Al respecto, Altieri & Nicholls (2007) destacan que con el rediseño predial se intenta transformar la estructura y función del agroecosistema al promover diseños diversificados que optimicen los procesos claves.

Los autores resaltan que la promoción de la biodiversidad en el agroecosistema constituye la estrategia clave en este rediseño predial, ya que la investigación (Power, 1999) ha demostrado que:

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

¹¹ Algunos productores ecológicos utilizan extractos fermentados o purines de diferentes plantas con características medicinales y alelopáticas con fines de control o regulación de poblaciones de patógenos. Estos purines se preparan a partir de material vegetal, que se mezcla con un volumen definido de agua y luego se deja descomponer o fermentar durante un tiempo de varias semanas (León-Sicard *et al.*, 2013).

Aun cuando existen diferencias que se detallarán más adelante, en términos generales puede afirmarse que todas las fincas de estudio están diversificadas, incorporan árboles y cercas vivas en varios sectores de la finca, realizan manejo de coberturas del suelo y arvenses, y cosechan, almacenan y/o reutilizan agua, entre otras prácticas ecológicas.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, la totalidad de las 12 fincas seleccionadas se encuentra en un nivel de avance en el proceso de transición agroecológica medio a alto, es decir, han concluido en su gran mayoría las transformaciones propias de la etapa 2 (Tabla 6), y exhiben múltiples características de la etapa 3, sí bien en ningún caso se puede hablar de un funcionamiento integrado de las actividades agrícolas y pecuarias de la finca.

Tabla 6: Avance del proceso de conversión agroecológica en las fincas estudiadas

| Localidad Finca | | AGROECOSISTEMAS | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | Guasca | | | | Paipa | | | | Duitama | | | | |
| | | San Luis | El Molino | Alsacia | Betania | La María | El Morro | El Sauce | Casa vieja | Bella vista | San Antonio | Mis sueños | La Magnolia | |
| Etapas de la conversión agroecológica | 1. Eliminación progresiva de insumos agroquímicos | Minimización de fertilización química | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| | | Minimización del uso de pesticidas y herbicidas | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Aportes de MO al suelo | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | 2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos y mejoramiento de la eficiencia en el uso de insumos externos | Aplicación de biofertilizantes | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Manejo integrado de plagas | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X |
| | | Estrategias de reducción consumo energético | X | | | X | X | X | X | | | | | |
| | | Rotación de cultivos | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Incidencia moderada de plagas y enfermedades | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Prácticas eficientes uso del agua | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Aprovechamiento parcial de residuos orgánicos | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Establecimiento de árboles, setos y vegetación acompañante | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Nivel de avance en el proceso de conversión | 8 Alto | 7 Alto | 7 Alto | 8 Alto | 8 Alto | 8 Alto | 8 Alto | 8 Alto | 7 Alto | 7 Alto | 7 Alto | 6 Alto | 7 Alto |
| | 3. Rediseño integral y diversificación del agroecosistema | Cero aplicación de agroquímicos, producción in situ de biofertilizantes y aprovechamiento de la mayoría de residuos orgánicos. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Coberturas vivas y acolchados | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Policultivos, asociaciones vegetales, rotación y descanso | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Muy baja incidencia de plagas y enfermedades | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | | Corredores vegetales, bordes y barreras vivas bien desarrolladas | X | X | X | | | | X | X | | | X | |
| | | Manejo integral del agua (cosecha, reutilización y/o tratamiento) | X | | X | | | | X | X | | | | |
| | | Aprovechamiento de fuentes renovables de energía (eólica, biogas, etc.) | X | | | | | | X | | | | | |
| | | Planificación de secuencias e integración de cultivos y animales | | | | | | | | | | | | |
| | Nivel de avance en el proceso de conversión | 7 Alto | 5 Medio | 6 Alto | 4 Medio | 3 Medio | 7 Alto | 6 Alto | 4 Medio | 3 Medio | 3 Medio | 3 Medio | 3 Medio | 4 Medio |

3.3. Impactos de la variabilidad climática sobre los agroecosistemas y hogares

De acuerdo con los resultados condensados en la Tabla 7, el 90% de los agricultores reportan algún tipo de afectación asociada a eventos climáticos extremos o inesperados durante el último año, e igual proporción manifiesta haber tenido algún nivel de impacto negativo sobre su producción. De ellos, el 75% considera que esto afectó sus ventas, bien por disminución de la cantidad de la producción y/o por menor calidad del producto ofertado (menores precios de venta al consumidor o intermediario).

Tabla 7: Número de fincas por localidad (Boyacá/Guasca) que reportan diversos impactos por eventos de variabilidad climática en los 12 meses anteriores

| Eventos e impactos reportados | Guasca | Boyacá | Total | |
|-------------------------------|--------|--------|-------|-----|
| Tipo de afectación | | | | |
| Sequía | 2 | 5 | 7 | 58% |
| Heladas | 3 | 3 | 6 | 50% |
| Lluvias | 4 | 1 | 5 | 42% |
| Vientos | 1 | 2 | 3 | 25% |
| Granizo | 1 | 1 | 2 | 17% |
| Inundaciones | 1 | 0 | 1 | 8% |
| Tipo de afectación | | | | |
| Reducción | 5 | 6 | 11 | 92% |
| Pérdidas | 5 | 6 | 11 | 92% |
| Ventas | 5 | 4 | 9 | 75% |
| Daños finca | 3 | 1 | 4 | 33% |
| Vivienda | 0 | 1 | 1 | 8% |
| Salud | 0 | 0 | 0 | 0% |

Los fenómenos climáticos que mayor impacto tuvieron sobre los agroecosistemas variaron según la localidad. En Boyacá 5 de 6 agricultores reportaron haber sido afectados por escasez de lluvias, situación que contrasta con los agricultores de Guasca, donde solo 2 reportaron haber sido impactados negativamente por esta causa.

En ese sentido, la escasez de agua representa el impacto negativo de la variabilidad climática identificado que afecta con más frecuencia a los agricultores de ambas localidades, siendo especialmente significativo en la zona Paipa-Duitama (5 de 6), donde todas las agricultoras reportan haber sufrido pérdidas totales o parciales de sus cultivos, así como disminución de la calidad del producto y concomitantemente, un descenso en las ventas e ingresos. También fue común en todas las fincas la percepción de que en la región en los últimos 10 a 20 años se han intensificado las temporadas de sequía.

La sequía es una característica climática que hace referencia a un período de tiempo prolongado, teniendo en cuenta las características de una zona dada, durante el cual los niveles de precipitaciones son considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de

producción, grupos humanos y sistemas ecológicos (CNULD, 1994). Se habla de sequía agrícola cuando el agua con la que se cuenta, ya sea por precipitación o por almacenamiento en el suelo o en los diferentes cuerpos de agua, no es suficiente para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada; esto tiene lugar cuando hay periodos de baja precipitación, evapotranspiración actual y potencial altas, déficit de agua en el suelo, reducción del nivel de agua en los ríos y acuíferos, entre otros (IDEAM, 2006).

En segundo lugar de importancia, con un 50% de los agricultores en ambas localidades, se ubicó la afectación por heladas, lo cual constituye un nivel significativo teniendo en cuenta que la ocurrencia de heladas tiende a ser relativamente esporádica, principalmente durante la primera temporada seca del año, debido a que las heladas pueden causar daños generalizados a los cultivos sin importar la etapa de desarrollo en que se encuentren.

En términos meteorológicos, una helada es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0 °C a un nivel de 2 metros sobre el nivel del suelo. En términos agrícolas es la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño, fenómeno en el cual entran en juego aspectos fisiológicos como la resistencia o susceptibilidad del cultivo a bajas temperaturas en sus diferentes estados de desarrollo, la altura de la planta sobre el nivel del suelo y la temperatura de la hoja (IDEAM, 2012).

En el altiplano Cundiboyacense, las mayores probabilidades de ocurrencia de heladas se presentan hacia las últimas semanas de diciembre y las primeras de enero (IDEAM, 2012), no obstante, los agricultores consideran que se han alterado las épocas o temporadas de ocurrencia de estos eventos, haciendo más difícil su preparación para enfrentarlos.

De otro lado, los vientos (25%), las granizadas (17%) y las inundaciones (8%) fueron los fenómenos de variabilidad climática que con menor frecuencia han afectado a los agricultores. No obstante, es importante anotar que los impactos asociados a las inundaciones aparecen subestimados en éste trabajo, como consecuencia de la ventana de 12 meses establecida para la indagación sobre fenómenos de variabilidad climática.

En los años anteriores, además de problemas comunes por encharcamiento durante las temporadas lluviosas, dadas las características climáticas, topográficas y edáficas de varias de las fincas localizadas en la zona plana del valle de Guasca (Betania, La María), junto con uno de los predios de Paipa (El Sauce) ubicado en cercanías a una quebrada, los agricultores reportaron la ocurrencia de fuertes inundaciones de sus fincas, pérdida de lotes completos y daños a las viviendas o los predios, asociados el fenómeno de La Niña 2010-2011.

En la Tabla 8 se presenta la calificación dada por los agricultores a la afectación sobre sus tres cultivos principales¹². La intensidad de la afectación, que refleja qué tanto daño sufrió cada cultivo a juicio de el/la agricultora, fue casi del doble en los agroecosistemas de Boyacá, con un nivel promedio de 7,8 / 10, mientras que en Guasca la intensidad del daño fue de 4,4 / 10.

De igual manera, en Boyacá 5 de los 6 agroecosistemas reportaron haber sufrido afectaciones en sus tres cultivos principales. Esto puede estar relacionado con el insuficiente acceso al agua y la escasa capacidad de riego que tienen los agroecosistemas de Boyacá, acentuando el impacto de las temporadas secas sobre la producción.

Por su parte, la proporción de afectación de los 3 cultivos principales con algún nivel de afectación fue cercano en ambas localidades: 32% en Guasca y 45% en Boyacá.

Tabla 8: Intensidad y proporción afectada de los 3 cultivos más importantes de cada finca por localidad (Guasca/Duitama) en los 12 meses anteriores

| Fincas | Guasca | | | | | | Boyacá | | | | | |
|-------------------------------|---|------|-------|------|-----|-----|------------|------|--------|-------|------|------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| 3 cultivos principales | Intensidad de la afectación sobre cada cultivo (calificación 0 - 10) | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | 10 | 0 | 10 | 3 | 10 | 9 | 10 | 10 | 5 | 8 | 5 |
| 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 | 6 | 5 | 5 | 8 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 | 1 | 5 | 1 |
| Cultivos afectados | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Afectación finca | 3 | 6 | 0 | 3 | 2 | 5 | 5 | 7 | 9 | 4 | 6 | 4 |
| Afectación localidad | 4,4 | | | | | | 7,8 | | | | | |

Destaca también el hecho de que sólo una de las fincas (San Luis, Guasca) no reportó ninguna afectación o pérdida por eventos climáticos en sus cultivos durante el período indagado. Esto es atribuido por los agricultores a condiciones microclimáticas más benignas de ese sector de Guasca en comparación con otras zonas del municipio; afirman que en esta zona, por ejemplo, hace muchos años que no se presentan heladas. Se trata también de una de las fincas con una mejor calidad de suelos, acceso al agua, buenas

¹² Los cultivos principales reportados por los agricultores fueron: cebolla larga (*Allium fistulosum*), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), lechuga (*Lactuca sativa*), arveja (*Pisum sativum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), brócoli (*Brassica oleracea* var. italica), tomate (*Solanum lycopersicum*), maíz (*Zea mays*), zanahoria (*Daucus carota*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum*), lulo (*Solanum quitoense*), fresa (*Fragaria ananassa*) y uchuva (*Physalis peruviana* L.).

prácticas de manejo de cultivos, conservación de suelos y drenaje, que podrían estar jugando un papel en la mitigación de eventos climáticos extremos.

3.3.1. Percepciones de los agricultores sobre la variabilidad climática

Si bien existe cierta evidencia de que la variabilidad de las precipitaciones puede estar sufriendo cambios en la región tropical de los Andes, en términos de disminución de la humedad ambiental (entre 0,8 y 0,6% por década), nubosidad (1,9% por década) y aumentos en la frecuencia de eventos de precipitación extrema (Ruiz *et al.*, 2008), la predicción de los cambios en las precipitaciones sigue siendo muy incierta en esta región, donde la precisión en los modelos climáticos globales y regionales es especialmente baja (Buytaert *et al.*, 2009).

La región central de los Andes colombianos está marcada por una alta variabilidad climática, acentuada además por su heterogeneidad geográfica. Los patrones climáticos en los Andes colombianos responden en general a un ciclo anual bimodal de precipitación, esto es, dos temporadas lluviosas (abril a mayo y octubre a noviembre), y dos temporadas "secas" o menos lluviosas (de diciembre a febrero y junio a agosto), como resultado del paso, dos veces al año, de la Zona de Convergencia Intertropical sobre la región (IDEAM, 2014).

Esta dinámica es altamente sensible a fenómenos de variabilidad climática de gran escala como El Niño y La Niña, los cuales que producen temporadas más secas y más húmedas respectivamente, así como de mayor duración en cada caso, lo cual impacta directamente en la disponibilidad de agua superficial y humedad del suelo (Poveda *et al.*, 2011). Estos patrones de estacionalidad son reconocidos y empleados por los agricultores en la planificación de los calendarios agrícolas en relación con las épocas de siembra, desarrollo y cosecha de los cultivos (Murtinho *et al.*, 2013).

Como ya se ha mencionado, tanto en Boyacá como Cundinamarca existe una percepción generalizada en los agricultores respecto a que las épocas de lluvias y sequía, así como la ocurrencia de eventos extremos como heladas y granizadas, se han venido intensificando y se han hecho más erráticas, aumentando la incertidumbre respecto a los tiempos y condiciones óptimas para la siembra y los ciclos de los cultivos.

Se trata de una percepción recurrente, que no es exclusiva de estas localidades. Diferentes trabajos vienen reportando percepciones similares respecto a la variabilidad climática entre pequeños agricultores. Córdoba & León-Sicard (2013), señalan que entre pequeños agricultores y caficultores de Anolaima (Cundinamarca) es generalizada la idea de que en los últimos 10 años ha habido aumentos en las precipitaciones (épocas lluviosas más fuertes y de mayor duración) y de sequía (intensidad de calor) que suceden en la zona.

En las cuencas de los ríos Porce (Antioquia) y Chinchiná (Caldas) Turbay *et al.* (2014) reporta que los agricultores consideran que en años recientes se necesitan más insumos agrícolas para mantener los niveles de producción de café, como consecuencia de “los “bochornos climáticos (humedad y altas temperaturas) y las plagas cada vez más variadas” (p. 108).

Igualmente, Borsdorf & Marchant (2012) reportan que familias campesinas de la cuenca del río Piedras (Cauca) en los últimos años han percibido alteraciones en el clima como el aumento atípico de las precipitaciones durante la temporada seca, una “mezcla” de las estaciones del año, mayor frecuencia de los episodios de lluvias fuertes, mayores montos de precipitación y la intensificación de los periodos secos.

Es importante anotar que no todos los efectos que los agricultores perciben como asociados a cambios o alteraciones en el clima resultaron ser negativos. Aunque la percepción mayoritaria es que estos les han ocasionado perjuicios, en algunos casos los agricultores también hicieron mención de impactos que en el corto plazo les habían resultado benéficos. Un ejemplo de ello es la ocurrencia de lluvias atípicas durante las temporadas secas que hicieron menos severa la escasez de agua para riego.

Si bien son muy escasos los estudios al respecto, hasta el momento no existe evidencia estadística significativa que permita afirmar que se estén presentando tales cambios -o al menos no al nivel descrito por los agricultores- en los patrones de lluvia, la distribución mensual de las precipitaciones o la frecuencia de los periodos de sequía durante el último medio siglo en la región andina. De hecho, esta falta de correspondencia entre los patrones de lluvia y las percepciones de las comunidades ha sido reportada previamente.

Murtinho *et al.* (2013), analizaron la percepción de escasez de agua en los Andes, y sugieren que esto podría estar relacionado con algunos de los siguientes factores: 1) la percepción de las comunidades y líderes puede estar influenciada por las experiencias directas y los medios de comunicación (e.g. programas de ONGs, publicidad de los gobiernos para hacer frente a la escasez de agua, noticias del cambio climático en otras regiones); 2) los patrones de lluvia de largo plazo son más difíciles de percibir debido a la alta variabilidad climática local y regional; 3) la reducción de la disponibilidad de agua asociada a la pérdida de ecosistemas (e.g. deforestación de cuencas) es mucho más conspicua y puede influenciar la percepción relativa a las precipitaciones.

A lo anterior, se podría añadir el impacto negativo que ha tenido la explotación minera sobre las fuentes de agua superficiales y subterráneas, una actividad bastante extendida en el municipio de Paipa, así como los conflictos crecientes por el uso y apropiación del agua a lo largo de las microcuencas, lo cual puede estar influyendo en la percepción generalizada de “mayor escasez” del recurso hídrico, independiente de si dicha escasez se presenta concretamente por una disminución de las lluvias o la prolongación inusitada de las temporadas de sequía.

3.3.2. Prácticas de mitigación y adaptación a la variabilidad climática

De la mano con la evaluación de la percepción de los impactos, se indagó con los agricultores respecto a qué medidas han puesto en práctica con el fin de reducir las afectaciones de los eventos de variabilidad climática (mitigación) y/o estar mejor preparados para futuros eventos (adaptación).

Tabla 9: Prácticas de mitigación y adaptación de los eventos de variabilidad climática implementadas por los agricultores en las localidades de Guasca y Paipa-Duitama

| Medidas mitigación/adaptación | Boyacá | Guasca | Total |
|---------------------------------|--------|--------|-------|
| Cosecha de agua lluvia | 6 | 3 | 9 |
| Uso de acolchados | 6 | 3 | 9 |
| Manejo de arvenses | 6 | 3 | 9 |
| Riego (mitigación / preventivo) | 4 | 4 | 8 |
| Cambio de cultivos | 6 | 0 | 6 |
| Abonado orgánico | 4 | 1 | 5 |
| Invernaderos | 0 | 5 | 5 |
| Cambios en fechas de siembra | 4 | 0 | 4 |
| Mejora del drenaje | 0 | 3 | 3 |
| Terrazas | 2 | 0 | 2 |
| Cambios en las áreas de siembra | 0 | 1 | 1 |

Cosecha de agua lluvia y riego

Los resultados condensados en la Tabla 9 muestran que la práctica más extendida entre los agricultores es la cosecha de agua lluvia, coherentemente con el hecho de que los mayores desafíos, especialmente para los agricultores de Paipa y Duitama, están asociados con la escasez del recurso hídrico.

En las visitas de campo se pudo evidenciar que la captación y almacenamiento del agua lluvia es una práctica muy extendida entre los agricultores (9 de 12 agroecosistemas la han implementado en alguna medida), la cual se realiza tanto por medios artesanales e improvisados como mediante una infraestructura más tecnificada dependiendo de la capacidad económica de los agroecosistemas (Figura 18).

Se cosecha el agua lluvia usando como superficie colectora principalmente los techos de las viviendas, o en algunos casos, también se capta el agua de escorrentía mediante la ubicación de reservorios en zonas bajas de los predios; en el caso de una finca en Paipa (San Antonio) es captada también el agua proveniente de un manantial cercano.

El agua es almacenada en canecas plásticas, tanques y/o reservorios de tamaño variable, y es posteriormente utilizada como riego complementario o preventivo, y en todos los hogares de Boyacá, se recurre también a esta agua para las labores domésticas, ya que es común que se presenten racionamientos y cortes en el suministro durante las semanas más críticas de las dos temporadas secas del año.



Figura 18: Caneca de 100 L y tanque 1.000 L para la recolección improvisada de agua lluvia, Finca Mis Sueños, Paipa (izq.); tanque de 20.000 L para almacenamiento de agua lluvia captada por la superficie de un invernadero, Finca El Morro, Guasca (der.).

En vista de que la limitación por agua se constituía en un aspecto prioritario para la mayoría de las fincas, particularmente en el caso de Boyacá, como parte de las acciones del proyecto en el que se enmarcó este trabajo de investigación, se definió la instalación y/o mejora de canales para los techos, tanques y el revestimiento de un reservorio, con el fin de aumentar la capacidad de almacenamiento de agua de acuerdo a las necesidades y características particulares de cada finca.

En cinco hogares se instalaron tanques entre 1.000 y 4.000 litros de capacidad, y en uno de los sistemas productivos se reforzó un tanque enterrado ya existente con capacidad de almacenamiento 10.000 litros, en un trabajo conjunto que contó con el apoyo en recursos económicos, técnicos y logísticos de los agricultores (quienes cofinanciaron la inversión en un 25% aproximadamente), la Fundación San Isidro, Oxfam y la Universidad Nacional de Colombia (Figura 19).



Figura 19: Tanques de 1.000 y 2.000 L para almacenamiento de agua, finca San Antonio, Paipa (izq.); construcción de tanque de concreto enterrado de 18.000 L, finca Casa vieja, Paipa (der.).

Los tanques han permitido mitigar de manera importante el impacto de las temporadas secas del año, y en algunos casos, han posibilitado a los agricultores realizar mejoras técnicas en la producción gracias a la instalación de sistemas de bajo costo de riego por goteo y fertirriego con las canecas que previamente empleaban para el almacenamiento.

Al respecto, es importante mencionar que el riego, que fue tercero en importancia (67%) como práctica de mitigación y prevención en las fincas de estudio, cumple una doble función en los agroecosistemas del altiplano.

Como primera medida, el riego complementario juega un papel crucial en los momentos de mayor intensificación de sequía, como los que se presentan bajo la influencia del fenómeno de El Niño, en los que incluso una mínima cantidad de agua para riego, combinada con un buen manejo del suelo, puede ayudar a los cultivos a resistir los bajos niveles de humedad.

Se ha estimado que el almacenamiento de agua puede incidir muy positivamente en el rendimiento de los cultivos ya que, aunque éstos son capaces de hacer uso de la humedad disponible en el perfil de suelo, necesitan agua adicional para alcanzar el máximo rendimiento de la cosecha potencial. Esta agua puede venir de la precipitación o el riego suplementario, pero cuando no se dispone de éste, los rendimientos disminuyen (Pandey *et al.*, 2013; Rockström *et al.*, 2003).

En segundo lugar, el riego es una de las prácticas que se usa para mitigar los daños que producen las heladas, que por lo general la realizan los agricultores en la madrugada y las primeras horas de la mañana en los días en que, aplicando su conocimiento tradicional sobre las épocas de mayor frecuencia así como observando determinados fenómenos que suelen ser indicativos de que van a haber descensos fuertes de temperatura (sol intenso y cielos despejados, sin viento, la noche inmediatamente anterior).

Este riego por aspersión sobre las plantas se utiliza para los cultivos de bajo porte, pues proporciona una excelente protección contra heladas hasta los -6 °C, siempre que se haga una aplicación suficiente y uniforme sobre los cultivos (Snyder *et al.*, 2010).

Manejo de coberturas vivas, arvenses y acolchados

El manejo de coberturas de diferente tipo, tanto vivas (incluyendo el manejo de la vegetación arvense) como del tipo acolchado (mulch) se aplica en el 75% de los agroecosistemas (Tabla 9) como prácticas de conservación de la humedad del suelo.

Las arvenses, antes denominadas erróneamente como malezas por considerarlas *per se* negativas para los cultivos, hacen parte de la vegetación acompañante que crecen y se desarrollan espontáneamente en los agroecosistemas. Aunque las arvenses representan una competencia fuerte para el cultivo y deben ser controladas o manejadas adecuadamente, especialmente en las primeras semanas después de la germinación o plantulación, se ha encontrado que estas prestan servicios muy importantes como la conservación de la humedad del suelo y el mejoramiento de su estructura, la fijación de nitrógeno, la retención de la capa orgánica del suelo, el incremento de la diversidad animal en el agroecosistema, entre otros (Altieri & Koohafkan, 2008).



Figura 20: Manejo de arvenses en las fincas La Magnolia, Duitama (izq. arriba) y San Antonio, Paipa (izq. abajo); acolchado con restos de poda, finca San Luis, Guasca (der.).

En la totalidad de las fincas se realiza un manejo de las arvenses que se desarrollan naturalmente en medio de los cultivos, así como el uso de restos de poda como cobertura de acolchado (Figura 20). Esto implica, en primer lugar, la nula aplicación de herbicidas y control manual de las hierbas; en segundo lugar, el desyerbe se realiza sólo durante las primeras semanas después de la siembra y una vez el cultivo se ha desarrollado lo

suficiente se controla el desarrollo de las arvenses permitiendo que crezcan entre y alrededor de los cultivos.

El acolchado, de manera similar a las arvenses, protege el suelo de la radiación directa que afecta la micro y mesofauna del suelo cuando éste se encuentra descubierto luego del laboreo, y ayuda también a reducir la pérdida de humedad por evaporación e insolación.

Diversificación de huertas, policultivos y modificación de la siembra

La diversificación de los agroecosistemas es una de las características más destacadas de las fincas estudiadas, donde es generalizada la práctica de los policultivos y la siembra de diferentes variedades integradas en las huertas.

Como parte del trabajo con los agricultores, se hizo un ejercicio de conteo del número total de especies vegetales cultivadas en sus fincas, cuyos resultados se presentan en la Tabla 10. Como puede verse, el 100% de las fincas, tanto en Boyacá como Cundinamarca, presenta más de 40 variedades diferentes de cultivos, incluyendo también algunas especies de árboles, arvenses y plantas que son sembradas y aprovechadas por los campesinos con fines alimenticios y medicinales.

Tabla 10: Número de especies y variedades vegetales cultivadas en cada agroecosistema

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Boyacá | | | | | |
|----------------------------|--------|------|-------|------|-----|-----|--------|------|--------|-------|------|------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| No. de especies cultivadas | 45 | 40 | 75 | 98 | 52 | 40 | 65 | 119 | 59 | 63 | 73 | 33 |

Cabe destacar que, a pesar de que buena parte de las fincas tiene áreas inferiores a 1 ha, el promedio de especies por agroecosistema fue de 69 en Boyacá y 58 en Guasca, llegando a superar las 90 en algunos casos (Alsacia, El Sauce).

La diversificación de las huertas es en sí misma una estrategia de adaptación a la variabilidad climática, en tanto que: 1) evita que el agricultor dependa exclusivamente de uno o unos pocos cultivos para la comercialización; 2) frente a los eventos de variabilidad climática, el daño no es uniforme para todos los cultivos y variedades, por lo cual la afectación es mitigada por esta vía; y 3) al manejar siembras y cosechas escalonadas, el agricultor puede garantizar una oferta constante y diversa para los mercados así como para el autoconsumo a lo largo de todo el año.



Figura 21: Policultivos en las fincas San Luis y El Molino (Guasca) y Bella vista (Duitama)

De igual manera, la diversificación de las fincas guarda una estrecha relación con Selección de las especies más adecuadas a la temporada del año o más resistentes a eventos climáticos extremos. Es el caso de especies que naturalmente son más resistentes a la sequía prolongada, al encharcamiento o a las heladas que otros cultivos; de esta manera, mediante la estrategia del policultivo, los agricultores ponen a prueba diferentes variedades, seleccionando aquellas que pueden ser más resistentes frente a tensiones climáticas en la temporada siguiente.

La selección y cambio de cultivos por especies o variedades más resistentes a la sequía, así como la modificación de las épocas de siembra fueron prácticas reportadas únicamente en Boyacá, implementadas en el 100 y 80% de los agroecosistemas respectivamente (Tabla 9).

Barreras vivas y árboles en las huertas

De manera similar al proceso seguido con la mejora de las capacidades de cosecha de agua lluvia, como parte del proceso de investigación participativa que se desarrolló en Boyacá, las agricultoras definieron implementar una variación de las barreras vivas, por lo general destinadas para árboles que provean de forraje al ganado, utilizando frutales como el ciruelo, el durazno y la manzana.

Las barreras vivas actúan como una estrategia para reducir efecto del viento en los lotes de la finca, minimizando así la pérdida de humedad en los cultivos y el suelo, además de diversificar las fuentes de ingreso de las fincas y el autoconsumo.

Prácticas de manejo y conservación de suelos

A lo largo de las visitas de campo, se documentó que en la totalidad de las fincas los agricultores realizan al menos un tipo de abonamiento orgánico, que incluye la aplicación de diversos tipos de compost, humus, y biofertilizantes (Figura 22), así como la producción de uno o varios de ellos como forma de aprovechamiento de la materia orgánica producida

en la finca (restos de poda, desyerbe, poscosecha y orgánicos del hogar), que es complementada con adquisición externa. Gracias a ello, se dispone de una fuente relativamente permanente de abono orgánico que es aplicado con regularidad por los agricultores.

Los contenidos de materia orgánica (MO) están directamente relacionados con una mayor y mejor retención de la humedad, sobre todo en los primeros 30 cm del suelo, además de una mejora en su estructura y porosidad, y por ende, en la capacidad de infiltración del agua (FAO, 2000). La MO es especialmente importante en la medida en que se ha encontrado que a mayor contenido de ésta en el suelo, no sólo es mayor la retención de la humedad sino que también se eleva la fracción de agua en el suelo que es aprovechable por las plantas (humedad aprovechable) (Salcedo-Pérez *et al.*, 2014).



Figura 22: Compostaje materia orgánica finca El Molino, Guasca (izq.); biofertilizantes líquidos finca San Luis, Guasca (der.).

Los aportes de MO al suelo a través de las prácticas de abonado orgánico fueron referidos por los agricultores (4 de las 6 fincas de Boyacá y 1 en Guasca) como una medida fundamentalmente orientada a la mitigación de las épocas secas, además de la obvia función de nutrición de las plantas con los macro y microelementos necesarios para su óptimo desarrollo.

Sucede lo mismo con el uso de terrazas, que está restringido a dos fincas en Duitama (La Magnolia) y Paipa (El Sauce), donde se han implementado terrazas de 2 a 3 metros de ancho combinadas con pasto de corte en sus márgenes (Figura 23), con el objetivo de retener el agua de escorrentía y prevenir procesos erosivos en zonas de pendiente.

Lo anterior parece corresponderse con los resultados respecto a la mejora del drenaje de suelos. Ésta fue mencionada como práctica de adaptación frente a la variabilidad climática sólo en Guasca, donde el 50% de los agroecosistemas han implementado zanjas, pero fue nula en Boyacá. La baja importancia concedida al abonamiento orgánico y las terrazas como medidas de mitigación y adaptación por parte de los agricultores de Guasca parece estar relacionada con los menores impactos que tiene la sequía en esta localidad.



Figura 23: Terrazas en la finca La Magnolia, Duitama (izq.); zanjas para mejorar el drenaje en la finca El Morro (der.).

Para el caso de las terrazas, también es importante señalar que una limitante importante para su implementación es que se trata de una práctica que demanda abundante mano de obra que. En el caso de las fincas de Boyacá, éstas fueron realizadas mediante jornadas de trabajo comunitario de los miembros de la organización campesina local, que habrían representado costos elevados para un hogar de ingresos bajos y medios.

3.4. Análisis de la resiliencia de los Agroecosistemas

En los párrafos siguientes se presentan los resultados de la evaluación de la resiliencia a la variabilidad climática de los 12 agroecosistemas estudiados, estimada en función de parámetros físicos, edáficos, de manejo de suelos, agua y biodiversidad, socioeconómicos, políticos, institucionales y tecnológicos.

3.4.1. Condiciones Físicas

El primer componente (Tabla 11) califica condiciones naturales y físicas de los predios, dentro del cual se evaluaron 8 variables en relación con la topografía, disponibilidad de agua, ubicación geográfica y exposición de las fincas a algunas amenazas.

En conjunto, los predios de Guasca, debido a su ubicación geográfica y a las características del clima predominante en esta zona, presentan condiciones físicas más favorables, siendo el recurso hídrico el factor que exhibe diferencias más marcadas entre una y otra localidad, y que como se verá en componentes subsiguientes, impacta de manera significativa la resiliencia de los agroecosistemas de estudio.

En el caso de los predios de Paipa y Duitama, se presentan fuertes limitaciones en el acceso a fuentes de agua superficiales en todos salvo uno de ellos (El Sauce) que dispone de una

quebrada en el predio. Aunque en estos predios hay acceso a acuíferos, excepto en la finca Mis Sueños, se trata de aljibes o pozos artesanales de baja capacidad que no permiten suplir los requerimientos de agua de las fincas.

Tabla 11: Resiliencia - Componente No. 1: Condiciones físicas de los predios

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Pendiente | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| Exposición a vientos | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| Acceso aguas superficiales | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Acceso a acuíferos | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Susceptibilidad deslizamientos | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Susceptibilidad inundaciones | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| Susceptibilidad sequías | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Susceptibilidad heladas | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Subtotal componente | Alto 3,4 | Alto 3,4 | Alto 3,1 | Alto 3,3 | Alto 3,3 | Alto 3,4 | Medio 2,5 | Medio 2,5 | Medio 3,0 | Medio 2,8 | Medio 2,8 | Medio 2,6 |

A pesar de que ambas zonas presentan patrones climáticos similares, comunes a la región andina central (régimen bimodal, segunda temporada de lluvias y primera temporada seca del año más intensas, precipitaciones anuales promedio cercanas a los 1.000 mm), los agricultores y agricultoras de Boyacá coincidieron en reportar la ocurrencia de sequías y heladas más marcadas en comparación con Cundinamarca.

Esto coincide en parte con los datos del IDEAM (2012), ya que si bien las dos zonas se encuentran ubicadas en áreas afectadas por heladas, el sector de Paipa-Duitama presenta una probabilidad de ocurrencia mayor (alta a muy alta) de heladas por hallarse en uno de los denominados 'corredores críticos' del Altiplano Cundiboyacense (Funza-Madrid-Mosquera, Nemocón-Ubaté y Duitama-Sogamoso), en donde dicha probabilidad es superior al 90 %, es decir, en 9 de cada 10 años se presenta al menos una helada.

De igual manera, el sector centro-norte de Boyacá históricamente ha presentado una tendencia más marcada a sufrir precipitaciones deficitarias durante los eventos de El Niño. Esto contrasta con la susceptibilidad media a alta de inundaciones en varias de las fincas localizadas en las áreas planas del valle de Guasca (fincas Betania, La María, Alsacia, El Morro), las cuales sufrieron afectaciones importantes durante el fenómeno de La Niña 2010- 2011 (IDEAM, 2014).

La exposición a vientos es media a muy baja en las fincas de Guasca y no representa problemas para los agricultores, mientras que en Paipa-Duitama en general fue media a

muy alta, siendo particularmente fuertes los vientos en aquellos predios ubicados a sotavento en áreas montañosas (El Sauce, Mis Sueños).

3.4.2. Suelos

El suelo reviste una importancia crucial para la actividad agrícola y es un elemento sin el cual no es posible pensar en un sistema agroecológico bien equilibrado. Por tal razón, se evaluaron dos grupos de variables, referidos uno a la calidad de los suelos de las fincas y otro al tipo de manejo y conservación que hacen los agricultores del suelo, que se discutirá en el siguiente componente.

En primera instancia, se hizo una aproximación a la calidad del suelo de cada agroecosistema a partir de los análisis fisicoquímicos realizados, los cateos, las observaciones en campo y las percepciones de los agricultores.

Tabla 12: Resiliencia - Componente No. 2: Suelos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Profundidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| Drenaje | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Retención de la humedad | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Contenido de Materia Orgánica (MO) | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Susceptibilidad a la erosión | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Subtotal componente | Medio 3,0 | Alto 3,4 | Alto 3,8 | Medio 3,0 | Alto 3,2 | Alto 3,2 | Medio 3,0 | Medio 3,0 | Medio 2,6 | Medio 2,8 | Alto 3,2 | Medio 2,8 |

Se seleccionaron variables como la profundidad del suelo, el drenaje, la capacidad de retención de humedad y el contenido de MO, por ser todas características que se encuentran interrelacionadas y que son de importancia para la amortiguación de condiciones climáticas extremas tanto de sequía como de lluvias intensas.

Para el cálculo del porcentaje de Materia Orgánica presente en las muestras de suelo, se empleó el factor 1,724¹³ que multiplicado por el % de Carbono Orgánico (%CO) permite

¹³ De acuerdo con Thompson & Troeh (2002) el contenido aproximado de materia orgánica del suelo puede calcularse multiplicando el porcentaje de carbono o de nitrógeno por factores determinados experimentalmente.

hacer una aproximación gruesa al contenido de MO presente en el suelo. En las Tabla 13 y Tabla 14 se presenta la síntesis de los análisis fisicoquímicos realizados.

Tabla 13: Resultados del análisis físico-químico de los suelos (Guasca). Fuente: elaboración propia

| Finca | pH | CO % | N % | MO % | P mg / kg | Complejo de cambio (meq / 100 g) | | | | | | | T |
|------------|------|---------|--------|---------|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|----|
| | | | | | | Ca | K | Mg | Na | Al | BT | CICE | |
| San Luis 1 | 6,50 | 13,3 | 1,15 | 22,93 | 14,2 | 18,2 | 1,80 | 4,07 | 0,29 | 0,00 | 24,36 | 24,4 | FA |
| San Luis 2 | 6,5 | 12,1 | 1,04 | 20,86 | 16,6 | 19,1 | 1,57 | 3,34 | 0,19 | 0,00 | 24,20 | 24,20 | FA |
| El Molino | 6,7 | 5,04 | 0,43 | 8,69 | >116 | 20,8 | 0,75 | 5,07 | 0,08 | 0,00 | 26,70 | 26,70 | F |
| Alsacia | 6,9 | 3,17 | 0,27 | 5,47 | >116 | 17,0 | 1,44 | 2,93 | 0,13 | 0,00 | 21,50 | 21,5 | F |
| Betania | 6,7 | 2,13 | 0,18 | 3,67 | >116 | 10,1 | 0,87 | 2,06 | 0,07 | 0,00 | 13,10 | 13,1 | F |
| La María | 6,1 | 2,12 | 0,18 | 3,65 | >116 | 6,65 | 0,65 | 1,81 | 0,12 | 0,00 | 9,23 | 9,2 | F |
| El Morro | 5,5 | 3,34 | 0,29 | 5,76 | 14,8 | 5,27 | 0,98 | 2,84 | 0,10 | 0,00 | 9,19 | 9,2 | F |

CO: Carbono Orgánico; N: Nitrógeno; MO: Materia Orgánica; P: Fósforo; Ca: Calcio; K: Potasio; Mg: Magnesio; Na: Sodio; Al: Aluminio; BT: Bases Totales; CICE: Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva; T: Textura; F: Franco; Ar: Arcilla; A: Arena

Tabla 14: Resultados del análisis físico-químico de suelos (Paipa-Duitama). Fuente: Autor

| Finca | pH | CO % | N % | MO % | P mg / kg | Complejo de cambio (meq / 100 g) | | | | | | | T |
|---------------|------|---------|--------|---------|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | | | | | | Ca | K | Mg | Na | Al | BT | CICE | |
| El Sauce | 5,9 | 3,53 | 0,30 | 6,09 | >116 | 5,83 | 0,55 | 1,37 | 0,05 | 0,00 | 7,80 | 7,8 | FA |
| Mis sueños | 5,4 | 4,05 | 0,35 | 6,98 | 51,0 | 3,95 | 0,49 | 0,37 | 0,04 | 1,16 | 4,85 | 6,0 | FArA |
| Bella vista | 6,3 | 2,39 | 0,21 | 4,12 | >116 | 9,0 | 0,37 | 1,30 | 0,14 | 0,00 | 10,76 | 10,80 | FA |
| Casa vieja | 6,8 | 3,95 | 0,34 | 6,81 | >116 | 9,77 | 0,73 | 1,48 | 0,25 | 0,00 | 12,23 | 12,20 | AF |
| San Antonio 1 | 5,8 | 3,01 | 0,26 | 5,19 | 8,8 | 4,13 | 0,88 | 1,33 | 0,04 | 0,00 | 6,38 | 6,37 | FA |
| San Antonio 2 | 7,1 | 2,46 | 0,21 | 4,24 | 25,0 | 13,3 | 0,46 | 1,15 | 0,02 | 0,00 | 14,93 | 15,0 | F |
| La Magnolia | 6,20 | 2,50 | 0,22 | 4,31 | >116 | 12,0 | 1,36 | 3,08 | 0,07 | 0,00 | 16,51 | 16,5 | FAr |

CO: Carbono Orgánico; N: Nitrógeno; MO: Materia Orgánica; P: Fósforo; Ca: Calcio; K: Potasio; Mg: Magnesio; Na: Sodio; Al: Aluminio; BT: Bases Totales; CICE: Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva; T: Textura; F: Franco; Ar: Arcilla; A: Arena

El IGAC (2014) establece que para suelos de clima frío, se consideran altos valores por encima de 8,1%, medios aquellos entre 2,9 y 8,1%, y bajos los inferiores a 2,9%. Bravo *et al.* (2014) cuantificaron los %CO en suelos altoandinos de Colombia (Andisoles, Typic Hapludands) bajo bosques, pasturas y cultivos, obteniendo contenidos aproximados de 12.5%, 11.9% y 10.5% respectivamente. Partiendo de ésta relación %CO – contenido de MO, se fijaron como niveles muy altos de MO en el suelo aquellos que superaron el 17,2% (equivalentes al 10% de CO), altos entre el 14-17,2%, medios 5-14%, bajos 3,1-5% y muy bajos aquellos por debajo de 3,1% de MO.

Montoya *et al.* (2013) evaluaron los contenidos de diferentes formas de MO en suelos con sistemas de bosque, guadua, café con tres tipos de manejo (con y sin sombrero) y pastos en

la región del Valle del Cauca entre los 1.650 y 1.750 msnm (Typic Melanudand (TM) y Typic Haplustand (TH)), reportando porcentajes de CO que fluctuaron entre el 5 y el 11%, siendo siempre el bosque el que presentó mayores niveles de CO en ambos tipos de suelo (11,1% TM y 6,1% TH).

De acuerdo con lo anterior, se destacan los altos contenidos de MO en la finca San Luis, del municipio de Guasca, que en sus dos muestras superó el 21% de contenido. Ello correlaciona bien con el tipo de suelos que posee esta finca (Pachic melanudand), ubicada en cercanías del páramo. En contraste, las fincas Betania y La María de ese mismo municipio, presentan contenidos bajos de MO (3,67 y 3,65%), posiblemente relacionados con su ubicación en paisajes con poca influencia aluvial y/o con el incipiente manejo agroecológico de las fincas.

En la zona Paipa-Duitama, las fincas El Sauce, Mis Sueños, Casa vieja y San Antonio presentan contenidos medios de MO (6,09, 6,98, 6,81 y 5,19 respectivamente) y las demás bajos niveles, correspondiendo igualmente a posibles diferencias de manejo.

La pérdida de la MO del suelo es uno de los impactos importantes que las variaciones climáticas pueden tener sobre las condiciones edafológicas de las fincas. De un lado, el incremento de las temperaturas del aire puede acelerar el proceso de descomposición de la MO e incrementar las tasas de otros procesos edáficos que afectan la fertilidad. Del otro, en condiciones de mayor sequedad del suelo, el crecimiento de las raíces y la descomposición de la MO se ven disminuidos significativamente, lo cual, sumado a una pobre cobertura del suelo, puede incrementar la vulnerabilidad a la erosión tanto por acción del viento como por el arrastre de la lluvia (Altieri & Koohafkan, 2008).

Tabla 15. Velocidades estables de infiltración para grupos mayores de textura de suelo, en suelos humectados en profundidad (Hillel, 1982 citado por USDA, 1999)

| Tipo de suelo | Velocidad estable de infiltración |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Arenas | 2.03 cm/h |
| Suelos arenosos y limosos | 1.02 - 2.03 cm/h |
| Suelos francos | 0.51 - 1.02 cm/h |
| Suelos arcillosos | 0.10 - 0.51 cm/h |
| Suelos arcillosos, sódicos | 0.10 cm/h |

El contenido de MO influencia también de manera importante otras características físicas del suelo como la capacidad de retención de humedad y el drenaje. Esta última, en particular, depende además del uso del suelo, el manejo, el desarrollo de las raíces, la actividad de la mesofauna, la agregación del suelo, y el contenido general de la materia orgánica estable, guardando una relación estrecha con la textura (USDA, 1999). Así pues, la infiltración es típicamente rápida en suelos arenosos, y disminuye conforme lo hace el tamaño de las partículas del suelo, como se muestra en la Tabla 15 .

Las dificultades con el drenaje se presentan únicamente en la localidad de Guasca, de manera acentuada en las fincas El Morro, La María y Betania, las tres ubicadas en pendientes ligeramente inclinadas a planas, y en menor medida en la finca El Molino, correspondiéndose con los impactos reportados por inundaciones y encharcamientos durante períodos de lluvias intensas, y en donde los agricultores han debido implementar medidas de mejora del drenaje, como se discutió en el apartado anterior sobre prácticas de mitigación y adaptación.

Por otra parte, los resultados de las Tabla 13 y Tabla 14 dejan ver otras tendencias asociadas al manejo de los suelos en las fincas estudiadas.

En primer lugar y a pesar de las texturas gruesas (franco arenosas) de los suelos de la finca San Luis en Guasca, se puede observar sus altos contenidos en los macronutrientes analizados, que son en casi todos los casos similares o más altos que los de las fincas ecológicas situadas en la zona plana. La excepción es el fósforo que se encuentra en niveles medios, comparados con las cantidades muy altas (>116 meq/kg) registradas en todas las demás fincas. Tales niveles excepcionalmente altos podrían relacionarse con la actividad microbiana de bacterias solubilizadoras de fosfatos, presentes en los materiales orgánicos usados comúnmente en estas fincas agroecológicas (compost, bioles, caldos microbianos).

La tendencia de nutrientes en altas cantidades se repite también en las fincas de Paipa-Duitama, con excepción del sodio que registra niveles bajos en las fincas El Sauce, Mis Sueños y San Antonio. Nótese además que las capacidades de intercambio catiónico son medias a altas.

Todas las características anotadas, incluyendo los niveles de pH que se ubican en los rangos ácido a neutro en Guasca y muy ácido a neutros en Paipa-Duitama, confluyen para que los suelos de las huertas en las fincas estudiadas puedan ser consideradas de fertilidad media a alta, situación que refleja en buena medida el manejo agroecológico que poseen.

La evaluación de la retención de la humedad y la susceptibilidad a la erosión de los suelos de cada finca se hizo de manera cualitativa, a partir de la indagación con los agricultores, la magnitud y longitud de las pendientes en las fincas, el tipo de suelo, la exposición a los vientos, la cobertura del suelo, el tipo de manejo de cultivos y las prácticas de conservación y labranza. En Paipa y Duitama, se presenta una mayor susceptibilidad a la erosión al presentarse pendientes superiores al 30% y suelos con baja retención de humedad, a pesar de lo cual la mayor parte de las fincas poseen suelos bien conservados, con apenas algunos indicios de erosión laminar débil a moderada.

3.4.3. Manejo de suelos

La agricultura convencional promulga un uso intensivo del arado con discos y rastras, así como la siembra extensiva de monocultivos, lo cual ha mostrado ser negativo para los suelos, ya que el laboreo mecánico intensivo pulveriza los agregados y rompe el espacio de los poros, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía. Al mismo tiempo, los sistemas de cultivo basados en una o muy pocas especies (monocultivos) tienden a agotar los suelos, acelerar el proceso erosivo y consecuentemente a promover y agravar la degradación de las tierras, obligando a incrementar los fertilizantes agregados para compensar las pérdidas de productividad (Mielniczuk & Schneider, 1983 citados por FAO, 2009).

En contraste, el manejo agroecológico del suelo se vale de estrategias como la reducción o minimización de la labranza, el uso de coberturas vivas y acolchados (mulch) temporales o permanentes, el aporte constante de materia orgánica al suelo, el policultivo y diversos esquemas de rotación, la construcción de terrazas y la siembra bajo el sombrío de árboles, entre otras.

Estas prácticas sirven para mejorar la infiltración del agua y la formación de los agregados superficiales del suelo, reduciendo la compactación mediante la promoción de la labranza por acción de los organismos del suelo y aumentando la materia orgánica del suelo superficial y el contenido de carbono, que junto con la implementación de coberturas ayuda a amortiguar la temperatura del suelo y al control de hierbas no deseadas; también pueden servir para reducir los costos de producción, ahorrar tiempo, reducir las enfermedades y plagas a través de la estimulación de la diversidad biológica, y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (Alliaume *et al.*, 2014; Hobbs, 2007).

Para la evaluación del manejo de suelos en los agroecosistemas estudiados, se tuvo en cuenta de un lado la cantidad de fertilizantes y herbicidas de síntesis química que compran y aplican los agricultores -insumos externos que representan costos adicionales significativos para las familias campesinas que los usan-, y de otro, el abonado orgánico (humus de lombriz, compost, bokashi, caldos microbianos, abonos verdes, agrobiolos) como medida para incrementar la MO del suelo y la implementación de una o más prácticas de conservación de suelos como coberturas vivas o acolchados, abonos verdes¹⁴, plantas fijadoras de Nitrógeno, y el uso de terrazas.

¹⁴ Los abonos verdes son un tipo de cultivo que se siembra con el objetivo de mejorar la calidad del suelo y no para ser consumido, los cuales una vez alcanzado cierto grado de desarrollo son segados e incorporados

Como se mostró en la Tabla 6 (avance del proceso de conversión agroecológica), la totalidad de agricultores participantes del estudio ha logrado la supresión total o minimización en un muy alto grado de la aplicación de insecticidas, herbicidas y fungicidas en sus sistemas productivos. En su lugar, todos los entrevistados confieren una gran importancia al abonado orgánico, el cual es aplicado sin excepción en todas las fincas, en cantidad y frecuencia variable.

Tabla 16: Resiliencia - Componente No. 3: Manejo de suelos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Uso de fertilización química | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Uso de herbicidas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Abonado orgánico | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| Prácticas conservación suelos | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Subtotal componente | Muy alto 4,5 | Muy alto 4,5 | Muy alto 4,8 | Muy alto 4,3 | Muy alto 4,5 | Alto 3,5 | Muy alto 4,5 | Alto 3,8 | Alto 3,8 | Alto 4,0 | Alto 4,0 | Alto 4,0 |

Las actividades de abonado y conservación de suelos están condicionadas de manera considerable por el nivel de ingresos de las familias y la mano de obra disponible (familiar o contratada), ya que la preparación y aplicación de abonos requiere tiempo y/o mano de obra adicional, y dado que en ninguna de las fincas es suficiente la cantidad de abono producida, la adquisición de abono orgánico significa costos que no en todos los casos es posible cubrir por parte de los productores, lo que redundará en una aplicación insuficiente en parte importante de los predios.

Tal es el caso de las fincas La María y Betania en Guasca, así como Mis Sueños, Bella vista y La Magnolia en Paipa-Duitama, donde los niveles de abonado orgánico -y en algunas de ellas también las prácticas de conservación de suelos- calificaron como medias a bajas. En estos agroecosistemas en efecto existe deficiencia de mano de obra, lo cual puede correlacionarse con los niveles medios a bajos de MO discutidos en el componente de suelos.

Situación similar se presenta con las prácticas de conservación de suelos, pues en todas las fincas se ha implementado por lo menos una de ellas; no obstante, la más frecuente es el manejo de coberturas vivas (arvenses), seguida de la utilización de especies fijadoras de

al suelo con el fin de enriquecerlo con determinados nutrientes (i.e. fijación de Nitrógeno), mejorar su estructura e incrementar su contenido de materia orgánica.

Nitrógeno como las leguminosas, es decir, prácticas que no demandan tiempo ni mano de obra adicional.

Entre tanto, el acolchado con restos de poda sólo se aplica con frecuencia en fincas con disponibilidad de mano de obra familiar y/o contratada, como es el caso de la finca San Luis y Alsacia en Guasca, o El Sauce en Paipa; de manera similar, el terraceo, que sólo se ha implementado en las fincas La Magnolia (Duitama) y El Sauce (Paipa), está limitado por el mismo factor, que como ya se discutió antes, fue superado mediante la realización de jornadas de trabajo comunitario.

3.4.4. Manejo del agua

La disponibilidad y gestión del agua constituyen factores de enorme importancia para las actividades productivas de la agricultura campesina, y como se corroboró a través del trabajo en campo realizado con los agricultores, está en el centro de sus preocupaciones en relación con los impactos de la variabilidad y el cambio climático.

Aunque la escasez de agua no es un problema generalizado en Colombia y tienen más peso las sequías e inundaciones asociadas a la ocurrencia de los fenómenos Niño/Niña, las principales limitaciones se presentan en terrenos empinados a través de su impacto en la erosión del suelo, la retención de agua y la calidad del suelo (Mulligan *et al.*, 2010). Como lo destaca Maletta (2011), “una sola hectárea de suelos profundos bajo riego posiblemente sea más importante económicamente que cien o doscientas hectáreas de pastizales semi-áridos o con cultivos marginales”.

Esto quiere decir que, después del acceso a tierra y suelos adecuados, el agua constituye probablemente el limitante más crítico para el desarrollo de la agricultura familiar. Más aún si se tiene en cuenta que gran parte de las explotaciones de los pequeños agricultores se ubican en suelos de secano, la mayoría de las cuales poseen superficies pequeñas y no cuentan con sistemas de riego (Guzmán & Salcedo, 2010).

A diferencia de las zonas agrícolas de otros países andinos, en Colombia la agricultura de regadío se ha desarrollado sólo en tiempos relativamente recientes, presumiblemente por la relativa abundancia de agua (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2013). No obstante, en los Andes colombianos, el acceso a agua suficiente tanto en calidad como en cantidad es en general más limitado en las zonas rurales, donde en muchas áreas no se cuenta con tratamiento de agua o acueductos, y con frecuencia se presenta competencia en el uso para el riego, lo cual limita el acceso infraestructural y/o económico del agua para las familias pobres, incluso en zonas donde la disponibilidad es alta (Mulligan *et al.*, 2010).

En la zona de Paipa-Duitama, existen dificultades generalizadas de acceso a los sistemas locales de abastecimiento de agua (acueductos públicos y/o comunitarios) y la ausencia casi total de infraestructura para el riego en las fincas, como puede apreciarse en la Tabla 17. Mientras que en Guasca el 100% de los predios cuenta con punto de acueducto con abastecimiento suficiente y permanente, en Paipa-Duitama sólo la mitad de los predios dispone de acueductos con servicio que presenta racionamientos e intermitencias frecuentemente a lo largo del año.

Esta situación acentúa los problemas que enfrentan los agricultores, puesto que sus fincas son fuertemente dependientes del riego (100% de los agricultores en Boyacá coincidieron en calificar como alta la necesidad de riego para garantizar el sostenimiento de los cultivos), lo cual se correlaciona con los altos niveles de afectación y pérdidas asociadas a la escasez de agua que se discutieron en la sección 2.4.

Tabla 17: Resiliencia - Componente No. 4: Manejo del agua

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Acceso a acueducto | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| Dependencia del riego | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Infraestructura de riego | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| Almacenamiento en reservorios al aire libre | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Almacenamiento en tanques y/o canecas | 5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Infraestructura cosecha agua lluvia | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Prácticas de uso eficiente del agua | 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Subtotal componente | Muy alto 4,6 | Alto 3,1 | Alto 3,6 | Medio 2,7 | Alto 3,6 | Alto 3,1 | Alto 3,1 | Medio 2,6 | Medio 2,4 | Medio 2,9 | Medio 2,7 | Medio 2,4 |

En el caso de fincas como Bella vista, Mis sueños y La Magnolia, la combinación de una baja capacidad de almacenamiento total de agua (canecas, tanques y reservorios) sumado a infraestructuras insuficientes de captación de agua lluvia, agudizan la dependencia del riego y las limitaciones impuestas por la escasez de agua.

Las restricciones en el acceso al agua ya mencionadas se ven empeoradas como consecuencia de los esquemas deficitarios de gestión del recurso hídrico por parte de las autoridades ambientales y municipales, como se hizo evidente en varias de las visitas de campo y conversaciones con miembros de la comunidad y funcionarios de la corporación autónoma regional de Boyacá.

En primer lugar, se presentan conflictos asociados al acceso, apropiación y distribución del agua a lo largo de las microcuencas. Los habitantes de las zonas altas, mediante motobombas, intercepción de los cauces de quebradas y caños, y mangueras, acaparan el recurso, llegando en algunas zonas a menguar considerablemente el caudal disponible para los habitantes en la parte media y baja de la microcuenca (fincas Casa vieja y Bella vista).

Se presentan también problemas en la gestión de los acueductos, que en temporadas secas establecen restricciones al uso del agua, las cuales son consideradas desiguales o inequitativas por parte de varios de los agricultores entrevistados (fincas La Magnolia, Bella vista, Casa vieja), debido a que -en su concepto- tienden a fijar topes muy altos para el riego, mientras que permiten un alto consumo para otras actividades como la ganadería.

Finalmente, la minería de extracción de carbón de pequeña y mediana escala, ha derivado en conflictos que se han hecho cada vez más recurrentes en la zona rural del municipio de Paipa, donde los pobladores afirman que dichas actividades han abatido el nivel de las aguas subterráneas y contaminado varias fuentes superficiales (finca Casa vieja). Asimismo, se pudo corroborar la contaminación de un manantial por vertimiento de excretas derivadas de la actividad porcícola en inmediaciones de uno de los predios (finca Bella vista). En ambos casos, el rol de la autoridad ambiental ha sido nulo o deficiente, a pesar de diferentes acciones legales interpuestas por pobladores de la zona.

Se trata de una dinámica que, de acuerdo con Gutiérrez (2013), es frecuente en la región andina colombiana, donde gran número de pequeños productores, así como algunos de mediana y gran escala, han establecido esquemas de riego informal controlados y gestionados por la población local en respuesta a sus necesidades percibidas. Éstos suelen ser *ad hoc* y, por lo tanto, no se informan oficialmente. Como resultado, con frecuencia derivan en conflictos por competencia en el uso de los recursos hídricos entre arreglos formales e informales.

El mismo autor identificó múltiples problemas estructurales en los sistemas locales de gestión del agua que guardan estrecha relación con las situaciones descritas: es común que las autoridades ambientales no están suficientemente instrumentadas y carezcan de recursos técnicos para definir los flujos disponibles; los límites de uso se calculan de acuerdo a una fórmula nacional única que no toma en cuenta las condiciones particulares de cada localidad, y no se hacen a partir de visitas de campo y recolección de datos rigurosas; en algunos casos, las autoridades deliberadamente permiten la existencia de los sistemas informales, ya que en tanto les exime de gastar dinero o tiempo para estructurar el sistema; finalmente, no hay programas de largo plazo de formalización ni políticas claras de largo aliento en ese sentido.

Todo lo anterior contrasta con la situación que se presenta en la localidad de Guasca, donde predomina un nivel medio de dependencia al riego en las fincas, todas las cuales cuentan con servicio permanente de abastecimiento para consumo y riego por parte del acueducto municipal, y los agricultores disponen en las fincas de infraestructura de riego (aspersión, goteo, precisión) en por lo menos un 50% del área cultivada del predio (fincas Alsacia, El Molino, San Luis, La María), e incluso con un alto nivel de tecnificación (finca El Morro de Guasca).

El segundo aspecto que influye significativamente en el componente de gestión del agua tiene que ver con la capacidad de los agricultores de almacenar, cosechar y usar eficientemente el agua dentro de sus agroecosistemas. Para tal fin, se calificaron 4 variables diferentes: almacenamiento en reservorios; almacenamiento en tanques o canecas; infraestructura para cosecha de agua lluvia, y prácticas de uso eficiente del agua.

Por sus características, los reservorios al aire libre, bien sean depresiones naturales o excavadas, con o sin ningún tipo de revestimiento, se diferencian del almacenamiento en tanques por su mayor capacidad de almacenamiento, dado que en general la relación costo-capacidad es menor. Son una práctica bastante frecuente en la región andina colombiana, y como se pudo constatar a través de las visitas de campo, está bastante extendida en Boyacá y Cundinamarca, particularmente en las zonas más secas. El agua almacenada en estos reservorios es utilizada por las familias para el riego, abrevar los animales, y en algunos casos, también para consumo, higiene y saneamiento, especialmente en aquellos hogares sin acceso o con servicios deficientes de acueducto¹⁵, así como durante los períodos secos en los que es común que se presente desabastecimiento, intermitencia o racionamientos.

Por otra parte, los tanques, canecas y albercas, de diferentes capacidades y materiales (plástico, concreto, mixto), por lo general están entre los 500 a los 5.000 L, si bien en algunos casos superan los 10.000 L, si bien por su costo resultan ser mucho menos comunes en la región andina.

Como ya se discutió en la sección 2.4.3, por su facilidad y bajo costo de implementación, los agricultores aprovechan principalmente los techos de las viviendas (fincas Bella vista, La Magnolia, Mis Sueños y Casa vieja), así como de los invernaderos en las fincas en que se cuenta con estas instalaciones (fincas El Morro, El Molino y Alsacia en Guasca), como

¹⁵ De acuerdo con la OMS (2003), el volumen de agua óptimo para asegurar prácticas adecuadas de higiene personal y de alimentos, saneamiento, baño y lavado en el hogar es de 100 litros/persona/día; volúmenes no inferiores a 50 L garantizan la higiene personal y de alimentos, más no el baño y lavado. Esto significa que para un hogar rural promedio compuesto por 5 miembros, se requieren por lo menos 75 L/persona/día, esto es, aproximadamente 11.000 L/mes, tan sólo para consumo y uso doméstico.

superficies colectoras de agua lluvia; también se valen del área de escorrentía circundante a los reservorios excavados o pocetas naturales para la captación de agua lluvia, aunque en estos casos sin adecuación, canalización o impermeabilización del suelo para tal fin (fincas Alsacia, El Molino, El Morro).

En conjunto, la capacidad de almacenamiento de agua es significativamente mayor en los agroecosistemas de la localidad de Guasca, donde en 5 de las 6 fincas se cuenta con reservorios de capacidad superior a 50 m³ y agua durante todo el año, incluso en las épocas más secas, que en su mayoría se abastecen de quebradas o caños. En dichos predios, la capacidad de almacenamiento en tanques o canecas fue menor, así como la adecuación de las superficies con potencial colector de agua lluvia.

En la zona de Paipa-Duitama, sólo dos predios cuentan con reservorios (Casa Vieja y El Sauce), uno de ellos de baja capacidad, debido a la inexistencia de fuentes de agua superficiales o subterráneas cercanas a los predios, así como a los niveles de ingreso menores. En su lugar, en esta localidad se da un mayor aprovechamiento de las posibilidades de captación de agua lluvia mediante el uso de techos de las casas, que son almacenados en tanques con una capacidad total que va de los 2.000 a los 10.000 L; sólo en uno de los predios se dispone de un tanque en concreto enterrado con capacidad de 80.000 L (finca Casa vieja).

Las prácticas de cosecha de agua constituyen una de las tecnologías de bajo costo más importantes para elevar la resiliencia de los agroecosistemas, en la medida en que permiten aumentar la disponibilidad de agua para las temporadas secas, mejorar el rendimiento agrícola y la seguridad alimentaria, pueden coadyuvar en la restauración de tierras degradadas, contribuye reducir el uso de insumos externos y reducir la contaminación fluvial aguas abajo de la liberación por pérdida de nutrientes de las tierras agrícolas (Dile *et al.*, 2013).

Finalmente, en ambas zonas son escasas y de bajo impacto (en términos de volumen) las estrategias de uso eficiente del agua. Entre ellas, la más común es el aprovechamiento de aguas grises provenientes cocina y lavamanos para el riego de pastos, el cual se hace sin ningún proceso previo para reducir las cargas de jabones y grasas residuales del lavado. En algunas de las fincas (Betania, Alsacia, La María y San Luis en Guasca, El Sauce y San Antonio en Paipa-Duitama) se han implementado sistemas de riego por goteo en áreas relativamente pequeñas (< 20% del área cultivada), en cultivos como la fresa o las hortalizas, así como en aquellos predios que cuentan con invernaderos, y tan sólo en la finca El Morro se cuenta con un sistema de riego de precisión.

La relativamente débil implementación de estrategias de uso eficiente del agua obedece a dos factores: en primer lugar, varias de las alternativas técnicas existentes requieren de

una inversión inicial que para muchas de las familias resulta ser demasiado alta en relación con la tasa de retorno de su instalación. Adeboye (2015) calculó que el costo de un sistema de riego por goteo tecnificado puede llegar a representar hasta un 76% del costo total de la producción para un pequeño agricultor de bajos ingresos, por lo cual la contraprestación económica puede lograrse sólo después de largos períodos de uso con un mantenimiento adecuado de las instalaciones de riego y la eliminación de los costos fijos del costo total de producción.

Por otra parte, este tipo de tecnologías requieren de mano de obra capacitada y personal experto que realice asistencia en la instalación y acompañamiento al mantenimiento de los equipos, lo cual reduce las posibilidades de su implementación. No obstante, en diversas regiones del mundo se han conseguido grandes logros en sistemas de uso eficiente del agua de bajo costo, aún en zonas con déficits muy elevados de agua, que han conseguido mejorar las condiciones de producción de familias de pequeños agricultores (Molden, 2011; Wani *et al.*, 2009). En ese sentido, cobra especial relevancia la necesidad de fortalecer el financiamiento, acceso a crédito y asistencia técnica para las actividades agropecuarias por parte del Estado, aspectos que son sumamente precarios en el caso de las familias campesinas.

3.4.5. Manejo de cultivos

El quinto componente evaluado corresponde al manejo que hacen los agricultores de los cultivos, abarcando aspectos como la agrobiodiversidad, algunas de las prácticas agronómicas y culturales relativas a los cultivos, y la incidencia de plagas y enfermedades.

La diversificación de los sistemas agrícolas mejora la capacidad adaptativa de los agroecosistemas y eleva su resiliencia a través de varias estrategias, entre las que se cuentan: ampliar el margen de maniobra del agricultor al hacer más flexible sus calendarios de siembra y menos dependiente de unos pocos cultivos; la siembra de especies de rápido crecimiento que responden mejor a condiciones de lluvias erráticas y estrés; el establecimiento de bancos de semillas comunitarios para promover el uso a variedades adaptadas a condiciones locales (Mijatović *et al.*, 2013).

Como se puede apreciar en la Tabla 18, todos los agroecosistemas se encuentran altamente diversificados en términos del número de cultivos diferentes por hectárea (muy alta > 10 cultivos por ha.). Los agricultores entrevistados confieren una gran importancia a la agrobiodiversidad en sus fincas, no sólo por considerarla uno de los pilares de la conversión agroecológica, sino porque esta diversidad está estrechamente relacionada con la seguridad alimentaria del hogar; sin excepción, en las 12 fincas de estudio se destina parte de la producción al autoconsumo, razón por la cual los agricultores promueven activamente la siembra de un alto número de especies de verduras, frutales, tubérculos y cereales en sus huertas.

Tabla 18: Resiliencia - Componente No. 5: Manejo de cultivos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Diversidad cultivos | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Incidencia de plagas y enfermedades | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Uso de plaguicidas | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| Dependencia de semillas | 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Conocimientos sobre biodiversidad funcional | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Subtotal componente | Alto 3,6 | Alto 4,0 | Muy alto 4,6 | Muy alto 4,4 | Alto 4,0 | Alto 3,8 | Muy alto 4,4 | Alto 3,8 | Muy alto 4,2 | Muy alto 4,4 | Alto 4,0 | Muy alto 4,2 |

Otro de los fundamentos del manejo ecológico de la agricultura tiene que ver con la reducción del uso de plaguicidas de síntesis química, ya que se parte de concebir a las plagas como desbalances en el sistema productivo, esto es, como síntomas y no como causas de los problemas del agroecosistema. Por consiguiente, el manejo agroecológico de cultivos acude a una combinación de prácticas con las cuales se apunta a reducir la proliferación de organismos que potencialmente pueden convertirse en plagas.

Una de ellas es la diversidad de cultivos, la cual resulta fundamental en la medida en que, a través de una mayor riqueza de especies de plantas y diversidad en la distribución espacial y temporal de los cultivos, los agroecosistemas imitan sistemas más “naturales” y por lo tanto son capaces de mantener una mayor diversidad de especies animales, muchas de las cuales son enemigos naturales de las plagas de los cultivos (Altieri, 1999).

La simple alternación en las edades de un monocultivo o la siembra de setos en sus márgenes que brinden refugio a los enemigos naturales, así como cambios a mayor escala como la integración de vegetación anual y perenne, el aumento de la diversidad de cultivos en la finca y el aumento de la complejidad estructural de la vegetación han mostrado redundar en un aumento significativo en la abundancia de enemigos naturales y un descenso concomitante en las poblaciones de herbívoros (Altieri, 1999; Lin, 2011; Rogé *et al.*, 2009; Sunderland & Samu, 2000), aunque debe anotarse que los efectos directos de la complejidad del paisaje sobre la estabilidad ecológica en los cultivos y las poblaciones de especies plaga requieren todavía una mayor cuantificación (Marshall & Moonen, 2002).

Los agricultores participantes del estudio reportaron de manera unánime niveles de afectación por plagas y enfermedades bajos a muy bajos, al punto de que no las consideran un problema de gran importancia dentro de sus dinámicas de producción o ventas, salvo episodios esporádicos y aislados que no comprometen de manera significativa los ingresos o el autoconsumo. Todos los agricultores reportaron el uso frecuente de uno o varios tipos de biopreparados como repelentes naturales (ajo-ají, extractos de manzanilla, caléndula,

hidrolatos de tomillo, romero, ruda), control manual, aplicación de ceniza, diatomitas, y en dos fincas se reportó también el uso del controlador biológico *Trichogramma sp.* (fincas La María y El Morro de Guasca).

Se calificó también el grado de dependencia de los agroecosistemas en la adquisición de semillas y plántulas para la siembra. Dentro de la agricultura campesina familiar, es fundamental el acceso (físico y económico) a la cantidad de semilla de las variedades que los agricultores desean y en el momento adecuado para la siembra, respondiendo a la demanda de los productores (Hruska, 2014).

La FAO (2013) destaca que una de las formas en que los agricultores pueden mejorar la resiliencia de sus medios de vida ante los choques climáticos es garantizando su acceso a variedades de semillas que sean más resistentes, creando bancos comunitarios de semillas y reforzando los sistemas formales y las redes comunitarias de multiplicación de variedades y semillas.

En cuanto a este aspecto, aunque se presenta una situación heterogénea entre las dos localidades y entre fincas, se puede decir que a excepción de un agroecosistema que depende en un 100% de la compra de plántulas y semillas externamente (finca El Morro), en todos los demás se da la conservación, producción e intercambio de semillas en algún grado.

Empero, existen diferencias de fondo en la manera en que se desarrolla ésta dinámica en una y otra localidad. Mientras que en las fincas de Paipa-Duitama los agricultores tienen vínculo con la organización campesina regional (Fundación San Isidro) y hacen parte de un grupo de trabajo colectivo de mujeres rurales guardianas de semillas, la producción e intercambio de semillas cuenta con un mínimo nivel organizativo, que ha dividido por fincas la producción de determinadas variedades y ha avanzado en la construcción comunitaria de un invernadero (localizado en la finca El Sauce y construido con posterioridad a esta investigación) para ampliar el espectro de cultivos que pueden producir.

En Guasca, por el contrario, la organización o división de tareas no existe y cada agricultor produce en su finca las semillas que puede, compartiendo e intercambiando sólo esporádicamente algunas de ellas. De hecho, para algunos de los agricultores, la producción de semillas propias es considerada difícil y causante de descenso en la calidad de la producción (fincas El Morro, El Molino, Alsacia), siendo prácticamente inexistente o muy esporádico el intercambio entre los agricultores en que sí se da (fincas Betania, San Luis, La María).

En promedio, sólo el 33% de los cultivos requiere de la adquisición externa de semillas y plántulas, llegando en algunos casos a ser prácticamente inexistente. Esto es posible fundamentalmente debido a que, como parte del trabajo de la Fundación San Isidro, se ha

convertido en una práctica permanente la recuperación e intercambio de semillas (frijol, arveja, cilantro, perejil, cebolla, ají, caléndula, pepino, arracacha, maíz, zanahoria, aromáticas, espinaca, lechuga, ahuyama, cebolla puerro, rábano, maíz, caléndula) dentro de todas las fincas asociadas.

Finalmente, se indagó entre los agricultores respecto a su nivel conocimiento sobre algunos elementos de la biodiversidad funcional, como los microorganismos del suelo, las plantas fijadoras de Nitrógeno y el rol de los polinizadores, y en caso de tener conocimientos al respecto, cuáles eran las maneras en las que promovían dicha diversidad. El nivel fue medio a alto en la mayoría de las fincas, coincidiendo en los casos en que el nivel fue bajo (Alsacia y Mis Sueños) con la relativamente reciente incorporación de las familias a las actividades de agricultura ecológica y su bajo nivel de asociatividad productiva (Tabla 21).

3.4.6. Estructura Agroecológica Principal (EAP)

Cada agroecosistema (finca) tiene una manera concreta en la que se disponen, articulan o agrupan las parcelas de cultivo, pastos, setos, remanentes de vegetación natural, etc., que les confiere una forma o estructura particular, que es lo que (León-Sicard, 2010; León-Sicard, 2014) denomina Estructura Agroecológica Principal (Figura 24), y que está definida como la configuración o arreglo espacial interno de un agroecosistema y la conectividad entre los distintos cultivos, parches y corredores de vegetación, que permite el movimiento de distintas especies, les ofrece hábitat, provee regulaciones funcionales e incide en la producción y conservación de bienes naturales y en otros aspectos ecosistémicos y culturales.

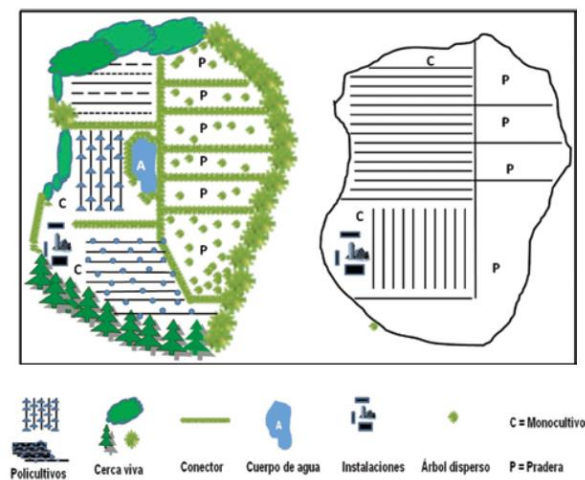


Figura 24. Esquematización de la EAP de dos agroecosistemas muy desarrollada (izq.) y pobremente desarrollada (der.). Fuente: León-Sicard (2014).

Si bien para la evaluación de la EAP el autor tiene en cuenta 10 variables dentro del agroecosistema, en este trabajo sólo se calificaron 3 de ellas que se consideraron de importancia para analizar el nivel de resiliencia de los agroecosistemas.



Figura 25: Barreras vivas y setos dentro de las fincas Bella vista, Paipa (izq.) y Alsacia, Guasca (der.).

La primera de ellas hace referencia a la existencia y desarrollo de barreras vivas y conectores como setos, franjas de vegetación, y cercas de arbustos o árboles dentro y en los márgenes de la finca (Figura 25). Estas barreras cumplen diversas funciones, entre las que se cuentan mitigar la acción del viento sobre las parcelas, incrementar la conectividad¹⁶ al proveer fuentes de alimento (forraje, polen, néctar, frutos) y refugio temporal o permanente para diferentes grupos de fauna, así como obstáculo para la dispersión de los organismos plaga de una zona de cultivo a otra dentro del agroecosistema.

Una revisión hecha por Mijatović (2013) mostró que la diversificación a través de la integración de árboles en los sistemas de producción es una estrategia empleada en el 32% de 172 casos alrededor del mundo, en áreas sujetas a la sequía, alteraciones en la estacionalidad de las lluvias, inundaciones, lluvias extremas y precipitaciones irregulares, ya que la presencia de árboles y arbustos, entre otros beneficios, provee barreras rompedoras, sombra y refugio para cultivos y animales, además de ayudar a regular la humedad y temperatura del suelo.

¹⁶ Es importante señalar que las características estructurales y florísticas de las cercas y conectores (altura, ancho, diversidad de especies de plantas), así como su ubicación dentro del paisaje (conectividad con los hábitats adyacentes, configuración espacial en el paisaje, proximidad a hábitats remanentes), influye fuertemente en el grado en el que las cercas son utilizadas por las especies de plantas y animales (Chacón & Harvey, 2006). Si bien éste tipo de características están contempladas en la EAP, para éste trabajo no se tuvieron en cuenta pues desbordaban los alcances del mismo.

La segunda tiene que ver con el porcentaje de vegetación natural relativamente bien conservada que rodea al predio. De acuerdo con varios autores (Barlow *et al.*, 2007; Fahrig *et al.*, 2011; Perfecto & Vandermeer, 2010), la conservación de parches de vegetación natural en las áreas adyacentes a los cultivos, que proveen una heterogeneidad de estratos y recursos, son útiles para varios grupos de especies y se ha encontrado que aquellas típicamente asociadas a bosques primarios se pueden encontrar también en áreas de regeneración de vegetación nativa.

Contrariamente a la creencia generalizada, varios trabajos han mostrado que la emergencia de determinadas plagas o enfermedades podría ocurrir en realidad por la remoción de las plantas que proveen refugio a los depredadores naturales. Además, la pérdida de la vegetación natural puede incidir en las tasas de captación de aguas lluvias, la evapotranspiración, los niveles de humedad del suelo y afectar, vía cambios microclimáticos, a los agroecosistemas adyacentes y, por supuesto, a los productores (León-Sicard, 2014).

Tabla 19: Resiliencia - Componente No. 6: EAP

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Barreras vivas y conectores en el predio | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Vegetación natural circundante a la finca (%) | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Calidad ambiental predios adyacentes | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Subtotal componente | Medio 2,3 | Medio 2,7 | Muy alto 4,3 | Bajo 1,7 | Medio 2,7 | Medio 3,0 | Alto 3,3 | Medio 3,0 | Bajo 2,0 | Bajo 2,0 | Bajo 1,7 | Bajo 2,0 |

La tercera de las variables evaluadas fue la calidad ambiental de los predios adyacentes a las fincas, que guarda relación con los dos anteriores y da cuenta de la calidad del paisaje en el que se encuentra el agroecosistema. En ese sentido, paisajes más heterogéneos contendrán muchos tipos diferentes de coberturas vegetales (e.g. cultivos, pastos, huertos) que se distribuyen en un patrón complejo e intercalan con otros tipos de cobertura más "naturales", (e.g. praderas no pastoreadas, humedales, bosques) (Fahrig *et al.*, 2011), que posibilitan el incremento de la biodiversidad funcional¹⁷.

¹⁷ La diversidad funcional se refiere a aquellos organismos no cultivados o criados, que circulan y se encuentran presentes en los agroecosistemas como parte del sistema ecológico en el que estos están

En tal sentido, se valoraron como de muy alta calidad los parches de vegetación natural, seguidos por aquellos con coberturas como cultivos diversificados o pastos con setos y arboles; los monocultivos y potreros desprovistos de árboles se consideraron de calidad media; predios urbanizados, fuertemente erosionados o de monocultivo con uso intensivo de agroquímicos se consideraron de baja calidad, y aquellos donde se desarrollan actividades industriales o de explotación minera fueron calificados como de muy baja calidad.

En general, el 80% de los agroecosistemas presentan una EAP predominantemente baja a media en ambas localidades, ya que, si bien se han implementado barreras vivas y setos en la mayoría de las fincas, estos son todavía insuficientes para generar una buena conectividad dentro de los predios y de éstos con el paisaje. Destacaron en este componente las fincas San Luis (Guasca) y El Sauce (Paipa), que cuentan con elementos de conectividad de buena calidad (gran cantidad de árboles y corredores de vegetación circundante), así como predios adyacentes con coberturas naturales o seminaturales.

3.4.7. Aspectos Sociales

En el primer capítulo se desarrolló la idea de que la resiliencia, desde un enfoque ambiental complejo, no puede ser entendida a profundidad si se la aborda única o principalmente a partir de los elementos y las dinámicas biofísicas, mientras que la dimensión cultural –en su sentido más amplio– es tenida en cuenta sólo de manera subsidiaria.

Como lo expone Ribot (2010), el tipo de análisis sobre vulnerabilidad, riesgo y resiliencia más extendido se centra en identificar qué lugares pueden verse afectados por un cambio climático bajo unas circunstancias dadas (un determinado nivel de exposición y una capacidad de respuesta). Sin embargo, rara vez se explica por qué estos lugares, personas o ecosistemas son sensibles o carecen de resiliencia. En contraste, los enfoques de derechos de acceso y medios de vida, apuntan principalmente a las causas de la vulnerabilidad, poniendo un acento mucho mayor en el sistema social, y tienen por lo general, un énfasis en las poblaciones vulnerables (mujeres, niños, grupos marginalizados).

Los análisis deben entonces tener en cuenta tanto los factores biofísicos como los sociales, entendiendo la relación compleja y no lineal existente entre unos y otros, sin dejar de insistir en que lo que apunta Adger (2006): la vulnerabilidad a los cambios ambientales no existe –y no puede comprenderse– de forma aislada de la economía política del uso de

inmersos, y que contribuyen a la productividad a través de la polinización, control biológico, descomposición, etc.

recursos; ésta se debe a la acción humana accidental o deliberada, que no sólo determina las interacciones con los sistemas físicos y ecológicos, sino que también refuerza determinadas formas de distribución de poder.

Dentro de este marco de análisis se evaluaron diferentes aspectos sociales, económicos y políticos que son fundamentales para tener una visión completa de la resiliencia de los agroecosistemas frente a la variabilidad y el cambio climático.

Como ya se ha dicho, buena parte de las variables evaluadas a continuación son coincidentes con los enfoques metodológicos de los análisis de medios de vida (ver FAO, 2013, 2014b; Tiftonell *et al.*, 2005; 2010), ya que apuntan a identificar en qué medida aspectos como la composición familiar, las fuentes de ingreso, el acceso a servicios, el tamaño de los predios, el nivel educativo, entre otros, se conectan e inciden en mayores o menores niveles de resiliencia de los agroecosistemas.

En las Tabla 20 y Tabla 21 se calificaron un total de 16 variables relativas a las características socioeconómicas de los hogares¹⁸, tales como la composición y edades de los miembros, el tipo de tenencia y acceso a la tierra, las fuentes de ingreso y acceso a crédito, el tiempo de permanencia en la zona, así como aspectos de contexto como la cercanía a vías de acceso y la seguridad, el nivel de educación, conocimiento sobre variabilidad climática y asociatividad productiva.

La composición familiar y la edad son muy relevantes, particularmente en el contexto rural, debido a que determinan la proporción de mano de obra familiar disponible, el nivel de ingresos, la capacidad de diversificar los medios de vida, y por lo tanto, favorecen o dificultan la respuesta del hogar frente a factores de estrés.

Aquellos hogares con madre cabeza de hogar y varios niños como (La Magnolia), así como individuos solos (El Molino), parejas de ancianos u con hogares pequeños donde algún integrante tiene una discapacidad completa (Bella vista), fueron calificados como de menor nivel de resiliencia, debido a su alta vulnerabilidad frente a situaciones adversas. De otro lado, aquellos hogares compuestos mayoritariamente por adultos en edad altamente

¹⁸ En este trabajo se asume el concepto de hogar como el conjunto de personas que come de la misma olla y tiene un interés común en perpetuar y mejorar su estatus socioeconómico de una generación a otra.

productiva (25-50 años) se consideraron hogares maduros¹⁹ (fincas San Luis, La María, Betania, El Sauce, Casa vieja y San Antonio).

Tabla 20: Resiliencia - Componente No. 7: Aspectos Sociales

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Composición familiar | 5 | 2 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| Edad hogar | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| Nivel más alto de educación | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| Tiempo de permanencia | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Seguridad en la zona | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Acceso a vías | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| Conocimientos en var. climática, adap/mitig | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| Subtotal componente | Muy alto 4,4 | Alto 3,4 | Muy alto 4,1 | Alto 3,9 | Alto 3,4 | Muy alto 4,1 | Muy alto 4,1 | Alto 3,3 | Alto 3,7 | Alto 3,7 | Muy alto 4,1 | Medio 3,0 |

El caso de la finca El Morro merece un tratamiento aparte, debido a que éste agroecosistema se encuentra en el límite de lo que puede considerarse un sistema de producción campesino y uno de producción capitalista, atendiendo a los rasgos característicos que se esbozaron en el marco conceptual.

En este caso, el dueño del predio no habita permanentemente en la finca, aunque es él quien toma las decisiones de manejo y comercialización, mas éstas se hallan principalmente mediadas y orientadas hacia el mercado, y no al autoconsumo y al sostenimiento del hogar, que se encuentra deslocalizado del predio. Al mismo tiempo, una familia campesina que también tiene su vivienda en el predio, en lo que podría denominarse como una condición semejante a la de aparceros o agregados, es la que provee la mayoría de la mano de obra en el predio e implementa las prácticas de manejo agroecológicas en la finca. Con base en lo anterior, en el caso de ésta finca se evaluó la resiliencia del agroecosistema a partir de las condiciones y relaciones socioeconómicas del dueño del predio, y no de la familia de agregados que vive y labora en ella, puesto que las decisiones de mitigación, adaptación y afrontamiento recaen fundamentalmente en éste.

El tiempo de permanencia en el predio guarda relación con el conocimiento que tienen los agricultores de sus propias fincas (e.g. cómo varían los suelos en diferentes sectores del

¹⁹ Crowley (1999) citado por Tittonell *et al.* (2010) plantean que los hogares rurales tienden a atravesar un proceso de expansión de su base de recursos que va del establecimiento a la madurez en estrecha relación con la edad de la jefatura del hogar.

predio), así como de su entorno ambiental (e.g. dinámicas microclimáticas del área, amenazas locales) y social (e.g. vecinos, redes comunitarias, etc.), lo cual influye en la capacidad de respuesta y adaptación frente a tensiones climáticas sobre el sistema productivo y el hogar. En ningún caso, el tiempo de permanencia fue inferior a 5 años, y aunque en la Tabla 20 no se especifica, en Paipa-Duitama 5 de las 6 familias han vivido toda su vida en el municipio y sólo una (Mis Sueños), no es oriunda del medio rural.

En Guasca, por el contrario, solo tres fincas (La María, Alsacia y San Luis) pertenecen a familias campesinas de características similares a las descritas en Boyacá, mientras que las tres restantes (El Morro, Alsacia y Betania) hacen parte de familias que tienen un tiempo relativamente corto practicando la agricultura, provenientes de la ciudad y cuyo origen no es campesino. Se trata de un fenómeno social al que se ha denominado bajo el concepto de neorrurales, que en términos gruesos denota aquellas personas, sin distinción de edad, sexo, que viviendo solos, en pareja o comunidad, abandonan su medio social, profesional y residencial urbano por decisión voluntaria y se dirigen al campo para ejercer, de forma exclusiva o parcial, actividades agropecuarias o artesanales en zonas rurales (Méndez Sastoque, 2013; Nogué, 1988).

Por otra parte, el acceso a vías y la seguridad de la zona, inciden en el acceso del hogar a los mercados, median en la facilidad para comercializar los productos, afectan las posibilidades de los miembros para desplazarse a los centros poblados cercanos y acceder a bienes y servicios de diversa índole, así como a fuentes de empleo alternativas. En las fincas estudiadas el acceso es en todos los casos alto a muy alto, además de que todos los predios se encuentran a distancias relativamente cortas (30 minutos o menos) de las cabeceras municipales.

En cuanto al nivel de educación de los hogares, aunque éste por lo general se evalúa a partir de los años de escolaridad de la jefatura del hogar, teniendo en cuenta la dinámica de los hogares rurales en los que muchas de las labores de producción, aporte de ingresos y toma de decisiones son compartidas por los miembros económicamente activos, se consideró más adecuado usar el máximo grado de escolaridad de cualquiera de los miembros permanentes del hogar. Todos los hogares estudiados salvo dos (La Magnolia y El Molino) tienen miembros con grado técnico o superior, aunque éste último nivel de formación sólo se encontró en los hogares de Guasca, coincidiendo con las familias provenientes de la ciudad.

El nivel educativo incide de muy diversas formas en los hogares, y aunque no es posible establecer una relación lineal entre mayores tiempos o niveles de escolaridad y bienestar, y hay evidencia que muestra que los retornos de la educación en las áreas rurales tienden a ser inferiores que en contextos urbanos (Peet *et al.*, 2015), es indudable que mayores niveles de educación tienen en general un impacto positivo en los ingresos y la calidad de vida de las familias directa e indirectamente.

La educación en los hogares ejerce también una influencia importante en la diversificación de los medios de vida, ya que crea oportunidades para participar en actividades no agrícolas de mayor rentabilidad; más aún, la falta de educación puede crear barreras derivadas del hecho de que los trabajadores calificados perciben ingresos relativamente altos, mientras que los no calificados y sin educación dependen en gran medida del pago de mano de obra asalariada ocasional, que es mucho más bajo, especialmente en el ámbito rural (Senadza, 2012; Yúnez & Taylor, 2001).

El Programa Mercados Campesinos reportó que un 24% de los agricultores participantes del proceso, provenientes de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Meta y Tolima, cuentan con primaria completa, el 23.7% con primaria incompleta, el 22,1% con secundaria incompleta y el 16,2% cuenta con estudios de educación superior, principalmente a nivel técnico y tecnológico (12,6%). Sólo el 3,6% tiene estudios universitarios, de los que menos de la mitad cuentan con el título profesional (1,62%), lo cual se corresponde con los cálculos del Departamento Nacional de Planeación (DNP) para la población rural colombiana: 5 años promedio de educación para personas mayores de 15 años, siendo ligeramente superior el tiempo de formación en las mujeres (Parrado *et al.*, 2012).

3.4.8. Aspectos Económicos

La tenencia y el acceso a la tierra es un problema central e histórico de la Colombia rural, y, de hecho, explica en buena medida el surgimiento y perpetuación de los conflictos armados en Colombia durante los últimos 50 años. Por tal razón, las dos primeras variables económicas evaluadas fueron el área de los predios y el tipo de relación de propiedad de los agricultores y sus fincas.

Tabla 21: Resiliencia - Componente No. 8: Aspectos Económicos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|--|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Área del predio | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Tenencia de la tierra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Fuentes de ingreso adicionales | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| Capacidad de ahorro | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| Acceso a crédito | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| Autoconsumo (% de la canasta de alimentos que cubre con producción propia) | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 |
| Mano obra contratada | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Asociatividad productiva | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Subtotal componente | Alto 3,6 | Medio 2,9 | Alto 3,4 | Medio 2,8 | Alto 3,6 | Alto 3,4 | Medio 2,9 | Medio 2,5 | Medio 2,3 | Alto 3,1 | Medio 2,9 | Bajo 1,9 |

Ya que el tamaño de las fincas como único criterio no toma en cuenta las heterogéneas calidades de la tierra (impide diferenciar los rendimientos de pastos naturales, tierras aptas para cultivo sin riego o con riego, tierras no utilizables para la actividad agropecuaria, etc.), y puede conducir a una simplificación excesiva pues deja por fuera la aptitud y vocación del suelo (Maletta, 2011), se usó el concepto de Unidad Agrícola Familiar (UAF) para calificar esta variable.

La UAF es una unidad de medida económica que expresa la extensión de tierra (ha) que, de acuerdo a las condiciones agroecológicas de la zona en que está ubicada y con tecnología adecuada, permite a una familia remunerar su trabajo, tener una vida digna, logrando la sostenibilidad de su actividad productiva y disponer de un excedente capitalizable, totalizando ingresos netos no inferiores a 2 ni superiores a 2,5 salarios mínimos legales mensuales vigentes (MinAgricultura, 2013).

Aunque en términos técnicos la UAF puede variar de manera significativa de una zona a otra de acuerdo con la topografía, las características del suelo, etc., dado que no se cuenta con información precisa al respecto, se usaron valores de UAF estándar para cada una de las dos zonas de estudio a partir de información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Para los municipios de Paipa y Duitama la UAF es de 5 a 7 ha (Gobernación de Boyacá, 2011), y para Guasca (Alcaldía de Guasca, 2013), de 2 a 4 ha para terrenos planos y 15 a 21 ha en terrenos quebrados u ondulados.

A partir de esta definición, se delimitó la calificación del tamaño de los predios en función de si se encontraba por debajo o por encima de la UAF, es decir, si la extensión de la tierra es suficiente para sustentar los medios de vida de los hogares campesinos, de manera que aquellos predios con un tamaño inferior a 1 UAF obtuvieron calificaciones muy baja y baja, 1 a 2 UAF media, y por encima de 2 UAF alta y muy alta.

Sólo dos de los predios (El Morro y San Luis), ambos pertenecientes a la localidad de Guasca, superan -escasamente- la UAF, mientras que el resto de predios tiene una extensión inferior a media UAF; esta condición es particularmente marcada en la localidad Paipa-Duitama, donde predominan los mini y microfundios. Esto implica que ninguno de estos hogares cuenta con tierra suficiente para sustentarse exclusivamente a partir de las actividades agropecuarias, lo cual juega en contra de la sostenibilidad de las actividades agrícolas en el mediano y largo plazo.

Esto coincide con lo reportado por la literatura, pues la agricultura campesina en Colombia está típicamente sustentada en el mini y microfundio, especialmente en los departamentos de Cauca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Cundinamarca, Caldas y Santander (MinAgricultura, 1995 citado por IGAC, 2012).

Todos los agricultores participantes del estudio son dueños de los predios en que viven y trabajan. Dentro del Programa Mercados Campesinos, el 85% de los hogares campesinos encuestados tienen algún tipo de acceso a la tierra (propiedad, arriendo, usufructo, ocupación de hecho), de 2 hectáreas en promedio para el caso de los predios propios, y un 15% restante no tiene acceso a la tierra; de la extensión total, el porcentaje promedio del predio que los productores encuestados destinan a cultivos es de un 74% en Cundinamarca y 66% en Boyacá (Parrado *et al.*, 2012). Igualmente, poco más del 60% de los productores de papa de Boyacá poseían menos de una ha. de cultivo y cerca del 78% menos de 3 ha (Barrientos & Torrico, 2014).

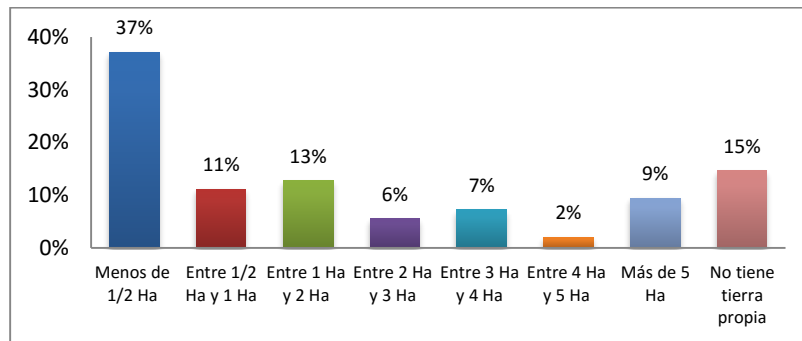


Figura 26: Distribución de los hogares según la extensión de tierra propia - Mercados Campesinos Región Central 2012. Fuente: Encuesta de hogares Línea de Base (Parrado *et al.*, 2012).

Esta condición de relativa escasez de tierra sobre la cual se desarrolla la agricultura campesina puede explicar, al menos en parte, la creciente tendencia a la diversificación de los medios de vida rurales, si bien no se pueden desconocer otras varias presiones importantes relativas a las políticas macroeconómicas en materia agrícola, las fluctuaciones de precios o las dificultades de acceso a tierra y capital de los pequeños agricultores.

Como se afirmó anteriormente, aunque los recursos naturales siguen siendo bienes de subsistencia importantes para los hogares rurales, existe una tendencia marcada a no depender exclusivamente de la agricultura y/o la extracción de recursos naturales. En ese sentido, los ingresos derivados de la explotación de la venta de mano de obra o la comercialización de productos y servicios han venido cobrando una importancia creciente para los hogares rurales pobres (Johnson *et al.*, 2009), de manera que los hogares campesinos continúan produciendo alimentos básicos para el consumo doméstico y la comercialización, pero obtienen simultáneamente ingresos de otras fuentes, como consecuencia de lo limitado de sus ingresos, la falla o difícil acceso a mercados y crédito, entre otros (Yúnez-Naude & Taylor, 2001).

En el hogar campesino, la familia es empleada de sí misma y eventualmente debe completar sus ingresos consiguiendo empleo en otras unidades económicas o por el contrario, requiere de contratar trabajo asalariado para completar las labores del proceso

de producción en la propia parcela (Ordóñez *et al.*, 2011). En tal sentido, los ingresos no agrícolas y el empleo, las actividades económicas diversificadas y la propiedad de ganadería tienden a estar asociados con mayores niveles de bienestar²⁰ (Mulligan *et al.*, 2010).

Los sistemas de producción campesinos son viables en términos económicos, pero visto a partir de los ingresos totales generados por los sistemas de producción agropecuarios campesinos, en muchos casos no se alcanza el salario mínimo anual (Forero, 2003). En ese sentido, Chaparro (2013) plantea que, si bien los ingresos totales y promedio de familias campesinas en varios departamentos de la región central son altos en términos monetarios y económicos (3,6 s.m.m.l.v. y 4,5 s.m.m.l.v. respectivamente), pero esto se hace sobre la base de la subremuneración del trabajo familiar (de entre 35 y 73% en agroecosistemas similares a los estudiados en este trabajo), así como los insumos obtenidos de la finca (afectación de su patrimonio natural).

Esta es quizás una de las razones más fuertes para que los hogares campesinos se vean obligados a recurrir a fuentes no agrícolas de ingresos, esto es, a diversificar de manera forzosa sus medios de vida, en la medida en que el trabajo y tiempo invertido en las labores agrícolas presenta tasas de retorno demasiado bajas.

Ya que en esta metodología los ingresos de los hogares -tanto agrícolas como extraprediales- no son cuantificados, se emplean en su lugar cinco variables que combinadas reflejen de manera aproximada la capacidad económica del hogar para afrontar situaciones de estrés, a saber: fuentes de ingreso adicionales, mano de obra contratada, nivel de ahorro, acceso a crédito y autoconsumo.

Congruentemente con lo que ya se ha expuesto sobre la diversificación de medios de vida, en todos los 12 sistemas productivos, los hogares participantes del estudio manifestaron tener una o más fuentes de ingreso no agrícolas percibidas por la jefatura del hogar y uno o más miembros, entre las que se cuentan pensiones por vejez, remuneración por trabajo profesional y técnico, pequeños locales comerciales de víveres, venta de mano de obra no calificada en municipios aledaños, confección y venta de artesanías, y trabajo auto remunerado en el sector transporte.

²⁰ Mulligan *et al.* (2010) anotan también que una actividad clave en la reducción de la pobreza en las cuencas de varios países de la región andina, incluida Colombia, ha sido la producción lechera, a lo cual se suman otras actividades como la fabricación de bienes artesanales y textiles, y la siembra de cultivos de alto valor.

En los hogares encuestados por el Programa Mercados Campesinos, en promedio el 41% de los ingresos proviene de actividades agropecuarias. Si estos resultados se comparan con los de gasto, se observa una alta vulnerabilidad financiera de esta población, ya que los gastos promedio de los hogares encuestados son de 856.430 pesos, cifra superior en 4% al ingreso promedio. El departamento de Cundinamarca presenta el mayor porcentaje de ingreso agropecuario, el cual corresponde a un 48%, estableciendo una brecha con el resto de zonas encuestadas, cuyos porcentajes no superan el 30% (en Boyacá fue tan solo del 29%) (Parrado *et al.*, 2012).

Se trata pues de una tendencia que se repite en la mayor parte de los países de la región, donde la participación de las actividades no agrícolas en el ingreso del agricultor familiar se ha incrementado en forma progresiva. Ello podría significar que una proporción de agricultores familiares abandone las actividades agroproductivas, poniendo de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas productivos en manos de la agricultura familiar y, en consecuencia, contribuyendo a una mayor fragilidad de los índices de seguridad alimentaria (FAO, 2014a).

Por otra parte, la mano de obra contratada en los agroecosistemas es en general escasa y consiste por lo general en uno o dos trabajadores esporádicos, fundamentalmente mano de obra no capacitada (jornaleros) para labores de desyerbe, siembra, cosecha y labranza. Sólo en una de las fincas (El Morro) se tienen más de 5 trabajadores permanentes, y únicamente en dos se ha contratado personal técnico profesional (agronomo) (El Morro y Alsacia), mismas en donde se registran niveles socioeconómicos más elevados. Esto es de esperar teniendo en cuenta la pequeña extensión de las áreas cultivadas y el nivel de ingresos percibidos por cuenta de las actividades agrícolas.

Así mismo, todos los agricultores manifiestan que en los últimos años se ha hecho muy difícil conseguir mano de obra con experiencia para el trabajo rural, probablemente presionado por la migración laboral, cada vez más frecuente en los jóvenes del campo, hacia las áreas urbanas.

En relación con el autoconsumo, éste se estimó en términos del porcentaje de la canasta de alimentos que dejaba de adquirir el hogar en el mercado por provenir directamente de la finca. El autoconsumo se ubicó en la mayoría de los hogares entrevistados en un nivel medio a alto (por encima del 10% del total de la canasta de alimentos, superando en algunos casos el 30%), que representa en promedio alrededor de \$300.000, una suma considerable para la economía de los hogares campesinos. Si bien se trata de un estimado grueso, coincide con lo reportado por Chaparro (2013), quien encontró que la producción agropecuaria en sistemas campesinos equivale en promedio a un 36% de los ingresos, y Pirachicán (2015), quien para fincas campesinas ecológicas encontró que el autoconsumo económico osciló entre el 14 y el 46% mensualmente.

En cuanto al acceso a crédito²¹ y la capacidad de ahorro, éstos se ubicaron en niveles medios a altos en los hogares de Guasca, mientras que en Boyacá sólo una de las familias (Bella vista) tiene un nivel de ahorro medio, tres bajo (El Sauce, Mis Sueños y San Antonio) y dos muy bajo (La Magnolia y Bella vista), mostrando correlación fuerte de ingresos, ahorros y acceso a crédito con otras variables como los niveles de ingresos adicionales y una composición familiar vulnerable.

3.4.9. Aspectos Políticos e Institucionales

Debido a que las respuestas sociales y biofísicas frente a las situaciones de shock o estrés se retroalimentan entre sí, las estrategias de afrontamiento y adaptación pueden tener resultados y consecuencias muy diferentes dependiendo de si se trata de acciones autónomas o planificadas, públicas o privados, individuales o institucionales, tácticas o estratégicas, de corto o largo plazo, preventivas o reactivas (Turner *et al.*, 2003).

Así, mientras que algunos factores determinantes de la capacidad de adaptación son principalmente locales (e.g. la presencia de una fuerte red de parentesco o comunal), mientras que otros reflejan los sistemas institucionales y políticos de mayor escala (e.g. la disponibilidad de seguros de cosechas, programas e infraestructura de reducción del riesgo de desastres) (Smit & Wandel, 2006).

En ese sentido, las realidades políticas, sociales e institucionales en las que se desenvuelven los agroecosistemas y los agricultores, influyen de manera muy significativa el nivel de conocimiento, preparación y capacidad de respuesta de los hogares y comunidades, así como la acción articulada y coherente de las instituciones a nivel municipal, regional y nacional frente a las amenazas.

En la Tabla 22 se valoraron tres aspectos relacionados: 1) vinculación de los agricultores a una o varias organizaciones sociales o gremiales, tales como juntas de acción local, organizaciones campesinas de primer, segundo o tercer grado, comités de usuarios o acueductos rurales, etc.; 2) capacidad de liderazgo de la o el agricultor en su comunidad; y

²¹ En 2008 y 2009, apenas del 8,4% al 9,8% de los campesinos tuvo acceso al crédito bancario y recibió entre el 17,6% y 19% de los préstamos agropecuarios (Forero, 2010). Y si bien en la última década el crédito a los pequeños productores se ha incrementado, sigue existiendo un problema estructural de acceso, pues estos indicadores no son consecuentes con los aportes a la producción y las áreas que manejan los campesinos, por lo que el desarrollo de los medios de vida del campesinado sigue estando fuertemente limitado por la falta de capital, en tanto que la precariedad de recursos lo hace más vulnerable al mercado (PNUD, 2011b).

3) Conocimiento de los derechos y deberes, con especial énfasis en los derechos de la mujer rural.

Tabla 22: Resiliencia - Componente No. 9: Aspectos Políticos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Pertenece a organización | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Liderazgo | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| Conocimiento derechos y deberes | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 5 | 4 | 3 |
| Subtotal componente | Medio 2,7 | Bajo 2,0 | Medio 2,7 | Medio 2,7 | Medio 2,7 | Medio 3,0 | Alto 4,0 | Medio 2,7 | Alto 3,3 | Muy alto 5,0 | Alto 3,7 | Alto 3,3 |

Se presentaron diferencias marcadas entre Guasca y Paipa-Duitama en el aspecto organizativo, debido a que la mayoría de los agricultores de esta segunda localidad se encuentran vinculados o son muy cercanos a la organización campesina Fundación San Isidro, además de ser participantes de Mercados Campesinos en Bogotá y otros mercados locales que sea realizan en municipios como Paipa y más esporádicamente en Tunja y Duitama.

Ésta es una de las grandes fortalezas de los agricultores del departamento de Boyacá donde el papel jugado por la Fundación San Isidro ha sido determinante para que las fincas hayan persistido y avanzado de manera sostenida en el proceso de transición agroecológica. Hay dos dinámicas muy importantes que son el resultado directo del trabajo de la organización que merecen ser destacados en relación con las estrategias de adaptación y mitigación de los impactos de la variabilidad climática.

El primero de ellos es un sistema de organización colectiva de la producción, que consiste en que cada agricultor asume tres cultivos principales, en función tanto de las características agroecológicas de las fincas como de las necesidades de los mercados, de tal manera que se garantice una oferta diversificada de productos al tiempo que se eleva la calidad de los mismos. Para este proceso la Fundación ha dispuesto a una persona que realiza permanente asesoría y acompañamiento técnico en agricultura ecológica.

En segundo lugar, resultan ser sumamente relevantes los espacios de reunión, formación en temas agrícolas, organizativos y políticos, así como los lazos de amistad y solidaridad que se tejen entre los miembros, siendo este el aspecto principal que dinamiza el intercambio entre los agricultores, desde las semillas, pasando por las prácticas y la recuperación del conocimiento tradicional.

El nivel de organización en el municipio de Guasca es incipiente y en el caso concreto de los agricultores participantes del estudio, está dado fundamentalmente alrededor de Agregua (Asociación de Granjeros Ecológicos de Guasca), cuyos esfuerzos han girado alrededor de la comercialización de un porcentaje de la producción de los asociados, la

fabricación de salsas, lácteos y mermeladas, y el proceso de (re)certificación orgánica, más no existe formación ni intercambio permanente de conocimientos o experiencias más allá de estos aspectos.

La asociatividad y gestión comunitaria de los recursos ha demostrado ser una fuerza potente y eficaz, generando soluciones concretas para las comunidades frente a la debilidad o negligencia institucional, pero su éxito depende directamente de la capacidad organizativa de las comunidades, su nivel de formación y empoderamiento.

Un ejemplo de lo anterior son las asociaciones autónomas de usuarios de agua, que en Colombia gestionan cerca del 41% del recurso hídrico de la población rural, organizaciones en su mayoría informales, que cobran una pequeña tarifa a los miembros de la comunidad para el mantenimiento de tanques y tuberías (Murtinho *et al.*, 2013), y que a pesar de que en muchos casos no realizan tratamiento o potabilización del agua, han permitido mitigar la precariedad de acceso en amplias regiones del territorio nacional.

Aun cuando entre los hogares estudiados no hubo ningún caso de propiedad comunal o tierras trabajadas colectivamente, se consideró éste tipo de propiedad como el más alto nivel de cara a la evaluación de la resiliencia, por cuanto la existencia de fuertes lazos de amistad, las iniciativas de desarrollo colectivo y la formación en el trabajo colectivo influyen directamente en la manera en que se afrontan situaciones críticas.

De hecho, la propiedad y el trabajo individual de la tierra puede incidir en el reforzamiento de determinadas prácticas de baja resiliencia. Varios trabajos han encontrado, por ejemplo, que el uso desmedido de pesticidas y herbicidas se refuerza entre agricultores individuales, debido a que éstos tienden a ajustarse fuertemente al comportamiento de sus pares (norma social descriptiva²²); en otras palabras, los agricultores que creen que otros agricultores estaban aplicando pesticidas intensivamente eran más propensos a adoptar el mismo tipo de uso intensivo (Feola & Binder, 2010). Los mismos autores encontraron que la fragmentación de las propiedades e correlaciona con la cantidad de fungicidas e insecticidas empleada por los agricultores: al encontrarse las pequeñas parcelas distantes unas de otras, se dificulta la utilización de sobrantes en otro predio y por tanto se termina aplicando de manera excesiva en una sola, aun cuando no sea estrictamente necesario.

²² Una norma social descriptiva hace referencia a cuál es la conducta que un determinado grupo de personas espera de un individuo en una situación dada.

Respecto al grado de presencia e incidencia que tienen diversas instituciones en las fincas de estudio, se encontró que la presencia del Estado (secretarías municipales, gobernaciones y entidades de orden nacional) es baja a media en Paipa-Duitama, mientras que en Guasca se calificó como media en los seis predios estudiados.

Tabla 23: Resiliencia - Componente No. 10: Aspectos Institucionales

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Presencia del Estado | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Presencia ONGs | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Presencia Universidades | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Acceso a capacitaciones, extensión y/o asistencia técnica | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Subtotal componente | Alto 3,3 | Alto 3,3 | Medio 3,0 | Alto 3,3 | Medio 3,0 | Alto 3,3 | Alto 3,8 | Medio 2,5 | Alto 3,3 | Alto 3,5 | Alto 3,5 | Alto 3,3 |

La presencia y acompañamiento de ONGs y Universidades es alta en la mayoría de las fincas de Paipa y Duitama, como resultado directo de los convenios y relaciones establecidas a lo largo de los años por parte de la Fundación San Isidro, gracias a lo cual se han realizado diversos proyectos, investigaciones académicas e iniciativas de emprendimiento comunitario, entre las que se incluye el presente estudio. No obstante, en Guasca también se reportaron diversas alianzas entre los productores e instituciones educativas y ONGs, aunque en este caso no canalizados a través de una organización sino de manera individual con cada productor.

El 80% de las fincas de Paipa-Duitama y el 50% de Guasca reportó haber tenido acceso alto a espacios de capacitación técnica y/o actividades de extensión durante el último año, y las restantes, a excepción de la finca Mis Sueños, reportaron acceso medio, realizadas fundamentalmente en el marco de las propias dinámicas organizativas en el caso de la Fundación San Isidro, así como a través de las alianzas y convenios con ONGs y Universidades, y en mucho menor medida, con instituciones estatales.

3.4.10. Aspectos Tecnológicos

El último componente evaluado fue el tecnológico, que incluyó aspectos como las instalaciones, el acceso a servicios públicos, la maquinaria y los equipos agrícolas con que cuentan las fincas y el grado de conectividad a medios de comunicación de los hogares.

Las diferencias en términos de las instalaciones y el acceso a maquinaria fueron importantes entre localidades. En Guasca, la mayoría de las fincas (El Morro, San Luis, Alsacia, La María y El Molino) cuenta con uno y hasta tres invernaderos dentro del predio (El Morro), cada uno de ellos con sistemas de riego por goteo tecnificado (Figura 27), y tres de ellas (El Morro, Alsacia y San Luis) cuentan con instalaciones de poscosecha, que permiten una mejora de la productividad, calidad y oferta de productos para la

comercialización que redunda en mejores ingresos. Entre tanto, sólo una de las fincas de Paipa y Duitama cuenta con un invernadero (comunitario) de pequeña escala (20 m²), ninguna tiene riego tecnificado ni dispone de áreas acondicionadas para la poscosecha.

Tabla 24: Resiliencia - Componente No. 11: Aspectos tecnológicos

| Localidad Fincas | Guasca | | | | | | Paipa-Duitama | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Instalaciones | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Acceso a servicios públicos | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| Acceso a maquinaria o equipos agrícolas | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Conectividad / acceso a medios de comunicación | 5 | 2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| Subtotal componente | Muy alto 4,8 | Medio 3,0 | Alto 3,5 | Medio 2,5 | Alto 4,0 | Alto 3,8 | Alto 3,5 | Medio 2,5 | Medio 2,3 | Medio 3,0 | Medio 3,0 | Medio 2,5 |

El uso de maquinaria o equipos agrícolas fue en general muy escaso en todas las fincas, y donde se emplea, se reduce a sistemas de bombeo para conducción y aspersión del agua, ya que, dado el enfoque ecológico de manejo de suelos, así como las limitaciones físicas de algunos de los predios, el laboreo del suelo es manual y sólo en casos esporádicos se recurre al uso del tractor en las fincas de zonas planas (El Morro y Betania).



Figura 27: Invernaderos con sistemas de riego por goteo en la finca La María (izq.) y El Morro (der.)

Los invernaderos y el riego representan quizás una de las formas más tecnificadas en las que los agricultores hacen frente a la variabilidad climática, en la medida en que les permite amortiguar las condiciones climáticas externas y mantener niveles relativamente estables de producción. No obstante, el costo de instalación y mantenimiento de este tipo de instalaciones es alto y demanda de asistencia técnica especializada, siendo estas las

principales barreras que impiden a los pequeños agricultores campesinos de Boyacá implementarlos en sus agroecosistemas.

El acceso a servicios públicos y la conectividad de los hogares fue en general medio a alto, ya que tanto en Guasca como en Paipa y Duitama las fincas de estudio se encuentran en veredas cercanas a las cabeceras municipales; sólo en un predio de Guasca (finca La María) no hay acceso a telefonía, gas ni alcantarillado, por lo cual fue calificado como bajo en acceso a servicios públicos.

Finalmente, la conectividad de los hogares es mayor en las fincas de Guasca, y está correlacionada con el nivel educativo, el ingreso de los hogares y la composición familiar en términos de la presencia de jóvenes o adultos con algún nivel de formación técnica o profesional que tengan acceso a las nuevas tecnologías de la información.

3.4.11. Resiliencia global de los agroecosistemas

La calificación global de la resiliencia de las fincas, es decir, la sumatoria de los valores obtenidos en cada finca para las 58 variables correspondientes a los 11 componentes evaluados, arrojó los siguientes resultados presentados en la Tabla 25.

En general, todas las fincas se ubicaron en niveles de resiliencia medios a bajos, que varían entre puntajes de 2,91 y 3,78. En general, fueron un poco mayores las calificaciones de las fincas de Guasca, siendo el promedio 3,53, mientras que para Paipa y Duitama el promedio se ubicó en 3,18.

Tabla 25: Calificación global de la resiliencia de los agroecosistemas

| Localidad | Fincas | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|------|-------|------|------|------|-----------------|------|--------|-------|------|------|
| | Guasca | | | | | | Paipa - Duitama | | | | | |
| Componente | EMor | EMol | SLuis | LMar | Als | Bet | ESau | MSue | BellaV | CasaV | SAnt | LMag |
| Calificación Global | 3,74 | 3,28 | 3,69 | 3,17 | 3,48 | 3,45 | 3,45 | 2,88 | 2,97 | 3,31 | 3,22 | 2,83 |

Se presentaron condiciones contrastantes entre localidades en las condiciones físicas, de suelos, manejo de suelos y EAP, todos los cuales obtuvieron calificaciones más altas en Guasca respecto a Duitama y Paipa, en tanto que en el componente político se presentaron mayores niveles en ésta última localidad.

Las fincas de Paipa y Duitama presentan limitaciones importantes en términos de su mayor exposición a amenazas climáticas, menor acceso a fuentes naturales y suministro de agua, menor capacidad económica de los hogares y restricciones concomitantes en términos de la adecuación de las instalaciones y las posibilidades de tecnificación en sus fincas.

Los agroecosistemas con calificaciones más altas fueron El Morro y San Luis con idénticos puntajes (3,74), siendo especialmente altas sus calificaciones en los componentes de

manejo de suelos y cultivos, condiciones socioeconómicas y tecnológicas, aspectos que probablemente estén generando retroalimentaciones positivas que fortalecen o amortiguan las debilidades en los demás componentes.

En el caso de las fincas de Boyacá, a pesar de las condiciones biofísicas más adversas, fincas como El Sauce y Casa Vieja logran incrementar sus niveles de resiliencia gracias a niveles socioeconómicos más altos de sus hogares, dinámicas de empoderamiento y liderazgo comunitario, lo cual es complementado mediante un manejo adecuado de cultivos, conservación de suelos y manejo del agua.

Las dos calificaciones más bajas, Mis Sueños y La Magnolia (2,88 y 2,83 respectivamente), como se discutió en el análisis detallado de los componentes, están probablemente relacionados en la primera de las fincas con el poco tiempo y experiencia de la familia en la producción agrícola ecológica, así como su nivel más bajo de vinculación a las dinámicas organizativas de las que participan las otras fincas de la zona. Por su parte, en la finca La Magnolia, las condiciones socioeconómicas de un hogar compuesto predominantemente por mujeres con bajo nivel de educación y niños, junto con un precario acceso a la tierra, bajos niveles de ingreso y pocas posibilidades de diversificación de sus medios de vida, juegan en contra de la resiliencia global del agroecosistema.

En un ejercicio similar, Córdoba-Vargas & León-Sicard (2013) evaluaron los niveles de resiliencia de seis fincas cafeteras (ecológicas y convencionales) a partir de componentes y variables semejantes a los usados en este trabajo, obteniendo niveles de resiliencia entre 2 y 4 (en una calificación de 0 a 5). Las fincas ecológicas obtuvieron calificaciones de 2.98, 3.14 y 3.91, muy cercanas a las obtenidas en este trabajo, lo cual podría ser un indicativo de que a pesar de la subjetividad que implica la calificación de las diferentes variables, la metodología aplicada permitiría obtener resultados consistentes en diferentes contextos agroecológicos.

4. Conclusiones

La totalidad de los agricultores participantes del estudio ha sufrido impactos asociados a fenómenos de variabilidad climática sobre sus cultivos, siendo la escasez de agua la causa más frecuente de pérdidas en producción e ingresos (localidad Paipa-Duitama), seguida de las heladas (ambas localidades), y las lluvias intensas e inundaciones (localidad Guasca). Frente a dichos impactos, en los 12 agroecosistemas estudiados se verificó la implementación de diversas estrategias de mitigación y adaptación, en términos tanto de las prácticas agroecológicas y el manejo de los aspectos biofísicos de los predios, como también de los medios de vida y las iniciativas de organización social y política campesinas.

La metodología empleada permitió hacer una valoración integral de las dimensiones biofísica y cultural de la resiliencia, así como de sus interrelaciones complejas. Las diferencias encontradas en términos de la resiliencia global de los agroecosistemas fueron relativamente pequeñas, ubicando a todas las fincas en niveles medios a bajos (calificaciones entre 3,74 y 2,83), siendo estos en general ligeramente superiores en la localidad Guasca (promedio 3,47) respecto a Paipa-Duitama (promedio 3,11). Esto se explica en parte por las similitudes en las condiciones biogeográficas, la escala de los sistemas de producción (fincas campesinas) y el tipo de manejo (agroecológico), comunes a todos los agroecosistemas estudiados.

En conjunto, el difícil acceso al agua en la localidad Paipa-Duitama, originado en una baja disponibilidad de fuentes superficiales, limitaciones en los sistemas de acueducto y la inexistencia de infraestructura de riego en las fincas, resulta ser uno de los aspectos que más peso tiene sobre su resiliencia. En contraste, en la localidad de Guasca se presentan condiciones más favorables ligadas a las características físicas de los predios, régimen climático, fertilidad de los suelos, acceso al agua e infraestructura de servicios, todo lo cual incide de manera importante en una menor vulnerabilidad de estas fincas a fenómenos de variabilidad climática, particularmente frente a períodos con precipitaciones deficitarias y de sequía.

En todas las fincas de estudio existe un alto grado de apropiación e implementación de los principios y prácticas agroecológicas, particularmente en lo referente al manejo de suelos y cultivos. Estos manejos probablemente estén repercutiendo positivamente en los niveles de fertilidad de los suelos (media a alta), que a su vez contribuyen a amortiguar las fluctuaciones climáticas y las limitaciones de agua para riego, al mejorar la capacidad de

retención de humedad del suelo. Asimismo, el manejo agroecológico parece estar estrechamente asociado a la prevención y control de enfermedades y plagas, cuya incidencia fue reportada como muy baja por todos los agricultores, ya que en ningún caso impactan de manera significativa los ingresos ni el autoconsumo.

La capacidad de los hogares para enfrentar los factores de estrés es media a alta, fundamentalmente por la vía de la diversificación de medios de vida. Variables socioeconómicas como el área del predio, las fuentes de ingreso adicionales, la composición y edad del grupo familiar, el nivel educativo, la mano de obra contratada, la capacidad de ahorro y el acceso a crédito, fueron en promedio superiores en la localidad de Guasca (niveles medios a altos) en comparación con los de las fincas de Paipa y Duitama (bajos a medios). No obstante, esta diversificación puede en realidad estar escondiendo una pérdida creciente de la participación de los ingresos agrícolas en los agroecosistemas estudiados.

El nivel socioeconómico de los hogares condiciona de manera significativa las posibilidades de implementación de estrategias para mitigar y adaptarse a los impactos de las fluctuaciones en el clima, mejorar la producción y diversificar la oferta. Ya que muchas de ellas dependen directamente de la mano de obra y capital disponibles en los hogares (e.g. aportes de materia orgánica al suelo; manejo de terrazas y coberturas; acceso a maquinaria y equipos agrícolas; cosecha de agua lluvia; almacenamiento en reservorios y tanques; sistemas de riego; invernaderos), la principal barrera para su adopción y escalamiento en sistemas de producción campesinos radica en el precario acceso a capital, financiamiento y asistencia técnica básica.

La organización y asociatividad mostraron ser factores de gran importancia para la resiliencia de los agroecosistemas. En el caso de los productores de la localidad Paipa-Duitama, éstas han redundado positivamente en una mayor capacidad y acceso de los productores y sus familias a formación, capacitación técnica, gestión de proyectos e incidencia en política pública, además de incrementar las posibilidades de diseñar y escalar estrategias de mitigación y adaptación mediante el trabajo colectivo orientado a la mejora de la infraestructura para cosecha de agua, construcción de invernaderos, creación de bancos de semillas, y el acceso a mercados, entre otros.

5. Bibliografía

Adeboye, O. B. (2015). *Sustainable Use of Land and Water under Rainfed and Deficit Irrigation Conditions in Ogun-Osun River Basin, Nigeria*. Tesis de grado para optar al título de Doctor. UNESCO-IHE Institute for Water Education. Recuperado de <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/2088244>

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281.

Alcaldía de Guasca. Decreto No. 006 de 2013 (2013). Guasca, Cundinamarca (Colombia): Alcaldía Municipal de Guasca.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). Plan Maestro de Abastecimiento de alimentos y seguridad alimentaria para Bogotá Distrito Capital. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21063>

Alinovi, L., D'Errico, M., Mane, E., & Romano, D. (2010). Livelihoods Strategies and Household Resilience to Food Insecurity: An Empirical Analysis to Kenya. European Commission.

Alinovi, L., Mane, E., & Romano, D. (2008). *Measuring Household Resilience to food insecurity: Application to Palestinian Households*.

Alliaume, F., Rossing, W. a. H., Tittonell, P., Jorge, G., & Dogliotti, S. (2014). Reduced tillage and cover crops improve water capture and reduce erosion of fine textured soils in raised bed tomato systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 183, 127–137.

Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 19–31.

Altieri, M. A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 1–24.

Altieri, M. A. (2008). *Small farms as a planetary ecological asset: five key reasons why we should support the revitalisation of small farms in the global south*. Penang, Malaysia: Third World Network. Recuperado de <http://www.twinside.org.sg/title/end/pdf/end07.pdf>

Altieri, M. A. (2009). El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En M. A. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 69–94). Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2011). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 1–13.

Altieri, M. A., & Koohafkan, P. (2008). *Enduring farms: Climate change, smallholders and traditional farming communities*. Penang, Malaysia: TWN. Recuperado de http://sa.indiaenvironmentportal.org.in/files/Enduring_Farms.pdf

Altieri, M. A., & León-Sicard, T. E. (2010). Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación

de un programa latinoamericano de agroecología. En T. E. León-Sicard & M. A. Altieri (Eds.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. (1a ed., p. Pp 11– 52.). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA.

Altieri, M. A., Monzote, F. F., Henao, A., Nicholls, C. I., León-Sicard, T. E., Vázquez, L., & Zuluaga, G. (2012). Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. REDAGRES.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*, XVI.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA*

Altieri, M. A., & Toledo, V. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, (July), 37–41.

Alzate-Atehortúa, B. E. (2008). *Diagnóstico de la Sostenibilidad Ambiental: bajo un enfoque sistémico de las interrelaciones sociedad-naturaleza. Base teórico-metodológica y aplicación a través de Indicadores Sistémicos Ambientales - ISA espaciales o de tercera generación*. Instituto de Estudios Ambientales - IDEA. Universidad Nacional de Colombia.

Anderson, E., Marengo, J., & Villalba, R. (2009). Consecuencias del Cambio Climático en los Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos de los Andes Tropicales. En H. Herzog, Sebastian K. Martinez, Rodney, Jtfrgensen, Peter M., Tiessen (Ed.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales* (pp. 1–22). Paris: IAI.

Ángel-Maya, A. (1993). *La trama de la vida. Bases ecológicas del pensamiento ambiental*. Bogotá: Dirección General de Capacitación - Ministerio de Educación Nacional Colombia - Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) - Universidad Nacional de Colombia.

Ángel-Maya, A. (1995). *La fragilidad ambiental de la cultura*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ángel-Maya, A. (1996). *El reto de la vida*. Bogotá, D.C.: ECOFONDO.

Ángel-Maya, A. (2003). *La diosa Némesis. Desarrollo sostenible o cambio cultural*. Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

Ángel-Maya, A. (2008). Medio ambiente urbano. *Gestión Y Ambiente*, (1), 21–52.

Astier, M., Speelman, E. N., López-Ridaura, S., Masera, O. R., & Gonzalez-Esquivel, C. E. (2011). Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(September), 37–41.

Ballesteros, E. A. (2006). Climatología de la Cuenca Alta del río Chicamocha. En *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca alta del río Chicamocha* (pp. 185–244). Tunja: Corpoboyacá, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.

Barkin, D. (2001). Superando el paradigma neoliberal: desarrollo popular sustentable.

Barlow, J., Gardner, T. A., Araujo, I. S., Avila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., ... Peres, C. A. (2007). Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(47), 18555–60.

Barnett, A. (1997). AIDS Briefs: Subsistence Agriculture (USAID Health and Human Resources Analysis and Research for Africa Project).

Barrientos, J. C., & Torrico, J. C. (2014). Socio-economic perspectives of family farming in South America: cases of Bolivia, Colombia and Peru. *Agronomía Colombiana*, 32(2), 266–275.

Benegas, L., Jiménez, F., Locatelli, B., Faustino, J., & Campos, M. (2009). A methodological proposal for the

evaluation of farmer's adaptation to climate variability, mainly due to drought in watersheds in Central America. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(2), 169–183.

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2003). Berkes, F., J. Colding, and C. Folke. 2003. Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. Cambridge University. *Ecology and Society*, 9(1).

Borsdorf, A., & Marchant, C. (2012). Agricultura Ecológica y Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca del Río Piedras, 74.

Bravo, I. del S., Arboleda, C. A., & Martin, F. J. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica Colombiana*, 63(2), 164–174.

Browne, M., Ortmann, G. F., & Hendriks, S. L. (2014). Household food security monitoring and evaluation using a resilience indicator: an application of categorical principal component analysis and simple sum of assets in five African countries. *Agrekon*, 53(2), 25–46.

Bustamante, M., Becerra, M. T., Cuesta, F., & Galmez, V. (2012). Acciones de adaptación promovidas por la cooperación internacional en los países andinos como respuesta a los impactos esperados del cambio climático MAC. En F. Cuesta, M. Bustamante, M. T. Becerra, J. Postigo, & M. Peralvo (Eds.), *Panorama andino sobre cambio climático Panorama andino. Vulnerabilidades y adaptación en los Andes Tropicales* (pp. 173–219). Lima.

Buytaert, W., Céleri, R., & Timbe, L. (2009). Predicting climate change impacts on water resources in the tropical Andes: Effects of GCM uncertainty. *Geophysical Research Letters*, 36(7), L07406.

Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A., & Céleri, R. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(7), 1247–1258.

Cairns, J. (1997). Defining goals and conditions for a sustainable world. *Environmental Health Perspectives*, 105(11), 1164–70.

Carrizosa, J. (2005). Notas alrededor de la Investigación Ambiental. *Gestión Y Ambiente*, 8(2), 7–23.

Ceccon, E. (2009). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/12160>

Chacón, M., & Harvey, C. A. (2006). Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry Systems*, 68(1), 15–26.

Chaparro, A. M. (2013). *Sostenibilidad de la Economía Campesina en el proceso Mercados Campesinos (Colombia)*. Tesis para optar al título de grado de Doctor en Recursos Naturales y Sostenibilidad. Universidad de Córdoba - UCO, España.

CNULD. (1994). Convención de las Naciones Unidas contra la Desertificación. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación - CNULD.

Córdoba, C. A., & León-Sicard, T. E. (2013). Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima (Cundinamarca - Colombia). *Agroecología*, 8(1), 21–32.

Corpoboyacá, UN, & UPTC. (2006). Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha. Tunja, Colombia: Corpoboyacá, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.

Corpoguavio. (2012). Plan de Gestión Ambiental Regional Corpoguavio 2002-2012. 2002, 1–67.

Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. I., Halloy, S., Salgado, S., ... Becerra, M. T. (Eds.). (2012). *Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*.

- Dale, V., Archer, S., Chang, M., & Ojima, D. (2005). Ecological impacts and mitigation strategies for rural land management. *Ecological Applications*, 15(December), 1879–1892.
- Dalgaard, T., Hutchings, N. J., & Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(1), 39–51.
- De la O, A. P., & Garner, E. (2012). *Defining the “Family Farm”*. Working Paper. FAO.
- Díaz Leal, J., & Zamora Rosero, L. J. (2011). *Estrategia de Gestión Ambiental para el manejo del recurso hídrico en el ámbito local. Caso municipio de Guasca - Cundinamarca*. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1967/1/DiazLealEmiroJose2011.pdf>
- Dile, Y. T., Karlberg, L., Temesgen, M., & Rockström, J. (2013). The role of water harvesting to achieve sustainable agricultural intensification and resilience against water related shocks in sub-Saharan Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181(2013), 69–79.
- Ellis, F. (1993). *Peasant Economics: Farm Households in Agrarian Development* (2da ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Eschenhagen, M. L. (1998). Evolución del concepto “desarrollo sostenible” y su implantación política en Colombia. *INNOVAR, Enero-Juni*(11), 111–120.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... Martin, J.-L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14(2), 101–12.
- FAO. (2000). *Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb77s.pdf>
- FAO. (2009a). El número de víctimas del hambre es mayor que nunca. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/Press_release_june-es.pdf
- FAO. (2009b). *Guía para la descripción de suelos* (4a ed.). Roma: FAO. Recuperado de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Guía+para+la+descripción+de+suelos#0>
- FAO. (2013). La resiliencia de los medios de vida – Programa marco de reducción del riesgo de desastres para la seguridad alimentaria y nutricional. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/emergencias/docs/DRR_Spanish.pdf
- FAO. (2014a). *Agricultura campesina en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.). Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF19880051140>
- FAO. (2014b). Resilience Index Measurement and Analysis Model. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <http://www.fao.org/documents/card/en/c/9e57592b-a8ad-401c-80d1-76288cc5fe1f/>
- FAO, FIDA, & PMA. (2014). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/publications/sofi/2014/es/>
- Feola, G. (2013). What (science for) adaptation to climate change in Colombian agriculture? A commentary on “A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: Perspectives towards 2050” by J. Ramírez-Villegas, M. Salazar, A. Jarvis, C. E. Navarro-Valc. *Climatic Change*, 119(3-4), 565–574.
- Feola, G., & Binder, C. R. (2010). Identifying and investigating pesticide application types to promote a more sustainable pesticide use. The case of smallholders in Boyacá, Colombia. *Crop Protection*.

- Forero, J. (2003). Economía campesina y sistema alimentario en Colombia: Aportes para la discusión sobre seguridad alimentaria. *Bogotá: Facultad de Estudios Ambientales Y Rurales, Universidad Javeriana*. Recuperado de http://www.javeriana.edu.co/ear/d_des_rur/documents/campesinadoysistemaalimentarioencolombia.pdf
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood, R., ... Poincelot, R. (2003). Agroecology: The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(3), 99–118.
- Gallopin, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: CEPAL. Serie Medio Ambiente y Desarrollo No. 64.
- Gallopin, G. C. (2001). *Science and technology, sustainability and sustainable development*. Santiago de Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293–303.
- Galván-Miyoshi, Y., Masera, O., & López-Ridaura, S. (2008). Las evaluaciones de sustentabilidad. En M. Astier, O. R. Masera, & Y. Galván-Miyoshi (Eds.), *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (1a ed., p. 200). Valencia, España: SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España.
- Garay, L. J., Barberi, F., & Cardona, I. (2014). Caracterización de la economía campesina en Colombia. En L. J. Garay, F. Barberi, & I. Cardona (Eds.), *Impactos del TLC con Estados Unidos sobre la economía campesina en Colombia* (pp. 77–102). Bogotá D.C.: Instituto para una Sociedad y un Derecho Alternativos (ILSA).
- Gastó, J., Vera, L., Vieli, L., & Montalba, R. (2009). Conceptos unificadores para la sustentabilidad de la agricultura: Elementos teóricos para el desarrollo de la agroecología. En M. A. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (1a ed.). Medellín: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).
- Gieryn, T. F. (1999). *Cultural Boundaries of Science: Credibility on the Line*. University of Chicago Press.
- Giménez, A., & Lanfranco, B. (2012). Adaptación al cambio climático y la variabilidad: algunas opciones de respuesta para la producción agrícola en Uruguay. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 611–620.
- Gliessman, S. R. (1998). *Agroecology: ecological processes in Sustainable Agriculture*. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2973–89.
- Graeb, B. E., Chappell, M. J., Wittman, H., Ledermann, S., Kerr, R. B., & Gemmill-Herren, B. (2015). The State of Family Farms in the World. *World Development*, xx.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. M. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes : Local Practices , National Agendas , and Options for Innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260–268.
- Guzmán, L., & Salcedo-Pérez, E. (2010). Marco teórico de la institucionalidad para la agricultura familiar. En *Agricultura campesina en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (pp. 409–421). Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Hecht, S. (1999). La evolución del pensamiento agroecológico. En M. Altieri & S. Hecht (Eds.), *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. (pp. 15–31). Montevideo: CLADES.
- Hobbs, P. R. (2007). Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *The Journal of Agricultural Science*, 145(02), 127.
- Howden, S. M., Soussana, J.-F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting

agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19691–6.

Hruska, A. (2014). Sistemas sostenibles de semillas para la agricultura Familiar: promoviendo instituciones públicas más inclusivas Lecciones aprendidas de mesoamérica. En E. Salcedo-Pérez & L. Guzmán (Eds.), *Agricultura campesina en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (pp. 135–147). Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

IaVH - Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. (2014). Flora y fauna del municipio de Paipa, Boyacá. 289 registros aportados por: González MF, Díaz-Pulido A, Mesa LM, Acevedo O, Bogotá- Grégory JD, Calonge B, Fajardo F, Moreno R, Rodríguez M. Consultado el 22 de Octubre de 2014, en http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=humboldt_florafaua_paipa

IDEAM. (2006). *La Sequía en Colombia. Documento técnico de respaldo*. Bogotá D.C. Recuperado de www.documentacion.ideam.gov.co

IDEAM. (2012). *Nota técnica sobre heladas*. Recuperado de www.documentacion.ideam.gov.co

IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014 [National Water Study 2014]*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

IDEAM. (2015). Red Nacional de Estaciones Climáticas. Consultado el 5 de Agosto de 2015, en <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

IGAC. (1970). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi Subdirección Agrológica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

IGAC. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Gobernación del Departamento de Cundinamarca, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

IGAC. (2005). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

IGAC. (2012). Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia - 2012. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

IGAC. (2014). *Guía Metodológica para Áreas Homogéneas de Tierras con fines múltiples*. Bogotá D.C.

IGAC, & UPTC. (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Boyacá*. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Ed.). Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi Subdirección Agrológica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. (V. B. and P. M. M. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, Ed.). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.

IPCC. (2014a). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, ... and L. L. W. S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

IPCC. (2014b). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*

Change. (V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, Mach, K.J., ... and L. L. W. P.R. Mastrandrea, Eds.). Cambridge University Press.

ISDR. (2004). *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).

Johnson, N., Garcia, J., Rubiano, J. E., Quintero, M., Estrada, R. D., Mwangi, E., ... Granados, S. (2009). Water and poverty in two Colombian watersheds. *Water Alternatives*, 2(1), 34–52.

Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, M., Jaeger, C. C., Lowe, I., ... Gallopin, G. C. (2000). *Sustainability Science*. Cambridge, MA.

Leff, E., Ezcurra, E., Pisanty, I., & Romero-Lankao, P. (2002). *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. (E. Leff, E. Ezcurra, I. Pisanty, & P. Romero-Lankao, Eds.) (1a ed.). México: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

León-Sicard, T. E. (2007). *Medio Ambiente, Tecnología y Modelos de Agricultura en Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Nacional de Colombia.

León-Sicard, T. E. (2008). Tierra, agricultura y ambiente: ¿Es el desarrollo una categoría de la dimensión ambiental o viceversa? *Innovación Y Ciencia*, XV(3), 60 – 70.

León-Sicard, T. E. (2009). Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En M. A. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 45–67). Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

León-Sicard, T. E. (2010). Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En T. E. León Sicard & M. A. Altieri (Eds.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. (pp. 53 – 77). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

León-Sicard, T. E. (2014). *Perspectiva Ambiental de la Agroecología. La Ciencia de los Agroecosistemas* (1a ed.). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA.

León-Sicard, T. E., & Barranco, F. (2006). Suelos y Uso de la tierra. En *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca alta del río Chicamocha*. Tunja: Corpoboyacá, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.

León-Sicard, T. E., Coca Castro, A., Forigua Osorio, W., & Castellanos Suárez, D. (2013). Efectos de Purines de Chipaca (*Bidens pilosa* L.) y de Microorganismos en la Incidencia y Severidad de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en Papa Criolla (*Solanum phureja*) Cultivada en Tenjo (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 2(66), 7009–7020.

León-Sicard, T. E., Córdoba, C. A., & Pradilla, G. (2014). Las dimensiones política y tecnológica de la resiliencia a la variabilidad climática: un enfoque ambiental. *Revista Semillas*, (57/58), 30–24.

Lin, B. B. (2011). Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience*, 61(3), 183–193.

Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., ... Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science (New York, N.Y.)*, 317(5844), 1513–1516.

López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2, 135–148.

Lüdeke, M., Petschel-Held, G., & Schellnhuber, H. J. (2004). Syndromes of global change: the first panoramic view. *GAIA*, 13(1), 42–49.

Machado. (1993). *Democracia con campesinos, o campesinos sin democracia*. IICA. Recuperado de <https://books.google.com/books?id=d1UZtpv9fn4C&pgis=1>

- Malagón, D., & Pulido, C. (2000). Suelos del páramo colombiano. En O. Rangel-Ch (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica III. La Región de vida Paramuna de Colombia*. (pp. 37–84). Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Maletta, H. (2011). Tendencias y perspectivas de la agricultura familiar en América Latina. Santiago de Chile: Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.
- Marshall, E. J. P., & Moonen, A. C. (2002). Field margins in northern Europe: Their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89(1-2), 5–21.
- Martínez-Alier, J. (2004). *El Ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria.
- Martínez-Alier, J. (2007). El ecologismo popular. *Ecosistemas*, 16(3), 148–151.
- Méndez Sastoque, M. J. (2013). Una tipología de los nuevos habitantes del campo: aportes para el estudio del fenómeno neorrural a partir del caso de Manizales, Colombia. *Revista de Economía E Sociología Rural*, 51, s031–s048.
- Mesa, S. C. (2012). Comparación de la diversidad y usos de especies en agroecosistemas convencionales y ecológicos en los municipios de Guasca y Anolaima. Bogotá D.C.: Tesis de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.
- Mijatović, D., Van Oudenhoven, F., Eyzaguirre, P., & Hodgkin, T. (2013). The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: towards an analytical framework. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(2), 95–107.
- MinAgricultura. Resolución 1132 de 2013 (2013). Bogotá D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER.
- Molden, D. (2011). Growing enough food without enough water. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 6(005), 1–6.
- Mondragón, H., & Montoya, G. (2010). *Los mercados campesinos: comercialización alternativa de alimentos en Bogotá*. Bogotá.
- Montoya Salazar, J. C., Menjivar Flores, J. C., & Bravo Realpe, I. del S. (2013). Fraccionamiento y cuantificación de la materia orgánica en Andisoles bajo diferentes sistemas de producción. *Acta Agronómica*, 62(4), 333–343.
- Moreno, M., & Fechi, Y. (2006). Geología y Geomorfología. En *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca alta del río Chicamocha* (pp. 82–185). Tunja: Corpoboyacá, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.
- Morton, J. F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19680–5.
- Mulligan, M., Rubiano, J., Hyman, G., White, D., Garcia, J., Saravia, M., ... Leonardo Saenz-Cruz, L. (2010). The Andes basins: biophysical and developmental diversity in a climate of change. *Water International*, 35(5), 472–492.
- Murtinho, F., Tague, C., de Bievre, B., Eakin, H., & Lopez-Carr, D. (2013). Water Scarcity in the Andes: A Comparison of Local Perceptions and Observed Climate, Land Use and Socioeconomic Changes. *Human Ecology*, 41(5), 667–681.
- Naveh, Z. (2001). Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 57(3-4), 269–284.
- Naveh, Z. (2004). Multifunctional, Self-Organizing Biosphere Landscapes and the Future of Our Total Human

Ecosystem. *World Futures*, 60(7), 469–502.

Netting, R. M. (1993). *Smallholders, Householders: Farm Families and the Ecology of Intensive Sustainable Agriculture*. Stanford: Stanford University Press.

Nicholls, C., & Altieri, M. A. (2011). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*.

Nilsen, H. R. (2010). The joint discourse “reflexive sustainable development” — From weak towards strong sustainable development. *Ecological Economics*, 69(3), 495–501.

Nogué, J. (1988). El fenómeno neorrural. *Agricultura Y Sociedad*, (47), 145–175.

Ojeda, D., Barbosa, C., Pinto, J., Cardona, M. C., Cuéllar, M., Cruz, S., ... Alarcón, J. C. (1998). Ecosistemas. En P. Leyva (Ed.), *El Medio Ambiente en Colombia* (pp. 278–346). Bogotá D.C.: IDEAM.

Ordóñez, F., Montoya, G., Mondragón, H., Vásquez, C., Pérez, M., Moreno, S., & CICC. (2011). *Economía campesina, soberanía y seguridad alimentarias en Bogotá y la región central del país*. Bogotá: ILSA, CICC, Oxfam, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Pabón, J. D. (2004). Aplicación de la Información sobre el Clima en la Agricultura de la Región Andina. En Organización Meteorológica Mundial (Ed.), *Servicios de Información y Predicción del Clima (SIPC) y Aplicaciones Agrometeorológicas para los Países Andinos. Actas de la Reunión Técnica llevada a cabo en Guayaquil, Ecuador, del 8 al 12 de diciembre de 2003*. (pp. 11–18). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. Recuperado de http://www.wamis.org/agm/pubs/agm6/TD1234_AGM6_WCAC2.pdf

Pabón, J. D. (2012). Cambio Climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del Siglo XX y escenarios posibles para el Siglo XXI. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 36(139), 261–278.

Pandey, P. K., van der Zaag, P., Soupir, M. L., & Singh, V. P. (2013). A New Model for Simulating Supplemental Irrigation and the Hydro-Economic Potential of a Rainwater Harvesting System in Humid Subtropical Climates. *Water Resources Management*, 27(8), 3145–3164.

Parrado, Á., Gutiérrez, O., & Molina, J. P. (2012). Línea Base de los Mercados Campesinos. Documento Síntesis. Grupo de Investigación en Gestión y Desarrollo Rural. Universidad Nacional de Colombia.

Parrado, Á., & Molina, J. P. (2014). *Mercados Campesinos: Modelo de Acceso a Mercados y Seguridad Alimentaria en la Región Central de Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias.

Peet, E. D., Fink, G., & Fawzi, W. (2015). Returns to education in developing countries: Evidence from the living standards and measurement study surveys. *Economics of Education Review*, 49, 69–90.

Pengue, W. A. (2005). *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente?* (Serie Text). Buenos Aires: GEPAMA Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente - GEPAMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA.

Perez, C., Nicklin, C., Dangles, O., Vanek, S., Sherwood, S., Halloy, S., ... Forbes, G. (2010). Climate Change in the High Andes: Implications and Adaptation Strategies for Small-scale Farmers. *International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, 6(5), 71–88.

Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the landsparing-agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5786–5791.

Pirachicán, E. (2015). *Autonomía alimentaria en sistemas agrícolas ecológicos y convencionales en Anolaima (Cundinamarca)*. Tesis de grado para optar al Título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales.

PNUD. (2011a). *Colombia rural. Razones para la esperanza*. Bogotá: Programa de las Naciones Unidas para

el Desarrollo - PNUD.

PNUD. (2011b). El Campesinado. Reconocimiento para construir país. Bogotá D.C.: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD.

Poveda, G., Álvarez, D. M., & Rueda, Ó. A. (2011). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics*, 36(11-12), 2233–2249.

Power, A. G. (1999). Linking Ecological Sustainability and World Food Needs. *Environment, Development and Sustainability*, 1(3), 185–196.

Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1491), 447–65.

Ribot, J. (2010). Vulnerability does not fall from the sky: Towards multi-scale, pro-poor climate policy. En R. Mearns & A. Norton (Eds.), *Social dimensions of climate change: equity and vulnerability in a warming world* (pp. 47–74). Washington, D.C.: The World Bank.

Riechmann, J., & Tickner, J. (Eds.). (2002). *El principio de precaución en medio ambiente y salud pública: de las definiciones a la práctica*. Barcelona: Icaria - Más Madera.

Rockström, J., Barron, J., & Fox, P. (2003). Water productivity in rain-fed agriculture: challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agroecosystems. En J. W. Kijne, R. Barker, & D. Molden (Eds.), *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement* (pp. 145–162). Sri Lanka: CABI.

Rogé, P., Vieli, L., Miles, A., & Wilson, H. (2009). Effect of Landscape Structure on Biological Control of Vineyard Pests in Northern California. *Revista Brasileña de Agroecología*, 4(2), 3128–3132.

Rojas, A. (2009). Policultivos de la mente: Enseñanzas del campesinado y de la agroecología para la educación en la sustentabilidad. En M. A. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 157–181). Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Rosset, P. M., Machín Sosa, B., Roque Jaime, A. M., & Ávila Lozano, D. R. (2011). The Campesino -to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38(1), 161–191.

Ruiz, D., Moreno, H. A., Gutiérrez, M. E., & Zapata, P. A. (2008). Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *The Science of the Total Environment*, 398(1-3), 122–32.

Ruiz, J. F. (2010). *Cambio Climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011-2100)*. Nota técnica del IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Salcedo-Pérez, E., De la O, A. P., & Guzmán, L. (2014). Salcedo, Salomón Guzmán, Lya. En S. Salcedo & L. Guzmán (Eds.), *Agricultura campesina en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Scoones, I. (2011). Sustainability. *Development in Practice*, 17(4), 589–596.

Senadza, B. (2012). Non-farm Income Diversification in Rural Ghana: Patterns and Determinants. *African Development Review*, 24(3), 233–244.

Serageldin, I. (1999). Biotechnology and Food Security in the 21st Century. *Science*, 285(5426), 387–389.

Smeding, F. W., & Joenje, W. (1999). Farm ± Nature Plan : landscape ecology based farm planning. *Landscape and Urban Planning*, 46, 109–115.

- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282–292.
- Sneddon, C., Howarth, R. B., & Norgaard, R. B. (2006). Sustainable development in a post-Brundtland world. *Ecological Economics*, 57(2), 253–268.
- Snyder, R and Melo-Abreu, J. . (2010). *Protección contra las heladas: fisiología y temperaturas críticas. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía* (Vol. 1).
- Sunderland, K., & Samu, F. (2000). Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: A review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95(1), 1–13.
- Thomalla, F., Downing, T., Spanger-Siegfried, E., Han, G., & Rockström, J. (2006). Reducing hazard vulnerability: Towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation. *Disasters*, 30(1), 39–48.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2002). *Los suelos y su fertilidad* (4a Edición). España: Editorial Reverté.
- Tittonell, P. (2014). Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126, 3–14.
- Tittonell, P., Muriuki, A., Shepherd, K. D., Mugendi, D., Kaizzi, K. C., Okeyo, J., ... Vanlauwe, B. (2010). The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa – A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems*, 103(2), 83–97.
- Tittonell, P., Vanlauwe, B., Leffelaar, P. A., Rowe, E. C., & Giller, K. E. (2005). Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 110(3-4), 149–165.
- Tobón, J. C. (2014). *Evaluación de los impactos potenciales de la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en algunos indicadores para seguridad alimentaria en zonas productoras de mercados campesinos*. Tesis para optar al título de Magister en Ciencias, línea de profundización en Meteorología Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Tress, G., Tress, B., & Fry, G. (2005). Clarifying Integrative Research Concepts in Landscape Ecology. *Landscape Ecology*, 20(4), 479–493.
- Turbay, S., Nates Cruz, B., Jaramillo Vallejo, F. L., Vélez, J. J., & Ocampo, O. L. (2014). Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, 0(85), 95–112.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. a, McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–8079.
- Turner, B. L., & Lambin, E. F. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20666–20672.
- Tylor, B. E. (1871). *Primitive Culture: Researches Into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Art, and Custom, Volume 1 Primitive Culture: Researches Into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Art, and Custom*, Sir Edward Burnett Tylor. University of Michigan.
- USDA. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Instituto de Calidad de Suelos - Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Valenzuela, E., & Pérez, I. (2006). Ecosistemas de la cuenca alta del río Chicamocha. En *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca alta del río Chicamocha* (pp. 438–498). Tunja: Corpoboyacá, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.
- van der Hammen, T., & Otero García, J. (2007). Los páramos: archipiélagos terrestres en el norte de los Andes.

En P. C. Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C. & P. E. y C. L. Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E. (Eds.), *Atlas de Páramos de Colombia* (pp. 25–31). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Walker, B., Holling, C., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5.

Walsh-Dilley, M., Wolford, W., & McCarthy, J. (2016). Rights for resilience: food sovereignty, power, and resilience in development practice. *Ecology and Society*, 21(1), art11.

Wani, S. P., Sreedevi, T. K., Rockström, J., & Ramakrishna, Y. S. (2009). Rainfed Agriculture – Past Trends and Future Prospects. En S. P. Wani, J. Rockström, & T. Oweis (Eds.), *Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential* (pp. 1–34). London, UK: ICRISAT - IWMI.

Welch, R., & Graham, R. (1999). A new paradigm for world agriculture: meeting human needs: productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research*, 60, 1–10.

Yúnez-Naude, A., & Edward Taylor, J. (2001). The Determinants of Nonfarm Activities and Incomes of Rural Households in Mexico, with Emphasis on Education. *World Development*, 29(3), 561–572.