

Análisis de sustentabilidad en unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia (Quindío - Colombia), Cuenca del Río La Vieja

L M Arias-Giraldo y J C Camargo*

*Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos, CIEBREG
Grupo de Investigación Gestión en Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA)
Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Pereira,
Colombia AA 097*

larias@utp.edu.co ; jupipe@utp.edu.co

Resumen

Mediante el marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS) que permite caracterizar propiedades o atributos socioeconómicos y biofísicos en los sistemas de producción, y que identifica de manera práctica los principales problemas y potencialidades con respecto a la sostenibilidad, se realizó un análisis de sustentabilidad en cinco unidades productivas ganaderas en el municipio de Circasia, Quindío. El tamaño de las fincas estudiadas osciló entre 7.9 ha y 33.5 ha; el uso predominante de la tierra fueron pasturas para ganadería tipo leche y doble propósito.

Mediante entrevistas semi-estructuradas se recolectó información socioeconómica. Las variables biofísicas evaluadas fueron medidas en campo a través de observación directa y muestreo de suelos en parcelas temporales. Para analizar la sustentabilidad de las cinco fincas se utilizaron 17 indicadores: 4 económicos, 5 sociales y 8 biofísicos. Se realizó una caracterización biofísica y socioeconómica de cada unidad productiva, y a partir de valores de referencia y umbrales encontrados en el estudio se construyeron índices de sustentabilidad en una escala 0 – 5 para cada indicador por finca.

El análisis de sustentabilidad permitió establecer algunos indicadores para caracterizar las cinco unidades productivas evaluadas, realizar comparaciones entre los indicadores, las fincas y las dimensiones de evaluación, e identificar aspectos críticos y potencialidades de los sistemas de producción. Una de las fincas presentó mejores niveles de sostenibilidad con respecto a las demás fincas evaluadas; las dimensiones social y económica presentan una valoración cualitativa *Sostenible*, y la dimensión biofísica es valorada como *Potencialmente sostenible*.

Análisis de correlación mostraron relaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los indicadores de aplicación de conocimientos adquiridos y prácticas de conservación de suelos, número de renglones de producción y jornales*ha⁻¹, y participación familiar con registro de actividades productivas.

Palabras clave: caracterización biofísica, caracterización socioeconómica, indicadores de sostenibilidad, sistemas silvopastoriles, sustentabilidad

Sustainability analysis for cattle-farms in the municipality of Circasia (Quindío state, Colombia), La Vieja river watershed

Abstract

A sustainability analysis was done by using the framework assessment of management systems including sustainability indicators (MESMIS). The socioeconomics and biophysics attributes as well as the main potentialities and problems regarding to sustainability, were elucidated within five farms located in the municipality of Circasia, Colombia. The size of these farms varied between 8 and 33 hectares and the principal land use of them was livestock for milk and meat production.

Socioeconomic information was collected through semi-structured interview applied to farmers and biophysical variables were measured in field within temporal plots. To assess the sustainability of farms, 17 indicators were used, 4 of them were economic, 5 social and 8 biophysical. The socioeconomic and biophysical characterization of farms and additional information of previous studies were used to define thresholds and references values and then to develop sustainability indices. A scale between 0 and 5 was established for each indicator.

The sustainability assessment permitted to establish indicators to characterize the farms evaluated. Therefore, it was possible to compare the farms in terms of economic, ecological and biophysical dimension and to identify critical aspects and potentialities of farms. Thus, it was determined the farm with the best level of sustainability, where the social and economic dimension valued as sustainable whereas the biophysical dimension was potentiality sustainable.

Correlation analyzes showed significant relationship ($P < 0.05$) between some of indicators evaluated. Use of acquired knowledge had a positive association with practices of soil conservation. The diversification of productivity showed a favorable influence on needs of day laborer. Also, the participation of family tends to be significant bigger when there are more productive activities in farms.

Key words: biophysics characterization, socioeconomic characterization, sustainability indicators, silvopastoral systems, sustainability

Introducción

La ganadería bovina está inmersa en una gran variedad de sistemas productivos, manejados por distintas etnias y grupos sociales enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales, con una enorme variación de los sistemas en términos biológicos, técnicos, económicos y sociales, y un impacto ambiental que va desde el desgaste absoluto e irreversible de suelos y ecosistemas hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados (Murgueitio 1999).

El deterioro de los recursos naturales ha sido en gran parte propiciado por el establecimiento de sistemas ganaderos y agrícolas generadores de efectos negativos sobre el recurso agua, el suelo, inestabilidad de las producciones, disminución en la satisfacción de las necesidades de la población y problemas ambientales globales. Diversas instituciones y programas del sector agropecuario han promovido el establecimiento de sistemas productivos con un manejo inadecuado e insostenible para países como Colombia, apropiando modelos de desarrollo tecnológico foráneos, que desconocen las condiciones ambientales locales y los sistemas de producción tradicionales de las comunidades campesinas (Libreros 1996).

El crecimiento de la actividad ganadera en el país y la preocupación que ésta ha causado por sus consecuencias sobre el medio ambiente, la concentración en la tenencia de la tierra, el desempleo en las zonas rurales, y la inequitativa competencia entre grandes y pequeños productores, debe cuestionar la manera de hacer más sostenible la ganadería tanto en términos socioeconómicos como ambientales; alcanzando la generación de bienes y servicios ambientales, el uso adecuado de los recursos naturales, y el incremento en los niveles de productividad y la calidad de vida de las poblaciones rurales en Colombia.

La estabilidad de la producción en los sistemas ganaderos bajo pastoreo, altamente difundidos en el trópico americano, dependen de su producción primaria y del manejo y fertilidad del suelo en el sistema; por lo tanto, mantener una alta productividad, adecuada cobertura vegetal y reciclaje de nutrientes en la pastura, contribuye a alcanzar sistemas ganaderos más sostenibles (Libreros 1996).

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) es una herramienta metodológica para evaluar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en pequeños agricultores y en su contexto local (Maser et al 1999 y López-Ridaura et al 2001). El marco es aplicable bajo los siguientes parámetros: 1) la sostenibilidad de los sistemas productivos se define a través de atributos generales; 2) la evaluación sólo es válida para un sistema de manejo en un lugar, escala espacial y período de tiempo determinados; 3) no se mide la sostenibilidad por sí misma sino a través de la comparación de dos sistemas o más, o analizando la evolución de un sistema en el tiempo (López-Ridaura et al 2001).

La presente investigación contribuyó con la evaluación de la sustentabilidad socioeconómica y biofísica de unidades productivas ganaderas con sistemas silvopastoriles en el municipio de Circasia –Quindío; para lo cual se abordaron las siguientes etapas: caracterización de las unidades productivas; valoración de los indicadores y generación de índices de sustentabilidad; y por último, el análisis de los niveles de sustentabilidad para cada dimensión evaluada.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada entre los 1406 msnm y 1744 msnm, y entre los 4°33'15.7" – 4°37'29.8" latitud norte y 75°39'52.7" – 75°41'28.4" longitud oeste, con una temperatura promedio de 20°C, precipitación media anual de 2659 mm y brillo solar de 1362 horas/año. Esta área corresponde a la cuenca del río La Vieja en una zona ubicada en el municipio de Circasia (Quindío – Colombia), dentro de la cual se trabajó en cinco unidades productivas ganaderas con presencia de sistemas silvopastoriles.

Las unidades productivas se seleccionaron dentro de un grupo de fincas con las cuales existe un trabajo y acercamiento previo importante, lo cual enriqueció tanto el levantamiento de información con los productores como los resultados encontrados; además de contar con el interés y respuesta positiva de los propietarios frente al tema de investigación. El número de fincas involucradas y los resultados de la investigación no pretenden ser una muestra representativa y extrapolable a todas las unidades productivas ganaderas de la región, teniendo en cuenta, además, que los parámetros y condiciones de la metodología utilizada así lo plantean. Sin embargo, conforman un estudio de caso importante que da inicio a un ciclo de evaluación y análisis de la sustentabilidad en los sistemas ganaderos de la zona.

Caracterización de unidades productivas ganaderas en la zona de estudio

Se realizó una descripción de cada unidad de producción haciendo énfasis en su sistema productivo ganadero. Se estableció un itinerario tecnológico del sistema a partir de la identificación de sus componentes, los insumos, los flujos internos y los productos generados. Se plantearon indicadores biofísicos y

socioeconómicos, que evidenciaron las principales variables de manejo, productivas, económicas y sociales, presentes en cada una de las fincas.

La información fue recopilada en cinco unidades productivas ganaderas aplicando una entrevista semi-estructurada que evaluó el área del predio, actividades productivas en la finca, información del hato ganadero, sistemas silvopastoriles, prácticas de conservación de suelos, mano de obra y, aplicación de conocimientos adquiridos con el objetivo de mejorar el sistema agropecuario. Adicionalmente, se realizaron charlas informales con los productores, visitas de reconocimiento, muestreo y mediciones en campo.

Valoración de indicadores de sustentabilidad en los sistemas de producción

La valoración de la sustentabilidad se basó en el esquema conceptual propuesto por la metodología MESMIS (Maser et al 1999 y López-Ridaura et al 2001). Esta metodología permitió analizar los niveles de sustentabilidad y generar índices de sostenibilidad para cada unidad productiva evaluada, en las dimensiones económica, social y biofísica.

Se trabajó con base en atributos de productividad, adaptabilidad, estabilidad, autodependencia y equidad, planteando criterios e indicadores para la valoración de la sustentabilidad. Se plantearon 17 indicadores de evaluación, cuatro pertenecientes a la dimensión económica, cinco de la dimensión social y ocho de la dimensión biofísica, analizando esta última a través de indicadores de calidad de suelo.

De los 17 indicadores, seis se tomaron y adaptaron de otros estudios (*Capacidad de innovación o asimilación de tecnologías* (Frías y Delgado 2003); *Implementación de prácticas de conservación de suelos, Registros de producción, Aplicación de conocimientos adquiridos, Ingresos diversificados e Integración familiar* (Cárdenas et al SF)) y los 11 indicadores restantes (*Rendimientos de leche, Capacidad de carga animal, Sistemas silvopastoriles establecidos, Materia orgánica en suelo, Fertilidad de los suelos, Nitrógeno en suelo, Compactación de suelos, Estabilidad estructural, Superficie en sistemas silvopastoriles, Consumo de concentrados y otros alimentos para animales y, Trabajadores contratados*) fueron construidos en el marco del presente trabajo.

Los parámetros se plantearon para el caso de los indicadores de calidad de suelo según referencias bibliográficas sobre valores ideales de calidad fisicoquímica de suelo y, para los restantes según las condiciones presentes y los umbrales (máximo valor o mejor condición obtenida en las unidades productivas analizadas) encontrados en la zona de estudio para cada variable (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores de sustentabilidad

Propiedad o Atributo	Indicadores	Parámetros	Valor	Dimensión de evaluación
Productividad	Rendimientos de leche*	• 16 litros Vaca*día ⁻¹ (Umbral)	5	Económica
	Capacidad de carga animal*	• 6,8 UA*ha ⁻¹ (Umbral)	5	Económica
	Sistemas silvopastoriles (SSP) establecidos*	• 4 o más SSP	5	Biofísica
		• 3 tipos de SSP	4	
		• 2 tipos de SSP	3	
		• 1 tipo de SSP	2	
Adaptabilidad	Materia orgánica en suelo (% a 50 cm)*	• Sin SSP	1	Biofísica
		• 7.24 - 9.14	5	
		• 5.17-7.07; 9.31-11.21	4	
		• 3.1-5.0; 11.21-13.1	3	
		• 1.03-2.93;>13.1	2	
		• <0.86	1	

Tabla 1. Indicadores de sustentabilidad

Propiedad o Atributo	Indicadores	Parámetros	Valor	Dimensión de evaluación
	Fertilidad en suelo (a 50 cm)*	• >8.4	5	Biofísica
		• 8.4 – 6.8	4	
		• 6.7 – 5.2	3	
		• 5.1 – 3.6	2	
		• <3.6	1	
	Nitrógeno en suelo (a 50 cm)*	• >0.25	5	Biofísica
		• 0.15 – 0.25	3	
		• <0.15	1	
	Compactación en suelo (Nw/cm ² a 45 cm)*	• <151	5	Biofísica
		• 151 – 250	4	
		• 251 – 350	3	
		• 351 – 450	2	
		• >450	1	
Estabilidad	Estabilidad estructural de suelo (a 30 cm)*	• >5.0	5	Biofísica
		• 3.1 – 5.0	4	
		• 1.6 – 3.0	3	
		• 0.6 – 1.5	2	
		• ≤0.5	1	
	Capacidad de innovación o asimilación de tecnologías (Nº opciones tecnológicas) ¹	• 6 opciones bsp;	5	Social
		• No hay	1	
	Implementación de prácticas de conservación de suelos ²	• 5 o más prácticas	5	Biofísica
		• 4 prácticas	4	
		• 3 prácticas	3	
		• 1 – 2 prácticas	2	
		• Sin prácticas	1	
Autodependencia	Superficie en SSP (área SSP/área total finca)*	• >80%	5	Biofísica
		• 60% - 80%	4	
		• 40% - 59%	3	
		• 10% - 39%	2	
		• <10%	1	
	Consumo de concentrados comerciales para animales (# tipos de concentrados “C”)*	• No consumo de “C”	5	Económica
		• 1 tipo de “C”	4	
		• 2 tipos de “C”	3	
		• 3 tipos de “C”	2	
		• 4 o más tipos “C”	1	
Equidad	Registros de producción ²	• 5 clases de registros	5	Social
		• 1 clase de registro	1	
	Aplicación de conocimientos adquiridos ²	• 9 o más prácticas	5	Social
		• <2 prácticas	1	
	Ingresos diversificados (renglones de producción) ²	• 50% ganadería y/o >3 renglones productivos	5	Económica
		• 100% ganadería	1	
	Trabajadores contratados (permanentes y temporales por ha/año)*	• >2 personas*ha ⁻¹	5	Social
		• 1 persona*ha ⁻¹	3	
		• <1 personas*ha ⁻¹	1	
	Integración familiar (participación de los miembros de la familia) ²	• Todos participan	5	Social
		• 3 integrantes participan	4	
		• 2 integrantes participan	3	
		• 1 integrante participa	2	
		• No hay participación	1	

Tabla 1. Indicadores de sustentabilidad

Propiedad o Atributo	Indicadores	Parámetros	Valor	Dimensión de evaluación
<i>*Indicadores contruidos en el marco del presente trabajo</i>				
¹ Frías y Delgado 2003				
² Cárdenas et al S.F				

Para dar valor cualitativo a los datos de los indicadores, después de determinar los valores referencia y umbrales, se calculó el índice de sostenibilidad para cada indicador. Esto se hizo de acuerdo a la proporción existente del valor del indicador frente al parámetro establecido, escogiendo una escala de medición de 0-5, donde 0 es el valor más bajo y 5 el valor ideal (Tabla 2). Finalmente se realizaron comparaciones entre las variables estudiadas y entre los promedios de los índices de sostenibilidad obtenidos para cada dimensión de evaluación en cada finca evaluada.

Tabla 2. Valoración cualitativa de la sostenibilidad

Nivel de sostenibilidad	Índice de sostenibilidad
Sostenible	>4 – 5
Potencialmente sostenible	>3 – 4
Medianamente sostenible	>2 – 3
Potencialmente insostenible	>1 – 2
Insostenible	0 – 1

Modificado de Duarte 2005

Después de hallar los índices de sostenibilidad para cada una de las variables o indicadores, se construyeron diagramas radiales de sustentabilidad. En éstos se visualizan las potencialidades y limitaciones de cada sistema de producción y, se evidencia el comportamiento en conjunto de la unidad productiva con respecto a un sistema de producción ideal.

Niveles de sustentabilidad en las dimensiones de evaluación de las unidades productivas

Para observar el comportamiento de cada unidad productiva con respecto a las dimensiones de evaluación, los índices originados se agruparon en cada una de las dimensiones de sostenibilidad (económica, social y biofísica). Se hallaron promedios por dimensión de evaluación para cada finca obteniendo los índices de sostenibilidad económico, social y biofísico, con el fin de establecer comparaciones entre los sistemas de producción por dimensión de evaluación.

Resultados y discusión

Caracterización de las unidades productivas

El tamaño de las unidades productivas evaluadas osciló entre 7.9 ha y 33.5 ha. Dentro de éstas la actividad predominante fue la ganadería, tipo leche en tres de las fincas y doble propósito en dos de éstas; las cinco presentaron sistemas silvopastoriles con cercas vivas, árboles dispersos y bancos de forraje.

La mano de obra en su mayoría es contratada, en especial el administrador de la finca y su familia con empleo permanente, y en ocasiones contratando mano de obra adicional cuando el manejo de los animales (labores de ordeño) lo requiere y en las épocas de cosecha de otros cultivos. En promedio para las cinco fincas el número

de jornales contratados al año es de 7, mientras que la mano de obra familiar es en promedio de 1 miembro de la familia por año; evidenciando una menor participación del trabajo familiar frente a la mano de obra contratada (Tabla 3).

Tabla 3. Características de sistemas productivos en cinco fincas ganaderas del municipio de Circasia, Quindío

Características		Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Altitud, msnm		1420	1492	1613	1663	1712
Área ¹ , ha		7.9	18.9	33.5	14.7	9.7
Área en ganadería, ha		5.5	11.3	24.9	13.5	7.7
Otras actividades productivas		Café, Porcicultura Agroturismo	Plátano Huerta			Café- Plátano Porcicultura
Jornales contratados	jornales*ha ⁻¹	2.5	0.1	0.1	0.1	0.8
	jornales*año	20	2	3	2	8
Participación familiar		2	0	1	1	1
Propósito de la ganadería	Tipo leche		Doble propósito	Tipo Leche	Tipo Leche	Doble propósito
Razas de ganado bovino	Cruces F1			Cruces F1:	Holstein	
	Holstein*Gyr-			Holstein*Pardo-	Jersey	
	Brasileño		Cebú	Suizo	Pardo Suizo	Criollas
	Jersey*Gyr		Criollas	Holstein*Jersey	Cruces entre éstas	
Carga animal (UA*ha ⁻¹)		6.8	3.53	4.81	4.81	2.06
Producción de leche (litros*vaca*día ⁻¹)		No aplica	6.1	16	14.9	16
Tipo de SSP	- Cerca viva matarratón					
	- Cerca viva eucalipto					- Cerca viva eucalipto
	- Árboles dispersos (guayaba, aguacate, guamo)	- Árboles dispersos (maderables)		- Árboles dispersos (maderables, guayaba)	- Árboles dispersos (maderables)	- Árboles dispersos (maderables)
	- Banco forrajero (pasto kingrass, bore, caña, maralfalfa, quiebrabarrigo, botón de oro, chachafruto y ramio)	- Cerca viva quiebrabarrigo		- Pasto de corte	- Cerca viva (árboles maderables)	- Banco forrajero (botón de oro, ramio, bore, caña)
				- Cerca viva matarratón		

¹. Áreas tomadas de imagen de satélite de la finca, proporcionada por la Fundación CIPAV

Las características biofísicas y socioeconómicas de las fincas evaluadas, muestran que la principal fuente de ingresos proviene de la ganadería y en menor escala del cultivo de café y plátano, la cría de cerdos, y solo en uno de los casos del agroturismo. El área total de las cinco fincas es de 84.9 ha, de las cuales 65.6 ha están dedicadas a la actividad ganadera. En las cinco fincas más del 60% del área estaba destinado a ganadería, con cargas animales que variaron entre 2.06 UA*ha⁻¹ y 6.8 UA*ha⁻¹. Las razas de ganado bovino empleadas por los productores de la zona son: Cebú; Holstein; Jersey; Pardo Suizo; Ganado Criollo; y Cruces F1 (Tabla 3).

La Finca 1 presentó la carga animal más alta, lo que es propio de sistemas de producción más integrados en los cuales se requiere una menor área en potreros para el mantenimiento de los animales. En este caso la suplementación con forrajes y las prácticas de rotación y fertilización de los potreros incrementan la productividad de los pastos (MacLennan y Bazill 1995).

Las especies de árboles y arbustos asociadas a las pasturas y que conforman los sistemas silvopastoriles en las unidades productivas son: leguminosas como Matarratón (*Gliricidia sepium*), Chachafruto (*Erythrina edulis*), Vainillo (*Stryphnodendron microstachyum*) y Casco de buey (*Bauhinia variegata*). Gramíneas y forrajeras como pasto Kinggrass (*Pennisetum purpureum*), Maralfalfa (*Pennisetum sp*), Caña (*Sacharum officinarum*), Ramio (*Boehmeria nivea*), Bore (*Alocassia macrorrhiza*), Quiebrabarrigo (*Trichantera gigantea*), Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y Guamo (*Inga spectabilis*). Otros árboles frutales y maderables como Guayabo (*Psidium guajava*), Aguacate (*Persea americana*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Cedro (*Cedrela odorata*) también fueron observados.

Con respecto a la alimentación del ganado, se da suplementación con las especies forrajeras de los sistemas silvopastoriles, a excepción de la Finca 4 donde sus sistemas no cuentan con este tipo de especies; en las fincas 1, 3 y 4 hay consumo de concentrados comerciales y en todos los casos se consume sal mineralizada.

La práctica de manejo común en las unidades productivas es la rotación de potreros con ciclos de 30 días en su mayoría. Los cuatro productores que cuentan con especies forrajeras y leguminosas en los sistemas de producción, afirmaron que suplementar la alimentación del ganado bovino con éstas, les ha permitido incrementar la carga animal (número de cabezas/ha) en sus fincas.

Con respecto a la utilización de recursos producidos en la propia unidad productiva, en la Finca 1 se presenta el uso de los árboles de eucalipto, con el aprovechamiento de sus ramas laterales utilizadas para madera (en especial postes para cercos) y leña. Esto ha representado menor presión sobre los recursos del bosque y una disminución en el consumo de otras fuentes de energía principalmente para la cocción de los alimentos. De igual manera, la utilización de desechos para la fabricación de abonos orgánicos ha disminuido la dependencia de fertilizantes y abonos químicos.

Lo anterior representa un aporte “relevante y esencial para su organización productiva – empresarial” (Corrales et al 2004) y evidencia que aunque sus características son de una empresa agropecuaria capitalista, se presentan también condiciones de un “modo de reproducción doméstico” (Meillasoux 1978 citado por Corrales et al 2004). Dichas condiciones se evidencian en menor o mayor medida en cada una de las fincas estudiadas; por ejemplo, la incorporación o conservación de árboles y arbustos dentro de pasturas ha llevado a incrementos en la producción de biomasa; la incorporación de especies forrajeras ha disminuido el uso de insumos externos como concentrados y; la utilización de especies leñosas sembradas en la propia finca ha disminuido la dependencia de combustibles fósiles y de energía eléctrica.

En general, en las cinco unidades productivas evaluadas, cada uno de los productores maneja su sistema de producción tanto administrativa como tecnológicamente en función de la optimización del rendimiento económico, realizando un manejo de pasturas basado en el aprovechamiento intensivo, la rotación de potreros y el establecimiento y/o mantenimiento de sistemas silvopastoriles, iniciando un proceso de adopción de tecnologías alternativas en sus sistemas ganaderos. Estas características corresponden a la de empresas pecuarias capitalistas (Corrales et al 2004).

Estos sistemas productivos pueden ser analizados como modelos alternativos de producción, que se encuentran en un proceso de mejoramiento de los niveles de sostenibilidad tanto en aspectos socioeconómicos como ecológicos. En estos casos hay una tendencia a minimizar externalidades ambientales negativas comunes en los modelos de ganadería extensiva y problemas socioeconómicos como la baja generación de empleo (Corrales et al 2004), la dependencia de insumos externos y la baja adaptabilidad a cambios en el entorno de los sistemas convencionales.

Valoración de indicadores de sustentabilidad en las unidades productivas

La valoración de los indicadores de sustentabilidad se realizó en cada una de las cinco fincas evaluadas obteniendo valores para las variables (indicadores) involucradas (Tabla 4). Adicionalmente, para cada unidad de producción se hallaron índices de sustentabilidad generados a partir de las variables evaluadas lo que permitió establecer comparaciones entre éstas y con respecto al umbral o sistema ideal obtenido con base en los valores óptimos encontrados en la zona o reportados en la literatura respectivamente.

Tabla 4. Índices de sustentabilidad para cada indicador por finca (F)

Indicadores	Umbral	F1	F2	F3	F4	F5
Producción de leche	16	NA	1.90	5	4.64	5
Carga animal	6.80	5	2.60	3.54	3.54	1.51
No. Sistemas silvopastoriles	4	5	3	5	3	3
Materia orgánica en suelo	9.14	4	5	5	4	4
Fertilidad en suelo	8.40	3	3	3	3	3
Nitrógeno en suelo	0.25	5	5	5	3	5
Compactación en suelo	151	4	3	4	4	4
Estabilidad estructural en suelo	5	3	3	3	4	4
Innovación tecnológica	5	4	4	5	5	3
Prácticas conservación de suelo	5	4	2	2	2	2
Superficie en SSP	80	4	4	2	5	4
Consumo de concentrados	0	4	5	4	1	5
Registros de actividades de la finca	5	5	2	4	3	4
Aplicación de conocimientos	3 o más	5	3	3	3	3
Renglones de producción	5	4	2	1	1	3
Jornales contratados	2	5	0.25	0.25	0.35	5
Participación familiar	5	3	1	2	2	2
Promedios		4.19	2.93	3.34	3.03	3.56

Los índices de sustentabilidad arrojados en las cinco fincas muestran que la Finca 1 presenta el mayor nivel de sostenibilidad con un promedio de 4.19, alcanzando una escala de valoración *Sostenible* dentro de los rangos establecidos. A ésta le siguen la Finca 5, 3 y 4 con índices de sostenibilidad promedios de 3.56, 3.34 y 3.03 respectivamente.

Análisis sobre los datos encontrados para cada indicador en las cinco fincas, mostraron tendencias de relaciones positivas entre diversas variables como la producción de leche y bajos niveles de compactación del suelo; el consumo de concentrados y mayor porcentaje de nitrógeno en el suelo; la aplicación de conocimientos y el número de prácticas de conservación de suelos implementadas; el número de renglones de producción y número de jornales/ha y; la participación familiar con un mayor registro de actividades.

Estas relaciones corroboran que existen interrelaciones entre variables económicas, sociales y biofísicas dentro de los sistemas de producción y, que la sustentabilidad está determinada por relaciones entre el modo y la intensidad de utilización de los recursos naturales con el mantenimiento de su calidad y cantidad y, con el sostenimiento de la productividad en el tiempo.

En la Finca 1, algunos de los indicadores con rango de valoración (>4.0 – 5.0) que la categorizan como un sistema sostenible son: la carga animal, el número de sistemas silvopastoriles establecidos, nitrógeno en el suelo, aplicación de los conocimientos adquiridos y número de jornales por hectárea (Figura 1). Esto

evidencia que se deben encaminar acciones hacia el mejoramiento de las limitantes del sistema como son los niveles de fertilidad y estabilidad estructural del suelo que pueden afectar negativamente los niveles de productividad y, también crear mayor dependencia de insumos externos así como mayores niveles de degradación ambiental.



Figura 1. Diagrama de sustentabilidad, Finca 1

Por otra parte, la Finca 2 presenta en promedio el menor nivel de sostenibilidad con un valor de 2.93 y una escala de valoración *Medianamente sostenible*. Esta se encuentra afectada principalmente por las variables producción de leche, prácticas de conservación de suelos, número de renglones de producción y número de jornales contratados por hectárea, que para esta finca resultaron con índices de sustentabilidad menores o iguales a 2 (Figura 2).

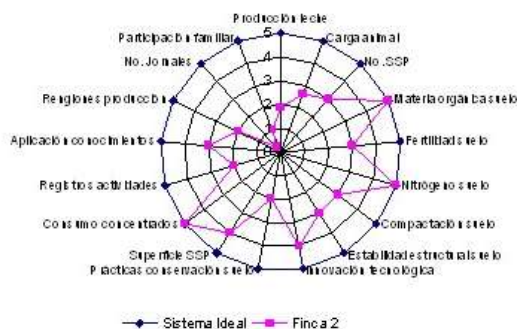


Figura 2. Diagrama de sustentabilidad, Finca 2

Con respecto a las Fincas 3 y 4 con escalas de valoración *Potencialmente sostenibles*, es posible identificar que las principales limitantes se encuentran en las variables prácticas de conservación de suelos, renglones de producción, número de jornales contratados por hectárea y participación familiar (Figuras 3 y 4). Adicionalmente, se evidencian fortalezas en los factores biofísicos y de producción de los sistemas; sugiriendo que lograr mayores niveles de sostenibilidad depende más del adecuado manejo dado a los sistemas que de limitantes medioambientales que dificulten su sostenimiento.



Figura 3. Diagrama de sustentabilidad, Finca 3

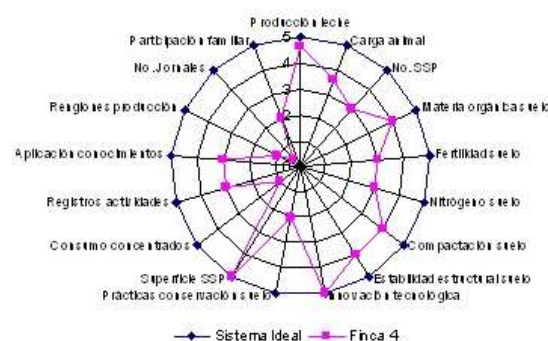


Figura 4. Diagrama de sustentabilidad, Finca 4

Por su parte, la Finca 5 con una valoración *Potencialmente sostenible* presenta puntos críticos principalmente en la carga animal, las prácticas de conservación de suelos y la participación familiar en las actividades productivas de la finca, con índices de sustentabilidad de 1.51 para el primer caso y, 2 para los dos últimos indicadores (Figura 5).

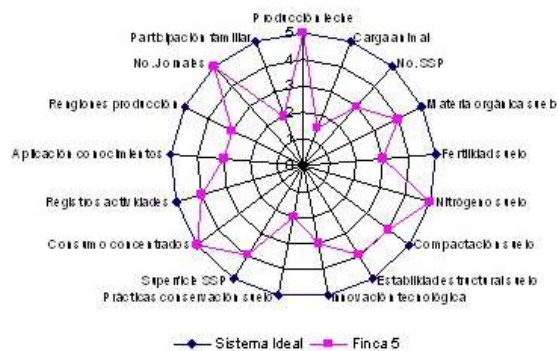


Figura 5. Diagrama de sustentabilidad, Finca 5

Niveles de sustentabilidad en las tres dimensiones de evaluación (económica, social y biofísica)

Dimensión económica

La Finca 1 presentó el mayor índice de sostenibilidad económica con valores más altos en los indicadores carga animal y renglones de producción (Tabla 5). La calificación fue de *Sostenible* (4.33) en la escala de valoración establecida. Contrariamente, la Finca 4 presenta el nivel más bajo de sostenibilidad económica (2.55), con la principal limitante en el consumo de concentrados y los renglones de producción, teniendo una valoración cualitativa de *Potencialmente insostenible* (Tabla 5).

Tabla 5. Valoración de indicadores económicos usando el marco de evaluación MESMIS en cinco fincas (F) ganaderas del municipio de Circasia, Quindío

Indicadores	F1	F2	F3	F4	F5
Producción de leche	NA	1.90	5.00	4.64	5.00
Carga animal	5.00	2.60	3.54	3.54	1.51
Consumo de concentrados	4.00	5.00	4.00	1.00	5.00
Renglones de producción	4.00	2.00	1.00	1.00	3.00
Promedios	4.33	2.88	3.39	2.55	3.63

Dimensión social

Al igual que en la dimensión económica la Finca 1 presentó el mayor nivel de sostenibilidad en la dimensión social, con un promedio de 4.40. Los mejores niveles se registraron en los indicadores de registros de actividades, aplicación de conocimientos y jornales contratados. El segundo nivel de sostenibilidad social lo presentó la Finca 5 con un valor de 3.40, seguida por las Fincas 3, 4 y 2 (Tabla 6).

Tabla 6. Valoración de indicadores sociales usando el marco de evaluación MESMIS en cinco fincas (F) ganaderas del municipio de Circasia, Quindío

Indicadores	F1	F2	F3	F4	F5
Innovación tecnológica	4.00	4.00	5.00	5.00	3.00
Registros de actividades de la finca	5.00	2.00	4.00	3.00	4.00
Aplicación de conocimientos	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Jornales contratados	5.00	0.25	0.25	0.35	5.00
Participación familiar	3.00	1.00	2.00	2.00	2.00
Promedios	4.40	2.05	2.85	2.67	3.40

La Finca 1, además de tener el mayor índice de sostenibilidad social, presenta un comportamiento equilibrado entre las variables, mientras que en los demás sistemas se observa un comportamiento más irregular frente al sistema ideal de referencia, lo que puede incidir en una mayor vulnerabilidad a cambios externos (Figura 6).

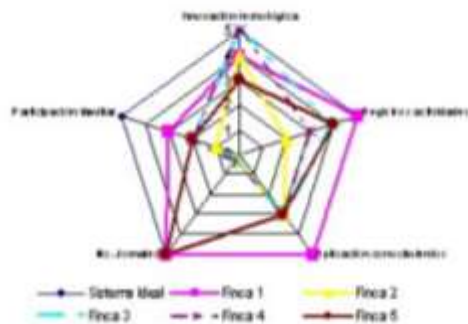


Figura 6. Diagrama de sustentabilidad de la dimensión social para las cinco fincas evaluadas, municipio de Circasia, Quindío.

Dimensión biofísica

La Finca 1 presenta el mayor índice en la dimensión biofísica con un promedio de 4.0 y es valorada cualitativamente como *Potencialmente sostenible*. Sus mayores potencialidades están en el número de sistemas silvopastoriles, características de los suelos (contenido de materia orgánica, nitrógeno y bajos niveles de compactación), prácticas de conservación de suelos y, porcentaje de área en sistemas silvopastoriles. También muestra niveles medios de sostenibilidad en la fertilidad y estabilidad estructural del suelo (Tabla 7).

Tabla 7. Valoración de indicadores biofísicos usando el marco de evaluación MESMIS en cinco fincas (F) ganaderas del municipio de Circasia, Quindío

Indicadores	F1	F2	F3	F4	F5
No. Tipos de Sistemas silvopastoriles	5.00	3.00	5.00	3.00	3.00
Materia orgánica en suelo	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00
Fertilidad en suelo	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Nitrógeno en suelo	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00
Compactación en suelo	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00
Estabilidad estructural en suelo	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00
Prácticas conservación de suelo	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Superficie en SSP	4.00	4.00	2.00	5.00	4.00
Promedios	4.00	3.50	3.63	3.50	3.63

Con respecto a las prácticas de conservación de suelos, algunos estudios han encontrado que cuanto mayor sea el uso de estas prácticas mayor es la tendencia hacia la estabilidad y sostenibilidad ecológica de los sistemas de producción (Duarte 2005), siendo similar a lo encontrado en la Finca 1 en comparación a las demás unidades productivas donde este indicador tiene niveles potencialmente insostenibles (Figura 7).

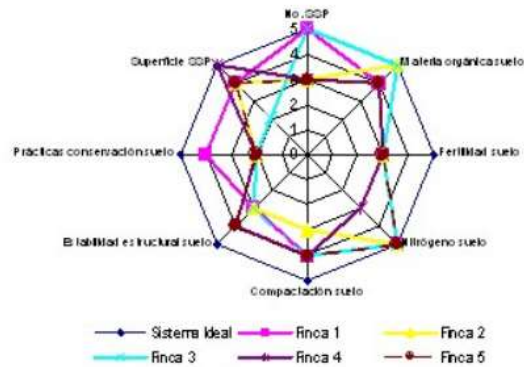


Figura 7. Diagrama de sustentabilidad de la dimensión biofísica para las cinco fincas evaluadas, Municipio de Circasia, Quindío

Las variables que representan la calidad de suelo (materia orgánica, fertilidad, nitrógeno, compactación) presentan índices con valores similares o cercanos, lo que puede estar determinado en mayor medida por las condiciones biofísicas homogéneas del área de estudio y no necesariamente por el manejo dado a cada sistema.

Es importante mencionar que el número de tipos de sistemas silvopastoriles no tiene una relación directa con el porcentaje de área en sistemas silvopastoriles; tal es el caso de la Finca 4 donde se tiene un valor óptimo con respecto al porcentaje de área (el 92% del área de la finca se encuentra en sistemas silvopastoriles) y un menor valor en cuanto a tipos de sistemas silvopastoriles. Esto se debe a que sus sistemas silvopastoriles quedaron establecidos al cambiar el uso del suelo de café con sombrero hacia pasturas, y hasta el momento la propietaria no ha encontrado especies leguminosas o forrajeras que se adapten adecuadamente, no sólo a las condiciones biofísicas, sino a los requerimientos y cuidados del hato bovino; pues considera que el propósito de su ganadería (tipo leche) y las razas empleadas requieren cuidados especiales de manejo.

El indicador número de sistemas silvopastoriles, a pesar de evaluarse dentro de la dimensión biofísica, también es posible de analizar desde el punto de vista económico. Esto si se tiene en cuenta la diversidad de especies con usos para la alimentación del ganado, para madera y leña, que contribuyen a mejorar las condiciones económicas haciendo menos dependiente el sistema a insumos externos. Algunos autores han reportado que la diversidad de especies puede generar ingresos y rendimientos significativos en la economía y autogestión de la unidad productiva (Sosa 1997 y Duarte 2005).

Conclusiones

- La Finca 1 presentó mejores niveles de sustentabilidad en las tres dimensiones de evaluación mostrando sus mayores potencialidades en los indicadores carga animal, registros de actividades, aplicación de conocimientos, jornales contratados, número de sistemas silvopastoriles y nitrógeno en el suelo. El productor juega un rol importante en el desarrollo sostenible de su unidad por su participación directa en las actividades productivas de su finca y a la racionalidad socioeconómica y ambiental que maneja, dándole un valor agregado a su actividad agroturística.
- Menores valores en los índices de sostenibilidad representan principalmente la vulnerabilidad de los sistemas frente a factores externos en el mercado de los productos ganaderos. En estas fincas no se cuenta con el respaldo suficiente para adaptarse a nuevas condiciones y para mantener niveles de producción estables después de cambios en el entorno.

- El análisis de la sostenibilidad y el uso de estas herramientas ayudan a los productores a visualizar la situación actual de sus sistemas y aprender sobre las consecuencias que tiene el manejo de la finca en la cantidad y calidad de los recursos, así como a controlar el proceso de cambio hacia un sistema de producción más sostenible.
- Para lograr cambios positivos en los sistemas de producción que contribuyan a un desarrollo rural sostenible es necesario analizar la realidad de manera integral a través de las tres dimensiones de sostenibilidad (Económica, social y biofísica).
- El análisis de sostenibilidad permite ampliar el debate sobre los beneficios del establecimiento de sistemas silvopastoriles, establecer indicadores prácticos y objetivos capaces de caracterizar la sostenibilidad de diferentes sistemas ganaderos y, realizar comparaciones que permitan identificar el sistema de producción más sostenible así como sus mayores potencialidades e indicadores más críticos que amenazan la estabilidad y sostenibilidad de los sistemas.
- La anterior información constituye una herramienta útil para generar recomendaciones prácticas en torno al fortalecimiento de la sostenibilidad de los sistemas de producción evaluados. Dichas recomendaciones deben ser generadas y discutidas con los productores involucrados, ya que son ellos quienes finalmente adoptan nuevos procesos y quienes tienen la capacidad de identificar de manera más clara las necesidades prioritarias en el funcionamiento de su sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las entidades cofinanciadoras de la presente investigación: COLCIENCIAS y Universidad Tecnológica de Pereira, a través del Proyecto “Estrategias para el establecimiento de sistemas silvopastoriles con árboles maderables en la zona cafetera de Colombia”. Al Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos CIEBREG, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación. De igual forma, agradecen a los propietarios de las fincas donde se desarrolló el trabajo en el municipio de Circasia, Quindío, quienes de manera amable nos proporcionaron su tiempo, información y permitieron realizar muestreos y análisis dentro de sus predios.

Referencias

Cárdenas G I, Giraldo H, Idárraga A y Vásquez L N S.F Desarrollo y Validación de Metodología para Evaluar con Indicadores la Sustentabilidad de Sistemas Productivos Campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia – ACOC. En:

http://www.javeriana.edu.co/fear/m_des_rur/documents/Cardenas-presentacion.pdf

Corrales E, Forero J, Rodríguez H, Galarza J A, Gamba C, Correa J, Ríos R, Motta M y Medina N 2004 Viabilidad económica y cultural de sistemas ganaderos extensivos y alternativos en laderas andinas. Informe Técnico. COLCIENCIAS. Grupo de Investigación Sistemas de Producción Conservación. Departamento de Desarrollo Rural y Regional. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia.

Duarte N 2005 Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 140 pp. http://www.agrofloresta.net/artigos/tese_nina_duarte.pdf

Frías S C y Delgado F 2003 Estudio de indicadores de sostenibilidad del sistema familiar campesino en ecosistema de montaña: el caso de la comunidad de Tres Cruces. LEISA Revista de Agroecología. Ocho estudios de caso. En: http://www.ileia.org/FritZ/source/getblob.php?o_id=84628&a_id=211&a_seq=1

Libreros H 1996 La Sostenibilidad y los Sistemas de Producción Agropecuaria: la Agroforestería como Alternativa. En: Memorias Seminario Internacional Sistemas Silvopastoriles Casos Exitosos y su Potencial en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. Pág 41-49.

López-Ridaura S, Masera O y Astier M 2001 Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: El marco MESMIS. Boletín de ILEIA. Pág 25-27.

Masera O, Astier M y López-Ridaura S 1999 Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. México, Mundi-Prensa.

MacLennan A B y Bazill J 1995 Experiencias del proyecto reforestación en fincas ganaderas, Costa Rica, con énfasis en aspectos pecuarios. En: Sistemas pecuarios sostenibles para las montañas tropicales. Moreno F, Osorio H, Waltham N y Espinel R (Editores). CIPAV, CENDI, FAO. Cali, Colombia. Pág 241-248.

Murgueitio E 1999 Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. World Animal Review. FAO, Roma. <http://www.fao.org/docrep/x3770t/x3770t02.htm>

Sosa R 1997 Reconocimiento de sistemas agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo en Rivas, Perez Zeledón, Costa Rica. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 107 pp. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0511E/A0511E.PDF>

Received 9 April 2007; Accepted 27 July 2007; Published 4 October 2007