

AVANCES

INSUMOS TÉCNICOS PARA EL MANEJO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA SOSTENIBLES

LUIS ALFONSO GIRALDO V.

Zootecnista, MGSC. Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
Facultad de Ciencias Agropecuarias

SEGUNDA
ENTREGA



INSUMOS TÉCNICOS PARA EL MANEJO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA SOSTENIBLES

SEGUNDA ENTREGA

En las interacciones pastura-animales, los efectos del animal sobre la estabilidad y persistencia de las pasturas son importantes, además de la ganancia de peso vivo o la producción de leche.



a tala indiscriminada de bosques y la contaminación de aguas y suelos han generado consecuencias ecológicas nocivas, lo cual ha

conducido a una baja sostenibilidad de los sistemas de producción animal. La formación académica, la tecnología y los programas institucionales deben ser consecuentes con la fragilidad del medio ambiente, para lograr así un uso más racional de los recursos y contribuir significativamente con el bienestar de la sociedad, buscando como fin el desarrollo sostenido, el cual debe generar una serie de acciones que logren mantener la base de los recursos naturales, aplicando insumos tecnológicos menos depredadores, para transformarlos en el presente y en el futuro.

INSUMOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA SOSTENIBLES

Biodiversidad espacial y temporal

La biodiversidad en su sentido más amplio, está representada por la interacción entre

todos los organismos vivos: vegetales, animales y microorganismos existentes en determinado ecosistema.

Cuando, se simplifican en su estructura los ecosistemas por ciertas tecnologías, el resultado final es agroecosistemas que requieren de alta intervención humana constante, por reemplazar las funciones reguladoras llevadas a cabo por las poblaciones animales y vegetales que compartían diferentes nichos ecológicos que se dan en un ecosistema diversificado y que desaparecen producto de la simplificación y homogenización que produce el establecimiento de agroecosistemas en monocultivo (Veneegas y Siau, 1994).

Los monocultivos, por ejemplo monoespecies de forrajes, se caracterizan por bajos niveles de diversidad, son poseedores de un frágil equilibrio ecológico y controlados por fuerzas externas más que por mecanismos internos de respaldo (Giraldo, 1994a). Por ello, la sostenibilidad se puede mejorar incrementando la diversidad de los sistemas ganaderos y fomentando el reciclaje de nutrientes y energía (reduciendo el uso de elementos externos), a través del desarrollo

de nuevos y apropiados sistemas de producción. En este sentido la sostenibilidad se realiza a través de la diversidad del sistema, que fomenta el reciclaje de nutrientes, la eficiencia en el uso de recursos como el agua, nutrientes, luz y la reducción en malezas, plagas y enfermedades.

Las pasturas de monocultivo (mínima diversidad), las hace más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, por ejemplo, en pasto kikuyo, la fertilización con nitrógeno promovió el desarrollo de las plagas chinche (*Collaria oleosa*) y lorito verde (*Draculecephala clypeata*), en Santa Elena (Ant.), afectando la calidad del forraje (cuadro 1).

En la medida en que se aumenta la intensificación del manejo con base en fertilización química y las altas presiones de pastoreo, se aumentó de forma alarmante la población de este complejo de insectos que atacaron las pasturas al ser más suculentas y atractivas para los insectos.

El ecosistema pastura presenta varios componentes e interacciones, estando como eje

CUADRO 1. Efecto de los insectos plagas chinche y lorito verde, en la composición química de pasturas de kikuyo fertilizadas con fuentes químicas.

COMPONENTE QUÍMICO	TIPO DE PASTURA*	
	SANA	CON ATAQUE
Materia seca (%)	19.0	25.2
Proteína cruda (%)	20.5	18.6
Fibra cruda (%)	24.2	29.6
Extracto etéreo (%)	2.7	1.7
Calcio (%)	0.32	0.27
Fósforo (%)	0.54	0.37

* Fertilizada con 250 kg/ha de 20-15-0; 100 kg/ha de urea y 250 kg/ha de sulfato de amonio.

central las plantas forrajeras, que son la base de la alimentación de los rumiantes y en donde se expresan en forma más precisa ciertas interacciones más relevantes. Adicionalmente, plantea una gran diversidad de problemas, caracterizándose por su alto grado de complejidad alrededor de la relación suelo-plantas-animal (figura 1).

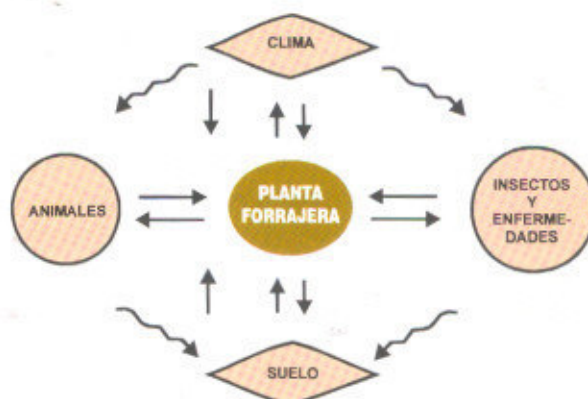


FIGURA 1. Esquema simplificado de las interacciones entre los componentes de una pastura.

Teniendo en cuenta que los sistemas de producción ganadera bajo pastoreo, no permiten el uso económico de altos insumos para cambiar el ambiente (aire acondicionado, alimentos concentrados, riego, fertilizantes, enmiendas, pesticidas, etc.), el germoplasma de plantas y animales utilizados en el sistema será el factor básico y clave de la sostenibilidad del mismo. Los forrajeros deberán tener alto nivel de adaptación al medio, requerimientos menores de nutrientes y sistemas radiculares profundos y profusos para mantener una efectiva utilización del agua y de los escasos nutrientes en los suelos pobres, adicionalmente, deberán adaptarse al efectivo reciclaje de nutrientes. Las pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas indican un alto potencial de sostenibilidad (Sánchez y Ara, 1991).

La producción de pasturas tropicales está limitada por la disponibilidad de N, a pesar de que la materia orgánica del suelo contiene cantidades de N relativamente grandes. Esto se explica por la deficiente tasa de mineralización, mediante la cual el N se hace disponible para la nutrición de las plantas. Sólo un 1% o menos, del N presente en el perfil de enraizamiento se mineraliza en formas que las plantas pueden absorber (Henzell, 1968).

El modelo de altos insumos de N (fertilización nitrogenada), no ha tenido éxito de adopción por parte de los productores, porque para la gran mayoría no están disponibles, o son demasiado costosos. Por esta razón, la opción más viable es el N suministrado por las leguminosas en asociación con bacterias fijadoras (*Rhizobium*); esta capacidad de fijación de N de la pasturas, será componente esencial de la sostenibilidad de sistemas ganaderos bajo pastoreo.

En sistemas agropecuarios modernos, hay evidencia experimental que sugiere que la biodiversidad (manifiesta en asociaciones de gramíneas/leguminosas) puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas (Andow, 1991). El manejo de asociaciones requiere del diseño de una combinación espacial y temporal de pasturas en un área determinada.

En las interacciones pastura-animales, los efectos del animal sobre la estabilidad y persistencia de las pasturas son importantes, además de la ganancia de peso vivo o la producción de leche. La figura 2, ilustra las interacciones más relevantes entre el suelo, la pastura y los animales, explicando en parte la dinámica del proceso. Cuando se evalúa la sostenibilidad en pasturas a nivel de fincas se trata, debe tenerse en mente este esque-

ma, pues brinda elementos para tomar decisiones de qué, cuándo y cómo medir.

Estas relaciones para ser definidas deben tener unas medidas apropiadas, que buscan caracterizar la dinámica de la pastura (Giraldo, 1994b); además de mejorar o mantener la producción de forraje, así como la condición de la pastura, hacer un uso eficiente del forraje producido y conseguir un sostenimiento de la producción animal (Hart y Hoveland, 1989).



FIGURA 2. Interacciones en la interfase suelo-pastura-animal. Fuente: Giraldo, 1994c.

El manejo adecuado de estas interacciones deberá permitir la utilización eficiente de los nutrimentos disponibles para las plantas y favorecer su recirculación en el sistema suelo-planta-animal.

Por otro lado, la rotación de cultivos (pasturas con cultivos), mantiene la fertilidad del suelo y contribuye al control de malezas, plagas y enfermedades. El aumento en las características del suelo puede ser por el aumento de materia orgánica, por los rastros (Venegas y Siau, 1994) y residuos de cose-

cha. Diversos estudios indican que en las rotaciones de cultivos se producen en el suelo modificaciones microbiológicas y bioquímicas (producción y mantenimiento de niveles mayores de biomasa microbial y actividad enzimática), en relación con los suelos manejados en monocultivos (Mcgill et al, 1986).

El tipo de materia orgánica que se forma en pasturas basadas en leguminosas y las cantidades de N liberadas por los residuos vegetales y animales, pueden incrementar la disponibilidad de nutrimentos para los cultivos (Ayarza et al, 1994). Los rendimientos del cultivo de arroz seco, sembrado sobre una pastura asociada (*B. decumbens* + *P. phaseoloides*), fueron dos veces mayores a los obtenidos en áreas donde había una sabana nativa (CIAT, 1989).

Integración de la producción animal y vegetal

Cuando las pasturas, especialmente asociaciones gramínea/leguminosa y la producción animal, hacen parte de la estructura productiva, los beneficios de la rotación de cultivos y de la diversificación se alcanzan más fácil (Venegas y Siau, 1994).

La permanencia de las pasturas asociadas, se utiliza para acumular nitrógeno a través de la fijación biológica, lo que permite soportar cultivos agrícolas siguientes. En pasturas, el aporte de nitrógeno es un elemento que afecta fuertemente la producción. Este puede ser derivado del suelo, de las excretas animales, de las leguminosas y de los fertilizantes químicos.

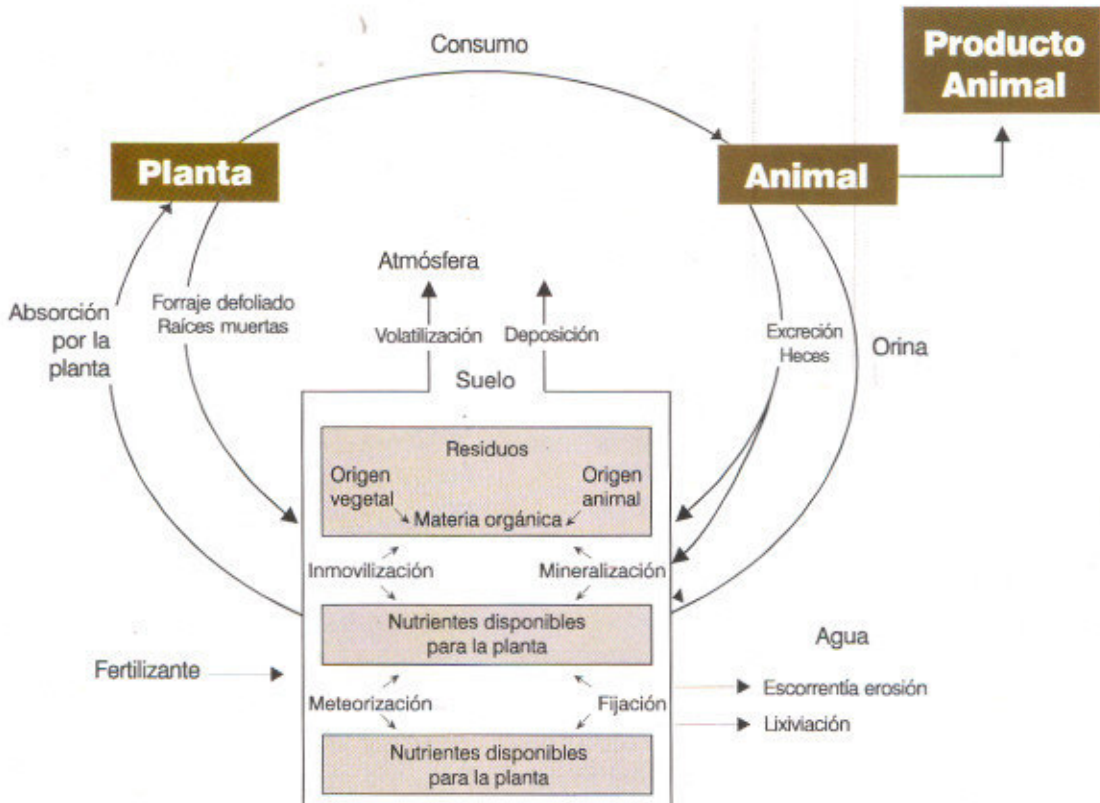


FIGURA 3. Ciclo simplificado de nutrientes en pasturas bajo pastoreo (Fuente: Ayarza et al, 1994).

En las pasturas bajo pastoreo, a diferencia de los sistemas de cultivos agronómicos, extraen pocos nutrientes y la mayoría de los nutrimentos del forraje regresan al sistema suelo-planta a través de las heces, orina del animal y de los residuos de las plantas, por eso es extremadamente importante, promover altas tasas de reciclaje de desechos animales y vegetales.

De acuerdo con Spain y Salinas (1984), más del 85% de los nutrimentos consumidos por el animal son retornados a la pastura, a través de las excretas de los animales. Por otro lado, una proporción significativa de los nutrimentos absorbidos por las plantas regresa al suelo a través de la descomposición de los residuos vegetales. La figura 3 muestra los componentes del reciclaje y los procesos que los ligan.

En el suelo, los nutrimentos cambian en su disponibilidad (inmovilización y mineralización) o pérdidas del sistema (volatilización y lixiviación). En las plantas, los nutrientes son absorbidos, translocados y movilizados en forma interna o son retornados al suelo, en función de la tasa de descomposición de los residuos (tallos, hojas y raíces). Durante el pastoreo los animales extraen nutrimentos, que son retenidos temporalmente, pero luego retornados al suelo por medio de la orina y las heces.

Existen diferencias en la proporción de nutrientes que entran y salen del ecosistema pastura. En términos comparativos, las pasturas asociadas de gramíneas/leguminosas tienen ventajas importantes sobre los cultivos, respecto a la extracción de nutrimentos del suelo, principalmente fósforo. En Yurimaguas, Perú se encontró que las pasturas reciclaron al suelo 80% del P apli-

cado, 98% del K y 92% del Ca, mientras que los cultivos, con un nivel alto de insumos, retornaron al suelo 67% del P, 93% del Ca y no reciclaron K (cuadro 2).

SISTEMAS	FÓSFORO	POTASIO	CALCIO
B. decumbens + D. ovalifolium			
Aplicación de fertilizante (kg/ha)	112	160	505
Remoción por los animales (kg/ha)	22	6	39
Balance	90	154	466
Retorno (%)	80	98	92
CULTIVO AGRÍCOLA*			
Aplicación fertilizante (kg/ha)	637	1305	3926
Remoción por el cultivo (kg/ha)	209	1378	276
Balance	428	-73	3656
Retorno (%)	67	-6	93
* Cultivo continuo con remoción de rastrojo. Fuente: (Ayarza et al, 1989).			

CUADRO 2. Reciclaje de nutrimentos en pasturas con aplicación de insumos mínimos y en cultivos con altos requerimientos nutricionales, en Perú.

Las excretas depositadas por los animales en las áreas de pastoreo pueden ejercer tres tipos de efectos en el ecosistema pastura: contaminación del follaje, reciclaje de nutrimentos y dispersión de semillas. En cuanto al reciclaje de nutrimentos vía excretas de los animales, se estima que en animales en crecimiento más del 90% de los elementos minerales consumidos son retornados vía excretas, mientras que para las vacas lecheras, los valores de retorno son del orden del 75%. Las concentraciones típicas de macronutrientes por kilo de MS de heces varían de 20-40 g de N, 5-11 g de P y 4-14 g de K. Los valores correspondientes para

orina son 6-15 g de N y 6-16 g de K por litro (Leaver, 1985).

Sobre la base de estos datos, se estima que en sistemas de pastoreo, los retornos típicos de nitrógeno, fósforo y potasio vía excretas son de 100-150, 10-20 y 75-125 k/ha/año, respectivamente (Pearson e Ison, 1987). Lo cual estaría poniendo en entredicho, los fundamentos técnicos sobre los cuales descansan las actuales recomendaciones de fertilización de mantenimiento en pasturas.

Este aspecto del reciclaje de nutrientes vía excretas en los sistemas de pasturas, toma más relevancia cuando se adoptan enfoques de bajos insumos y cuando se analizan los sistemas ganaderos en el contexto de la sostenibilidad. Cada vez tomará más importancia la búsqueda de mecanismos técnicos para mejorar la eficiencia y maximizar el reciclaje de nutrientes, además de reducir la contaminación de las fuentes de agua por las excretas y la lixiviación de los fertilizantes nitrogenados, junto con una reducción de los costos.

Son varios los factores de manejo que afectan el reciclaje de nutrientes en pasturas, afectando su eficiencia:

- **Las especies forrajeras.** La adaptación de las especies a la acidez y la baja fertilidad de los suelos, es una condición fundamental para conseguir un adecuado reciclaje. La eficiencia del reciclaje es determinado por la cantidad de raíces y su distribución en el suelo. En pasturas asociadas de *Brachiaria decumbens* y *Arachis pintoj* bajo pastoreo, se registran niveles de biomasa radical superiores a la de la biomasa aérea (CIAT, 1991). Las observaciones en la misma pastura, sem-

brada en un suelo franco-arcilloso, muestra que la mayoría de las raíces de las especies se concentran en los primeros 20 cm del suelo y además, una proporción se encuentra a profundidades mayores de 1.0 m (CIAT, 1991). Esta estrategia puede darle a las plantas la capacidad de absorber rápidamente los nutrientes provenientes de las descomposiciones de los residuos vegetales y de las heces de los animales, a la vez que capturan nutrientes a mayores profundidades.

- **Efecto del suelo sobre las plantas.** El tipo de suelo y su fertilidad también afectan la producción de biomasa aérea y radical de las gramíneas y leguminosas. En suelos arenosos, las pasturas de gramíneas producen más cantidad de raíces que en suelos arcillosos, lo que les proporciona mecanismos de adaptación, como respuesta al menor suministro de agua y nutrientes del suelo arenoso (CIAT, 1991).
- **El manejo del pastoreo y de la fertilización.** El pastoreo afecta no sólo la biomasa aérea y radical de la pastura, sino también la velocidad y la eficiencia con que los nutrientes se reciclan en el sistema. Los animales en pastoreo, tienen un efecto dominante en el movimiento de nutrientes a través del sistema suelo-planta-animal y por tanto sobre la fertilidad del suelo.

Defoliando se puede estimular o afectar negativamente el crecimiento y la absorción de nutrientes por las plantas y se puede modificar la proporción de los nutrientes retornados, bien sea a través de los animales o de los residuos vegetales (Ayarza et al, 1994). Sin embargo, los nutrientes devueltos por los animales son concentrados en pequeñas

áreas y distribuidos en forma irregular en la pastura, lo cual afecta el reciclaje.

El sistema de pastoreo y la intensidad de pastoreo (presión de pastoreo o carga animal) influyen también sobre la cantidad y la distribución de los nutrientes retornados al sistema suelo-planta-animal. Los sistemas de pastoreo rotacionales, mejoran la distribución de las excretas (CIAT, 1990). Las cargas animales altas, incrementan la proporción y la disponibilidad de los nutrientes que reciclan en la pastura.

El parámetro intensidad de pastoreo, puede ser medido en sistemas de producción animal bajo pastoreo, por medio del indicador: presión de pastoreo, cuyas unidades son kg MS/100 kg de peso vivo. La presión de pastoreo es la variable más importante introducida por el pastoreo, capaz de afectar la utilización de la pastura (Viglizzo, 1981), relaciona la cantidad de forraje de una pastura y el peso vivo de los animales que la pastorean. Esto significa que dos áreas con la misma carga animal, pueden ser pastoreadas bajo distintas presiones de pastoreo, si la biomasa disponible en cada una de ellas es diferente.

Matches y Mott, 1975, proponen un modelo que relaciona la ganancia de peso por animal y por hectárea junto con la presión de pastoreo (figura 4).

La ganancia de peso por hectárea, se puede lograr con diferentes combinaciones de los parámetros del modelo, como son producción por animal y presión de pastoreo como medida de la intensidad de pastoreo. De manera, que dos pasturas que arrojen la misma producción por unidad de área podrían dar diferentes retornos económicos, explicado por el peso



FIGURA 4. Relación entre ganancia de peso vivo, por animal y por hectárea y la presión de pastoreo.

excesivo que se ha dado a la producción animal por unidad de área.

En pasturas tropicales, la aplicación práctica de estos principios indican un subpastoreo con valores de 12 kg de MS/100 kg de P.V.; un sobrepastoreo con valores menores de 3 kg de MS/100 kg de P.V. y un rango óptimo de presión de pastoreo entre 5 y 9 kg de MS/100 kg de P.V. (Giraldo, 1994c).

Optimización del manejo de pastoreo.

La mayoría de los sistemas de utilización de los forrajes tropicales se basan en el pastoreo directo de los animales.

SISTEMAS DE PASTOREO

El tema de los sistemas de pastoreo es de mucha controversia para quienes están involucrados en la ciencia de las pasturas; en cambio, para la mayoría de los productores y para muchos técnicos no parece haber dudas sobre las ventajas del uso de sistemas de pastoreo rotacional con respecto al pastoreo continuo. Varios autores (Mannetje et al, 1976, Morley, 1981; Humphreys, 1991) consideran que se han sobredimensionado



las posibles ventajas del sistema de pastoreo rotacional.

Es frecuente participar en discusiones en las que se debate sobre la conveniencia de tener tal o cual número de potreros en un sistema de pastoreo rotacional, sin que se hayan preguntado siquiera si para ese tipo de pasturas existen evidencias de que el sistema de pastoreo rotacional sea mejor que el continuo. Incluso, es muy frecuente calificar como "sistema mejorado" aquel que utiliza el pastoreo rotacional, sin tomar en cuenta la eficiencia biológica y económica con que éste es utilizado.

Humphreys, 1991 publicó un análisis de los resultados de 60 experimentos de pastoreo realizados en regiones tropicales y subtropicales con pasturas naturales y cultivadas, con diferentes especies animales (bovinos, ovinos, caprinos) y en diferentes estados fisiológicos de los animales (producción de

leche, crecimiento y reproducción). Para seleccionar los experimentos a ser incluidos en este análisis sólo se consideraron aquellos donde la carga animal no estaba confundida con el sistema de pastoreo.

El resultado de este análisis indica una clara superioridad del pastoreo continuo con respecto a otros sistemas de pastoreo diseñados por los investigadores (cuadro 3).

Solamente en un 17% de los experimentos se encontró un efecto benéfico del pastoreo rotacional sobre el continuo. La magnitud de este efecto varió de 4 a 15%, lo cual en términos generales es difícil que justifique los gastos en mano de obra, alambre, postes y bebederos. Puede notarse también que el sistema de pastoreo utilizado no tuvo ningún efecto en el 32% de los experimentos.

Es claro que en muchos casos la justificación para el uso del pastoreo rotacional no es

CUADRO 3. Comparación de diferentes sistemas de pastoreo sobre la respuesta animal en pasturas tropicales y subtropicales (en % de experimentos).

SISTEMAS	EFECTOS		
	SÍ	NO	SIMILARES
Continuo mejor que rotacional	51	17	32
Períodos largos de descanso fueron detrimentales comparado con períodos cortos	33	17	30
Períodos de ocupación largos fueron detrimentales comparado con períodos cortos de pastoreo	45	9	45
Ciclos largos de rotación fueron detrimentales con respecto a ciclos cortos	14	0	86

Fuente: Adaptado de Humphreys, 1991.

tanto el que se obtenga mayor producto por animal o por hectárea, el que se logre un uso más eficiente de la pastura o el que se consiga una mayor persistencia de las especies deseables, sino que a través de un sistema de rotación se facilita la aplicación de otras técnicas de manejo, como puede ser la observación de celos, la aplicación de riego o de fertilizantes, el control de malezas, etc., los cuales pueden redundar en beneficio para la empresa ganadera como un todo, pero que han sido atribuidos inconscientemente al sistema de manejo rotacional.

Por otro lado, existe un impacto significativo de la intensidad de pastoreo (como carga animal o como presión de pastoreo) en el comportamiento animal independientemente del sistema de pastoreo utilizado. Existe una fuerte interacción entre carga animal o

presión de pastoreo y el sistema de pastoreo (figura 4).

Con una carga animal leve o moderada, el comportamiento animal en pasturas manejadas bajo pastoreo continuo fue igual o superior al obtenido bajo rotación. Sin embargo, el pastoreo rotacional favoreció el comportamiento animal en las pasturas donde las cargas animales eran fuertes (Riewe, 1986). Aunque se puede obtener un mejor comportamiento animal con cargas altas en pastoreo rotacional, en comparación con el pastoreo continuo, la ganancia de peso por animal se reduce debido al efecto de una mayor presión de pastoreo.

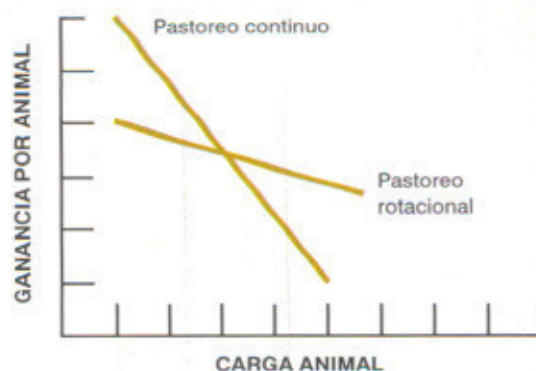


FIGURA 4. Interacción entre la ganancia de peso por animal y la carga animal en dos sistemas de pastoreo. Fuente: Riewe, 1986.

DEFOLIACIÓN

La defoliación que ejercen los animales en pastoreo se caracteriza en términos de sus atributos más relevantes a saber: intensidad, frecuencia y heterogeneidad de defoliación; de la magnitud de éstos dependerá la capacidad de rebrote de la pastura y su persistencia. Los sistemas de pastoreo, son mecanismos para la manipulación de dichos atributos.

La intensidad de defoliación está definida por la proporción del forraje disponible que es consumido por los animales en pastoreo; sin embargo, es más apropiado definirlo por su complemento, es decir, la cantidad de forraje residual después del pastoreo. Otras formas de definir la intensidad de defoliación son: el nivel de asignación (expresado como kg de MS/100 kg de peso vivo), la presión de pastoreo (inversa de la asignación), o a través de una expresión de uso más común, como es la carga animal (animales/ha).

En general, a medida que aumenta la intensidad de defoliación (menor índice de área foliar residual), menor será la capacidad de rebrote de las pasturas. Se ha visto que es más crítico el efecto de la intensidad de defoliación sobre la capacidad de rebrote en los pastos de crecimiento erecto que en las de crecimiento decumbente o estolonífero (Giraldo, 1994b). Una consecuencia práctica de este concepto, es que las plantas de

crecimiento rastrero o estolonífero toleran mejor pastoreos más intensos y frecuentes que las de crecimiento erecto, y si estas últimas son defoliadas intensamente, entonces deberá alargarse el período de descanso.

La frecuencia de defoliación en pasturas, está definida por la longitud del período de descanso en sistemas rotacionales. Esta frecuencia también depende de la intensidad de uso de la pastura, por ejemplo carga animal o presión de pastoreo; la gustocidad relativa de las especies, su facilidad de acceso para los animales en pastoreos, etc.

La heterogeneidad de defoliación es resultante de la naturaleza selectiva del comportamiento ingestivo de los animales, la cual encuentra su máxima expresión bajo condiciones de pastoreo, especialmente cuando se utiliza el sistema de pastoreo continuo y con carga animal baja. Cowan et al, 1986 encontró que con períodos largos de ocupa-



ción, la producción de leche por vaca declinaba fuertemente en los últimos días del período de ocupación, porque en esa etapa se presentaba una severa restricción en la proporción de hojas verdes y en la digestibilidad del forraje seleccionado. Algo similar reportan Chacon y Stobbs, 1976, quienes además observaron en los últimos días del período de ocupación largo, como disminuía el tamaño de bocado y también declinaba el tiempo dedicado a pastorear, lo cual resultaba en una fuerte limitación en el nivel de consumo de forraje.

PISOTEO

El pisoteo que ejercen los animales en pastoreo puede manifestarse en dos tipos de efectos. Por un lado, las pisadas provocan laceraciones o corte en los tejidos vegetales de los pastos, además de enlodamiento y enterramiento de parte del tejido presente, especialmente en terrenos muy húmedos (invierno) y pesados. Un segundo efecto del pisoteo es la compactación del suelo, la cual afecta indirectamente a la pastura.

La compactación se manifiesta como un incremento de la densidad aparente del suelo y una reducción de los macroporos del suelo, lo cual afecta la aireación de las raíces y la tasa de infiltración de agua en el suelo. La magnitud de la compactación está influenciada por la carga animal y/o la presión de pastoreo, el tipo de suelo, la precipitación y el tipo y densidad de la cobertura vegetal, entre otros factores.

Trabajos recientes a largo plazo, (cuadro 4) muestran que la tasa de infiltración disminuye en todas las pasturas al cabo de cinco años de uso, siendo menos drástico en pasturas de *C. pubescens*, la cual fue a su

vez la más estable y productiva, seguida por la asociación *B. decumbens* + *D. ovalifolium*; esta última aún tiene suficiente infiltración para tolerar la precipitación de la zona.

Cuando se asocian especies erectas como *A. gyanus* + *S. guianensis*, disminuye la tasa de infiltración, debido al efecto del pastoreo de los animales entre las macollas que compacta el suelo (ello se espera sea más drástico y peligroso en zonas de ladera, causando escorrentía y erosión).

PASTURA	AÑOS EN PASTOREO	CARGA AN/HA	INFILTRACIÓN (Cm/hr)
Antes inicio del pastoreo	0	0	12.7±3.8
<i>C. pubescens</i>	5	3.9	10.4±2.6
<i>B. decumbens</i> + <i>D. ovalifolium</i>	5	4.7	4.7±1.2
<i>A. gyanus</i> + <i>S. guianensis</i>	5	3.2	1.0±0.2

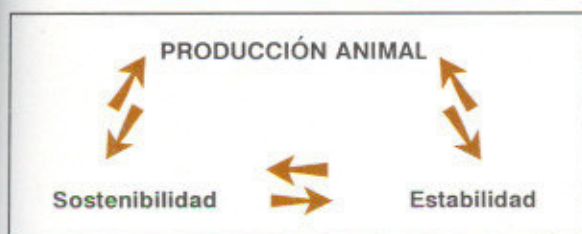
Fuente: Adaptado de Sánchez y Ara, 1991.

CUADRO 4. Tasa de infiltración antes del inicio del pastoreo y después de 5 años de pastoreo en Perú.

PARÁMETROS DE SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS GANADEROS

Cualquier evaluación de sostenibilidad requiere de mediciones en tiempos diferentes. Estas evaluaciones van a estar afectadas por factores exógenos y endógenos cambiantes, que pueden temporalmente mostrar sostenibilidad o falta de ella en forma errónea.

Existe una completa interacción entre la producción animal, la sostenibilidad y la estabilidad:



Bajo el panorama ecológico, la sostenibilidad es la habilidad del sistema de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza disturbadora mayor, por ejemplo; plagas, sobrepastoreo y erosión. En cambio, la estabilidad es la constancia de la productividad frente a pequeñas fuerzas perturbadoras que surgen de las fluctuaciones normales y de los ciclos del entorno ambiental.

Es común considerar la sostenibilidad en sistemas ganaderos como sinónimo de productividad, sin embargo, existen dos diferencias importantes:

a. Factor tiempo

La productividad representa una medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, trabajo invertido o insumos utilizados. Generalmente, es medida en cantidad anual de productos y representa la eficiencia de uso de los insumos en el proceso de transformación.

La productividad comúnmente requiere información de un año o lo que dure el ciclo biológico, por el contrario la sostenibilidad requiere mínimo cinco años, determinando si la tendencia de la producción es estable y/o sostenible (ello exige largo plazo).

En los sistemas de producción animal, que tienen a los forrajes como única fuente de alimentación y que son utilizados bajo pasto-

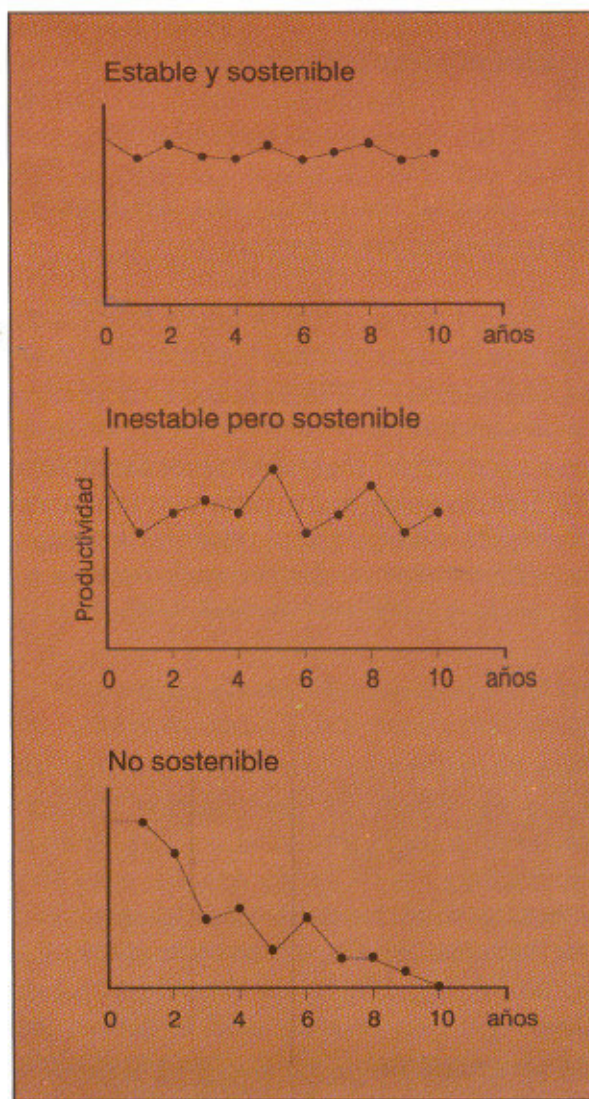


FIGURA 5. Ejemplos de estabilidad y sostenibilidad.

reo, las pasturas bien manejadas, contribuyen positivamente a la sostenibilidad (Sánchez y Ara, 1991).

La figura 5, muestra algunos ejemplos de estabilidad y sostenibilidad en sistemas ganaderos.

La estabilidad es la constancia de la producción bajo las condiciones ambientales, eco-

nómicas y prácticas de manejo; puede ser analizada desde el punto de vista económico y de manejo. Desde una concepción sistémica óptima, los sistemas de producción ganaderos deberían alcanzar los niveles más altos posibles de producción, estabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

La gráfica superior de la figura 5 presenta una producción estable y sostenible, cuya estabilidad se manifiesta como un coeficiente de variación en el tiempo. La segunda es una producción inestable pero sostenible, fluctuando entre años, pero con tendencia constante a largo plazo. Usando insumos, éste constituye el objetivo más realista en sistemas ganaderos (Sánchez y Ara, 1991).

b. Efectos en el ecosistema

Que normalmente involucran pérdidas de suelo por lixiviación, desnitrificación, erosión, escorrentía hacia ríos, volatilización del amonio y remoción de nutrientes. En este sentido, un animal que gana 400 kg de peso vivo por hectárea por año, extrae en promedio: 2.2 kg de Fósforo, 0.6 kg de Potasio, 40 kg de Calcio y 0.1 kg de Magnesio; lo que en términos generales habría que reponer al suelo.



Se considera que en sistemas de producción ganaderos, la conservación o mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas del suelo tendientes a minimizar la erosión

CUADRO 5. Cambios en la fertilidad entre 0 y 20 cm del suelo en pasturas asociadas de *B. decumbens*/*D. ovalifolium*. Yurimaguas, Perú.

AÑOS DE UTILIZACIÓN	pH	Al Ca+Mg		Sat. de Al (%)	P disp. (g/g)	MO (%)	N total (%)
		(cmol/l)					
Antes del pastoreo	4.3	3.02	0.85	78	2.2	1.85	0.07
Después del inicio del pastoreo							
1 año	4.8	2.79	2.07	57	9.1	2.17	-
4 años	4.9	1.61	1.50	52	8.1	2.10	0.08

Fuente: Adaptado de Sánchez y Ara, 1991.

escorrentía, son prácticas apropiadas esenciales en sistemas sostenibles. En pasturas bien manejadas la fertilidad del suelo generalmente aumenta con el tiempo, tal como lo muestra el cuadro 5.

Ocurrió un descenso en la saturación de Al, un aumento en el P disponible y la MO y cambios variables en las bases intercambiables Ca y Mg. En los 5 años, la adición total fue de 122 kg/ha de P, 160 kg/ha de K y 505 kg/ha de Ca.

Las propiedades biológicas del suelo, se evaluaron en una asociación *B. decumbens/D. ovalifolium* de 6 años, en un bosque primario y en un sistema de cultivo continuo durante 14 años (cuadro 6).

CUADRO 6. Propiedades biológicas de los suelos en tres tipos de vegetación. Yurimaguas, Perú.

PROPIEDAD	PROF (cm)	BOSQUE	CULTIVO	PASTURA
Biomasa (T/ha)				
Macrofauna	0-30	413	24	1279
Microfauna	2-70	0.43	1.43	0.61
Raíces finas	0-70	3.25	0.30	7.00
Mineralización				
Nitrógeno (mg/g)	0-30	25.6	8.9	3.0
Infección por Micorriza (%)	-	70	40	30

Fuente: Sánchez y Ara, 1991.

La macrofauna del suelo, principalmente lombrices, triplica su población en las pasturas en relación con el bosque. La biomasa microbiana (el mejor índice de la MO activa y de la rapidez de reciclaje), casi se duplica en las pasturas en comparación con el bosque. Lo más importante es el aumento hasta 70 cm de profundidad de la biomasa de

raíces finas en la pastura, la cual duplicó a las raíces del bosque. Sin embargo, la pastura presentó bajas tasas de mineralización de N y de infección por micorriza (Sánchez y Ara, 1991).

Esta información, indica un alto potencial de sostenibilidad en pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas, cuando se manejan bien y se usa germoplasma adaptado.

BIBLIOGRAFÍA

ANDOW, D. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response annual review of entomology 35:561-586.

ANDRADE, E. 1989. Sostenibilidad ad portas consideraciones agroecológicas. CATIE/SCAL/Turrialba, Costa rica (mimeo). 34 p.

AYARZA, M.; Rao, I. y THOMAS, R. 1994. Reciclaje de nutrimentos en pastizales tropicales de suelos ácidos. *En*: Ganadería y recursos naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. Memorias simposio/taller realizado en Costa Rica. Ed. Jane Homan. CATIE-UGIAAG. Turrialba, Costa Rica. p. 163-173.

AYARZA, M; Dextre, R, and SANCHEZ, P. 1989. Persistence of grass-legume mixtures under grazing. *In*: Trop soil technical report 1986-1987 North Carolina State University, Raleigh p. 21-27.

CHACON, E. and STOBBS, T. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. Australian journal agricultural. Res. 27:709-727.

CIAT, 1989. Informe anual. Programa de arroz: sección de arroz-pastos.

CIAT, 1990. Informe anual. Programa de pastos tropicales. Sección relación suelo-planta y reciclaje de nutrimentos.

- CIAT, 1991. Informe anual. Programa de pastos tropicales. Sección de sistemas de pasturas sostenibles basados en leguminosas.
- COLCIENCIAS, 1993. Nuevas tecnologías para recrear el agro. Bases para un plan del programa nacional de ciencia y tecnologías agropecuarias. Tercer Mundo Editores 208 p.
- COWAN, R.; Lowe, K.; Upton, P. and Bowdler, T. 1986. Observations on the diet selected by Friesian cows grazing tropical grass and grass-legume mixtures. *Tropical grasslands*. 20:183:192.
- DICKINSON, J. y JORGENSON, A. 1994. Demasiado de algo bueno: Alternativas para la producción animal sostenible. *En: Ganadería y recursos naturales en América Central: estrategias para la sostenibilidad. Memorias de un seminario-taller realizado en Costa Rica. CATIE-UGIAAG p. 129-140.*
- FAO, 1993. Educación agrícola superior. La Urgencia del cambio. Serie desarrollo rural No. 10. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 98 p.
- GALLOPIN, G. 1989. Sustainable development in Latin America: Constraints and challenges. *Development (Italy)* 2/3:95-99.
- GIRALDO, L.A. 1993a. La Producción agropecuaria bajo un contexto sostenible. *Industria & Producción*. Vol. 1 No. 3 (julio-septiembre). p. 28-29.
- 1993b. El enfoque de sistemas en producción animal, su rol y aplicaciones. *Boletín técnico Fac. de Ciencias Agropecuarias*. No. 2. 1993 p. 3-11.
- 1994a. Mediciones de sostenibilidad en sistemas ganaderos bajo pastoreo: propuesta de indicadores y usos. Conferencia presentada en el sexto encuentro internacional de la red internacional de metodologías de investigación de sistemas de producción (IV RIMISP). Abril 11 al 15 de 1994. Campinas/Saõ Pablo, Brasil. 24 p. (En prensa).
- 1994b. Manejo y utilización sostenible de pasturas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- 1994c. Evaluación de pasturas a nivel de finca. Memorias seminario nacional: las pasturas en la producción animal. Banco Ganadero. AZOODEA. Medellín, octubre 19 al 21 de 1994. 32 p.
- GIRALDO, L. y Vélez, G. 1993. El Componente animal en los sistemas silvopastoriles. *Industria & Producción*. Medellín. Vol. 1. No. 3 (abril-junio). p. 27-31.
- GUERRA, A. 1993. América Latina: la empresa agropecuaria ante la modernización. *Economía Latinoamericana (México)*. 43(4):344-352.
- HART, R. and HOVELAND, C. 1989. Objectives of grazing trials. *In: Grazing research: design, methodology and analysis*. G.E. Marten Ed. Crop Science Society of America. Especial publication number 16. 1989. 123 p.
- HENZELL, E. 1968. Sources of Nitrogen for Queensland pastures. *Tropical grasslands* 2:1-17.
- HUMPHREYS, L. 1991. Tropical pasture utilisation. Cambridge, U.K. Cambridge Univ. Press. 202 p.
- IICA. 1991. Bases para una agenda de trabajo para el desarrollo agropecuario sostenible. San José, Costa Rica 63 p.
- LEAVER, J. 1985. Milk Production from temperate grassland. *Journal Dairy Res.* 52:313-344.
- MARC von der Weid, Jean. 1994. Agroecología y agricultura sustentable. *Agroecología y desarrollo*. CLADES Número 7, agosto de 1994. p. 9-14.

- MCDOWELL, R. 1994. El Papel de los animales en la conversión y conservación de los recursos. En: ganadería y recursos naturales en América Central. Estrategias para la sostenibilidad. Memorias de un seminario-taller realizado en Costa Rica, 1992. CATIE-UGIAAG p. 89-107.
- MCGILL, W.; Cannon, K., Roberstson, J. and Cook, F. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 Years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.* 66:1-19.
- MANNETJE, L.; Jones, R. and Stobbs, T. 1976. Pasture evaluation by grazing experiments. In: N. Shaw y W. Bryan, De. Tropical pasture research; principles and methods. Farnham Royal, U.K. C.A.B. Bull 51. p. 194-250.
- MORLEY, F. 1981, Grazing animals. World animal science. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier. 411 p.
- PEARSON, C. and ISON, R. 1987. Agronomy of grassland systems. Cambridge, U.K. Cambridge University Press. 169 p.
- RIEWE, M. 1986. Manejo del pastoreo fijo o variable en la evaluación de pasturas. En: evaluación de pasturas con animales. Alternativas Metodológicas. RIEPT-CIAT. p. 61-84.
- ROMERO, F.; Benavides, J.; Kass, M. y Pezo D. 1994. Utilización de árboles y arbustos en sistemas de producción de rumiantes. En: ganadería y recursos naturales en América Central: Estrategias para la sostenibilidad. Memorias de un seminario-taller realizado en Costa Rica, 1992. CATIE-UGIAAG p. 207-220.
- SÁNCHEZ, P. Ara, M. 1991. Contribución potencial de las pasturas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabana y de bosque húmedo tropical. En: contribución de las pasturas mejoradas a la producción animal tropical. Documento de trabajo N-80 CIAT, p. 1-23.
- SPAIN, J. y SALINAS, J. 1984. El Reciclaje de nutrimentos en pastos tropicales. Trabajo presentado en el simposio de reciclagen de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos tropicos. Reuniao brasileira de fertilidade do solo. Itabuna, Bahia, Brasil.
- VIGLIZZO, E. 1981. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. B. Aires. Argentina. Ed. Hemisferio Sur. 125 p.