

La sostenibilidad biofísica de los agroecosistemas: componente básico del desarrollo local

The biophysical sustainability of agroecosystems: basic components in local development

A sustentabilidade biofísica dos agrossistemas: componente básico do desenvolvimento local

César Valdés López

Pontificia Universidad Javeriana de Colombia

contato: cvaldes@javeriana.edu.co

Resumen: Considerando los agroecosistemas de la región de Guasca como las unidades básicas de desarrollo local, se analizaron sus prácticas de manejo con relación a "Conservación y Regulación de Recursos Naturales" y "Manejo de Recursos Productivos". Los resultados los caracterizan como deficientes en ambos aspectos, determinando bajos niveles de Autorregulación y Autosuficiencia, lo cual les hace altamente dependientes de insumos externos y muy susceptibles al deterioro y pérdida de su capacidad productiva. Desarrollar la cooperación técnica y los procesos comunitarios, aprovechar experiencias locales, podría mejorar la productividad y sostenibilidad de las prácticas agropecuarias en la región.

Palabras clave: Agroecosistemas sostenibles; Autorregulación y autosuficiencia; Ecología del paisaje.

Abstract: The agroecosystems of the Guasca region have been taken as the basic unit of local development. Their management practices have been analyzed and evaluated with reference to "Conservation and Regulation of Natural Resources" and "Handling of Productive Resources". The results were low for both measures, determining low levels of Self-regulation and Self-sufficiency making them highly dependent on external input and highly susceptible to deterioration and loss of their productive capacity. Improving technical cooperation and development of community processes could increase both productivity and sustainability of the agricultural practices in the region.

Key words: Sustainable agroecosystems; Self-regulation and self-sufficiency; Landscape ecology.

Resumo: Tomando-se os agrossistemas da região de Guasca (Colômbia) como unidades básicas de desenvolvimento local, foram analisadas suas práticas de manejo com relação à "Conservação e Regulação de Recursos Naturais" e ao "Manejo de Recursos Productivos". Os resultados demonstram deficiências em ambos os aspectos, com baixos níveis de autorregulação e auto-suficiência, elevada dependência de insumos externos, alta susceptibilidade à deterioração e perda da capacidade produtiva. A implementação de cooperação técnica e dos processos comunitários, assim como o aproveitamento de experiências locais, podem melhorar a produtividade e a sustentabilidade das práticas agropecuárias na região.

Palavras-chave: Agrossistemas sustentáveis; Autorregulação e auto-suficiência; Ecologia da paisagem.

Introducción

La sostenibilidad biofísica de los agroecosistemas es entendida en este contexto como dependiente de la cantidad y calidad de las interacciones internas del sistema, tendientes a optimizar el aprovechamiento de los recursos autóctonos y a minimizar la dependencia externa de recursos manteniendo el potencial productivo del agroecosistema.

Numerosos aspectos han sido estudiados y descritos como factores determinantes de la sostenibilidad biofísica. Particularmente se ha enfatizado en el efecto del uso de insumos agroquímicos, maquinaria y variedades mejoradas con gran homogeneidad espacial y genética; los efectos positivos se relacionan con la disminución del esfuerzo para generar un determinado producto, en la medida que se realiza un control drástico de las condiciones y puede desarrollarse una más extensa producción; sin embargo, los efectos negativos representan dificultades que van desde el corto plazo, como altos costos y aumento de plagas, hasta problemas a largo plazo relacionados con el agotamiento del suelo,

aumento de la resistencia de las plagas y enfermedades, pérdida de la diversidad genética de los cultivos, pérdida de la diversidad de flora y fauna benéficas y pérdida de los conocimientos tradicionales (ALTIERI, 2000). Éstos y otros problemas asociados a la producción agropecuaria generan en conjunto una pérdida de la capacidad productiva desde el punto de vista biofísico y, consecuentemente, económico.

Desde el punto de vista de la agroecología, las acciones tendientes a restaurar y mantener la capacidad productiva de los agroecosistemas implican cambios en la racionalidad de las relaciones entre el hombre y la naturaleza; implican un desarrollo de relaciones más complejas entre los diferentes componentes productivos del sistema, buscando complementariedad de las actividades, economía de recursos, diversificación espacial y temporal, potenciación de mecanismos naturales de defensa y mantenimiento de las condiciones naturales del suelo para la producción a largo plazo (ALTIERI, 1992).

Sin embargo, la presencia de este tipo de prácticas mencionadas no es, por sí sola, garantía de sostenibilidad para el agroecosis-

tema. En este artículo se plantea la necesidad de verificar tanto la existencia de mecanismos que permitan la regulación del agroecosistema (mecanismos de autorregulación) como la eficiencia con que estos operan (autosuficiencia), lo cual se refleja en la autonomía del sistema y el mantenimiento de buenas condiciones de producción.

El escenario para el análisis de estos aspectos se ubica en el municipio de Guasca, Departamento de Cundinamarca (Colombia), el cual forma parte del llamado "Altiplano Cundiboyacense"; se trata de tierras ubicadas en el piso térmico frío, sin estacionalidad térmica pero con variaciones pluviométricas que determinan dos épocas húmedas y dos épocas secas durante el año. La topografía es predominantemente plana, con algunas transiciones a relieves colinados y de montaña.

Aspectos metodológicos

Se utilizó un enfoque jerárquico que permitió definir, en primera instancia, las características físicas de la región que consiste en la delimitación espacial de la heterogeneidad en términos de clima, relieve dominante y procesos geogenéticos, formas del relieve y subdivisiones por facies de pendiente (inclinación, longitud y forma). Sobre la heterogeneidad física se desarrolló una nueva delimitación basada en la interpretación de la cobertura tanto vegetal como de otro tipo. La unidad integrada por las características físicas y de cobertura se denomina UNIDAD DE PAISAJE, la cual es homologable al concepto de Ecosistema, en la medida que se trata de una entidad espacial generada por la interacción de componentes físicos, bióticos y culturales que funciona como un sistema abierto, con cierta autorregulación, manteniendo un estado de equilibrio (ZONNEVELD, 1989).

Paralelamente, se realizó una interpretación de la tenencia de la tierra basada en el tamaño de los predios, tomando como límite del área de estudio la cuenca hidrográfica del Río Siecha hasta la curva de nivel de los 3200 m.s.n.m.; con base en la cartografía catastral 1:10000 se clasificaron los predios en diez rangos de tamaño, desde menores de una hectárea hasta mayores de quinientas hectáreas; el conteo por rangos permitió obtener una proporción para ponderar el valor de la muestra. Se seleccionaron 55 fincas para levantar la información correspondiente a uso y manejo del Sistema de producción, incluyendo algunas variables de interés señaladas por Andrade y González (1996) e IGAC (1997).

Cada finca fue evaluada con base en la información que su propietario o administrador pudiese suministrar, usando como instrumento una encuesta que recoge información a tres niveles: a) general de la finca, sobre servicios, administración e infraestructura; b) actividad pecuaria, y c) actividad agrícola. Adicionalmente, se tomó una muestra superficial de suelo, a 25 cm de profundidad, en un lote de cada finca, para evaluar sus características fisicoquímicas y generar una clasificación basada en su fertilidad y balance entre Carbono/Nitrógeno, siguiendo los criterios expuestos por Ortega (1987) y Cortés y Malagón (1984).

La tabla nº 1 presenta una síntesis de los criterios utilizados para la evaluación de la autorregulación y la autosuficiencia. La autorregulación se define aquí como los mecanismos internos del sistema (el agroecosistema) diseñados para mantener los procesos productivos que le sirven de base para la obtención de los productos agropecuarios. Esta fue estudiada a partir de la identificación de las relaciones entre los componentes de la finca y los procesos que generan con su interacción. Se asume que existen mecanismos de autorregulación cuando una finca posea componentes y prácticas destinadas a la optimización de los recursos, lo cual se refleja en el grado de complementariedad de sus actividades.

Tabla 1: Criterios para la determinación de niveles de autorregulación y autosuficiencia de prácticas de conservación, regulación y manejo de recursos naturales y productivos en Agroecosistemas

<i>COMPONENTE</i>	<i>CRITERIOS DE OBSERVACION</i>	<i>TIPO DE REGULACION</i>	<i>NECESIDAD DE REGULACION</i>	<i>NIVEL DE REGULACION (AUTOSUFICIENCIA)</i>
CONSERVACION Y REGULACION DE RECURSOS NATURALES	Para una autosuficiencia en la regulación se debe contar con mecanismos eficientes que disminuyan la intensidad de procesos naturales de degradación y la pérdida de recursos naturales que son el capital natural para la producción.	<ul style="list-style-type: none"> CONTROL DE EROSIÓN 	Dependiente de la pendiente, cobertura y régimen de precipitaciones.	ALTO: control total de escorrentía MEDIO: control insuficiente BAJO: mínimo control
		<ul style="list-style-type: none"> MANEJO ECONÓMICO DEL AGUA 	Dependiente del balance hídrico.	ALTO: autosuficiente con distribución económica MEDIO: con necesidad de suministro externo suplementario BAJO: con dependencia total de importación de agua
		<ul style="list-style-type: none"> MANEJO DE FLORA Y FAUNA BENÉFICAS 	Dependiente de la heterogeneidad de la cobertura natural	ALTO: mantenimiento de áreas naturales de uso múltiple MEDIO: mantenimiento de pequeñas áreas naturales de uso restringido. BAJO: ausencia de áreas naturales
MANEJO DE RECURSOS PRODUCTIVOS	En la medida que se evite la pérdida de materiales, energía e información de los productos generados y se tenga una mayor diversificación, se tendrá menor dependencia de insumos externos y se obtendrá mayor Autosuficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> DIVERSIFICACIÓN: temporal espacial genética 	Dependiente del calendario agrícola, rotación, tipo y variedades de cultivos	ALTO: ciclos largos, diversificación de cultivos y manejo de variedades MEDIO: ciclos moderados, poca diversificación y pocas variedades BAJO: ciclos cortos o sin rotación, monocultivos y homogeneidad en variedades
		<ul style="list-style-type: none"> RECICLAJE DE NUTRIENTES Y ABONOS: Biomasa de plantas Reutilización de nutrientes Biomasa animal 	Dependiente del manejo de residuos vegetales, animales y otros desechos.	ALTO: uso casi exclusivo de residuos y desechos MEDIO: uso combinado y equilibrado de residuos con abonos industriales BAJO: dependencia casi total de abonos industriales
		<ul style="list-style-type: none"> REGULACIÓN BIÓTICA Control biológico natural Control biológico inducido 	Dependiente de la existencia de fauna y flora benéficas	ALTO: control de plagas y enfermedades con enemigos naturales existentes en coberturas naturales. MEDIO: control de plagas y enfermedades con enemigos o productos naturales introducidos BAJO: control de plagas y enfermedades con insumos agroindustriales sintéticos

Por su parte, la autosuficiencia es entendida, en el contexto de este trabajo, como la eficiencia con que las prácticas (autorregulación) suministran las condiciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos de producción de los usos programados. Aunque un sistema de producción considere dentro de su funcionamiento mecanismos de

autorregulación, estos mecanismos pueden ser insuficientes con respecto a la demanda real de insumos o al control de procesos naturales que se presentan en el paisaje, lo que determinaría una demanda de energía de subsidio adicional que debe ser ingresada al sistema para el cumplimiento de los objetivos de producción y para el mante-

nimiento de la base de recursos productivos. Por tanto, se hace necesario establecer niveles de eficiencia de los mecanismos de autorregulación que permitan definir el grado de autosuficiencia del sistema.

Características generales de los agroecosistemas

El análisis de las variables físicas del paisaje permitió delimitar tres condiciones climáticas al interior de las cuales se encontraron las características y limitaciones presentadas en la tabla n° 2.

Tabla 2: Condiciones climáticas, tipo de relieve y limitantes naturales de los paisajes del Valle de Guasca.

Clima	Balace Hídrico	Relieve Dominante	Limitantes Naturales
Muy frío húmedo 3600 a 3000 msnm Unimodal; 8 a 12°C	Positivo Im = 83,8 Húmedo	Relieves escarpados. Parte superior montañosa; parte basal alomada.	Bajas temperaturas; fuertes pendientes, soliflucción y deslizamientos.
Frío Subhúmedo-seco 2750 a 3000 msnm Bimodal; 12 a 18 °C	Negativo Im = -3.4 Subhúmedo-seco 3 meses deficitarios	Relieves inclinados a moderadamente escarpados. Parte occidental montañosa- colinada; parte oriental inclinada	Estacionalidad de lluvias; Erosión acelerada, moderada, localizada
Frío Seco 2600 a 2750 msnm Bimodal; 12 a 18 °C	Negativo Im = -6.4 Seco 5 meses deficitarios	Relieves planos a inclinados. Parte central plana; parte periférica colinada-alomada	Estacionalidad de lluvias. Erosión acelerada moderada a severa, en relieves escarpados y taludes

La tabla n° 3 resume las características de cobertura y los sistemas de producción y extracción identificados. Se identificaron siete sistemas de producción, distribuidos en tres ambientes climáticos, los cuales se caracterizan por el predominio de actividades pecuarias relacionadas con la producción lechera, el cultivo de papa y el cultivo mixto de cereales y leguminosas; se encontraron formas tecnificadas de agricultura representadas por los cultivos de fresa, frutales y flores de exportación, el último de los cuales, aunque no representa un área significativamente grande del municipio, constituye un renglón importante de la economía del mismo, principalmente por la alta demanda de mano de obra para el desarrollo de sus actividades.

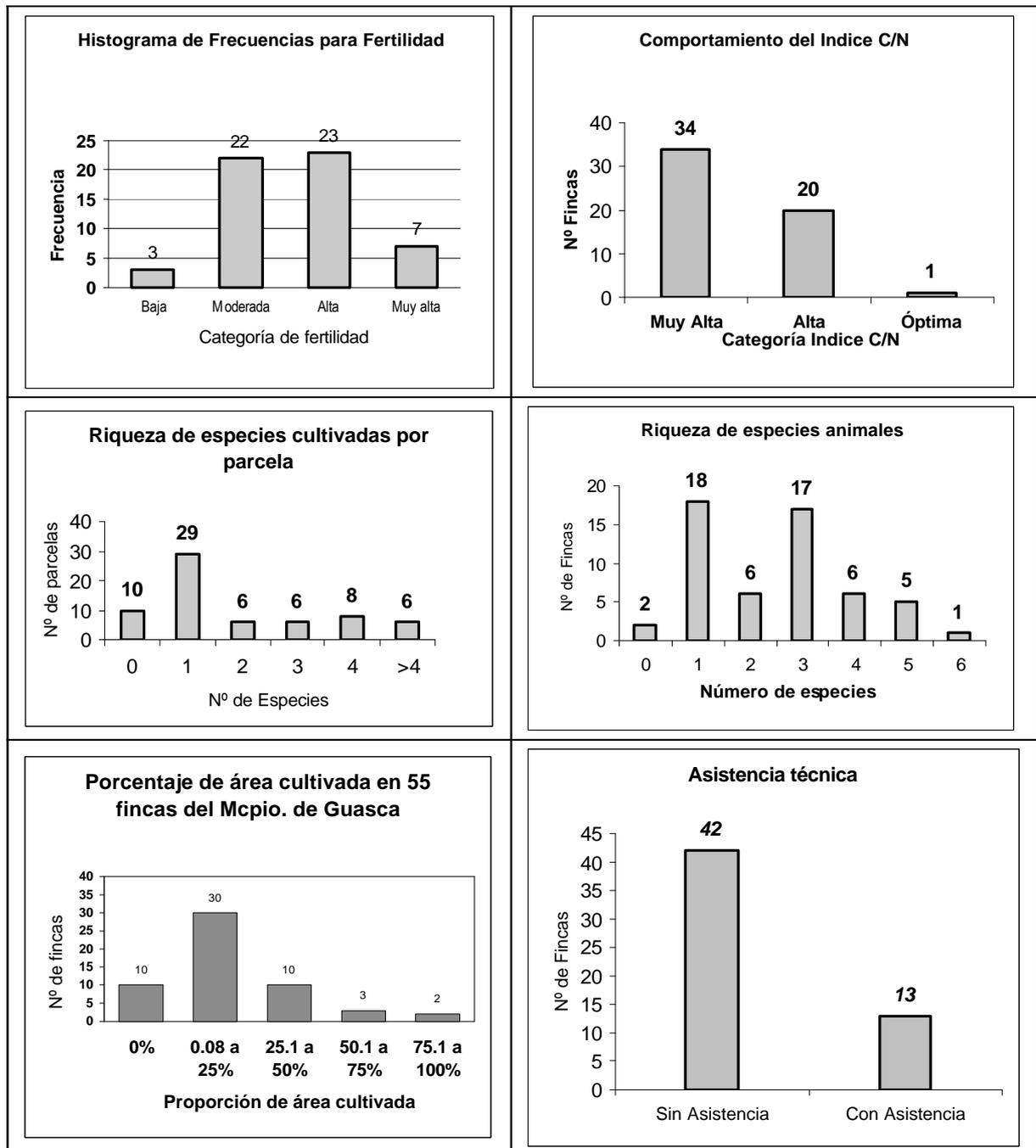
Tabla 3: Características de la cobertura vegetal, Sistemas de Producción y Sistemas Extractivos del Valle de Guasca.

Clima	Cobertura Vegetal	Sistemas Productivos	Sistemas Extractivos
Muy frío húmedo	Vegetación de Páramo y Subpáramo; arbustales densos de ericáceas y melastomátáceas; cultivos temporales y plantaciones forestales de pino.	SP 1: Cultivos de papa con cría o levante de ganado vacuno en forma semiextensiva	SE 2: Extracción de yacimientos de hierro
Frío Subhúmedo-seco	Parches y angostos corredores de vegetación arbustiva densa o laxa; cultivos temporales, plantaciones forestales y potreros.	SP2: Agricultura de papa en asocio con ganadería de vacunos para producción de leche en forma semiextensiva. SP3: Agricultura mixta de leguminosas-maíz alternando con papa o cereales, en asocio con pequeños rebaños de ganadería lechera de bajo rendimiento.	Ninguno identificado
Frío Seco	Parches remanentes y corredores angostos de vegetación arbustiva densa o abierta, cultivos temporales y potreros.	SP 4: Fincas menores de 3 hectáreas con agricultura mixta de leguminosas / maíz en alternancia con papa / zanahoria; actividad pecuaria con pocos animales (vacas, ovejas, cerdos, gallinas) que generan ingresos menores. SP 5: Fincas predominantemente pecuarias para producción de leche, con pastos mejorados; agricultura de subsistencia (arveja-maíz) y huertos caseros. SP 6: Sistemas tecnificados de producción industrial de flores en invernaderos. SP 7: Producción tecnificada de frutales (durazno, manzana)	SE 1: Explotación industrial de sedimentos fluviales para producción de material de construcción.

El gráfico n° 1 resume el comportamiento de las variables más importantes evaluadas para cada una de las 55 fincas estudiadas. En general, las fincas estudiadas presentan condiciones moderadas a altas de fertilidad pero con fuertes desbalances en las proporciones de carbono/nitrógeno, una

marcada tendencia al monocultivo, principalmente de papa, y frecuentes cultivos mixtos de maíz y leguminosas; los usos pecuarios están representados por la ganadería vacuna para producción de leche y, en menor proporción, la cría de ovejas y porcinos.

Gráfico 1: Comportamiento de las principales variables evaluadas en las fincas del Valle de Guasca.



En términos de la diversificación, cerca del 22% de las parcelas estaban sembradas con cuatro o más especies y el 22% de las fincas presentaron el máximo valor entre 4 y 6 especies animales, pero, generalmente, se presentó un fuerte predominio por el mantenimiento de ganado vacuno (81%) y aves de corral (gallinas) 71%.

Con respecto al uso del paisaje, es evidente que la actividad agrícola ocupa un área significativamente menor con respecto al área ocupada en pastos, encontrándose una preferencia por aprovechar el 25% o menos del área de las fincas con cultivos.

Se consideró importante evaluar indirectamente el acceso que tenían los entrevistados a información técnica, a través de la asistencia de especialistas o técnicos agrícolas; encontrándose que más del 76% no contaban con asistencia técnica en sus actividades agrarias.

Autorregulación y autosuficiencia de agroecosistemas

Para el análisis de la sostenibilidad en términos de autorregulación se plantearon dos grupos de funciones, cada una con tres aspectos, que caracterizan el comportamiento de una finca con relación a Conservación y Regulación de Recursos Naturales y Manejo de Recursos Productivos, utilizando los criterios de Altieri (1995); en la tabla n° 4 se compara el comportamiento cualitativo de estos mecanismos para cada uno de los trece tipos de sistema de producción en los que se agruparon las características de las fincas.

Cada valoración se asignó atendiendo al comportamiento predominante de la función de Autorregulación al interior de las fincas que integran el grupo, el cual puede ser variable generando comportamientos intermedios. En general, puede apreciarse que, a excepción de un caso relacionado con "Reciclaje de nutrientes y abonos", todas las fincas presentan niveles de Autorregulación medios a bajos.

Tabla 4: Niveles cualitativos de autorregulación encontrados para los sistemas de producción del Valle de Guasca.

TIPO DE AGROECOSISTEMA	CONSERVACIÓN Y REGULACIÓN DE RECURSOS NATURALES			MANEJO DE RECURSOS PRODUCTIVOS		
	Control de erosión	Manejo económico del agua	Manejo de flora y fauna benéficas	Diversificación	Reciclaje de nutrientes y abonos	Regulación biótica
Fincas menores de una hectárea sin actividad agrícola	bajo	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas menores de una hectárea con menos del 50% en cultivos	medio	medio	bajo	medio	medio	bajo
Fincas menores de una hectárea con más del 50% del área ocupada en agricultura	medio	medio	bajo	media	bajo	baja
Fincas entre una hectárea y menores de tres hectáreas sin actividad agrícola	bajo	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas entre una hectárea y menores de tres hectáreas con menos del 50% en cultivos	medio	medio	bajo	media	medio	baja
Fincas entre 1 y menores de 3 hectáreas, con más del 50% en actividad agrícola	medio	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas entre tres hectáreas y menores de 5 hectáreas sin actividad agrícola	medio	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas entre tres hectáreas y menores de 5 hectáreas con actividad agrícola	medio a bajo	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas entre 5 hectáreas y menores de 10 hectáreas sin actividad agrícola	medio	medio	medio	baja	medio	baja
Fincas entre 5 hectáreas y menores de 10 hectáreas con actividad agrícola	medio a bajo	medio	medio	media	medio a alto	baja a media!
Fincas mayores de 10 hectáreas predominantemente agrícolas	medio	medio	medio	baja	bajo	baja
Fincas mayores de 10 hectáreas predominantemente pecuarias	bajo	medio	bajo	baja	bajo	baja
Fincas mayores de 10 hectáreas con actividades agrícolas y pecuarias de importancia.	medio a bajo	medio a alto	medio	baja	bajo	baja

Para cuantificar los aspectos de la tabla N°4, se asume que el valor óptimo para Autosuficiencia representa una finca o unidad de producción donde las funciones para la “Conservación y regulación de recursos naturales” y las funciones para el “Manejo de recursos productivos” son calificadas como altas (cada casilla con valor

máximo de 5 puntos o 16.66%, generando un valor máximo por fila equivalente a 30 puntos o 100%); al observar los resultados de la tabla n° 5, generada a partir de la transformación semicuantitativa de la tabla n° 4, puede notarse que las fincas estudiadas presentan, en promedio, un valor de Autosuficiencia del 38%.

Tabla 5: Niveles semicuantitativos de autorregulación y autosuficiencia calculados para los sistemas de producción del Valle de Guasca.

TIPO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN	CONSERVACIÓN Y REGULACIÓN DE RECURSOS NATURALES			MANEJO DE RECURSOS PRODUCTIVOS			AUTOSUFICIENCIA	% AUTOSUFICIENCIA
	Control de erosión	Manejo económico del agua	Manejo de flora y fauna benéficas	Diversificación	Reciclaje de nutrientes y abonos	Regulación biótica		
Fincas entre 5 hectáreas y menores de 10 hectáreas con actividad agrícola	2	3	3	3	4	2	17	56,7
Fincas menores de una hectárea con menos del 50% en cultivos	3	3	1	3	3	1	14	46,7
Fincas entre una hectárea y menores de tres hectáreas con menos del 50% en cultivos	3	3	1	3	3	1	14	46,7
Fincas entre 5 hectáreas y menores de 10 hectáreas sin actividad agrícola	3	3	3	1	3	1	14	46,7
Fincas menores de una hectárea con más del 50% del área ocupada en agricultura	3	3	1	3	1	1	12	40,0
Fincas mayores de 10 hectáreas predominantemente agrícolas	3	3	3	1	1	1	12	40,0
Fincas mayores de 10 hectáreas con actividades agrícolas y pecuarias de importancia.	2	4	3	1	1	1	12	40,0
Fincas entre 1 y menores de 3 hectáreas, con más del 50% en actividad agrícola	3	3	1	1	1	1	10	33,3
Fincas entre tres hectáreas y menores de 5 hectáreas sin actividad agrícola	3	3	1	1	1	1	10	33,3
Fincas entre tres hectáreas y menores de 5 hectáreas con actividad agrícola	2	3	1	1	1	1	9	30,0
Fincas menores de una hectárea sin actividad agrícola	1	3	1	1	1	1	8	26,7
Fincas entre una hectárea y menores de tres hectáreas sin actividad agrícola	1	3	1	1	1	1	8	26,7
Fincas mayores de 10 hectáreas predominantemente pecuarias	1	3	1	1	1	1	8	26,7
PROMEDIOS	2,3	3,1	1,6	1,6	1,7	1,1	11,4	37,95

Los aspectos de autorregulación más deficientes en términos de "Conservación y regulación de recursos naturales" son, en primer término, el "Manejo de flora y fauna benéficas" con valores bajos, lo cual se entiende por la rara presencia de coberturas naturales en la gran mayoría de fincas y el poco conocimiento de su utilidad en aquellas donde sí se conservaban algunos remanentes; en segundo término, se presenta el "Control de erosión" con valores medios a bajos, asociado al poco cuidado que se tiene en el desarrollo de prácticas de conservación del suelo, presentándose casos en los que la siembra en sentido de la pendiente es la opción escogida debido a que es la forma más cómoda o la única que se puede contratar con los jornaleros.

En términos de "Manejo de recursos productivos", todos los aspectos relacionados con la autorregulación fueron deficientes, mostrando promedios bajos; sin embargo, la "Regulación biótica" es el aspecto más desconocido, lo cual se manifiesta no solamente por la escasa información con la que cuenta el agricultor sobre la materia, sino también por la alta demanda y uso de plaguicidas, que paulatinamente reduce la capacidad natural de los sistemas para cumplir con ese papel.

La "Diversificación" es el segundo aspecto que se registró como bajo, debido al uso de un limitado número de variedades de cultivos, baja rotación y corto descanso de la tierra. El "Reciclaje de nutrientes y abonos" se relaciona principalmente con el uso directo del estiércol como abono; en los pocos casos de compostaje encontrados en la región, no desarrollaban procedimientos tecnificados que garantizaran al agricultor resultados óptimos. Al realizar una aproximación estadística con los valores registrados para las variables seleccionadas que mejor se relacionaban con las características del suelo, pudo observarse que aparentemente existe una correspondencia directa entre la utilización de estiércol y la fertilidad de los suelos; en promedio, la fertilidad de los suelos es más alta en aquellas fincas donde se utiliza el estiércol como parte de las prácticas de abono, que en aquellas donde no se utiliza el estiércol. El balance entre carbono y nitrógeno, evaluado mediante el Índice C/N, mostró una relación directa con la variable "uso del estiércol", presentando valores más altos cuando se usaba estiércol

que aquellos en los que no se usaba. En general, la variable Índice C/N fue alta a muy alta para casi todas las muestras tomadas, indicando que, pese a todas las actividades de manejo del suelo, tanto de reciclaje como de importación de insumos, la capacidad de transformación de materia orgánica en nutrientes dentro del suelo es baja a muy baja, ya que, de acuerdo con Sztern y Pravia (1999 [en línea]), si los materiales aportados no tienen una buena relación carbono/nitrógeno se agotan inicialmente las reservas de nitrógeno del suelo, favoreciendo los procesos anaerobios, con la consiguiente acidificación, movilización y pérdidas de nutrientes.

Otras variables analizadas estadísticamente corresponden a "Asistencia técnica", "Rotación de cultivos", "Proporción cultivada", "Descanso de la tierra" y "Tipo de arreglo"; ninguna de éstas variables mostró relación con las características de los suelos, lo cual sugiere que las prácticas realizadas, a las cuales se refieren las variables en consideración, no están surtiendo el efecto deseado o su efecto no es homogéneo para toda la superficie de la finca.

Con base en esta información de la tabla nº 5 se pueden diferenciar seis tipos de Sistemas de Producción:

1. Sistemas de Producción con un porcentaje de autosuficiencia de 56.67%, en las cuales la regulación biótica está asociada a las coberturas naturales o espontáneas, en su papel de controlador biológico; para uno de los casos estudiados se resaltó el valor de las malezas como forraje y albergue de enemigos naturales de las plagas que atacan sus cultivos, sustituyendo el uso de pesticidas. Estudios sobre este tópico indican que la vegetación asociada con un cultivo en particular influye en el tipo, abundancia y tiempo de colonización de los parasitoides (Waage & Greathead, 1986, en Altieri, 1992); por su parte, Gliessman (2000) menciona como otros beneficios la protección ante procesos erosivos, inhibición de especies nocivas por alelopatía y promoción del establecimiento de insectos benéficos controladores de plagas. En este grupo de fincas se encontraron los mejores ejemplos de utilización de residuos para la producción de abonos orgánicos, independientemente de su eficacia como tales.

2. Sistemas de Producción con un porcentaje de autosuficiencia de 46.67%,

integrado por fincas pequeñas entre 1 y 3 hectáreas, con mayor diversificación espaciotemporal pero un nivel bajo en el manejo de flora y fauna benéficas, y fincas entre 5 y 10 hectáreas, con características opuestas, lo cual les permite presentar el mismo porcentaje aunque por causas diferentes.

3. Sistemas de Producción con un porcentaje de autosuficiencia de 40%, con características similares al caso anterior pero, adicionalmente, menor eficiencia en el reciclaje de nutrientes.

4. Sistemas de Producción con un porcentaje de autosuficiencia de 33.33%, los cuales poseen un manejo semejante de aspectos relacionados con erosión y manejo económico del agua y comparten, para los demás aspectos, niveles bajos de conservación, regulación y manejo de recursos.

5. Sistemas de producción con un porcentaje de autosuficiencia de 30%, con niveles bajos de conservación, regulación y manejo de recursos y prácticas agrícolas que descuidan la conservación del suelo generando pérdida paulatina de este recurso por erosión hídrica.

6. Sistemas de producción con un porcentaje de autosuficiencia de 26.67%, los cuales presentan los niveles más bajos de autorregulación para todos los aspectos considerados excepto manejo económico del agua con un nivel medio.

Conclusiones

Guasca es una región de intensa actividad agropecuaria con una gran heterogeneidad debida a la acción combinada de los factores Clima, Relieve y Litología, los cuales determinan condiciones diferenciales que constituyen ventajas o limitaciones para el aprovechamiento cultural del paisaje.

La estacionalidad de las lluvias y la longitud del período seco determinan una limitada disponibilidad de agua y mayor la susceptibilidad para el desarrollo de procesos erosivos acelerados sin que exista una actividad cultural de autorregulación que les detenga efectivamente.

La influencia del relieve es más notoria bajo condiciones topográficas de pendiente moderadamente escarpada y superiores, donde se presentan formas de inestabilidad

del terreno y procesos degradativos del sustrato que disminuyen la utilidad y productividad de las tierras.

Aparentemente, las limitaciones del paisaje no influyen significativamente sobre la elección de las prácticas de conservación y manejo de los recursos naturales y productivos de las fincas. La quema de coberturas en áreas de fuerte pendiente, siembra en el sentido de la pendiente y reemplazo de amplias extensiones de cobertura arbustiva y arbórea por coberturas forestales plantadas, son testimonio de este tipo de manejo que ha reducido el capital natural de la región.

Las actividades agropecuarias se basan en la aplicación regular y muy frecuente de insumos agrícolas para restituir la disponibilidad de nutrientes del suelo y disminuir la competencia de los organismos que actúan como malezas, plagas y enfermedades. Las prácticas de compostaje no parecen influir en el mejoramiento de la capacidad productiva de los sistemas y, de acuerdo con lo observado, frecuentemente están asociadas a condiciones edáficas adversas para el mantenimiento de una productividad aceptable.

De los casos reportados como afirmativos para la asistencia técnica, menos del 31% (4 casos) eran atendidos por la entidad oficial y los restantes por técnicos particulares. No se encontró ningún indicio que permita asegurar que existe un efecto (positivo o negativo) de la existencia de asistencia técnica sobre la calidad del suelo en términos de fertilidad o balance de C/N. Es necesario desarrollar canales bilaterales de comunicación con el agricultor, con el fin de multiplicar su saber en la región y capacitarle con lo mejor del conocimiento técnico, como lo demuestra Caballero et al (2000) para Cuba.

La aplicación de abonos sin el conocimiento previo de las condiciones fisicoquímicas del suelo y la producción de abonos orgánicos sin normas técnicas sugieren poco conocimiento técnico y podrían ser causas una baja producción y pérdida de las cosechas.

Hay poco conocimiento de la utilidad de coberturas naturales para el control de la escorrentía y la proliferación de plagas. Según lo manifestado por Fry (1995) (citado por Nichols y Altieri, en línea) la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo puede ser útil para promover el control biológico, por sus efectos en la distribución

y abundancia de artrópodos.

En síntesis, las experiencias de particular interés, encontradas para el Valle de Guasca, referidas a prácticas para la conservación y regulación de recursos naturales, comprenden: a) captura y almacenamiento de agua de escorrentía para suministro, mediante la construcción de pequeños depósitos alimentados por surcos que capturan el drenaje superficial; b) el mantenimiento de pequeñas áreas con vegetación natural remanente, usada para protección de vertientes y riberas, o como cercas vivas o sombrío en áreas de pastoreo. En cuanto a experiencias relacionadas con manejo de recursos productivos, los ejemplos son: a) siembra de cultivos mixtos de legumbres con maíz o papa, destinados frecuentemente para el autoconsumo; b) aprovechamiento de residuos orgánicos, residuos de cosecha y malezas para la producción de abonos naturales mediante compostaje o lombricultura; c) aprovechamiento de residuos de cosecha (principalmente caña del maíz), para alimentación de ganado, mediante su apilamiento al aire libre para su secado y posterior utilización; d) uso de malezas vivas mezcladas con los cultivos, como hábitat de enemigos naturales y, simultáneamente, soporte para las especies cultivadas, con posterior utilidad como forraje después de la cosecha.

En general, los mecanismos estudiados se encuentran tan poco aprovechados o desarrollados que no representan autonomía (autosuficiencia) significativa; aunque existen mecanismos que disminuyen la demanda de insumos, su efecto es tan bajo en los sistemas de producción que muy pocas fincas alcanzan difícilmente el 56% de la regulación deseable, siendo el promedio 38%.

Lo anterior plantea la necesidad de hacer más eficientes los mecanismos de autorregulación, así como desarrollar simultáneamente varios tipos de mecanismos tanto para regulación y conservación de recursos naturales (suelo, coberturas naturales, agua, diversidad) como para el óptimo manejo de recursos productivos, de tal modo que se generen fincas como unidades semiautónomas, capaces de autorregularse. Los sinergismos y la complementariedad entre los diferentes objetivos de las fincas, podrían

mejorar las condiciones de sostenibilidad de las prácticas de manejo y un consecuente avance en el desarrollo local municipal.

Nota de el autor: Los resultados presentados en este artículo forman parte del proyecto "Análisis de la sostenibilidad de prácticas de manejo en sistemas de producción agropecuaria en el Valle de Guasca, Cundinamarca (Colombia)" (proyecto 1203-13-170-99. Grant 239-99), desarrollado por el autor con la financiación de COLCIENCIAS y la Pontificia Universidad Javeriana.

Bibliografía

- ALTIERI, Miguel A. Agroecology: principles and strategies for designing sustainable farming systems. In: *Agroecology in action*. http://nature.berkeley.edu/~agroeco3/principles_and_strategies.html, 2000.
- _____. Agroecología: Creando sinergias para una agricultura sostenible. In: *Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales*. Cuaderno 1, p. 1-62. 1995.
- _____. El Rol Ecológico de la Biodiversidad en Agroecosistemas. In: *Agroecología y Desarrollo* (4), p. 2-11, Diciembre, 1992.
- ANDRADE, A.; A. GONZÁLEZ. Aspectos conceptuales y metodológicos para el diseño de bases de datos utilizados en el análisis de los sistemas de producción. In: *Revista Informativa del Proyecto SIG-PAFC*, (10-11), p. 88-166, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia, 1996.
- CABALLERO G., R; CASANOVA M., A.; MARRETO A.; HERNÁNDEZ A.; CAPOTE J. F. La asistencia técnica a los productores en Cuba: concepciones y evolución. In: *Cuadernos de Desarrollo Rural* (45), p. 91-104. 2000.
- CORTES L., A. Y D. MALAGÓN C. *Los levantamientos agroecológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1984. 360 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. *Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial municipal*. IGAC. Santafé de Bogotá, 1997. 186p.
- ORTEGA, D. F. Sistema de evaluación de la fertilidad del suelo. In: *Suelos Ecuatoriales, Revista de la S. C. C. S.* Vol. XII, n° 2, p. 281-286, 1987.
- GLIESSMAN, Stephen. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida, 2000. 357p.
- NICHOLLS, C. I. Y M. A. Altieri. *Bases agroecológicas para el manejo de la biodiversidad en agroecosistemas: efectos sobre plagas y enfermedades*. http://www.agroeco.org/efectos_sobre_plagas.htm. [11/02/2002].
- SZTERN, D. Y M.A. PRAVIA. *Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos*. Presidencia de la República de Uruguay. Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Unidad de Desarrollo Municipal, 1999. www.onunet.org.uy/pdf/compost.pdf. [07/09/2001].
- ZONNEVELD, I. S. The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. In: *Landscape Ecology*, vol. 3, n° 2, p. 67-86, 1989.