



RESTAURACIÓN DE SISTEMAS PASTORILES PARA LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA CUENCA DEL RÍO CAUTO, CUBA †

[RESTORATION OF PASTORILE SYSTEMS FOR THE REDUCTION OF GREENHOUSE GASES IN THE CAUTO RIVER BASIN, CUBA]

D. M. Rodríguez-Miranda¹; D. G. Benítez-Jiménez¹; B. E. Pérez-Machado^{1†}; A. B. Pérez-Suárez¹; L. Jiménez-Mariña¹; R. C. Arias-Pérez¹ and J. L. Ledea-Rodríguez^{2*}

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Estación Experimental de Pastos y Forrajes, km 10½, Carretera Bayamo – Tunas. Bayamo, Granma, Cuba.*

²*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Instituto Politécnico Nacional. N° 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México. Email. ledea1017@gmail.com*

**Corresponding author*

SUMMARY

Background: Greenhouse gases generated by livestock increasingly affect neighboring ecosystems and climate in general, but proper management of feeding systems based on grasses and forages can contribute to reducing their emission. **Objective:** The objective of this study was to evaluate the impact of the restoration of pastoral systems on the reduction in the generation of greenhouse gases. **Materials and Methods:** 35 farms located in four edaphoclimatic scenarios of the Cauto River Basin in the Eastern Cuban Region were restored. The restoration included the elimination of weeds, rehabilitation of pastoral systems, reforestation until reaching 50% of the area covered by the shade of the trees and the adaptation of the management system to the requirements of the rancher according to the characteristics of each farm. **Results:** Variables related to the productivity of the system, pasture recovery, generation of greenhouse gases and the recycling of nutrients to the soil were observed. The statistical technique "MEMI" was applied to summarize the information and typify the systems. The generation of greenhouse gases in pastoral systems is related to the factors "Volume of production" and "Size of the herd" that is maintained on the farm, which explain 70.52% of the variance of the adjusted model. **Implications:** This study offers an alternative for reducing greenhouse gas emissions resulting from livestock farming, which increases when the principles of balance are not met within the production system. **Conclusion:** The generation of greenhouse gases per unit of product decreases as the productivity of the herd increases; the recycling of nutrients to the soil through the litter grows when the balance between the animal load and the productivity of the pasture is reached, which is related to the management system that is conducted in these livestock systems.

Keywords: livestock; ecosystems; multivariate techniques; environmental impact.

RESUMEN

Antecedentes: Los gases de efecto invernaderos generados por la ganadería cada vez afectan más los ecosistemas aledaños y clima en sentido general, pero un adecuado manejo de los sistemas de alimentación a base de pastos y forrajes puede contribuir a reducir la emisión de estos. **Objetivo:** El objetivo del presente estudio, fue evaluar el impacto de la restauración de sistemas pastoriles sobre la reducción en la generación de gases de efecto invernadero. **Materiales y Métodos:** Se restauraron 35 fincas situadas en cuatro escenarios edafoclimáticos de la Cuenca del Río Cauto en la Región Oriental cubana. La restauración incluyó la eliminación de malezas, rehabilitación de sistemas pastoriles, reforestación hasta alcanzar el 50% del área cubierta por la sombra de los árboles y la adecuación del sistema de manejo a las exigencias del ganadero según las características de cada finca. **Resultados:** Se observaron variables relacionadas con la productividad del sistema, recuperación del pasto, generación de gases de efecto invernadero y el reciclaje de nutrientes al suelo. Se aplicó la técnica estadística “MEMI” para resumir la información y tipificar los sistemas. La generación de gases de efecto invernadero en los sistemas pastoriles se relaciona con los factores “Volumen de la producción” y “Tamaño del rebaño” que se mantiene en la finca, que explican el 70,52% de la varianza del modelo ajustado. **Implicaciones:** El presente estudio ofrece una alternativa para la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero producto de la práctica ganadera, que se incrementa cuando no se cumplen

† Submitted December 8, 2019 – Accepted September 13, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

los principios de equilibrio dentro del sistema de producción. **Conclusión:** La generación de gases de efecto invernadero por unidad de producto disminuye a medida que se eleva la productividad del rebaño; el reciclaje de nutrientes al suelo a través de la hojarasca crece cuando se alcanza el equilibrio entre la carga animal y la productividad del pasto, lo que se relaciona al sistema de manejo que se conduce en estos sistemas ganaderos.

Palabras claves: ganadería; ecosistemas; técnicas multivariadas; impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los ecosistemas se asocia a la reducción de la capacidad de producir bienes y servicios (Pla, 2010), es una magnitud relacionada con la pérdida de su funcionalidad como recurso productivo (Labrador, 2008). La degradación altera las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. La reducción de la materia orgánica afecta la disponibilidad de nutrientes, los organismos del suelo, su calidad estructural y la capacidad productiva de los sistemas pastoriles.

La ganadería que se sustenta de los sistemas pastoriles es una de las fuentes contaminantes al medio ambiente y emite gases de efecto invernadero debido a la fermentación entérica y al deficiente manejo de las excretas (Pierre *et al.* 2013).

Existen diversas estrategias encaminadas a lograr la restauración de los ecosistemas, entre las más importantes se puede mencionar la rehabilitación, el saneamiento o reclamación, reemplazamiento y el recubrimiento vegetales o revegetación (Vanegas López, 2016).

La restauración que es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que fue degradado, dañado o destruido (SER, 2014). Una de las medidas utilizadas es la liberación de malezas, la recuperación de fertilidad de suelo con la aplicación de materia orgánica, compost, la ordenación según las condiciones del ecosistema.

La Cuenca del Río Cauto cuenta con una superficie de 9624,36 km², se extiende desde las estribaciones de la Sierra Maestra por el sur, el extremo occidental del macizo montañoso Nipe Sagua Baracoa por el este, al Golfo del Guacanayabo por el extremo occidental, ocupa territorios de las provincias Granma, Santiago de Cuba, Las Tunas y Holguín; mantiene una población residente de 1526579 habitantes, dedicada a diferentes actividades económicas en 273 comunidades (ONEI, 2017). Por la naturaleza de su relieve, clima y formación edáfica se le considera un territorio frágil, opuesta al uso para actividades económicas que vulneren o degraden a sus ecosistemas (ONEI, 2017). Se caracteriza por los productos y servicios ambientales que ofrece como la capacidad de almacenar carbono, su alto grado de diversidad biológica y la regulación hidrológica entre otros. En este contexto, sus ecosistemas

sufren una importante presión antrópica caracterizada por el desarrollo de actividades económicas productivas que no respetan la vocación agroecológica del territorio. Por tanto, existen claros conflictos de uso de la tierra (Benítez *et al.* 2007).

En la Cuenca se ocupan 905,5 miles de hectáreas de tierra en usos agropecuarios y afines. A la ganadería le corresponde el 51,1% de la superficie ocupada en las actividades agropecuarias, con aproximadamente 462858,71 ha, donde predomina la ganadería bovina de doble propósito, seguido de los propósitos cría - ceba (ONEI, 2017).

Por las características de los ecosistemas y el efecto de la actividad ganadera han provocado afectaciones que ya son visibles en muchos ecosistemas, sin embargo, adecuadas actividades ganaderas en función de la reforestación y buen uso de los recursos de los ecosistemas pueden contribuir a minimizar el efecto de la ganadería con énfasis en la emisión de gases de efecto invernaderos.

Constituyendo objetivo del presente estudio, evaluar el impacto de la restauración de sistemas pastoriles sobre la reducción en la generación de gases de efecto invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación: a partir de que se identificaron los escenarios adafoclimáticos que tipifican la Cuenca del Río Cauto, combinando las regiones climáticas con los suelos que existen en esta región con el uso del sistema de información geográfica diseñado para la Región Oriental cubana, se condujo con métodos participativos de investigación rural, un estudio en áreas en uso ganadero situadas en cuatro de estos escenarios, desde la “Cuenca Alta” en la zona de montañosa en el municipio Guisa de la provincia Granma hasta la “Cuenca Baja” en el municipio Calixto García de la provincia Holguín. Después de georreferenciar cada entidad objeto de estudio, se aplicó una encuesta estructurada para evaluar variables relacionadas con la productividad de los sistemas ganaderos; los métodos de manejo; la degradación del suelo y las alteraciones en la biodiversidad producto de las prácticas agropecuarias.

Procesamiento de la información: se combinaron varias herramientas para la obtención de los

indicadores que tipifican los sistemas ganaderos. Se adaptó el método subjetivo de muestreo para determinar la producción de biomasa de pastos, arbustos y árboles según los criterios de Haydock y Shaw (1975), modificado por Torres y Martínez, (1986); metodologías para evaluar la estructura varietal de los sistemas pastoriles propuesta por t' Mannelje y Haydock (1963), del estado de conservación y/o deterioro de ecosistemas atendiendo las sugerencias de Altieri y Micholls (2002) y Garzón y Mora Delgado (2014); las técnicas para determinar la composición química y valor nutritivo del estrato herbáceo (OACC, 2016) y las normas nacionales para determinar el tipo y composición de los suelos (Hernández *et al.* 2015).

En cada sistema ganadero se identificaron los transectos que mejor lo caracterizaron, atendiendo a la pendiente del terreno, tipo de suelo y sus factores limitantes, índice de forestación, presencia de malezas y a la variación de la fertilidad del suelo dentro de la finca determinado por el mapa de agro productividad de la zona en estudio; cantidad que varió según la variabilidad edafoclimática existente. En cada transecto se identificaron cinco puntos, que en orden ascendente (1 al 5) reflejaron las características de los sistemas pastoriles en las dimensiones productivas y fenológica; los que se identificaron y marcaron con señales diferenciadas por colores. Posteriormente se procedió a recorrer el área de manera aleatoria identificando a distancias regulares, los puntos que, según la escala previamente identificada, se correspondían con las marcas de referencia, donde se evaluó cada variable considerada en el estudio y se obtuvo la frecuencia de aparición del estado de salud del ecosistema, según se refiere en la tabla 1. Una vez obtenida la frecuencia se ajustaron

las ecuaciones de regresión correspondientes, entre los puntos identificados y el comportamiento de la variable en estudio (Torres y Martínez, 1986).

Con esa información se procedió a calcular los estadígrafos correspondientes, según se recomienda por Torres y Martínez (1986). Los indicadores para determinar la calidad del sistema productivo se presentan en la tabla 1.

En cada transecto de 15 x 25 metros de lados, se estimó la biomasa y captura de carbono en árboles y suelo. En los árboles se consideró: la altura, el diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP), altura y ancho de la copa determinadas la primera con un clinómetro y la segunda por la proyección de la sombra de la copa en el suelo con el sol en el cenit y la cantidad de árboles existentes. En suelo se midió la profundidad, compactación entre los 10 y 50 cm de profundidad, actividad biológica tomando como referencia la cantidad de lombrices por unidad de superficie y la composición química de los perfiles (Hernández *et al.* 2015). Para estimar la biomasa y carbono inmovilizado en el pasto se midieron las variables relacionadas con la productividad y composición del pasto.

Análisis de la información

Creación de la matriz de datos. La información obtenida durante los muestreos se tabuló en matrices de datos organizadas en hojas de cálculo Excel, donde se situaron en las filas los sistemas ganaderos visitados y en las columnas las variables objeto de estudio. Cada base de datos se sometió a una rigurosa revisión y se eliminaron las fincas donde faltó información relevante, por no especificarse con

Tabla 1. Escala de referencia para identificar la intensidad de degradación del sistema ganadero.

Variables consideradas	Escala de valores para definir el grado de degradación				
	5	4	3	2	1
Pendiente, %	< del 15	15 al 20	20 al 30	30 al 35	>35
Cárcavas, unidades	0	< 30	30 a 40	40 a 50	> 50
Cantidad de lombrices, unidades	> 300	300-200	250-150	150-100	<100
Productividad del pasto, g.m ⁻²	450-300	300-225	225-150	150-105	< 105
Malezas, %	< 10	11-20	21-30	31-40	>40
Plagas, %	< 10	10-15	15-20	20-30	>30
Enfermedades, %	< 10	10-15	15-20	20-30	>30
Color	verde	Verde claro	10% de clorosis	>30% de clorosis	>40% de clorosis
Profundidad del suelo, cm	>150	100-150	50-100	25-50	< 25
Índice de forestación	< 45	40-45	40-30	20-30	< 20
Compactación del suelo a los 10cm de profundidad, Kp.cm ²	10-100	100-1000	1000-2000	2000-4000	>4000
Compactación del suelo a los 30cm de profundidad, Kp.cm ²	10-100	100-1000	1000-2000	2000-4000	>4000

precisión el acápito por el encuestador. Además, se eliminaron los casos que presentaron valores atípicos y los que no cumplían la condición de tener más de cinco años de trabajo consecutivo y un mínimo de animales igual o superior a diez cabezas de ganado vacuno. Después de eliminadas las fincas con datos atípicos o con información incompleta quedó un tamaño de muestra de 52 objetos, lo suficientemente grande para soportar la validez de la evaluación (Torres, 2015).

Análisis estadístico

Para la normalización de las variables se utilizó el procedimiento de re-muestreo (Bravo *et al.* 2013) y para análisis estadístico se aplicó el “Modelo Estadístico de Medición de Impacto” (MEMI) de Torres *et al.* (2013). Se estimaron los impactos y a partir de ellos se clasificaron las fincas. Se utilizaron los factores de peso de las variables identificadas en el análisis de Componentes Principales (ACP) como factor de corrección del valor de cada variable que incide en la degradación del sistema pastoril. Se realizó la tipificación de las fincas tanto para las variables cuantitativas como para las cualitativas, ubicando los resultados en tablas con estadígrafos y frecuencias respectivamente. Para el procesamiento de la información se utilizó el software estadísticos IBM-SPSS (2012) versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los componentes que inciden en la producción de gases de efecto invernadero en las instalaciones pecuarias objeto del estudio. Estos componentes se etiquetaron como “Volumen de la producción” y “Tamaño del rebaño” y explican el 70,5% de la varianza del modelo ajustado.

El componente “Volumen de la producción” se asocia a variables como el volumen de la producción de leche, consumo de MS, calidad del alimento y la natalidad, variable que refiere la cantidad de partos que se producen en el rebaño dividido entre las reproductoras total que se manejan en la finca. Relacionándose este componente con el número de los árboles y cantidad de hojarasca acumulada en el suelo durante un año.

La natalidad es un componente del proceso reproductivo que sucede cuando todas las otras necesidades nutricionales, sanitarias y confort de las reproductoras están cubiertas, y cuando se aplican técnicas de manejo eficientes que predispongan a la detección del celo; la fecundación de la hembra y cuidado de las reproductoras durante la gestación (FAO y FIL., 2012; Viamonte, 2010, Pedrosa *et al.* 1998). Es una variable estrechamente relacionada con la capacidad de los rebaños de producir leche, ya que el parto es el primer proceso ganadero que libera la producción de leche y la lactancia en los mamíferos (Benítez *et al.* 2010).

Tabla 2. Factores que contribuyen en la emisión de gases de efecto invernadero.

Componentes	Variables	Factor de peso	Auto valor	Varianza acumulada explicada
Volumen de producción	Natalidad, %	0.86	4.27	42.71
	Producción de leche, litros vaca en ordeño ⁻¹	0.90		
	Consumo de MS, kg	0.73		
	Digestibilidad estimada de la Dieta, %	0.79		
	No. de árboles ha ⁻¹	0.81		
	Hojarasca acumulada, t ha ⁻¹ año ⁻¹	0.85		
Tamaño del rebaño	Peso vivo de las vacas, kg	0.76	2.78	70.52
	Cantidad de vacas, cabezas	0.86		
	Emisión de CH ₄ entérico, t vaquería año ⁻¹	0.78		
	Excreción de N ₂ O, kg vaquería ⁻¹ año ⁻¹	0.85		

El consumo de materia seca que realizan los animales es una variable proporcional al tamaño del animal, su capacidad de ingestión y con la calidad del alimento que se le ofrece (Pérez Infante, 2013; NRC, 2001). En el caso de los alimentos voluminosos, como el pasto y el forraje, la calidad del alimento se relaciona con la digestibilidad del mismo (Cisneros, 2015). Así a medida que la hierba es más tierna tiene mayor contenido de proteína, lo que permite a la flora microbiana establecida en el rumen adherirse y degradar con facilidad la pared celular y componentes estructurales de estos tipos de alimento, lo que acelera el tránsito de la digesta a través del tracto intestinal. A medida que aumenta la cantidad de fibra y otros materiales indigestibles en la composición del pasto, disminuye la digestibilidad y se reduce el consumo de materia seca (Pérez Infante, 2013; NRC, 2001).

La cantidad de árboles en el pastoreo vincula a la biomasa que se mantiene en el sistema y al carbono que es retenido. Los árboles tienen la capacidad de absorber CO₂ del aire a través de la fotosíntesis, aspectos que reduce la disponibilidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Murgueitio *et al.* 2014).

Los árboles junto con el pasto y las arbustivas que crecen en el sistema silvopastoril son los responsables de generar la hojarasca que se acumula a nivel a del suelo, que es digerida e incorporada como parte de materia orgánica por la biota del suelo (Murgueitio e Ibrahim, 2004; Hongmin Dong *et al.* 2006).

El segundo componente se relaciona con el peso vivo de los animales, la emisión de gases entéricos y la liberación de óxido nitroso a la atmósfera. La producción de metano está relacionada en el consumo de materia seca de los animales y con la calidad de los alimentos que ingieren. A medida que se incrementa el contenido de fibra en los pastos y forrajes se incrementa la producción de gases de efecto invernadero (Hongmin Dong *et al.* 2006). También a medida que disminuye la calidad de los alimentos y la digestibilidad del material ingerido, aumenta por ende el volumen de excreta que generan los rebaños y la posibilidad de generación de gases de efecto invernadero por esta vía ((Hongmin Dong *et al.* 2006).

En la figura 1 se muestran los impactos de los componentes de cada una de las fincas evaluadas. Los impactos son combinaciones lineales de los componentes que inciden en la generación de gases de efecto invernadero para cada una de las fincas evaluadas, los cuales se identifican con líneas que se corresponden con cada uno de los componentes en cada una de las fincas de la muestra estudiada. El sentido de las líneas es beneficioso o perjudicial según las características del factor que lo define (Torres, 2015) y en la figura 2 se muestra el dendrograma que agrupa la finca, construido a partir de los impactos de los componentes en cada finca evaluada. Se consideran cuatro grupos de fincas cuyas características se presentan en la tabla 3.

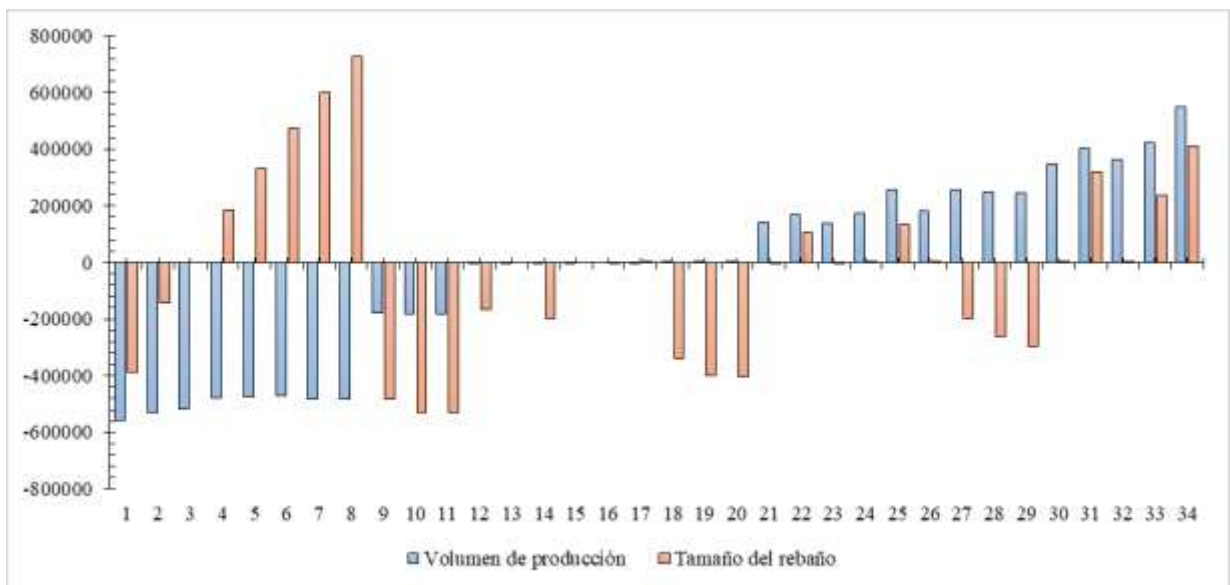


Figura 1. Impacto de los componentes de restauración en los casos estudiados.

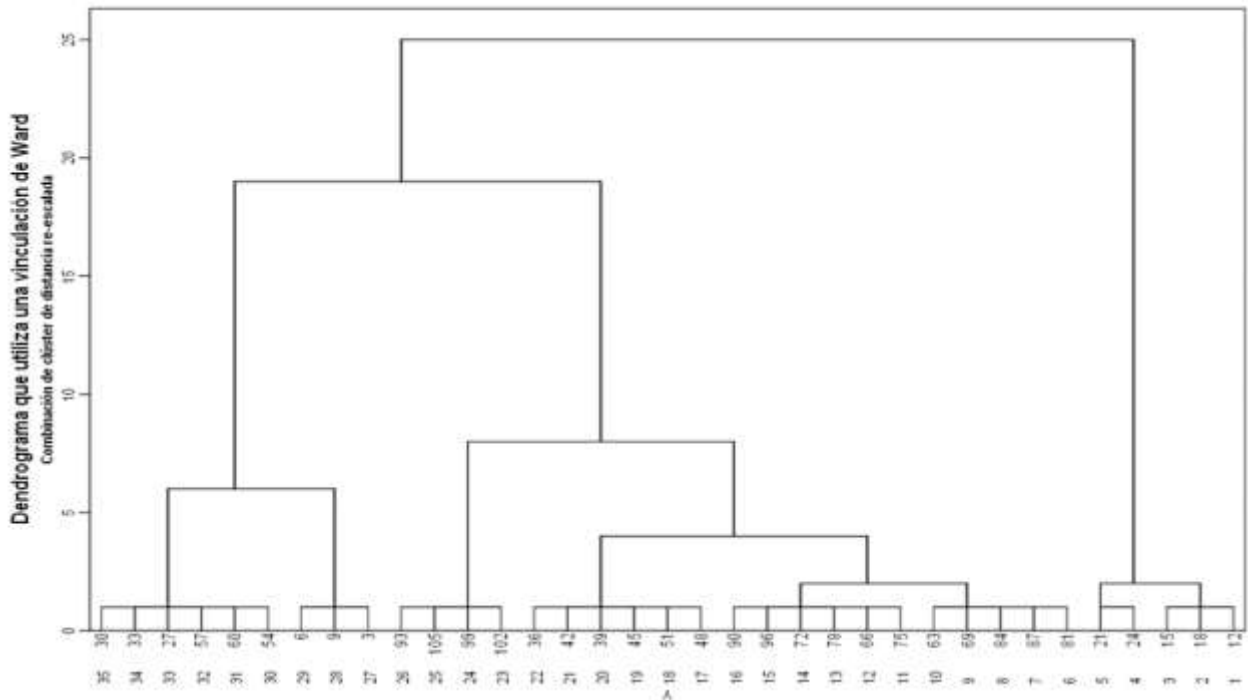


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento de las fincas ganaderas según el impacto de la restauración de los sistemas pastoriles.

El primer grupo se caracteriza porque se ubica en la zona de pre-montaña, son fincas de tamaño medio con relación a la muestra en estudio, tienen baja productividad, con alto riesgos de erosión que agregan mayor peligro de contaminación de aguas por el arrastre de materia orgánica por la lluvias, que se une a la generación de excretas y los gases entéricos que deterioran el entorno. La deforestación es alta, lo que unido a las cargas excesivas para la productividad de biomasa que genera el sistema de pastoreo, reducen la generación de hojarasca y la posibilidad de reponer nutrientes al sistema.

Estas fincas situadas en terrenos pendientes, con cargas superiores a lo aconsejable dado la baja producción de biomasa presente en los sistemas pastoriles, obligan al rebaño a realizar sobrepastoreo, lo que provoca bajo cubrimiento del suelo, que unido a los surquillos que provocan los animales durante el pastoreo y el efecto de las lluvias, se incrementan los riesgos de erosión, arrastre de materia orgánica a los afluentes, descomposición de esta materia orgánica lo que genera gases de efecto invernadero adicionales, a la ya comprometida contaminación por esta causa a partir de gases entéricos del rebaño, obligado a consumir biomasa de bajo valor nutritivo con altos tenores de fibra y poca digestibilidad (Benítez *et al.*

2010; Pérez Infante 2013; Hongmin Dong *et al.* 2006).

El segundo grupo lo constituyen fincas grandes con relación a la muestra estudiada. Se caracterizan por mantener baja productividad y el rebaño mayor de la muestra. La baja calidad del pasto ofrecido, base fundamental de la alimentación, conduce a que se reduzca el consumo de materia seca y se generen la mayor cantidad de gases entéricos y excreción fecal por unidad de materia seca consumida (Hongmin Dong *et al.* 2006).

El tercer grupo está constituido por fincas de tamaño medio con relación a la muestra estudiada, con mayor productividad que la que se logra en los grupos anteriores. La calidad del pasto que consumen es de calidad, lo que permite mayor consumo de materia seca, y propicia mayor volumen de generación de gases de efecto invernadero que el primer grupo, pero la reforestación y el mayor rendimiento del estrato herbáceo propician capturar mayor cantidad de carbono, incrementar la hojarasca y el reciclaje de nutrientes al suelo, disminuyendo de esta manera, el efecto en la generación de gases de efecto invernadero por unidad de alimento que se produce en el sistema ganadero.

Tabla 3. Características de los grupos de fincas estudiadas.

Grupos	I, N=9		II, n=5		III, N=17		IV, N=4	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Altura, msnm	138.7	7.3	57.0	9.3	70.3	33.4	62.2	3.0
Área de la finca, ha	68.0	21.3	172.5	70.6	148.5	73.1	154.3	46.4
Área de pastoreo, ha	66.6	21.5	99.9	23.8	91.8	23.5	94.5	28.5
Natalidad, %	57	13	40	0	69	8	80	0
Peso vivo estimado de las vacas, kg	409.6	12.1	454.0	16.3	423.5	3.4	427.8	1.5
Producción de leche, litros vaca en ordeño ⁻¹	3.41	1.02	2.68	0.16	5.35	0.73	6.83	1.01
Cantidad de vacas, cabezas	55	27	167	31	82	21	116	6
Vacas en ordeño, cabezas	22	15	83	15	38	13	56	7
Consumo, kg de materia seca vaca ⁻¹ .día ⁻¹	11.08	1.48	8.04	0.53	12.54	0.96	13.65	0.99
Digestibilidad estimada de la dieta, %	51.6	4.5	47.1	0.50	54.5	1.0	54.2	0.6
Excreción fecal total, kg vaquería día	273.0	133.0	700.7	78.0	436.7	121.2	659.5	62.5
Excreción de orina, litros grupo ⁻¹ .día ⁻¹	424.7	293.6	1573.2	293.6	720.9	241.0	1068.7	126.4
Emisión de CH ₄ entérico, t vaquería año ⁻¹	4137	1866	8517	241	7083	1778	11863	10834
Excreción de orina, litros.día ⁻¹	424.76	293.56	1573.20	293.55	720.88	241.03	1068.75	126.39
Excreción N ₂ O, kg. vaquería ⁻¹ .año ⁻¹	138.46	80.42	507.64	108.06	208.14	53.40	317.11	18.94
Rendimiento estimado del pasto, t.ha ⁻¹ .mes ⁻¹	0.48	0.21	0.17	0.12	0.65	0.15	0.85	0.07
Arboles.ha ⁻¹	10.0	8.7	0.0	0.0	22.4	12.5	40.0	0.0
Hojarasca acumulada total, t de MS.ha ⁻¹ .año ⁻¹	5.2	2.7	1.8	0.2	9.0	3.7	14.3	0.2

El cuarto grupo se caracteriza por ser fincas de tamaño grande con relación a la muestra en estudio. Mantienen la mayor productividad por animales y unidad de superficie, los mayores consumos de materia seca y la menor generación de elementos contaminantes con relación a la unidad de productos generados en estos sistemas y son las que tienen la mayor capacidad de retener carbono y reciclar nutrientes al suelo, lo que se relaciona a su mayor grado de reforestación de sus sistemas.

Es un hecho probado que la generación de los gases de efecto invernadero y la cantidad de excretas que se producen, está relacionada al tamaño de los rebaños, la calidad de la materia seca que ingieren los animales y al manejo de los residuales que se generan en estos sistemas productivos (Hongmin Dong *et al.* 2006), lo que se compensa con el volumen de carbono capturado por estos mismos sistemas (Callo *et al.* 2001). En la muestra en estudio, el tamaño de los rebaños que se mantienen y el sistema de manejo que se conduce propician la degradación de los sistemas pastoriles, la baja productividad que se obtiene y a que incrementen los riesgos de contaminación, vulnerabilidad que se puede reducir con la

restauración de los sistemas, con la reforestación e implantación de sistemas silvopastoriles y la implementación de buenas prácticas ganaderas (FAO-FIL, 2012).

CONCLUSIONES

Las fincas ganaderas situadas en los cuatro escenarios edafoclimáticos evaluados se agruparon en cuatro grupos, que difieren en el área que explotan, hojarasca acumulada, natalidad, peso vivo estimado de las vacas, rendimiento estimado del pasto, cantidad de árboles, el tamaño de rebaño y la calidad de la materia seca que ha contribuido a la generación de gases de efecto invernadero.

La generación de gases de efecto invernadero por unidad de producto disminuye a medida que se eleva la productividad del rebaño.

El reciclaje de nutrientes al suelo a través de la hojarasca, crece cuando se alcanza el equilibrio entre la carga animal y la productividad del pasto, lo que se relaciona al manejo que se conduce en estos sistemas ganaderos.

Restaurar el ecosistema con prácticas como liberación de malezas, forestando las superficies con alta degradación, ofreciendo pasto de buena calidad y manteniendo el tamaño del rebaño que se puede mantener en cada finca, conducirá a la disminución de gases de efecto invernadero y a la calidad del ambiente.

Agradecimiento

Se agradece a los gobiernos municipales Bayamo, Jiguaní y Guisa de la provincia Granma y Calixto García de la provincia Holguín; a los gobiernos provinciales de las referidas provincias; a las empresas agropecuarias de las provincias Granma y Holguín; a las delegaciones del Ministerio de la Agricultura de las referidas provincias y a la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) por el apoyo para la realización del presente trabajo.

Financiamiento. La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto nacional “Herramientas para la rehabilitación de la ganadería en Cuenca del Cauto” del Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” de Cuba con apoyo de los municipios: Bayamo, Jiguaní y Guisa de la Provincia Granma, y del municipio Calixto García de la provincia Holguín Cuba.

Conflicto de interés- En el presente estudio no se declaran conflictos de intereses

Cumplimiento de estándares de ética. Por las características del estudio, las consideraciones para el cumplimiento de estándares de ética no procedieron según lo que establecen las directrices de la revista.

Disponibilidad de datos: Los datos están disponibles con Diocles Guillermo Benítez Jiménez, dioclesbenitezjimenez@gmail.com previa solicitud razonable

REFERENCIAS

- Altieri. M. A. y Nicholls. C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 64 p. 17- 24.
- AOAC 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN:978-0-935584-87-5, Available: <http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>. [Consulted: September 22, 2016]
- Benítez, D., Ricardo, J., Romero, A., Guevara, O., Torres, V., Ramírez, A., Pérez, B., Miranda, M., Guerra, J., y Olivera, C. 2010, Alternativas tecnológicas para la producción sostenible de carne vacuna, Estudios de casos, En: Tecnologías sostenibles de producción ganadera en sistemas frágiles y degradados, Editorial Bayamo. 190 pp. ISBN: 978-959-223-183-2.
- Benítez, D, Blanco, N., Castellanos, E., Crump, M., Días, M., Guerra, J., Hernández, M., Pérez, M., Pérez, D., Ramírez, A., Ramos, O., Ricardo, J., Ricardo, O., Rosabal, A., Vega, J. 2007. El Manejo de la Finca Ganadera en la Montaña. Edit. IIA Jorge Dimitrov. Bayamo. 125 pp. ISBN 954-7189-04-6.
- Bravo, J. A., Verena, V., Rodríguez, L., Montalvo, J.M., Toirac, W., Fuentes, V. M., Rodríguez, P. 2013. Determinación del tamaño de muestra en parcelas permanentes de muestreo mediante la aplicación del método bootstrap. *Revista Forestal Baracoa*. 32 (1). ISSN: 0138-6441
- Callo, D., krishnamurthy, I., Alegre, J. 2001. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. (Visitado: 19 de mayo del 2016). En: https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/53_Callo_Concha.PDF
- Cisneros, M., La O, P., Arronte de la Nuez, P. 2015. Recomendaciones para el trabajo técnico en alimentación del ganado bovino. Editorial Dimitrov. ISBN: 979-959-7189-20-6
- FAO y FIL..2012. Guía de Buenas Prácticas en Explotaciones Lecheras, Directrices FAO: Producción y Sanidad Animal No, 8, Roma, ISBN 978-92-5-306957-6 [Fecha de consulta: 10 de abril de 2016] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/ba0027s/ba0027s00.htm>
- Garzón, E. F., Mora Delgado J. 2014. Análisis multicriterio del estado de las pasturas de la hacienda ganadera García Abajo en Corinto (Cauca, Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. Visitado 2 15 de mayo del 2017). En: DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n1.44182>
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, M., Rivero, D., y Camacho, I. 2015. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba, Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, AGRINFOR, Ciudad de La Habana, Cuba. p 64. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019] Disponible en <https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=ZUSsAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA3>

- &dq=Contributions+to+Probability+and+Sta
tistics&ots=GchNfCzOVQ&sig=W3BeBmu
WhTzgRcKktOdQjq0Di4&redir_esc=y#v=0
nepage&q=Contributions%20to%20Probabil
ity%20and%20Statistics&f=false
- Hongmin, D., Mangino; J., McAllister; A. J.,
Hatfield; J. L., Johnson; D. E., Keith, R.,
Lassey; M. y Romanovskaya, A. 2006.
Emisiones resultantes de la gestión del
ganado y del estiércol. En: Bartram, D.,
Gibb, D., Martin, H. J (Eds). Directrices del
IPCC de 2006 para los inventarios
nacionales de gases de efecto invernadero.
Vol 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de
la tierra. Capítulo 10. ISBN 92-9169-320-0.
- IBM-SPSS 2012 IBM SPSS Statistics 22 Corporation
North Castle Drive Armonk, NY. US.
- Labrador, J. 2008. Manejo del suelo en los sistemas
agrícolas de producción ecológica. Sociedad
Española de Agricultura Ecológica. Valencia-
España. 59 p. (Fecha de consulta: 10 de abril
de 2019] Disponible en:
[https://www.agroecologia.net/wp-
content/uploads/2019/01/manual-suelos-
jlabrador.pdf](https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2019/01/manual-suelos-jlabrador.pdf)
- Murgueitio E e Ibrahim M. 2004. Ganadería y Medio
Ambiente en América Latina. XII Congreso
Venezolano de Producción e Industria
Animal 2004 Agroforestería. Conferencia.
[Consultado: 08 de noviembre de 2017]
Disponible en:
[http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias
_xiicongreso/pdfs/11_conferencias/11_confe
rencia_murgueitio_pag187-202.pdf](http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xiicongreso/pdfs/11_conferencias/11_conferencia_murgueitio_pag187-202.pdf)
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C.,
& Naranjo, J. (2014). Los sistemas
silvopastoriles intensivos (SSPi),
herramienta de mitigación y adaptación al
cambio climático. *Tropical and subtropical
Agroecosystems*. 17(3). 501-507. E-ISSN:
1870-0462.
- NRC (Nutrient requirements of Dairy Cattle). 2001.
Disponible en:
<https://www.nap.edu/read/9825>. Visitado el
20 de septiembre 2019.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e
Información). 2017. Agricultura, Ganadería,
silvicultura y Pesca y Pesca. En: Oficina de
Estadística (Eds). Anuario Estadístico de
Cuba. Cap 9. Edición 2017. (Visitado el 20
de septiembre 2019) en: <http://www.onei.cu/>
- Pedroso, R, y Soller, F. 1998. Métodos biotécnicos,
estrategia de nutrición y manejo
reproductivo para mejorar la fertilidad
postparto de la vaca en clima tropical, *Rev.
Cub. Reprod. Anim.* 24(1): 1-19. ISSN
2224-7920.
- Pérez-Infante, A. 2013. Ganadería Eficiente, Bases
fundamentales, Editora: Asociación Cubana
de Producción Animal (ACPA). ISBN: 978-
959-307-045-4. 234 pp
- Pierre, J., Gerber, B. H y Harinder, P. S. M. 2013.
Mitigación de las emisiones de gases de
efecto invernadero en la producción
ganadera. Una revisión de las opciones
técnicas para la reducción de las emisiones
de gases diferentes al CO₂. (Visitado el 20 de
septiembre 2019) en: [http://www.fao.org/3/a-
i3288s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3288s.pdf)
- Pla, I. 2010. Medición y evaluación de propiedades
físicas de los suelos: dificultades y errores
más frecuentes. *Propiedades Mecánicas.
Suelos Ecuatoriales* 40 (2):75-93
- SER (Sociedad internacional para la restauración
ecológica). 2004. Principios de SER
International sobre la restauración ecológica.
Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas
(Versión 2: octubre de 2004). (Visitado 8 de
septiembre 2019) en:
[https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resourc
e/resmgr/custompages/publications/SER_Pri
mer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf)
- t' Mannelje, L. y Haydock, K. P. 1963. The dry
weight rank method for the botanical
analysis of pasture. *J. Brit. Grassland Soc.*
18:268. [https://doi.org/10.1111/j.1365-
2494.1963.tb00362.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00362.x).
- Torres, V. 2015. Aspectos estadísticos a considerar en
el diseño, muestreo, procesamiento e
interpretación de datos en la investigación de
sistemas productivos agropecuarios. En:
Retos y posibilidades para una ganadería
sostenible en la provincia de Pastaza de la
Amazonia ecuatoriana. Universidad Estatal
Amazónica. Puyo. Ecuador. 174 pp. ISBN:
978-9942-932-16-7.
- Torres, V., Cobo, R., Sánchez, L., & Ruez, N. 2013.
Statistical tool for measuring the impact of
milk production on the local development of
a province in Cuba. *Livestock Research for
Rural Development*, 25(9). ISSN 0121-3784.
- Torres, V y Martínez, J. 1986. Visual method for
estimating pasture availability. I Precision
studies. *Cuban J. Agric. Sci.* 20: 1: 1-8. ISSN
2224-7920.
- Vanegas, M. 2016. Manual de mejores prácticas de
restauración de ecosistemas degradados,
utilizando para reforestación solo especies

nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p.

Viamonte, M. I. 2010. Sistema integrado de manejo para incrementar la productividad en vacas de la raza Criolla cubana, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA. 2010.