
Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche y Alternativas de Solución

Enrique Murgueitio R.

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Caldas, Colombia.
MSc. en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios,
Universidad Javeriana, Colombia.

Asesor en Medio Ambiente: Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura, FAO, Banco Mundial,
Ministerio de Cooperación Internacional de los Países Bajos,
Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología COLCIENCIAS.

Director Ejecutivo Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV,
Colombia.

Premio Científico Internacional

Bodas de Plata de la INTERNATIONAL FOUNDATION FOR SCIENCE – IFS.

Colombia

Introducción

Este artículo contiene una breve reseña histórica sobre las actividades ganaderas en América Latina evidenciando la fuerte tradición cultural de esta actividad a partir de los conquistadores, luego describe los principales impactos ambientales de la ganadería en la actualidad, con énfasis en los efectos sobre la ocupación del territorio, los suelos y el agua. Se presentan datos recientes de investigaciones realizadas por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV en el departamento del Quindío (Colombia) sobre los impactos de la ganadería de leche en pastoreo intensivo, sobre el suelo y el agua. Los datos sobre este último recurso son inéditos. Se revisan una serie de alternativas para reducir los daños ocasionados e iniciar una nueva era de ganadería basada en principios de sostenibilidad que incluye una activa gestión en las microcuencas (revegetalización, protección



de nacimientos, reducción de vertimientos contaminantes) y la transformación de los pastizales homogéneos en sistemas silvopastoriles. Finalmente se discute sobre la posibilidad de articular estos cambios con la generación de servicios ambientales (Captura de Carbono, Biodiversidad y Calidad de Agua) que tendrá como prueba un proyecto piloto regional en Costa Rica, Colombia y Nicaragua que inició actividades el presente año.

1. Breve Reseña Histórica

En épocas prehispánicas en algunos territorios de la cordillera de los Andes en Bolivia, Perú y Ecuador se logró la domesticación de especies animales como la llama *Lama glama*, la alpaca *Lama pacos* y el cuy o curí *Cavia porcellus*. (Patiño V.M. 1970, Pinzón E. 1984). No hay evidencia que esto sucediera en territorio colombiano, a excepción del sur de Nariño hasta donde llegó la influencia del imperio Inca.

A diferencia de América, en España y Portugal hace cinco siglos la ganadería tenía gran importancia económica y política para la sociedad ibérica. Estaba adaptada a condiciones de permanente movilidad debido a las guerras contra los moros que durante varios siglos tuvieron lugar en toda la península, y era considerada como una de las más desarrolladas de Europa en esa época (Patiño V.M. 1970). Los animales domésticos que hoy ocupan la mayor proporción de las poblaciones pecuarias de América llegaron en las naves de los españoles, desde el segundo viaje de Cristóbal Colón hace cinco siglos, a las islas del Caribe y de ahí fueron trasladadas al continente a través de las distintas expediciones de conquista. (Pinzón E. 1984).

Los conquistadores ibéricos, vinieron acompañados por los equinos y perros mastines, animales destinados al combate que serían definitivos para la victoria militar sobre las grandes civilizaciones Azteca e Inca y las demás culturas y pueblos indígenas. Pero también con ellos llegaron otros animales utilizados para el transporte como asnos y mulas, la alimentación y el vestido como los bovinos, ovinos, caprinos y porcinos (Bennett D. y Hoffmann R. 1992).

La ganadería se inició en América aprovechando los ecosistemas de sabanas naturales presentes en varias regiones del Caribe, la Orinoquia y la Pampa argentina. Poco a poco avanzaría acompañando los desmontes de los bosques de los ecosistemas secos y húmedos así como las laderas de las montañas y los altiplanos. Los animales ibéricos con el paso del tiempo se fueron adaptando a las nuevas condiciones y varios núcleos se transformaron en razas regionales llamadas criollas por los expertos.

La importación de animales de razas europeas como Shorthorn, Aberdeen Angus, Holstein, Charolais y Normando, más especializadas hacia la producción de leche o carne, sólo se daría en la época re-



publicana a finales del siglo XIX e inicios del XX. Más importante para la transformación de millones de hectáreas fue la difusión de gramíneas africanas como el puntero *Hyparrhenia rufa*, gordura o yaraguá *Melinis minutiflora* y Guinea *Panicum maximum* por su agresividad, tolerancia al fuego y la capacidad de producir semillas de fácil multiplicación en grandes cantidades. El uso del fuego se aplicó como estrategia de manejo para repeler la sucesión vegetal y también como herramienta de transformación de bosques nativos (Parsons J.J., 1972).

Las zonas bajas con climas extremos, bien por largas sequías, altas temperaturas o exceso de lluvias, fueron barreras para los bovinos europeos hasta la introducción de las razas cebuinas en el siglo XIX en Brasil y en el primer tercio del siglo XX en Colombia. En las regiones semidesérticas naturales y en expansión por efectos antrópicos, los pobladores mestizos han contado con las cabras y los burros como principal actividad productiva. Las zonas inundables de las grandes cuencas hidrográficas, invadidas por gramíneas agresivas y poco consumidas por los bovinos, dejaron de ser una barrera natural para la ganadería con la introducción del búfalo de río asiático en el siglo pasado.

En las regiones de alta montaña y altiplanos, donde el clima más moderado permite la crianza y reproducción de las razas europeas especializadas, la importación desde las montañas africanas del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, alrededor de 1920 (Parsons J.J. 1972), marcó un momento definitivo para el inicio de la producción de leche destinada al creciente mercado urbano.

Con el tiempo, estos animales de pastoreo fueron determinantes para consolidar el modelo político y económico de control del territorio a través de la propiedad privada, que luego pasó de las colonias ibéricas a las repúblicas y perdura hasta nuestros días de diferentes maneras.

La ganadería, basada en pastoreo, ha realizado el mayor cambio en los paisajes rurales hasta llegar a una escala continental y debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales. (Bennett D. y Hoffmann R. 1992).

2. Ganadería Bovina y Ocupación del Territorio

El término ganadería bovina incluye una variedad de sistemas productivos manejados por distintos grupos sociales, situados en distintos biomas terrestres y por lo tanto, enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales (Murgueitio E y Calle Z 1999).

En América tropical la mayor proporción de ecosistemas naturales transformados se encuentra en sistemas ganaderos de pastoreo y suman en la actualidad 548 millones de hectáreas (33% de la región



y 11% de las tierras agrícolas del mundo). Esto significa que el 77,37% de la frontera agropecuaria (agroecosistemas) son sistemas destinados al pastoreo de animales domésticos con predominio de los bovinos sobre otras especies como ovinos, equinos, cabras y búfalos (Fao 1996).

La ganadería se practica muchas veces en sitios inapropiados, lo que promueve la degradación ambiental, como en la Amazonía, donde ya un 35% de las pasturas están abandonadas ante el fracaso económico y los suelos improductivos (Da Silva et al. 1996). En América Central las pasturas se degradan en una alta proporción (> 40%) y son dominadas por especies nativas de baja calidad y productividad, con cargas animales inferiores a 0,7 UA/ha (Szott et al. 2000).

Un fenómeno similar ocurre en grandes áreas de Suramérica. La degradación de pasturas está asociada con baja eficiencia de producción, pérdida de biodiversidad y emisiones de gases de calentamiento global (Veldkamp 1993; Kaimowitz D. 1996).

Una investigación reciente evidenció las tendencias históricas del poblamiento de Colombia y su relación con la transformación de los ecosistemas naturales en cinco períodos, desde antes de la conquista española hasta nuestros días. Se encontró una estrecha relación entre la baja densidad de la población rural con la alta transformación de los ecosistemas con presencia de pastizales. Este patrón es más marcado en zonas bajas, menos de 1.000 metros sobre el nivel del mar, que en la región andina y se manifiesta a una tasa más rápida en los períodos 1920-1970 y 1970-1990 donde la presencia de pastos en las nuevas áreas es de 94,1 y 97,2% respectivamente (Etter A. y Wynaagarden 2000).

Como en muchas regiones del continente americano, la ganadería en Colombia sigue siendo un símbolo de poder económico y político y de apropiación legal del territorio. También para muchos es un negocio de largo plazo caracterizado por un menor riesgo que la agricultura y otras actividades rurales. La acumulación de todo tipo de capitales a lo largo de la historia se invierte con frecuencia en ganadería (Murgueitio E y Calle Z 1999).

Los sistemas de pastoreo que ocupan la mayor parte de la frontera agropecuaria son desarrollados por una diversidad de actores sociales y tienden a expandirse en todos los biomas de las cinco regiones biogeográficas del país (Murgueitio E. 1999). Las cifras del uso del suelo en los últimos años evidencian la misma tendencia de ampliación de pasturas. Así entre el año 1987 y 1999 el área utilizada para la ganadería se incrementó en un 208,2% y supera ya en 214,1% el potencial de uso por aptitud de suelos que es de 19,2 millones de hectáreas. En contraste en el mismo período la agricultura solo llegó al 30,9% de su potencial de aptitud. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2001).



En Colombia los sistemas ganaderos de pastoreo son ampliamente dominados por la especie bovina con alrededor de 26´088.000 cabezas, seguidos por ovinos con 2´540.000 millones, equinos 2´450.000 ejemplares, 963.000 caprinos, 760.000 asnos y 586.000 mulares (Fao 1996). También existe una pequeña pero creciente población de búfalos de río.

En la región andina colombiana las actividades ganaderas ocupan todo tipo de terrenos y predios de tamaños que varían desde 1 ó 2 ha hasta más de 500 ha y son realizadas por empresarios agropecuarios de sistemas mixtos o exclusivamente ganaderos pero también por campesinos, indígenas y colonos. Los sistemas de producción ganadera tienden a ser de lechería en las zonas de altiplanos y altitudes entre 2.000 y 3.000 msnm; de doble propósito (carne y leche) en los climas medios (1.000-2.000 msnm) y páramos (>3.500 msnm); de cría para carne en las zonas más bajas (500-1.000 msnm) y hay sistemas menores para engorde (ceba), búfalos, ganado de lidia, ovinos y caprinos (Murgueitio E. 2002).

Después de la región Caribe, los Andes es la zona de mayor población de ganado bovino. El total de reses de todas las edades para la región llega a 6´690.101 que representan el 30,86% del total nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2000), pero la cifra debe ser mayor porque las estadísticas oficiales incluyen al departamento de Antioquia en la región norte (Caribe) y existe una importante población ganadera en este departamento que se ubica en los Andes centrales y occidentales.

3. Impactos Ambientales de la Ganadería

En la transformación de los ecosistemas naturales existe una conexión directa e indirecta entre la ganadería y la tala y quema de bosques. La magnitud con que este proceso se ha realizado en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical (Kaimowitz D. 1996). El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados.

Pero también en las actividades pecuarias de pastoreo se generan otros impactos ambientales negativos como la erosión y compactación del suelo, la uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas mediante quemadas estacionales y eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos (herbicidas) o físicos, la desecación de humedales, la construcción de vías de penetración, la demanda creciente de madera para cercos, corrales de manejo y camiones ganaderos, la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas, así como las emisiones de gases producidas por la



quemado de combustibles en el transporte terrestre y fluvial de animales vivos o sus productos (Murgueitio E. 1999).

Otros impactos agregados se generan en las industrias y agroindustrias que procesan carne, leche y pieles, bien por vertimientos puntuales a las aguas y emisiones al aire o por el uso masivo de empaques no biodegradables (plásticos, polietilenos, mezclas de aluminio y plástico) para todos los insumos y productos (drogas, fertilizantes, suplementos, leche, queso) que se arrojan después de su uso, y solo en el mejor de los casos terminan en los rellenos sanitarios de las grandes ciudades.

Los impactos ambientales son diferentes según el sistema ganadero empleado. Lamentablemente existen muy pocas investigaciones destinadas a aclarar estas diferencias. Este vacío de conocimiento fue señalado como una de las mayores dificultades para asumir el reto de iniciar los procesos de reconversión ambiental y social que requiere la ganadería en general (Murgueitio E. 1999).

El cuadro 1 resume los principales impactos de la Cadena Láctea en Colombia en sus cuatro etapas:

- Producción (actividades agropecuarias lecheras): Incluye la leche de los sistemas de doble propósito.
- Transporte: Abarca la apertura y mantenimiento de vías hasta la recolección de leche y distribución de productos lácteos procesados
- Procesamiento: Transformación industrial y artesanal de leche y derivados lácteos
- Consumo: Industrial y doméstico.

Se subraya la falta de información cuantitativa que permita precisar la magnitud de los impactos. Es de esperarse que este reto sea asumido por los primeros acuerdos de producción limpia entre el sector y las autoridades ambientales como en el caso de Antioquia, o por actividades pioneras de los mismos productores como en el caso del Valle del Cauca.



Cuadro 1
Principales impactos ambientales de la cadena láctea en Colombia

Impactos	Producción	Transporte	Procesamiento	Consumo
↑ Compactación de suelos agrícolas	♣ ♣ ♣	♣	S	S
↑ Actividad biológica	♣	♣	S	S
↑ Erosión en terracetas (pata de vaca)	♣ ♣ ♣	S	S	S
↑ Remociones masales y deslizamientos	♣ ♣	♣ ♣	S	S
↑ Regulación hídrica en microcuencas	♣ ♣	S	S	S
↑ Deseccación de humedales	♣	♣	S	S
↑ Pérdida y contaminación de nacimientos de agua	♣ ♣	♣	♣	S
↑ Contaminación química de ríos	♣	♣	♣ ♣ ♣	♣
↑ Contaminación orgánica de ríos	♣	♣	♣ ♣ ♣	♣
↑ Contaminación y sedimentación de humedades	♣ ♣	♣ ♣	♣ ♣	♣
↑ Conservación de ecosistemas naturales	♣	♣	♣	S
↑ Diversidad biológica de Agroecosistemas (Paisajes rurales)	♣ ♣	♣	S	S
↑ Conservación de especies de flora y de fauna nativas	♣ ♣	♣ ♣	S	S
↑ Demanda de recursos maderables nativos	♣ ♣	♣	♣	S
↑ Contaminación química de alimentos	♣ ♣ ♣	S	♣ ♣	S
↑ Residuos de antibióticos y otras drogas	♣ ♣ ♣	S	♣	S

Grado de impacto: s sin impacto o sin información - § reducido - §§ importante - §§§ grave

3.1. Impacto sobre el suelo

La erosión es probablemente el tipo de degradación más común en el mundo. La magnitud de este fenómeno es alta, particularmente en Asia, África y Suramérica con promedios entre 30 a 40 toneladas de suelo/ha/año. Las cifras anteriores se pueden comparar con valores promedios de los procesos de formación del suelo que acercan a una tonelada/ha/año (Fao 1996).



En Colombia los procesos erosivos con mayor incidencia están asociados a la erosión hídrica superficial que viene afectando un 79% equivalente a 90'392. 661 ha del territorio nacional, seguidos en menor proporción por la remoción en masa cuyo porcentaje llega a un 14,9 % equivalente a 16'533.355ha. (Ideam citado por Madr 2001).

En el caso de los potreros, la compactación resultante del tránsito de los animales afecta en forma negativa el flujo del agua a través del perfil y la estabilidad estructural, procesos que causan erosión superficial y remociones masales (Rivera H. 1993), conocidos en el lenguaje común como deslizamientos, derrumbes o avalanchas. Estas son causadas o agravadas por obras de ingeniería donde se destacan las vías de orden menor destinadas a la recolección permanente de leche fresca, las que generalmente están mal trazadas y con manejos inadecuados de las aguas de escorrentía.

Los dos tipos de degradación han llevado a una pérdida acelerada e irreversible del suelo y con ello la productividad, lo que conduce a una ganadería más costosa, menos competitiva e insostenible a través del tiempo. En el caso lechero la reducción de la productividad de los pastos por compactación de los suelos tiende a compensarse con el incremento de consumo de los suplementos y concentrados que afectan la rentabilidad del sistema.

Un buen ejemplo de los errores en el manejo del suelo debido de la intensificación de la ganadería lechera, también de carne, se ha llevado a cabo en el departamento del Quindío. En esta región en los últimos años, a partir de la crisis del sector cafetero y la consecuente disminución de los precios internacionales del grano, se ha generado un proceso de transformación de los sistemas cafeteros hacia ganadería de pastoreo intensivo caracterizado por una alta carga animal, fertilización química y rotación con cerca eléctrica, aprovechando la excelente distribución de lluvias a lo largo del año. Se calcula que entre 1992 y 1996 se eliminaron 14.000ha de cafetales pasando la mayoría a sistemas ganaderos (Sadeghian S 1998).

Por solicitud de la autoridad ambiental regional, la Corporación Autónoma Regional del Quindío Crq, la Fundación Cipav llevó a cabo una serie de investigaciones sobre el estado de los suelos en doce agroecosistemas, cuatro de la unidad de paisaje de Montaña y ocho en la unidad de Piedemonte. En esta última los sistemas estudiados fueron rodales de Guadua Guadua angustifolia y bosques nativos, cafetales tecnificados, cafetales tradicionales, ganaderías intensivas para la producción de leche, ganaderías intensivas para la producción de carne, ganaderías extensivas para cría, cultivos transitorios de yuca *Manihot sculenta*, sorgo *Sorghum vulgare* y maíz *Zea maíz* y cultivos de cítricos.

Se tuvieron en cuenta las dos principales unidades de suelos de la región, ubicadas en su mayoría entre 1.100 y 1.600 msnm. Se evaluaron las características físicas, químicas y biológicas de los suelos en



estos sistemas con variables como la actividad microbiana medida en forma indirecta por la respiración (CO_2), el número y la diversidad de organismos (morfoespecies) denominados como meso y macrorganismos del suelo, los contenidos de arenas, limos y arcillas; la densidad aparente, densidad real, porosidad total, distribución del tamaño de los agregados, estabilidad de los agregados, conductividad hidráulica, humedad gravimétrica, pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y los contenidos de la materia orgánica, fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), aluminio (Al), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B) (Sadeghian et al 2001).

Los guaduales y bosques nativos tomados como patrón de comparación exhibieron mejores características que los demás sistemas de uso. Los cafetales tradicionales se asemejaron en mayor grado a los sistemas anteriores y presentaron los promedios más elevados en el número de organismos, tamaño de los agregados, CIC y los contenidos de Cu y B. En los sistemas ganaderos intensivos de leche y carne el pisoteo de animales durante 2-3 años produjo una compactación similar a la ocasionada por la ganadería extensiva con un tiempo de uso mayor de 15 años. En los cuadros 2 y 3 se resumen las principales diferencias de las características biológicas, físicas y químicas de los suelos utilizados en los tres tipos de ganadería (extensivo, intensivo de carne e intensivo de leche) comparados con el control de bosques de guadua que presentó las mejores condiciones del suelo. En todos los sistemas ganaderos se nota un efecto de impacto sobre las variables analizadas.

Se concluyó que el efecto de mayor importancia se genera en la transformación de los agroecosistemas cafeteros hacia sistemas de ganadería de alta carga animal y alta fertilización química, porque el impacto sobre el suelo en cuatro años es equivalente al presentado en un período de tiempo 5 veces mayor en sistemas ganaderos tradicionales (Sadeghian et al 1998 y 2001). También se demostró que en los ambientes poco intervenidos se presenta una menor degradación y se ha propiciado el mejoramiento de este recurso.

En los sistemas ganaderos de modalidad intensiva de producción de leche (también en sistemas de engorde de novillos en altas cargas) se encontró una reducción en la diversidad de especies vegetales y la fauna del suelo. Los incrementos en el grado de la compactación por pisoteo de animales son considerables, este fenómeno reduce significativamente el flujo del agua en el suelo y el volumen de los espacios ocupados anteriormente por poros con aire y agua y se comprueba con la diferencia en los datos (cuadro 2) para variables como materia orgánica (MO), densidad aparente (DA), porosidad total (POR), conductividad hidráulica (CON), resistencia a la penetración de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm (R10 y R20 respectivamente). Las variables químicas presentaron menos diferencias frente al control de guaduales (cuadro 3).

Cuadro 2
Principales variables biológicas y físicas de suelos utilizados en sistemas ganaderos en el piedemonte del Quindío

Sistema Variable	/	AM	NO	DO	MO	DA	POR	CON	R10	R20
Unidad		mg/g	NO	No.	%	g/cc	%	cm/h	kg/cm ²	
Guadua		270	37	7,0	11,2	0,69	70	51	1,3	1,4
Ganadería Extensiva		190	10	2,8	7,8	1,00	59	18	2,6	3,4
Ganadería Leche		174	18	3,4	8,0	1,05	58	8	2,7	3,0
Ganadería Ceba		193	26	3,9	7,4	1,09	56	8	3,3	3,4

Actividad microbiana-CO₂ (AM), Número y diversidad de meso y macro organismos (NO y DO respectivamente), materia orgánica (MO), densidad aparente (DA), porosidad total (POR), conductividad hidráulica (CON), resistencia a la penetración de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm (R10 y R20 respectivamente). (Adaptado de Sadeghian S, et al 2001)

Cuadro 3
Principales variables químicas de suelos utilizados en sistemas ganaderos en el piedemonte del Quindío

Sistema Variable	/	pH	Ca (me)	Mg (me)	K (me)	Al (me)	CIC (me)	P (ppm)
Guadua		5,6	6,5	1,8	0,6	0,17	17,9	26
Ganadería Extensiva		5,6	4,0	1,2	0,6	0,07	15,2	18
Ganadería Leche		5,7	4,8	1,4	0,8	0,08	15,8	34
Ganadería Ceba		5,6	4,5	1,3	0,9	0,11	15,5	47

pH, calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), aluminio (Al), capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo (P). (Adaptado de Sadeghian S, et al 2001)



En muchas fincas, en los terrenos en pendientes ganaderas, se observa, en forma generalizada, la erosión en terracetos tipo pata de vaca y son frecuentes ya los movimientos en masa y las cárcavas. El déficit de bosques o modelos equivalentes (agroforestería, silvopastoreo) en el Piedemonte del Quindío puede llegar a 20.000.

Los resultados obtenidos en este estudio sirvieron como criterios básicos para la reglamentación del uso y manejo del suelo en municipios del departamento del Quindío. En la actualidad se avanza en un proceso de concertación entre los productores y la autoridad ambiental para concretar una reglamentación específica para sistemas ganaderos que disminuya los impactos negativos identificados (Cipav 2001).

3.2. Impacto sobre el agua

El agua es absolutamente imprescindible para el consumo humano. Colombia es un país reconocido por la abundancia de sus recursos hídricos y por la gran diversidad biológica que alberga. Posee 2'680.000 hectáreas de lagos, lagunas, embalses, ciénagas y pantanos, 24.237 kilómetros de ríos y 742.000 microcuencas (Ideam 1998).

En la región andina se originan los principales ríos del territorio nacional que surten las zonas productivas y los ecosistemas de las cuencas del Magdalena, Cauca, Atrato, Catatumbo, Orinoco y Amazonas; las últimas tres de tipo internacional. (Etter A. y Wynaagarden W. 2000), hallaron para la región andina una mayor población total con 77,9 habitantes/Km² frente a 28,8 del resto de Colombia y la densidad rural de 21,2 habitantes/Km² versus 8,4 del resto del país.

Las actividades agropecuarias, en especial el riego, son el sector más demandante del recurso hídrico. En 1996 el sector agropecuario colombiano consumió cerca del 57% de los 5.790 millones de metros de la demanda total de la sociedad (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2001).

La pérdida de la cobertura vegetal boscosa trae asociada cambios severos en la regulación hídrica y la erosión. Esta es especialmente acelerada que en la región andina dada su geomorfología y los rangos de precipitación que tienden a ser elevados. Se ha afectado la cantidad y calidad de los recursos hídricos porque la deforestación y las actividades agrícolas y domésticas reducen la regulación de los caudales, aceleran la erosión y generan contaminación de las aguas (Ideam 1998).

El deterioro ambiental se debe en parte a que las comunidades y productores agropecuarios carecen de herramientas conceptuales y metodológicas para comprender las causas y tienen poco conocimiento sobre las alternativas productivas sostenibles.



Aunque mucho se habla del impacto de la ganadería sobre el agua, existen pocas investigaciones realizadas en el país en la escala en que es posible que los productores tomen conciencia y decisiones acertadas en el manejo de las microcuencas, que son la unidad básica de acción y gestión en la región andina donde se concentra la mayor producción de leche. Cerca del 80% de las cabeceras municipales del país se abastecen de cursos de agua de quebradas y pequeños ríos, y el uso del suelo de cada microcuenca puede influir positiva o negativamente sobre las corrientes de agua que la drenan. Por estas razones la relación ganadería – manejo de la microcuenca será un tema de la mayor prioridad en la gestión ambiental del futuro inmediato.

Los impactos pueden notarse a diferentes niveles como la calidad físico-química del agua, la estabilidad del cauce y los organismos acuáticos que viven allí. Todos estos niveles se relacionan entre sí, y gracias a que se afectan por el uso del suelo, pueden ser empleados para determinar los efectos que este último causa sobre el recurso hídrico (Chará J. 2002).

En la actualidad la Fundación Cipav en convenio con la Corporación Autónoma Regional del Quindío Crq está realizando un trabajo científico sobre la calidad del agua y los hábitats de microcuencas en la misma región que se transformó de cafetales a ganadería intensiva en la última década. Se evalúa en forma comparativa doce microcuencas donde predominan tres coberturas vegetales relacionadas con usos del suelo en fincas particulares: Bosques y vegetación sucesional avanzada, cafetales sin sombrero y pastizales ganaderos de rotación intensiva con mínima arborización (Chará J., 2002).

En cada tratamiento se evalúan los siguientes parámetros:

- Calidad del agua: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, nitrógeno amoniacal, fósforo total, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), alcalinidad total, coliformes totales y coliformes fecales.
- Características físicas del hábitat y del área de captación: Características del sustrato (tamaño y tipo); morfología del cauce (ancho y profundidad promedio); atributos longitudinales (porcentaje de piscinas y torrentes, sinuosidad del canal, etc.); y tamaño del material orgánico presente. Para el área de captación se registraron características tales como la pendiente, cultivos predominantes, fuentes de contaminación, estado de la vegetación, evidencia de problemas erosivos.
- Caracterización de la calidad del hábitat para la biota acuática: Diversidad de hábitats, cobertura del dosel, protección de los taludes, estado de los corredores riparios, ausencia de canalizaciones o represas artificiales. Estas características fueron resumidas en una matriz que arrojó un puntaje para cada quebrada.
- Macroinvertebrados
- Peces



Los resultados muestran claras diferencias sobre los impactos negativos de la forma como se realiza la ganadería intensiva sea para producción de carne o leche. El cuadro 4 presenta los valores promedio de los parámetros físico-químicos donde existen mayores diferencias.

Cuadro 4
Calidad físico-química y bacteriológica del agua en 12 microcuencas del Quindío
bajo diferentes usos del suelo

PARÁMETRO	USO GANADERO	USO CAFETERO	BOSQUES
pH (unidades)	6,97	7,07	7,07
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	38,8	32,3	42,8
Turbiedad (NTU)	15,8	12,5	8,1
Oxígeno disuelto (ppm)	6,1	7,3	7,5
DBO (ppm)	4,7	1,5	1,0
Sólidos Suspendidos (ppm)	23,2	33,3	14,8
Nitrógeno amoniacal (ppm N-NH ₃)	0,3	0,1	0,2
Fósforo (mg/l P-PO ₄)	0,1	0,1	< 0,1
Coliformes totales (NMP/100 ml)	11.000,0	5.816,7	2.658,3
Coliformes Fecales (NMP 100 ml)	6.916,7	4.416,7	1.650,0
Temperatura	21,5	20,2	16,7

Adaptado de Chará J. 2002.

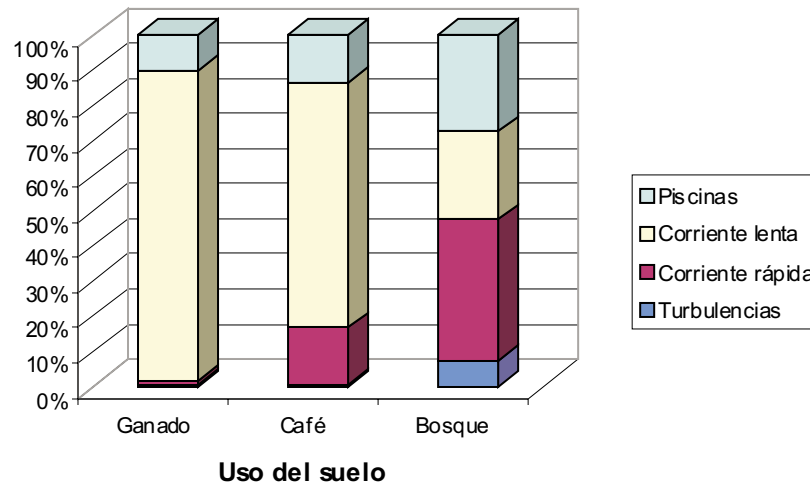
Como se puede observar en el cuadro anterior, las quebradas que drenan zonas con uso ganadero presentaron mayores niveles de DBO, sólidos suspendidos, turbiedad, nitrógeno amoniacal, coliformes totales y coliformes fecales, seguidos de las quebradas que drenan uso cafetero, mientras las boscosas presentaron los niveles más bajos para estos parámetros.

Los mayores valores de DBO, Nitrógeno y coliformes en las zonas ganaderas se presenta presumiblemente debido al depósito de estiércol por el ganado directamente en los potreros, el cual mediante la escorrentía aporta estos elementos a las quebradas. Los sólidos totales y la turbiedad también pueden ser un efecto directo de la perturbación que hace el ganado que incrementa la erosión en las zonas de pastoreo y/o que destruye los taludes y remueve el fondo de las quebradas, pues en todas las microcuencas con ganado, éste tenía acceso directo al cauce (Chará J. 2002).

Sobre las características físicas del hábitat en el tipo de flujo de la quebrada se encontró una tendencia a la homogeneización del cauce en las zonas dominadas por la ganadería a través de labores de canalización. Esto va en detrimento de una biota sana, pues al haber pocos hábitats disponibles predominan las pocas especies que se adapten a dichos hábitats (Chará J. 2002).

En la gráfica 1 se presentan los valores promedio del tipo de flujo para cada uso del suelo.

Gráfica 1
Tipo de flujo predominante en quebradas con diferentes usos del suelo (Chará J. 2002)



También se encontraron diferencias en los tipos de sustrato tanto orgánico como inorgánico en las quebradas en detrimento de la calidad del hábitat en microcuencas ganaderas comparadas con las cubiertas de bosque. Por sus características, este material es arrastrado fácilmente y sólo estimula la colonización de especies tolerantes a niveles bajos de oxígeno (Chará J. 2002).

Sobre la calidad del hábitat para la biota acuática se construyó una tabla de puntuación teniendo en cuenta 13 características evaluadas. A cada una se le otorgó un puntaje entre 0 - 20, donde 0 es la peor condición y 20 la condición ideal. Las quebradas boscosas se utilizaron como referencia con las que se determinó el puntaje máximo obtenible en la zona. Las microcuencas que drenan zonas ganaderas y cafeteras obtuvieron respectivamente un 45 y 51% del puntaje para calidad de hábitat. Características como la diversidad de piscinas, sinuosidad del cauce, protección de taludes y vegetación ribereña son las más críticas y de mayor peso para obtener un puntaje bajo en las quebradas bajo influencia ganadera (Chará J. 2002).

Los macroinvertebrados fueron identificados al nivel de género y/o morfoespecie. En total se capturaron ejemplares pertenecientes a 125 morfoespecies, 61 familias y 17 órdenes. En cuanto a los parámetros que miden abundancia de taxa, se encontró que las quebradas de zonas boscosas presentan los mejores valores para todos los índices, lo cual demuestra que poseen una población de macroinvertebrados más diversa que las quebradas de zonas cafeteras y ganaderas. Las medidas de composición presen-



tan el porcentaje del total de organismos que pertenecen a cada orden evaluado. El porcentaje de Ephemeroptera y de Ephemeroptera + Plecóptera + Trichóptera (EPT) es mayor en las quebradas boscosas, mientras el porcentaje de Díptera es mayor en las quebradas ganaderas (Chará J. 2002).

Las larvas de los dípteros (moscas y zancudos), crecen en abundancia en los substratos lodosos y arenosos más comunes en las quebradas de zonas de potrero. Vale la pena mencionar que la mayoría de los dípteros en quebradas que drenan áreas ganaderas pertenecen a las familias Chironomidae y Ceratopogonidae (Chará J. 2002).

Se identificaron 17 especies de peces capturadas en los muestreos diez de las cuales estaban presentes en las quebradas donde la ganadería ocupa la mayor parte del uso del suelo de la microcuenca. A diferencia de lo ocurrido con los macroinvertebrados, con los peces no se observa una tendencia que diferencie entre los tipos de uso del suelo de manera muy evidente, aparentemente existen otros factores que, en el ámbito de quebradas pequeñas, influyen sobre la población de peces, y el uso del suelo no es tan importante para predecir ni la diversidad ni la abundancia de especies ícticas (Chará J. 2002).

De acuerdo con los resultados, hasta ahora obtenidos con este trabajo, se puede determinar que la ganadería de pastoreo sin árboles causa un impacto negativo de mayor magnitud en todos los parámetros estudiados que la caficultura, principalmente por sedimentación de los cauces y aportes de materia orgánica, nutrientes y patógenos que deterioran las corrientes de agua. Los análisis realizados hasta el momento permiten determinar que los macroinvertebrados son sensibles a los cambios en el uso del suelo y por tanto son unos buenos indicadores del impacto causado por actividades como la ganadería sobre las quebradas(Chará J. 2002).

4. Ganadería Sostenible: Aprovechar el Potencial de la Naturaleza, Reducir los Impactos y Generar Servicios Ambientales

La reconversión ambiental de la ganadería es posible a diferentes niveles de análisis y depende de los actores sociales involucrados en las actividades productivas, su capitalización, nivel empresarial, organización y cultura así como las características biofísicas y el estado de los recursos naturales. Hay propuestas según el tipo de situación y en general se recomienda una combinación de estrategias educativas, tecnológicas, políticas y económicas. (Murgueitio E. 1999).

Es posible realizar cambios importantes en los sistemas de manejo ganadero que implican entre otras cosas su intensificación, mayor productividad y generación de bienes sociales y servicios ambientales



(regulación hídrica, captura de carbono, conservación de la biodiversidad) en forma simultánea al incremento de la cobertura vegetal, liberación de áreas críticas por su deterioro o estratégicas por su valor como fuente de servicios ambientales, en especial todo lo relacionado con la regulación del ciclo hidrológico a escala de predios y de microcuencas. (Murgueitio E. 2002).

En zonas de ladera, los árboles asociados a las praderas ganaderas ejercen un efecto protector adicional al retener el suelo en las pendientes. La variedad de especies arbóreas es importante porque se requieren raíces de diferentes profundidades para retener el suelo en forma efectiva, particularmente durante los aguaceros torrenciales. Además los Ssp generan beneficios adicionales para fincas ganaderas y permiten un ahorro de combustibles fósiles y por lo tanto reducen las emisiones de gases de invernadero en diversas formas (Calle Z et al 2001):

- Las leguminosas forrajeras arbóreas y arbustivas fijan nitrógeno atmosférico y permiten reemplazar fertilizantes nitrogenados.
- Los árboles y arbustos mejoran la calidad y la disponibilidad de alimento para el ganado a lo largo del año, lo cual reduce los requerimientos de suplementación con concentrados comerciales.
- Los cercos vivos y otros árboles asociados a los Ssp producen leña.
- Proporcionan sombra para el ganado y protección contra el efecto de los vientos.
- Producen postes, leña y productos comercializables como miel, frutos y madera.
- Embellecen el paisaje.
- En algunos casos valorizan las tierras.

Para lograr una apropiación efectiva de las recomendaciones técnicas, además de normas de obligatorio cumplimiento como los que se alcancen a través de los acuerdos de producción limpia entre el sector lechero y las autoridades ambientales, se están ensayando varias alternativas tecnológicas así como un modelo de incentivos económicos para quienes realicen una reconversión ambiental de la ganadería descrita. Durante los últimos años se ha identificado un menú técnico específico que permitirá corregir los errores, incrementar la rentabilidad de la producción y desarrollar los servicios ambientales.

Teniendo en cuenta el tipo de deterioro causado a las fuentes hídricas por las actividades pecuarias, se plantean las siguientes recomendaciones (Chará J. 2002):

- Establecer franjas de protección a lado y lado de los cursos de agua en los cuales esté prohibida cualquier actividad agropecuaria, el uso de agroquímicos y el acceso al ganado.
- Enriquecer estos corredores riparios con especies arbóreas y arbustivas nativas que protejan los taludes, incrementen la sombra y provean material vegetal estable que incremente la diversidad de hábitats en las quebradas.



- Establecer bebederos sustitutos para impedir el acceso del ganado directamente a los cauces.
- Restablecer el cauce de quebradas que han sido canalizadas y cuyo curso carece de curvas y otros atributos como piscinas.
- Realizar campañas educativas y coercitivas para disminuir el uso de azadón y herbicidas, establecer coberturas nobles y labranza mínima.
- Incrementar la cobertura arbórea de los potreros: La introducción de árboles leguminosos puede disminuir los requerimientos de fertilizante nitrogenado por la pastura o cultivo.

El conjunto de actividades mejora la capacidad de regular la oferta hídrica porque en la matriz del paisaje se incrementa la cobertura vegetal y ésta, a su vez, genera efectos positivos al amortiguar el área de captación y el curso de agua. Al regular el exceso de escorrentía (regula caudales), se retienen nutrientes y contaminantes además de otras funciones como la protección del cauce y taludes y la provisión de energía para la fauna acuática.

Como estrategia complementaria se hace necesario eliminar todas los vertimientos puntuales sobre los cursos de agua que se realizan en las fincas lecheras, especialmente en la zona de establos. Esto se puede solucionar con los sistemas de tratamiento de agua de descontaminación productiva.

Los sistemas de descontaminación productiva tienen como principal característica el que extraen al máximo la energía, materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales mediante diferentes procesos físicos y biológicos. Al retirar del agua estos recursos se logra que en cada paso se vaya recuperando paulatinamente la calidad del líquido. De esta forma se busca aprovechar todos los elementos presentes en el estiércol tomándolo como un recurso y no como un desperdicio.

La relación que se observa entre calidad de agua, calidad de hábitat y composición de los macroinvertebrados permite deducir que éstos son buenos predictores de la calidad del agua y pueden ser empleados para monitorear el estado de los ambientes acuáticos en programas de educación ambiental y de monitoreo por las comunidades locales. Además, por su sensibilidad a los cambios realizados por la ganadería, son adecuados para evaluar el impacto benéfico que tendrían programas de reconversión ganadera hacia una producción más amigable con el ambiente, en particular con los recursos hídricos. (Chará J. 2002).

Además de la reducción de la contaminación de las aguas residuales, en cada paso se generan productos valiosos con los cuales se obtienen ingresos o se reemplazan insumos que de otra forma deberían ser adquiridos en el mercado. Con esto se obtienen directa o indirectamente ingresos que contribuyen a mejorar la viabilidad económica de la explotación y a pagar por sí mismos los gastos en que se incurra con la instalación y manejo del sistema.



Al nivel de finca lechera estos sistemas para residuos orgánicos líquidos comprenden dos componentes: Biodigestor de flujo continuo de bajo costo y canales de plantas macrófitas como buchón de agua o taruya *Eichhornia crassipes*, pistia, *Pistia stratiotes* y lenteja de agua *Lemna minor*. Con el paso por estos dos procesos se logra una remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de Sólidos Sedimentables Totales (SST) superior al 90% (Pedraza G. 1999).

Los productos del reciclaje son: El biogás, que es una mezcla de gases donde predomina el metano (CH_4) utilizado para cocinas, calefacción y generación de electricidad; y los cultivos de peces en el agua depurada que se asocian a cultivos terrestres especialmente arbustos forrajeros, caña de azúcar, plátano, pastos y frutales beneficiados con los lodos sedimentados y el fertiriego (Chará J. 1999).

Este sistema de decontaminación productiva diseñado en Colombia con apoyo de Colciencias ha tenido impactos positivos en varias regiones del país. Por ejemplo en 1999 en 56 unidades en fincas trataron 1.647 toneladas de excretas animales disueltas en 36.828 m³ de agua, removieron 328 ton. de DBO y 515 de SST. A la par, reemplazaron 1.589 ton. de leña, 10.893 galones de petróleo (ACPM), 161 ton. de urea y 113,5 de superfosfato. Los beneficios económicos por predio por año se aproximan a 500 dólares además del servicio ambiental de depuración del agua. (Chará J. 1999).

En los últimos años estos sistemas se están promoviendo por la FAO en varios países de América Latina el sudeste de Asia (Cipav 2002).

Todo lo anterior se promoverá durante cinco años en el Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas que fue diseñado para someter a prueba la siguiente hipótesis: “Es posible estimular un cambio tecnológico a través de la compensación a los productores por los servicios ambientales generados en las fincas ganaderas”. En otras palabras, el pago de estos servicios facilitaría los cambios tecnológicos necesarios para revertir los impactos ambientales de los sistemas ganaderos convencionales.

A través del proyecto que se ejecutará en forma simultánea en Costa Rica, Nicaragua y la cuenca del río La Vieja entre el Valle del Cauca y el piedemonte del Quindío, se logrará conocer los cambios que ocurren en los depósitos de carbono, la biodiversidad y la calidad del agua en los sistemas ganaderos como resultado de la transformación de los pastizales homogéneos en Sistemas Silvopastoriles con un manejo integrado del paisaje. Para lograr una estimación integral de los servicios ambientales de las fincas ganaderas se desarrolló un índice que combina los aspectos y carbono, biodiversidad para cada uso del suelo para realizar el pago de servicios ambientales incrementados con el cambio de uso de la tierra.



El Proyecto busca preparar a los productores para la apertura de mercados basados en los servicios ambientales. A través de la oferta de los servicios ambientales y de productos complementarios tales como madera, frutos y leña se lograría una diversificación de la actividad principal de las fincas sin sustituir la ganadería (Calle Z et al 2001).

En el 2001 se realizaron varios estudios socioeconómicos en la zona del proyecto en Colombia y se encontró la viabilidad de la reconversión ganadera propuesta. Se concluyó (Banco Mundial 2002) que:

- Es rentable invertir en los Ssp de manejo propuestos con modificaciones en el uso del suelo del 9,6% al 23,3% del área total de la finca a lo largo de 5 años.
- En ausencia del pago por servicios ambientales todos los modelos arrojan valores presentes netos negativos.
- El valor propuesto de pago por unidad de beneficio (Tonelada de Carbono) generado por el proyecto (US\$ 5) es más barato que el costo por unidad de beneficio generado por la alternativa de uso del suelo (plantación forestal, US\$ 25,29); esto con tasa de descuento del 14%.
- El monto del pago por los servicios ambientales aumenta directamente en relación con la adopción de los Ssp de manejo. En todos los modelos, los ingresos por captura de carbono representan la porción mayoritaria (> 50%) de los ingresos generados por los servicios ambientales.
- Con los precios considerados de US\$ 5,0 Ton/carbono y US\$ 10,0 por biodiversidad, los ingresos por servicios ambientales pagan el 58%, 35% y 33% de la inversión inicial para los tres modelos respectivamente.
- Los cambios en el uso del suelo como consecuencia de la adopción de los Ssp de manejo en la finca permiten:
 - Intensificar la producción ganadera por unidad de área en los tres modelos;
 - Liberar áreas no aptas para la producción ganadera y destinarlas para regeneración natural en dos de los modelos.

Las señales de la sociedad global y el mercado indican que si el sector lechero tropical quiere permanecer viable y en expansión en el futuro cercano, deberá basarse en una ganadería sostenible que aproveche con inteligencia el potencial de la naturaleza, reduzca los impactos ambientales y genere servicios ambientales.



Bibliografía

- BANCO MUNDIAL. Project appraisal document on a proposed grant from the global environment facility for the regional (Colombia, Costa Rica, Nicaragua). Project on Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management (Op 12). Environment and Socially Sustainable Development Latin America and the Caribbean Regional Office. In: Report No. 21869-LAC. Washington D.C. : 2002.
- BENNETT, D.; HOFFMANN, R. La ganadería en el nuevo mundo. En: Semillas de Cambio. (1992); p. 90-110.
- CALLE, Z.; MURGUEITIO, E.; CALLE, N. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. ganadería productiva y sostenible. Cali : FUNDACIÓN CIPAV, 2001. 65 p.
- CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas : Resumen, conclusiones y recomendaciones del caso colombiano a partir de informes de consultores nacionales e internacionales. Cali : 2001. 24p.
- ——— Informe 2001 a COLCIENCIAS - Centros y Grupos de Excelencia Científica. 2002.
- ——— Propuesta para reglamentar el uso del suelo en la actividad ganadera intensiva en el Piedemonte del Departamento del Quindío : Presentado a la Corporación Autónoma del Quindío. Documento informe de consultoría no publicado. Cali : 2000.
- CHARÁ, J. D. Interacciones entre el uso del suelo y los aspectos bióticos y abióticos de microcuencas en el Departamento del Quindío: Informe del Convenio Cali : CIPAV, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO, 2002.
- ——— El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación. En: Contaminación y Reciclaje en la Producción Porcina : Aspectos legales, técnicos y económicos. Cali : CIPAV, Asociación Nacional de Porcicultores, COLCIENCIAS , 1999. p. 49-58.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Política para el desarrollo agropecuario ambientalmente sostenible: versión para la presentación ante el Consejo Nacional Ambiental. Bogotá : El Ministerio, 2001.
- DA SILVA, J. M.; UHL, C.; MURRAY, G. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned amazonian pastures. In: Conservation Biology. Vol. 10, No. 2 (1996); p. 491-503.



- DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria: Resultados 1995. Bogotá : 1996.
- ETTER, A. Clasificación general de los ecosistemas de Colombia. En: INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT. Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997 Colombia. Santafé de Bogotá: Instituto Alexander Von Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente , 1998. Vol. 3. p. 176-185.
- ETTER, A.; WYNGAARDEN, W., V. Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. In: Ambio Vol. 29 (Nov. 2000); p. 412-439.
- FAO. En: Boletín Trimestral de Estadísticas, Vol. 10, No. 1 y 2 (1997).
- ———— In: Yearbook 1996 Vol. 50 (1997); p. 3.
- ———— Producción de alimentos e impacto ambiental t11-s.htm. En: Documentos técnicos de referencia. Roma : FAO, 1996.
- IBRAHIM, M.; CAMARGO, J. C. Produtividade e Serviços Ambientais de Sistemas Silvopastoris: Experiencias do CATIE. Na: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M. J., CARNEIRO, J. C. Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz da Fora, Brasil : Ministerio da Agricultura Pecuária e Abastacimento – Embrapa gado de Leite, FAO, 2001. p. 331-347.
- IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá : Pablo Leyva, editor, 1998. 495 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT; DNP; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de biodiversidad. Bogotá : 1997. 40 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT; DNP; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE; PNUMA. Colombia biodiversidad Siglo XXI. Bogotá: 1997. 254 p.
- KAIMOWITZ, D. Livestock and deforestation. Central America in the 1980's and 1990's: A policy perspective. Jakarta : CIFOR, 1996. 88 p.
- LAL, R. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Ohio : USDA, The Ohio State University, 1994. (SMSS Technical Monograph; No. 21).
- MURGUEITIO, E. Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. En: World Animal Review. No. 93 (1999). p. 2-15.
- ———— Sistemas de producción ganadera y sus impactos en la transformación de los ecosistemas andinos de Colombia. En: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE TRANSFORMACIÓN DE



ECOSISTEMAS (2001 : Bogotá). Memorias del Seminario Internacional sobre Transformación De Ecosistemas. Bogotá : Universidad Javeriana, 2001.

- MURGUEITIO, E; CALLE, Z.. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Roma : FAO, 1999. p. 53-72. (Estudio FAO Producción y Sanidad Animal; no. 143).
- MURGUEITIO, E; IBRAHIM, M. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. En: Livestock research for rural development. Vol. 13, No. 2 (2001).
- PARSONS, J. J. Difusión de los pastos africanos en los trópicos americanos. En: Molano B, Joaquín, ed. Las regiones tropicales americanas: Visión Geográfica. Bogotá : Fondo FEN, 1972. p. 355-370.
- PATIÑO, V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Tomo 5. Cali: Imprenta Departamental del Valle, 1970. 381p.
- PEDRAZA, G. Valoración económico ambiental de una propuesta alternativa de descontaminación de las aguas de lavado de cerdos. EN: SEMINARIO SOBRE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BIODIGESTOR PLÁSTICO DE FLUJO CONTINUO. (1999 : Guanare, Venezuela). Memorias del Seminario sobre Instalación y Mantenimiento del Biodigestor Plástico de Flujo Continuo. Guanare, Venezuela : CENDI-UNELLEZ, 1999.
- PINZÓN, M. E. Historia de la ganadería bovina en Colombia. En: Suplemento Ganadero. Vol. 4, No. 1 (1984); 208 p.
- RIVERA, P. H. Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Chinchiná : Cenicafé, 1998. 8 p. (Avances Técnicos CENICAFE; no. 256).
- ———— Control de derrumbes y negativos en carreteras mediante tratamientos de tipo biológico. Chinchiná : CENICAFE, 1997. 17 p. (Avances Técnicos CENICAFE). En imprenta
- ———— Estudio de la erosión en zonas de ladera. En: CONGRESO INTERNACIONAL DEL AGUA (1993 : Medellín). Memorias del Congreso Internacional del Agua: Agua, Cultura y Vida. Medellín: Universidad de Antioquia, 1993. p. 130-135.
- SADEGHIAN, S. Efectos de la transformación de sistemas cafeteros en el Departamento del Quindío. Armenia : Corporación Autónoma Regional del Quindío, 1998. 22 p.
- SADEGHIAN, S. et. al. Ordenamiento ambiental y reglamentación del uso y manejo del suelo en la zona cafetera. En: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, GTZ. Suelos del eje cafetero. Pereira : Fondo Editorial del Departamento de Risaralda, 2001. p. 96-108.



III Seminario Internacional Competitividad en leche y carne



- SZOTT, L.; IBRAHIM, M.; BEER, J. The Hamburger connection hangover: Cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba : CATIE-DANIDA-GTZ, 2000.
- VELDKAMP, E. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Wageningen, Alemania : Universidad de Wageningen, 1993. Tesis (Ph.D.). Universidad de Wageningen.

