

Análisis de sostenibilidad de los sistemas ganaderos en el distrito de La Peca, provincia de Bagua, región Amazonas

Sustainability analysis of the breeding systems in the La Peca district, Bagua province Amazon region

Elvis Huamán^{1,a,*}, Rafael Robles^{1,b}, Milthon Muñoz^{1,c}, Carlos Arevalo^{1,d}

¹ Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

^a M.Sc., ✉ elvis.huaman@unas.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0001-9546-4577>

^b M.Sc., ✉ rafael.robles@unas.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-7696-2666>

^c Dr., ✉ milthon.munoz@unas.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-1704-4603>

^d Dr., ✉ carlos.arevalo@unas.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-6626-7758>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 944922729

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20244.1024>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>

revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 05 de junio 2024

Aprobación: 03 de agosto 2024

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el nivel de sostenibilidad basado en la lectura de 37 indicadores de sostenibilidad. Se determinó una muestra de 57 fincas ganaderas con un nivel de confianza del 95%. Con los datos obtenidos, se utilizó estadística multivariada (análisis de conglomerados), para ello se aplicó el método de Ward y distancia Euclídea. Se logró la formación de tres grupos estadísticamente diferenciados ($p < 0.05$), el grupo 1 (37% de fincas) alcanzó una sostenibilidad moderada (6.85 del índice general), seguida del grupo 3 (39% de fincas) que presentó una ligera sostenibilidad (5.77 del índice general), mientras que el grupo 2 (24% de fincas) se encontró en una baja sostenibilidad (5 del índice general). Asimismo, se realizaron estimaciones de las emisiones de metano por finca representativa de cada grupo, utilizando modelos de simulación (LIFE-SIM). Las estimaciones determinaron que la finca 1 (con sostenibilidad moderada) emite menor metano al año (43.78 kilos/animal), mientras que la finca 2

(con sostenibilidad baja) emite mayor cantidad de metano (67.67 kilos/animal). Se encontraron dependencia entre la captura de carbono por finca y la calidad proteica de las pasturas con la producción de metano.

Palabras claves: Sistemas ganaderos, indicadores de sostenibilidad, captura de carbono, metano.

Abstract

The objective of determining the level of sustainability. A sample of fifty seven livestock farms was defined, with a confidence level of 95%. For the data that was obtained, the multivariate statistic, the analysis of conglomerates through the application of the Ward method, and the Euclidean distance were used in order to group the farms, which resulted in the formation of three statistically different groups, Group 1 (37% of the farms) achieved a moderate sustainability (6.85 on the general index), followed by group 3 (39% of the farms) which presented slight sustainability (5.77 on the general index), while group 2 (24% of the farms) were found to have a low sustainability (5 on the general index). At the same time, estimations of the methane emissions on the representative farms from each group were done utilizing simulation models (LIFE-SIM). From the estimations, it was determined that farm 1 (moderate sustainability) emits less methane per year (43.78 kilos/animal), while farm 2 (with low sustainability) emits the greatest amount of methane (67.67 kilos/animal). A dependence was found between the carbon capture per farm and the protein quality of the pastures with the methane production.

Keywords: Breeding systems, sustainability indicators, carbon capture, methane.

1. INTRODUCCIÓN

En América Latina muchas praderas se han erosionado a causa del sobrepastoreo (Pezo et al. 1992). la incapacidad de las pasturas de mantener un grado aceptable de cobertura y producción de biomasa son características de pasturas degradadas. Esta situación ha provocado que más del 50% de las tierras con pasturas se encuentren en un estado avanzado de degradación (Szott et al. 2000, Días-Filho 2007).

Además de ello, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2007, FAO 2009), indica que la actividad ganadera es uno de los sectores que genera más gases de efecto invernadero, llegando a producir el 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero medidos en equivalentes de CO₂ (CO₂e), cuyo porcentaje es

mayor a los generados por los medios de transporte.

El panorama que presenta la provincia de Bagua de la región de Amazonas, principalmente en el Distrito de La Peca, de las 572 fincas ganaderas con 3,157 cabezas (INEI, 2012), es también incierto. Se ha observado bajos indicadores productivos que hacen evidente una crisis de insostenibilidad socioambiental en que se encuentran actualmente. Se caracteriza por la degradación acelerada de los recursos naturales, el aumento de la población y la pobreza rural. La deforestación, los incendios, la sobreexplotación y las prácticas agropecuarias no conservacionistas han sido unas de las principales causas de esta crisis, que ha conllevado a serios conflictos socio ambientales y a la degradación de los recursos

naturales dentro de las cuencas hidrográficas (Robles, 2005).

El presente estudio tuvo como objetivo estimar el nivel de sostenibilidad en que se encuentran los sistemas ganaderos del distrito de La Peca, provincia de Bagua, región Amazonas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El presente estudio se realizó en el distrito de La Peca, provincia de Bagua, Región Amazonas. Geográficamente se encuentra ubicado entre los 5°32'21.4" hasta 5°40'33.2" de latitud sur y entre los 78°31'43.5" y los 78°28'43.9" longitud oeste, a una altitud de 860 m.s.n.m. Presenta una temperatura media anual de 15.39 °C, temperatura máxima de 22.16 °C y mínima de 9.05 °C; con una precipitación media anual de 1,125 mm, con humedad relativa media anual del 84 %, y cuenta con una extensión de 291.39 km² y una población de 30,883 habitantes. (El distrito de La Peca). Está considerada como Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (SENAMHI 2017).

2.2. Cálculo del tamaño muestral

Basado en la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del último Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Para determinar el tamaño muestral se aplicó la fórmula de estimación a través de un muestreo aleatorio simple (MAS). Se estimó un tamaño muestral de 57 fincas ganaderas, aplicando un 95% de nivel de confianza, para una varianza calculada con una variable dicotómica (0.2, 0.8) y un 10% de error de estimación.

2.3. Material y métodos

2.3.1. Metodología para el desarrollo del estudio

Para el cumplimiento del objetivo general se propone el desarrollo de un proceso metodológico que se basa en esquematizar el proceso de intervención y diagnóstico de una cuenca, considerando la cuenca como unidad de planificación y la finca como unidad de intervención (Robles, 2005).

2.3.2. Construcción de los indicadores de sostenibilidad

En este estudio se tuvo la participación de los actores sociales (ganaderos), en la adaptación de una metodología práctica que propone inferir sobre la calidad del suelo, salud de la pastura y calidad de los animales, el sistema finca, económico, y social por medio de indicadores. La validación de los indicadores en campo se realizó adaptando la metodología basada en Altieri (2002), Altieri y Nicholls (2002), y Nicholls y Altieri (2003).

Se aplicó la metodología propuesta por Araujo et al. (2008), basado en la percepción de los indicadores que nos muestran un nivel de estado. Esta metodología propone que para un determinado indicador sea evaluado en una condición entre menos deseado a moderado, podría recibir valores entre 1 a 5; entre moderado y deseado, podría recibir valor entre 5 a 10. Es decir, 1 representa la peor condición, la menos deseada, mientras que 10 representa la condición ideal, la deseada.

Los indicadores fueron clasificados en base a seis criterios. Las cuatro primeras corresponden al enfoque ambiental, correspondiendo la calidad del suelo, la salud de las pasturas, la calidad de los animales y los usos de los

recursos naturales. En enfoque económico consta de dos criterios de clasificación: indicadores para el sistema finca e indicadores económicos propiamente. El enfoque social contiene un criterio de clasificación: indicadores sociales.

2.3.3. Tipificación de sistemas ganaderos

Con base a los indicadores descritos en los seis criterios se tienen 37 indicadores de sostenibilidad, los cuales se realizó un agrupamiento de familias ganaderas el cual se empleó estadística multivariada (Escobar y Berdegué 1990) aplicando la técnica de Análisis de Conglomerado (AC) por el método de Ward, el cual permitió verificar y agrupar fincas según sus actividades similares dentro del portafolio de los indicadores de sostenibilidad.

2.3.4. Caracterización de los sistemas ganaderos

De acuerdo con los tres tipos de sistemas ganaderos encontrados se caracterizó cada tipo de sistemas resaltando las características principales que los diferencian, mostrando las características en fortalezas, debilidades y limitantes encontrados. Se utilizó estadística descriptiva para ilustrar las diferencias entre tipos de sistemas.

2.3.5. Análisis de sostenibilidad

Los tipos de sistemas identificados tienen un nivel de sostenibilidad distintos, con base a los 37 indicadores de sostenibilidad, de los seis criterios de evaluación (calidad del suelo, salud de las pasturas, calidad de animales, finca, económico y social). Se construyeron gráficos de amebas, para determinar los criterios más

importantes que afectan o mejoran la sostenibilidad en los tipos de sistemas, para determinar los factores de influencia. Se aplicó estadística descriptiva mostrar los distintos niveles de sostenibilidad.

2.3.6. Estimar las emisiones de metano a través del life-sim de cada sistema identificado

Las estimaciones de metano fueron basadas por el método indirecto, a través del uso del software LIFE-SIM (Livestock Feeding Strategies Simulation Models) (León-Velarde et al. 2006), cuyo principio es un modelo matemático de aproximación.

Para ello se tuvo que determinar la disponibilidad en materia seca de los potreros de cada tipo de sistema ganadero encontrado. Dicha disponibilidad fue calculada en dos periodos (diciembre y febrero). Cada periodo tuvo una duración de un mes. Asimismo, la calidad del pasto estuvo determinada por proteína cruda y digestibilidad. Estos datos, junto con datos climatológicos (precipitación y temperatura, velocidad de viento) sirvieron como variable base para la estimación de las emisiones de metano.

2.3.7. Propuesta de mejora

Se realizaron propuestas técnicas para cada tipo de sistema que corresponde a cada nivel de sostenibilidad encontrados. Estas propuestas corresponden en base a buenas prácticas ganaderas, orientadas en el manejo agroecológico de los sistemas ganaderos con los recursos de cada sistema. Cada tipo de sistema identificado se generó diferentes propuestas técnicas basados en su realidad y sus

condiciones de estrategias de vida en los criterios que les hiciera falta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tipificación y caracterización de los diferentes tipos de sistemas ganaderos basados en su nivel de sostenibilidad

Podrías iniciar hablando: la tipificación de las cuencas se muestra en la figura 1, en función a las variables evaluadas, se mostro tres grupos de fincas.

Los indicadores de las variables cualitativas y cuantitativas entre los tres grupos formados se muestran en la tabla 1.

Se realizó la tipificación de las 57 fincas sobre la base de 37 indicadores de sostenibilidad, aplicando estadística multivariada, específicamente el análisis de conglomerado, con el método de Ward y distancia de Jaccard, lográndose determinar tres grupos claramente diferenciados. Este método sugerido por Pardos et al. (1999); Rapey et al. 2001 y Paz et al. (2003), permite definir grupos diferenciados, donde el análisis para su caracterización es mucho más sencillo.

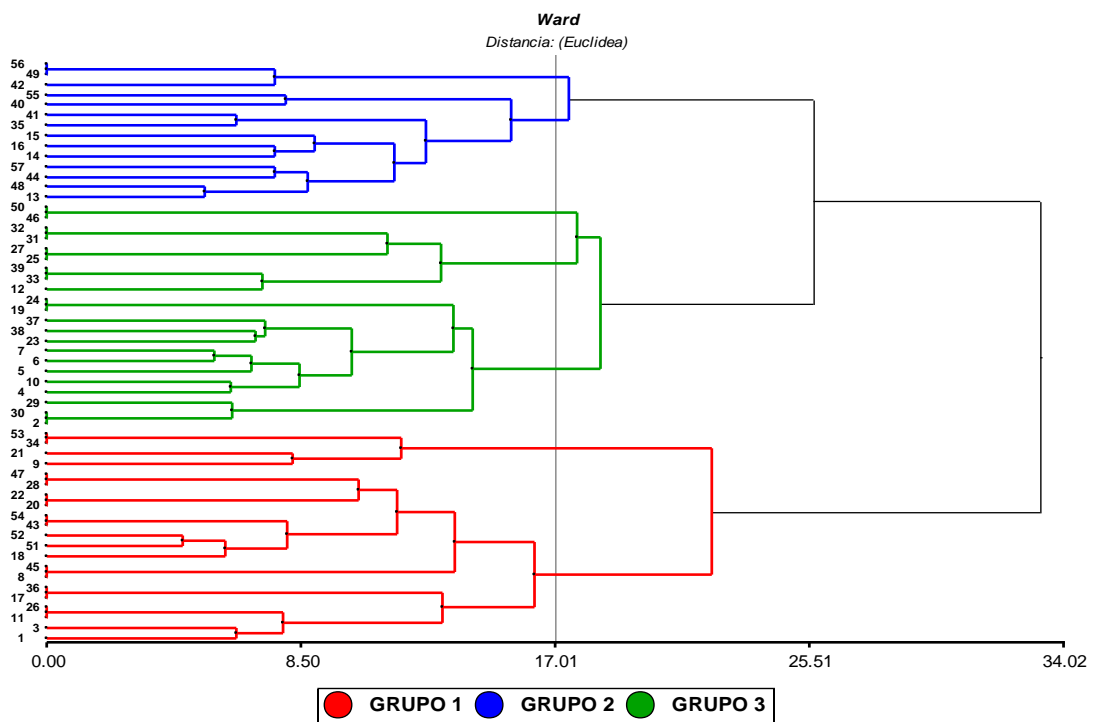


Figura 1. Dendrograma de agrupamiento

Tabla 1. Variables cualitativas y cuantitativas entre los tres grupos formados

N°	INDICADOR	p-valor		GRUPOS		
		Prueba F	Chi-cuadrado	Grupo 1 (n=21)	Grupo 2 (n=14)	Grupo 3 (n=22)
1	Nivel de educación		0.0311 *			
1	Sin educación			0.00%	9.09%	0.00%
2	Primaria			21.43%	36.36%	62.50%
3	Secundaria			57.14%	36.36%	37.50%
4	Superior			21.43%	18.80%	0.00%
2	Tamaño de finca (ha)	0.0421 *		15.18 a	11.05 b	17.66 a
3	Área de pastos (ha)	0.0310 *		8.00 b	6.50 b	11.47 a
4	Explotación pasturas (años)	0.0056 *		17.14 b	15.50 b	20.60 a
5	Experiencia (años)	0.0452 *		23.50 a	19.00 b	24.86 a

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia

La caracterización de los grupos conformados permitió describir las principales características de los grupos conformados. Los grupos conformados están descritos con base a su nivel de sostenibilidad encontrados. Las características del productor y la finca permiten analizar su situación en cada grupo. Por lo general, los productores del Grupo 1, son personas que en su gran mayoría (más del 78%) tienen educación secundaria a superior y con menos del 21.4% de educación primaria; mientras que los productores del grupo 2 son 36.6% con educación primaria y un 62.50% para los productores del grupo 3. Para Masera et al. (1999), la educación es base para una sostenibilidad social, por lo que observamos que los productores del Grupo 3, tienen cierta limitante con ello, esto tiene un efecto en la adopción de tecnologías, según Acosta et al. (2014) debido a que muchos de ellos tienen dificultades para comprender los procesos ecológicos y las estrategias adaptativas sugeridas. Esto influye directamente sobre el nivel de sostenibilidad (Altieri, 2002). Los productores del grupo 1 presentan un 21.4% con

estudios superiores seguidos del grupo 2 con 18.8%, el cual les facilita, según Casasola et al. (2006) y Prabhu (2000) a mejores condiciones de adopción de tecnologías.

Con respecto al tamaño de finca, y área de pastos son las fincas del Grupo 2 que muestran menores valores que el resto de los grupos. El tamaño de finca, según Daniel (2000) permite al productor tener ventajas sobre los recursos naturales, basados en Altieri (2002) que la sostenibilidad ecológica se sostiene en mantener el capital natural constante.

3.2. Análisis de sostenibilidad de los tipos de sistemas ganaderos

Con respecto a los indicadores de sostenibilidad, también existen diferencias entre los grupos conformados (Tabla 2 y Figura 2). Describir lo más importante de cada grupo. Ejemplo, el grupo 1 se caracterizó por presentar una calidad de suelo, pasto, sistema de finca, etc respecto a los otros dos grupos.

Tabla 2. Promedios por criterio de clasificación de indicadores por grupo conformado

N°	CLASIFICACIÓN	INDICADORES	GRUPO 1 (n= 31)	GRUPO 2 (n= 13)	GRUPO 3 (n= 16)	Probabilidad	
						p-valor	Signif.
1	Calidad del suelo	8	8.07 ± 0.23 a	4.90 ± 0.29 b	7.47 ± 0.23 a	<0.0001	**
2	Salud de la pastura	8	6.74 ± 0.20 a	4.76 ± 0.25 c	6.05 ± 0.20 b	<0.0001	**
3	Calidad animal	5	4.30 ± 0.21	3.87 ± 0.26	4.13 ± 0.21	0.4618	NS
4	Sistema finca	6	8.03 ± 0.21 a	5.98 ± 0.26 b	6.47 ± 0.21 b	<0.0001	**
5	Económico	8	5.83 ± 0.30 a	4.41 ± 0.37 b	4.52 ± 0.30 b	0.0034	*
6	Social	2	9.43 ± 0.43 a	8.57 ± 0.53 a	4.86 ± 0.42 b	0.0082	*
7	Índice general de sostenibilidad	37	6.85 ± 0.13 a	5.00 ± 0.16 c	5.77 ± 0.13 b	<0.0001	**

** = altamente significativo; * = significativo; NS = No significativo. Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

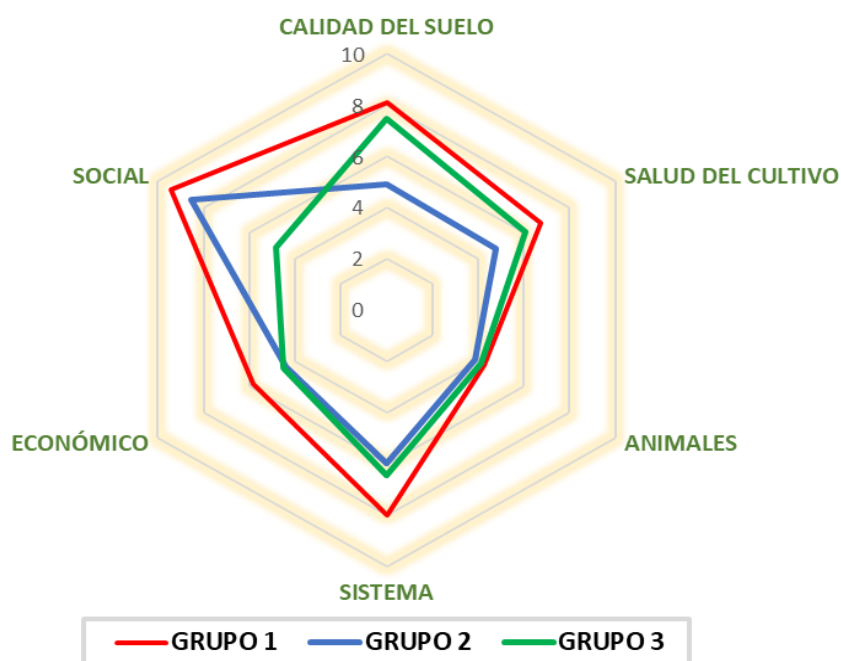


Figura 2. Gráfico de Ameba para los seis criterios de clasificación de los indicadores de sostenibilidad de los grupos conformados.

Según la Tabla 2, el índice general de sostenibilidad que corresponde al promedio de los indicadores, las fincas de los grupos 1 y 3 logran pasar el umbral de sostenibilidad generando una condición de moderada a ligera sostenibilidad respectivamente, mientras que

las fincas del grupo 2 presentan baja sostenibilidad por cuanto no logran pasar el umbral de la sostenibilidad. Según Daniel (2000) y Deponti et al. (2002), la sostenibilidad de fincas conlleva al análisis de los componentes ambientales, económicos y

sociales y que deben ser analizadas en forma conjunta como pilares que soportan la sostenibilidad y que la deficiencia de algún componente conlleva a condiciones insostenibles. Por ello, se observa que las fincas del Grupo 2 son insostenibles el componente calidad del suelo, la salud de la pastura, la calidad animal y en el aspecto económico, llevando a ello, la insostenibilidad del sistema.

Se analizan aplicando los mismos criterios y se observan que las fincas del grupo 2 son insostenibles en el aspecto de calidad animal el aspecto económico y social. Las fincas del grupo 1 solo es insostenible en la calidad animal. Según Sepúlveda *et al.* (2011) manifiestan que una finca ganadera asegura que las fincas controlen su impacto sobre los recursos naturales, logren una mayor articulación de las

comunidades a nivel de territorios ganaderos y fortalezcan su gobernanza local en la cadena de producción y distribución de sus productos pecuarios.

La unión de indicadores graficados mediante una ameba, permiten entender mejor la dinámica de los indicadores según Rigby *et al.* (2001).

3.3. Estimaciones de gas de efecto invernadero (metano) en los tipos de sistemas ganaderos

Para la estimación de gases de efecto invernadero (metano) se eligió al azar una finca de cada tipo de sistema basado en su nivel de sostenibilidad. La producción de metano (kg CH₄/año/animal) se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación de emisiones de metano por tipo de finca

Ganadero	Finca	CH ₄ L/mes	CH ₄ L/año	CH ₄ Kg/año
Leoncio Alarcón Hernández	Grupo 1	5.10 ± 0.37 A	61.15	43.78
Isaías Díaz Ramírez	Grupo 3	5.64 ± 0.20 A	67.68	48.46
Walter Flores Gil	Grupo 2	7.88 ± 0.34 B	94.52	67.68
P-valor		<0.0001		

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas según prueba de DGC al 5% de nivel de significancia

La Tabla 3 describe las diferencias estadísticas entre los tipos de grupos en cuanto a las estimaciones de las emisiones de metano. Tiene una producción anual tanto en litros como en kilos. Para los sistemas 1 y 3 van desde 43 a 48 kilos de CH₄ por año por animal, mientras que para los del grupo 2 corresponde una estimación de emisión de 67 kilos de Ch₄ por

año por animal. Según Kinsman *et al.* (1995) evalúan los pronósticos mundiales basados en dietas, el cual se concluyen que para países en vías de desarrollo las emisiones de CH₄ corresponden a 55 kg de CH₄ /año/animal, considerando que poseen una baja calidad de dieta, mientras que animales con una dieta de calidad pueden llegar a producir hasta 35 kg de

CH₄/año/animal. Los valores mostrados por el mencionado autor están por debajo de lo obtenido debido a que corresponde a una media general de estimaciones alométricas realizadas por la FAO (2009).

El trabajo realizado por Moscoso et al. (2017) en animales del altiplano peruano en sistemas de pastoreo, reflejan similares resultados en cuanto logran de 59 a 75 kg CH₄/año/animal dependiendo de la estacionalidad de pastoreo, el cual se puede decir que los grupos 1 y 3 presentan menores estimaciones de emisiones de metano similar a los reportados por Moscoso et al. (2017); mientras que el grupo 2 el cual se asocia un nivel de sostenibilidad bajo presentan mayores estimaciones de emisiones de metano.

Similar trabajo es reportado por Beltrán-Santoyo et al (2016) realizado en México el cual logra determinar emisiones de 51.72 kg de CH₄/año/animal, mientras que lo obtenido reflejan menor cantidad y esa diferencia se debe a que el cálculo para la estimación se realizó en animales de 200 kg de peso vivo, el cual la edad del animal también es un factor de reducción de gases de metano según Johnson y Johnson (1995). Además de los factores de edad del animal, la calidad de la pastura influye también en las emisiones de metano, tal como lo manifiesta Leng (1993), que el forraje de pobre calidad limita la disponibilidad del proteína y energía e incrementa la emisión de metano.

Por estos cálculos desarrollados se confirma la fuerte asociación de las estimaciones de emisiones de metano, con proteína cruda del pasto y el carbono acumulado por ellas. Mayor metano se logra cuando los pastos tienen menor calidad proteica, y esto lo confirman tanto Anderson et al. (1987), cuando indican que la producción del metano depende de la cantidad

y calidad del alimento que consumen. Asimismo, se determinó que más metano se produce cuando se tiene menor captura de carbono en las pasturas, que equivale a decir biomasa acumulada, en otras palabras, mayor biomasa, menos metano, tal como lo afirma Hindrichsen et al. (2006) cuando menciona que al aumentar la ingesta de materia seca (mayor disponibilidad de biomasa) se acelera el paso del alimento por el aparato digestivo, disminuyendo el tiempo disponible para la fermentación, y por ende de la producción de metano. Los mismos autores señalan que la energía bruta que se pierde en forma de metano está más afectada por la composición del alimento que por la cantidad.

Por otra parte, se determinó que la cantidad de biomasa estaba en función del nivel de sostenibilidad, por lo que se confirma que las fincas con un nivel de sostenibilidad alta capturan más carbono al año y tienen mayor calidad proteica sus pasturas, mientras que la finca con sostenibilidad baja es todo lo contrario. De todo ello, podemos concluir que las fincas con baja sostenibilidad producen mayor metano en sus fincas.

Esta realidad es el reflejo de la situación actual de muchas fincas ganaderas, que según Flores y Malpartida (1998), estas presentan principalmente un sistema de pastoreo extensivo con pobre calidad de pastos. Por lo tanto, las fincas con mejor calidad de pastos tienen menor emisión de metano y mayor captura de carbono. Estos dos indicadores de gases de efecto invernadero permite comprender mejor la sostenibilidad de los ecosistemas ganaderos.

4. CONCLUSIONES

Existen tres tipos de fincas ganaderas basadas en su nivel de sostenibilidad y la generación de las emisiones de metano están en función del nivel de sostenibilidad en que se encuentran. Asimismo, se determinó tres tipos de sistemas ganaderos, basados en su nivel de sostenibilidad, siendo esta baja sostenibilidad (grupo 2), ligera sostenibilidad (grupo 3) y moderada sostenibilidad (grupo 1). El 24% de fincas se encuentran en baja sostenibilidad, mientras que el 76% de ellas se encuentran en un nivel de sostenibilidad aceptable.

Declaración de intereses

Ninguna.

Referencias

- Acosta, A., Ibrahim, M. & Pezo, D. (2014). *Hacia un desarrollo ganadero climáticamente inteligente. (En línea) En. Lineamientos de política para el desarrollo sostenible del sector ganadero. Ciudad de Panamá.* Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica. Ciudad de Panamá. FAO. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/ai3764s.pdf>
- Altieri, M. (2002). Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentável. Guaíba, BR. *Agropecuária*, 592 p.
- Altieri, M. & Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo de plagas y agroecología*: 64: 17-24.
- Anderson, K.L., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Avery, T.B., Galitzer, S.J. & Boyer, J.E. (1987). Ruminant microbial development in conventionally or early-weaned calves. *J. Anim. Sci.*, 64 (27): 1215-1226.
- Araujo, et ál. (2008). Indicadores de sustentabilidade para afericao da qualidade do solo w da saúde do cultivo. *Boletín Técnico* N° 193. *Iih'wus,Bahía*. 19 p.
- Beltrán-Santoyo, M., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J. & Contreras-Servín, C. (2016). Emisiones de metano en los sistemas de producción de leche bovina en el valle de San Luis Potosí, México. *Agrociencias* 50: 297-305
- Betancourt, K., Ibrahim, M., Harvey, C. & Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Revista Agroforestería en las Américas* 10 (39- 40):47-51
- Bonilla, J, & Flores, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 3(2): 215-246
- Blaxter, K.L. & Clapperton, J.L. (1965). Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Brit. J. Nutr.*, 19: Pp 511-522.
- Cano, M. (1997). *Investigación participativa: inicios y desarrollo. Ciencia Administrativa.* Nueva Época, Xalapa, (1): 86-91.
- Carmona, J.C., Bolívar, D.M. & Giraldo, L.A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo (en línea). *Revista Colombiana de ciencias pecuarias* Vol. 18(1):40-63. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Casasola, F., Ibrahim, M., Ramírez, E., Villanueva, C., Sepúlveda, C. & Araya, J. (2006). Pago por servicios ambientales y cambios de uso de la tierra en paisajes denominados por la ganadería de Nicaragua y Costa Rica. 2006, *Rev. Agroforestería en las Américas.* (45):79-85
- Conway, G. (1994). Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability, and equitability. *Journal for Farming Systems and Research- Extension* 4(2): 1-14.
- Chacón, M., Ibrahim, M., Ponce, G., Vega, P. & Casasola, F. (2006). Determinación de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Centroamérica. In Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible (4) y Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible (3, Cuba). *Memoria. Cuba.* 106 p.
- Daniel, O. (2000). *Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais.* 150 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Deponti, C., Eckert, C. & Azambuja, J. (2002). Estratégias para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, BR.* 3 (4): 44-52.
- Dias-Filho, M. (2007). *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.* 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 190 p.

- Escobar, G. & Berdegué, J. (1990). *Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP)*. Edit. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile. 282 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2007). *Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarías – 3*. Consultado diciembre 2020. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2009). *La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones*. LEAD - FAO. Roma, Italia, FAO. 492 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2015). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/>.
- Flores, A. & Malpartida, E. (1998). *Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Andina del Perú*. Banco Agrario. Fondo del Libro. Tomo II. Lima- Perú. 87 p.
- Hindrichsen, I.K., Wettstein, H.R., Machmuller, A. & Kreuzer, M. (2006). Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 113 (21): 150-161.
- Hünemeyer, A., De Camino, R. & Müller, S. (1997). Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Ed. M Araya. San José, CR, GTZ. Pp. 19-27. (*Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible* N° 4).
- INEI. 2012. IV Censo Agropecuario. (2012). *Sistema de consulta de resultados censuales*. Cuadros estadísticos [Internet], [consultado diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- Johnson, KA. & Johnson, DE. (1995). Methane emissions from cattle. *J. Anim Sci*; 73: 2483-2492
- Kinsman, R., Sauer, FD., Jackson, HA. & Wolynetz, MS. (1995). Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*; 78 (12): 2760-2766
- Kurihara, M., Magner, T., Mccrabb, H. & Mccrabb, G. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*; 81(1): 227-234.
- Lee D. (1997). Indicadores Generados por la Comunidad. Guía técnico de campo que realizan monitoreo y evaluación a nivel comunitario. *Unión Mundial para la Naturaleza*, Cambridge, UK. 16 p.
- Leng, R.A. (1993). Quantitative ruminant nutrition - A green science. *Australian Journal of Agricultural Research* 44 (2): 363-80
- León-Velarde V.C., Quiroz, R.A., Cañas, R., Osorio, J., Guerrero, J. & Pezo, D. (2006). LIFE-SIM: Livestock feeding strategies simulation models. CIP-Natural Resources Management Division. *Working Paper* No. 2006-1. Lima, Perú. 47 p.
- López-Ridaura, S., Masera, O. & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. *Ecological Indicators* (2): 135-148.
- López-Ridaura, S., Van I. & Leffelaar, P. (2005). Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, Development and Sustainability* 7:51-69.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S. (1999). Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. *Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable*, México. 109 p.
- Moss, AR., Jouany, JP. & Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. INRA EDP Sciences. *Ann Zootech*; 49 (4): 231-253.
- Moscoso, M., Franco, F., San Martín, F., Olazábal, J., Chino, L. & Pinares-Patiño, C. (2017). Producción de metano en vacunos al pastoreo suplementado con ensilados, concentrado y taninos en el Altiplano Peruano en época seca. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú* 28(4): 36-45
- Morse, S., McNamara, N., Acholo, M. & Okwoli, B. (2001). Sustainability indicators: the problem of integration. *Sustainability Development* (9): 1-15.
- Murgueitio, E. (2003): Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 15 (78). Consultado diciembre 2020. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/10/murg1510.htm>
- McCaughy, W., Wittenberg, K. & Corrigan, D. (1997). Methane production by steers on pasture. *Can J An Sc*; 76 (3): 519-524.
- McCaughy, W., Wittenberg, K. & Corrigan, D. (1999). Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can J An Sc*; 79 (2): 221-226.

- McCrabb, G. J. (2002). *Nutritional options for abatement of methane emissions from beef and dairy systems in Australia*. Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Takahashi, J., and B. A. Young, (Eds.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Pp. 115-124
- Nicholls, C. & Altieri, M. (2003). *Método agroecológico rápido y de fácil acceso para estimar la calidad del suelo y la salud del cultivo en Viñedos*. 19 p.
- Pardos, L., Sáez, E., González, J.M. & Allueva, A. (1999). *Caracterización técnica de explotaciones ovinas aragonesas mediante métodos estadísticos multivariantes*. SEOC. XXII.
- Paz, R., Lipshitz, H., Álvarez, R. & Usandivaras, P. (2003). *Diversidad y Análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina*. ITEA Vol. 99 A N° 1. Pp. 10-40.
- Pezo, D., Romero, F. & Ibrahim, M. (1992). Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para de leche y carne. In *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Ed. S Fernández – Baca. Santiago, CL. FAO, *Oficina Regional para América Latina y el Caribe*. Pp. 47-98.
- Prabhu, R. (2000). El potencial de los indicadores: indicadores con sensibilidad social. *Revista Forestal Centroamericana, Turrialba, CR*. 6: 29-52.
- Preston, TR. & Leng, RA. (1989). *Friendly development. Livestock Research for Rural Development*, 1(1), November, URL: Consultado diciembre 2020. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/preston.htm>
- Rapey, H., Lifran, R. & Valadier, A. (2001). Identifying social, economic and technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif central region of France. *Agricultural Systems* N° 69. Pp 119-135.
- Rigby, D. & Caceres, D. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68: 21-40.
- Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T. & Burton, M. (2001). Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics* 39: 463 – 478.
- Robles R. R. (2005). *Planificación agroconservacionista de fincas como contribución al manejo integrado de la microcuenca del Río Uruca, Costa Rica*. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 196 p.
- Sepúlveda, C., Ibrahim, M., Bach, O. & Rodríguez, A. (2011). Desarrollo de lineamientos para la certificación de sistemas sostenibles de producción ganadera. *Rev. Agroforestería en las Américas*. (48) 14-20.
- SENAMHI. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (2017). *Boletín Agrometeorológico*. Dirección Zonal 10. Consultado diciembre 2020. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04410SENA-14.pdf>
- Szott, L., Ibrahim, M. & Beer, J. (2000). *The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America*. Turrialba, CR. CATIE. 71 p. (Serie Técnica no. 313)
- Taylor, D., Abidin, M., Nasir, S., Ghazali, M. & Chiew, E. (1993). Creating a farmer sustainability index: a Malaysian case study. *American Journal of Alternative Agriculture* 8 (4):175-84.
- Zinck, J., Berroterán, J., Farshad, A., Mamen, A., Wokabi, S. & Van Ranst, E. (2004). Approaches to assessing sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(4): 87 – 109.