

COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA A CONSECUENCIA DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN UNA UNIDAD COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN LECHERA EN LAS TUNAS, CUBA.

Autores: Ing. Abel Chávez Suárez. Especialista en Pastos y Forrajes. Profesor Auxiliar de Producción y Nutrición Animal de la Universidad de Las Tunas. Cuba.

achavezs@ult.edu.cu

Ing. Jeisy Niurian Hernández Espinosa

RESUMEN

En una Unidad cooperativa dedicada a la producción de leche se realizó la investigación para lo que se obtuvo la información del quinquenio 2012 al 2016, aplicando métodos empíricos, histórico lógicos, heurísticos, entrevistas y encuestas, se evaluaron algunos componentes del agro ecosistema como la diversidad de los cultivos de interés para la alimentación animal y los cultivos forestales, se obtuvo el balance de los resultados para la producción de leche, se calculó el efecto que la producción ganadera en la emisión de los principales gases con efecto invernadero que genera la ganadería, aplicando la herramienta GLEAM (Modelo de Evaluación ambiental para la ganadería mundial) propuesta por la FAO (Marzo, 2017) Los resultados demuestran que la actividad ganadera representan un costo elevado para la sostenibilidad del agro-ecosistema, ya que las actividades desarrolladas para garantizar la producción afectan la biodiversidad de los cultivos, ejerce influencia negativa sobre los suelos y definitivamente afecta de manera importante el agro-ecosistema.

Palabras claves: biodiversidad, dióxido de carbono, efecto invernadero, estiércol, ganado vacuno, metabolismo, pasto

1. INTRODUCCIÓN

La emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) en el contexto del cambio climático global está presente en la preocupación y debate científico y político a nivel mundial. Los GEI son constituyentes de la atmósfera, capaces de absorber parte de la radiación infrarroja y reemitir radiación del mismo tipo en todas las direcciones hacia la superficie de la Tierra y a la misma atmósfera. Ante la evidencia que la temperatura terrestre va en aumento (IPCC, 2009), se han establecido acuerdos internacionales para reducir los GEI. Al aumento en la concentración de GEI se le atribuye la responsabilidad de cambios regionales y globales en la humedad del suelo, incrementos en el nivel del mar y derretimiento de glaciares, así como la mayor frecuencia de eventos extremos como huracanes, inundaciones y sequías (IPCC, 2001).

La ganadería mundial es reconocida como un sector que contribuye a la emisión de GEI, particularmente de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), con cifras que oscilan entre 10-12% (Smith *et al.*, 2007), 14,5 (Gerber *et al.*, 2013) y 18% (Steinfeld *et al.*, 2006). La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) menciona que sector ganadero sería responsable del 9% de las emisiones globales de CO_2 , del 35-40% de las de CH_4 y del 65% de las de N_2O (Steinfeld *et al.*, 2006).

Los rumiantes en pastoreo tienen la capacidad de convertir materiales indigestibles de la planta ricos en celulosa en carne, leche, lana y cuero, de manera que no compiten directamente con los seres humanos por el alimento (Buddle *et al.*, 2011). Aun así, los sistemas de producción de rumiantes, particularmente de bovinos, se asocian a problemas de impacto ambiental (cambio climático, degradación de la tierra, contaminación del agua, pérdidas de biodiversidad), donde el gas CH_4 proveniente de la fermentación entérica es el que tiene mayor contribución en el caso particular de los GEI (Steinfeld *et al.*, 2006; Gerber *et al.*, 2013).

Durante los años de aplicación de un modelo ganadero especializado y de altos insumos, en Cuba redujo la diversidad con el objetivo de lograr un mayor control del sistema

productivo. La reducción de la agro-biodiversidad, como explican Funes-Monzote *et al.*, (2009) hace que estos sistemas, altamente dependientes de insumos externos, sean más frágiles e insostenibles, al depender de fuentes externas de recursos que si dejan de estar disponibles en algún momento hacen que el sistema colapse. De igual forma, ha sido comprobado científicamente el papel de la biodiversidad en el incremento de la productividad (Pretty *et al.*, 2006).

Dada la prioridad conferida por el Estado a la diversificación de la producción agropecuaria y el sostenido desarrollo que han tenido los sistemas productivos agroecológicos en Cuba, se identifica como un aspecto prioritario el estudio de sistemas biodiversos y su potencial para el logro de sistemas agropecuarios sostenibles. El país enfrenta hoy un reto decisivo en sus aspiraciones por lograr impulsar un sistema agropecuario sostenible, capaz de avanzar hacia un estadio superior en la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Para lograrlo se pretende como estrategia desarrollar sistemas de producción, basados en el manejo de los recursos locales, estimulando la transición hacia sistemas más económicos con mayor carácter familiar y una alta biodiversificación.

En la investigación se evalúan los efectos de la actividad ganadera sobre algunos componentes del agro ecosistema en la Unidad Cooperativa “Maniabo” de la provincia de Las Tunas, Cuba. A través de la evaluación de los efectos de la actividad ganadera sobre el comportamiento de la diversidad de las áreas de cultivos de interés para la alimentación animal y los cultivos forestales y la determinación de la producción los principales GEI (CO₂; CH₄; N₂O) que genera la actividad ganadera con el empleo de la herramienta GLEAM propuesta por la FAO, (Marzo, 2017).

2. MATERIALES Y METODOS.

La investigación se desarrolló en la Unidad cooperativa “Maniabo” de la provincia de Las Tunas, Cuba, cuyo propósito fundamental es la producción de leche, ubicada en los 20.6° de Latitud Norte, 76.0 ° de Longitud Oeste a 86 metros sobre el nivel del mar. Localizada en el centro de la provincia muy cerca al sur de la capital provincial.

Desde el punto de vista geomorfológico el territorio de la unidad es bastante llano con sólo ondulaciones y cerros aislados; red fluvial es poco desarrollada, formada por ríos de poco caudal. Existen diferentes tipos de suelos, pardos grisáceos, vertisuelos y los fersialíticos, los que presentan factores limitantes que disminuyen su fertilidad (Hernández *et al.*; 2005).

Con información de los años 2012 – 2016, aplicando herramientas como: métodos empíricos, histórico lógicos, heurísticos, entrevistas con informantes claves y productores así como la aplicación de una encuesta a trabajadores de todas las unidades de la cooperativa se obtuvieron los datos más importantes sobre comportamiento de indicadores fundamentales del desarrollo de la entidad. Se obtuvo de los registros de producción de la unidad la información económica productiva para el periodo Enero 2012- Diciembre 2016 y a partir de ella se obtuvieron los resultados fundamentales para los indicadores trabajados.

Se utilizó una propuesta de la FAO (2017) para estos fines el GLEAM (Modelo de Evaluación ambiental para la ganadería mundial) Versión 2.0. Revisión 3. Marzo, 2017, permitiendo calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (CO₂; CH₄; N₂O) que genera la ganadería en la unidad..

A partir de la información obtenida en los registros económicos y productivos de la unidad cooperativa en los años trabajados y el resultados de las encuestas, se realizó el balance del movimiento de rebaño y la producción de la etapa analizada, el análisis de las áreas de la entidad y los usos de la mismas en cuanto a las especies que se utilizan en la alimentación animal y las que se emplean para los cultivos forestales y otros.

La información referida a la producción de leche, los cultivos que se emplean en la alimentación de los animales, el manejo del estiércol y otros aspectos de interés fueron introducidos en el modelo de evaluación GLEAM para calcular la producción de gases con efectos de invernadero.

Indicadores evaluados:

1. Movimiento de rebaño promedio para el periodo evaluado.
2. Diversidad de especies de uso productivo (pastos y forrajes) y forestales.

3. Índice de boscosidad y Reforestación.
4. Emisiones más importantes (CO₂, CH₄, N₂O)
5. Emisiones a partir de la Fermentación entérica y el uso del estiércol.

La información referida al movimiento de rebaño promedio para el quinquenio evaluado, y los datos referidos al proceso de producción tales como, distribución de animales por categorías, pesos promedios de estos, edad a la primera gestación en las novillas, pesos de incorporación, pesos de los animales machos, cantidad de leche producida, % en los que cada tipo de alimentos forman parte de las raciones de los animales, % de inclusión de cultivos de pastos en las raciones, % de inclusión de leguminosas y arbóreas, otros alimentos que se incluyen, formas empleadas para el manejo de los animales con vistas a determinar la cantidad de residuales depositados en los pastizales y en las instalaciones.

A partir de esta información se completó la requerida en los diferentes módulos del Modelo GLEAM para realizar los cálculos necesarios.

Food and Agriculture Organization of the United Nations

GLEAM-i Ver. 2.0 Rev. 3 March 2017

START HERD FEED MANURE RESULTS

GLOBAL LIVESTOCK ENVIRONMENTAL ASSESSMENT MODEL - *i* nteractive

WELCOME TO GLEAM-i
We are glad to present GLEAM-i, a robust, user-friendly simulation tool for the environmental assessment of the livestock sector. GLEAM-i is based on the Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) Version 2. It includes its default parameters and most important features, such as LCA methodology and IPCC Tier 2 algorithms for herd dynamics and enteric fermentation, for instance. For more information on the GLEAM model, visit the website [here](#).

GLEAM-i BASICS
GLEAM-i is structured in three modules that represent the main stages of livestock production. The HERD, FEED and MANURE modules simulate the herd dynamics, the feed ration and the manure management systems, respectively. Users can navigate between the different modules by clicking directly in the intended module button or by using the NEXT and PREVIOUS orange arrows. Active pages are always highlighted in green, as depicted in the example on the right.

HERD FEED
CATTLE BUFFALOES

STEP 1 Type a name for your simulation

STEP 2 Select your target region

STEP 3 Select your target country

STEP 4 START THE SIMULATION

El modelo GLEAM, constituye una herramienta valiosa que contiene la información por áreas geográficas y países para permitir realizar las estimaciones relacionadas a la contaminación que generan las actividades ganaderas sobre los agroecosistemas. El modelo elaborado sobre Excel posee los índices e indicadores determinados por la FAO para todo lo relacionado con la producción de GEI generados por la ganadería en los sistemas de producción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El movimiento de rebaño promedio de la Unidad a para las etapas analizadas aparece en la Tabla 1. Donde se determinaron las Unidades de Ganado Mayor por categorías del rebaño para facilitar los cálculos que se realizaron con relación a la producción ganadera, la producción de leche, disponibilidad de alimentos, emisiones de metano, producción de estiércol etc.

Tabla 1. Movimiento de rebaño promedio de la unidad para la etapa 2012 - 2016.

CATEGORIAS	Cantidad	UGM
Vacas	858	763.62
Novillas	523	418.4
Añojas	309	216.3
Terneras	296	118.4
Toros de ceba	36	28.8
Bueyes	48	38.4
Toretos	56	44.8
Añojos	75	52.5
Teneros	262	104.8
TOTAL	2463	1786

Necesidades totales de Materia seca del Rebaño Anualmente = **9 778. 350 t MS/año**

Tabla 2. Área de pastos de la unidad cooperativa.

CULTIVOS	Área (ha)
Caña (<i>S. officinarum</i>)	33.9
King Grass (<i>C. purpureum</i>)	15.75
Jiribilla (<i>D. annulatum</i>)	1017.6
Guinea (<i>P. maximum</i>)	93.95
P. estrella (<i>C. nlenfuensis</i>)	5.8
Tejana (<i>P. notatum</i>)	16
CT-115 (<i>C. purpureum</i>)	10
B. cruzada (<i>C. dactylon</i>)	1
Brachiaria cv Mulato	1
OM-22 (<i>C. purpureum</i>)	2
CT-169 (<i>C. purpureum</i>)	1
Morera (<i>M. alba</i>)	4
Moringa (<i>M. oleifera</i>)	6
Leucaena (<i>L. leucocephala</i>)	6.5
Marabu (<i>D. cinerea</i>)	148.5
TOTAL	1363

Los resultados de las encuestas a los trabajadores con más tiempo de experiencia en la unidad de producción dan fe de que a lo largo de los años de la unidad cooperativa ha existido una pérdida en el número de árboles y la diversidad de los cultivos empleados como pastos y forrajes en los cuales a pesar de la introducción reciente de algunos cultivares de plantas proteicas y de porte arbustivo las extensiones sembradas resultan insuficientes.

El PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), en 2004, realizó un estudio en el que se observó que aproximadamente un 20 por ciento de los pastos y los pastizales del mundo han sufrido algún grado de degradación. Esta degradación se debe, sobre todo, a la falta de correspondencia entre la densidad del ganado y la

capacidad del pastizal de recuperarse del pastoreo. Entre las consecuencias de la degradación de los pastos se encuentran la degradación de la vegetación, la erosión el suelo, la liberación de carbono de los depósitos de materia orgánica, la disminución de la biodiversidad y la alteración del ciclo del agua.

Según el Informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005), las causas más importantes de la pérdida de biodiversidad y de los cambios en los servicios de los ecosistemas son las siguientes:

- Transformación del hábitat (como los cambios en el uso de la tierra, alteraciones físicas de los ríos o extracción de sus aguas)
- Cambio climático
- Especies exóticas invasivas
- Sobreexplotación
- Contaminación

La ganadería también contribuye al cambio de hábitat cuando el sobrepastoreo y las altas densidades de carga aceleran la desertificación. Las mejoras en los sistemas extensivos de producción animal pueden ser una contribución a la conservación de la biodiversidad.

Una de las causas fundamentales de la baja productividad del ganado de la región se relaciona con la baja calidad de los pastizales y su alto nivel de degradación que se relaciona, de acuerdo con Iglesias *et al.*; [2007], con no aplicar algunos principios fundamentales, novedosos y ajustados adecuadamente, en un método de pastoreo eficiente y sostenible en el trópico estacional, sin riego. Se considera que un pasto está degradado cuando la especie deseable pierde su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal, la cual se reemplaza por especies de escaso rendimiento y valor nutritivo, así como áreas despobladas Milera (2010).

Tabla 3. Reforestación e Índice de Boscosidad

				2011		2012 - 2016	
				ha	%	ha	%

Áreas existentes	Plantaciones de especies maderables	5.0	14.52	7.0	14.52
	Plantaciones de especies frutales	2.8	7.04	3.2	6.64
	Plantaciones silvopastoriles de pastoreo	13.0	32.66	15.0	31.12
	Bancos proteicos de especies arbóreas de corte y acarreo	5.0	12.56	8.0	16.60
	Cortinas rompe vientos y postes vivos	2.0	5.03	3.0	6.22
	Bosque natural o monte/manigua	12	30.15	12	24.90
<i>Área total forestada actualmente</i>		39.8	100	48.2	100

En el periodo evaluado del último quinquenio el total de áreas forestadas muestra un incremento de solo 9 ha lo que resulta mínimo valorando la importante cantidad de servicios ambientales que representa poseer un gran número de árboles dentro del ecosistema. De acuerdo con Pezo (1998) la incorporación de leñosas perennes en las praderas influye positivamente en la diversificación de la composición de la cobertura vegetal y estimula la conservación y el reciclaje de nutrientes.

El pastoreo excesivo es la principal causa de degradación de las tierras de pastoreo, de ahí que la influencia humana pueda determinar los niveles de carbono del suelo. Por consiguiente, en muchos sistemas, una gestión mejorada del pastoreo, que incluya prácticas como la optimización de la carga animal y el pastoreo de rotación, dará como resultado un aumento importante en el almacenamiento de carbono según Reid *et al.*; (2004).

Según Galindo *et al.*, (2009a), al analizar un conjunto de muestras de especies forrajeras observaron que con el aumento del 1% de digestibilidad se producen 4.32 microlitros menos de metano por kg de materia seca consumida [Microlitros de CH₄ / kg MS = 296.78 – 4.3222 (% de DMS), R=0.95].

En el cuadro siguiente se puede observar la importancia de los árboles en la reducción de la producción de metano en rumen. Este es el resultado de varios estudios con diferentes especies de arbóreas (Galindo *et al.*, 2009b).

Tabla 4.Efecto del follaje de diferentes plantas en la producción de metano en rumen.

Especies	Producción de metano (µL) Micro Litro.
<i>Samanea saman</i> (algarrobo)	4.30 a
<i>Albizia lebbek</i>	5.73 a
<i>Azadirachta indica</i>	8.59 a
<i>Tithonia diversifolia</i> material vegetal 23	9.20 a
<i>Cordia alba</i>	11.76 a
<i>Leucaena leucocephala</i>	16.38 a
<i>Pithecelobium dulce</i>	20.03 a
<i>Moringa olifera</i>	25.33 a
<i>Gliricidia sepium</i>	29.02 ab
<i>Guazuma ulmifolia</i>	37.98 ab
<i>Tithonia diversifolia</i> material vegetal 10	43.00 ab
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	64.71 b
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	65.15 b

EE ± 1.20***

Fuente: Galindo (2009).

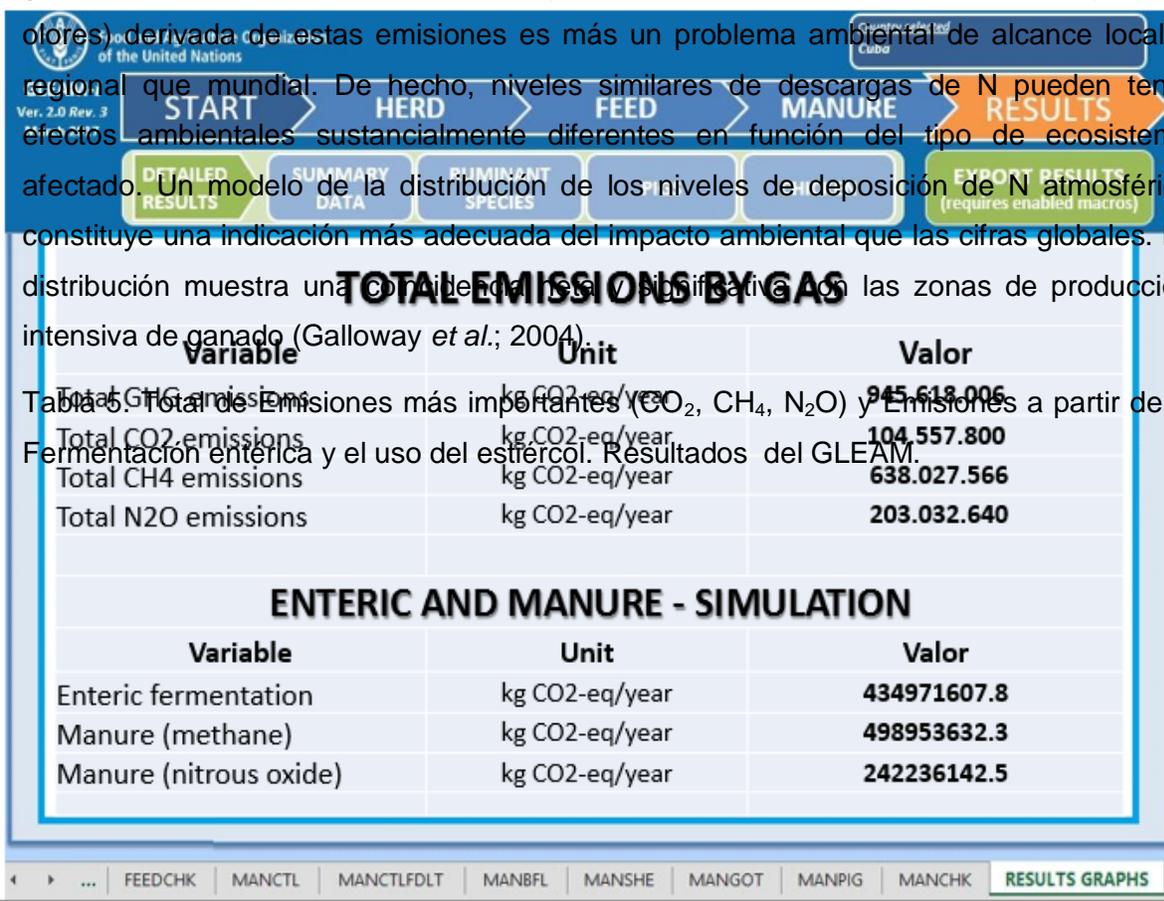
También esta autora refiere que el uso de la *Tithonia diversifolia* de manera general aumenta la actividad antimetanogénica de las bacterias ruminales con lo que se obtiene una disminución del metano producido en la fermentación entérica.

Con relación a la captura de carbono, Miranda *et al.*, (2007) al analizar un sistema silvopastoriles y otro sin árboles encontraron un estimado de carbono almacenado por hectárea en los sistemas, valorado aproximadamente en 1,590 dólares (USD) por año. De este monto, el 80% fue aportado por el sistema silvopastoriles, con lo que supera sustancialmente al sistema de pasto natural por su alta contribución económica.

El sector pecuario es responsable del 64 por ciento de las emisiones antropogénicas globales. La contaminación atmosférica y ambiental (principalmente eutrofización y malos

olores) derivada de estas emisiones es más un problema ambiental de alcance local o regional que mundial. De hecho, niveles similares de descargas de N pueden tener efectos ambientales sustancialmente diferentes en función del tipo de ecosistema afectado. Un modelo de la distribución de los niveles de deposición de N atmosférico constituye una indicación más adecuada del impacto ambiental que las cifras globales. La distribución muestra una considerable heterogeneidad y significativa con las zonas de producción intensiva de ganado (Galloway *et al.*; 2004).

Tabla 5. Total de Emisiones más importantes (CO₂, CH₄, N₂O) y Emisiones a partir de la Fermentación entérica y el uso del estiércol. Resultados del GLEAM.



En este sentido Álvarez (2007) señala que los animales rumiantes producen metano como parte de su proceso digestivo. En el rumen la fermentación microbiana descompone los hidratos de carbono en moléculas simples que los animales pueden digerir. El metano es un subproducto de este proceso, las raciones poco digeribles es decir fibrosas generan emisiones elevadas de CH₄ por unidades digeridas.

La producción de CH₄ representa una pérdida de la energía de la dieta para el rumiante (Eckard *et al.*; 2010; De Klein *et al.*; 2008, 2011), que pueden variar entre 2 y 12% de la Energía Bruta ingerida que para pasturas templadas es del orden del 6-7% de la energía bruta (EB) consumida, y cerca del 10% de la energía absorbida (Waghorn y Woodward, 2006). Las emisiones de CH₄ entérico se producen como resultado de la fermentación de los componentes de la dieta. Durante el proceso de degradación del alimento, tanto en el rumen como en el intestino grueso, se forman ácidos grasos volátiles (AGV), H₂, CO₂, amonio y calor (McAllister *et al.*; 2011). Los principales AGV (acético, propiónico y butírico), constituyen la mayor fuente de energía para los rumiantes, son absorbidos y utilizados por los bovinos, donde la proporción sintetizada de cada uno de ellos dependerá del tipo de alimento consumido por el animal. La conversión de alimento a CH₄ en el rumen involucra diferentes especies microbianas, pero son las bacterias metanogénicas las que forman CH₄ a partir del CO₂ e H₂, reduciendo el H₂ producido durante el metabolismo microbiano (McAllister *et al.*; 2011). La síntesis de CH₄ será más alta cuando las condiciones en el rumen favorezcan la producción de acético sobre la de propiónico, asociable a un excedente de H₂ (Moss *et al.*; 2000). La mayor producción de

CH₄ por fermentación ocurre en el retículo-rumen (85-90%), y es expulsado principalmente por eructación (Bertrand y Cote, 2007); en tanto que la mayoría del CH₄ que surge de la fermentación en el intestino grueso es absorbido en la sangre y exhalado con los gases respiratorios, de manera que los flatos presentan menos del 2% de la fermentación entérica total (Pinares-Patiño *et al.*; 2011).

Cuando las dietas están basadas en forrajes, la producción de CH₄ está positivamente correlacionada con la digestibilidad de la materia orgánica y la proporción de FDN (Archimède *et al.*; 2011). Por la misma razón, se menciona menor producción de CH₄ con forrajes inmaduros y menor emisión en leguminosas que en gramíneas (McCaughy *et al.*; 1999). En situaciones de pastoreo, la digestibilidad del forraje es un factor que está estrechamente relacionado con el consumo. Blaxter y Clapperton (1965) estimaron que al incrementar el nivel de alimentación desde el mantenimiento a dos veces este valor, el porcentaje de EB que se pierde como CH₄ se reduce cuando se incrementa la digestibilidad. Clark *et al.* (2011) mencionan que dado que el contenido de fibra y la digestibilidad de los forrajes se encuentran negativamente correlacionados, se podría esperar que la mejora en la digestibilidad del forraje permita disminuir la emisión en animales en pastoreo. Sin embargo, en un análisis integrando varias experiencias, Johnson (1995) hallaron que la digestibilidad de la dieta sólo explicaba el 5% de la variación, es decir, la proporción de EB que se pierde como CH₄ (Lassey, 2007).

La producción de CH₄ será mayor con dietas de tipo fibroso, intermedia cuando se trata de una dieta rica en azúcares solubles y más baja con dietas que contengan una mayor proporción de almidón (IPCC, 2006) asociado a un incremento de la producción de propionato en el rumen (Beauchemin, 2009), donde también hay una mayor tasa de pasaje y puede disminuir el pH ruminal (Moss *et al.*; 2000). Un buen resumen de los resultados de las interacciones entre la calidad de la dieta, tipo de animal, nivel de suplementación con concentrados altos en almidón, lo aporta el meta análisis desarrollado por Martínez *et al.*; (2013). Estos autores encontraron que las mejores variables explicatorias (R²= 96%) de la producción de CH₄ entérico fueron el CEB, el nivel de suplementación (bajo, alto) y el estado fisiológico del animal (seca o lactando) sin ser seleccionadas las variables de calidad del alimento.

De manera general la Producción de Metano (Figura 1) a partir de la fermentación entérica del ganado representa la mayor cantidad del total de las emisiones seguidas por las del Óxido nitroso y finalmente las de CO₂.

Figura 1. Producción total de GEI por emisiones.

La Figura 2. Permite visualizar de manera panorámica en una vista satelital como las áreas de la unidad cooperativa se muestran con escasez de vegetación y tierras expuestas a la erosión a partir del sobre pastoreo que extermina los pastizales y a consecuencia de malas prácticas agrícolas.

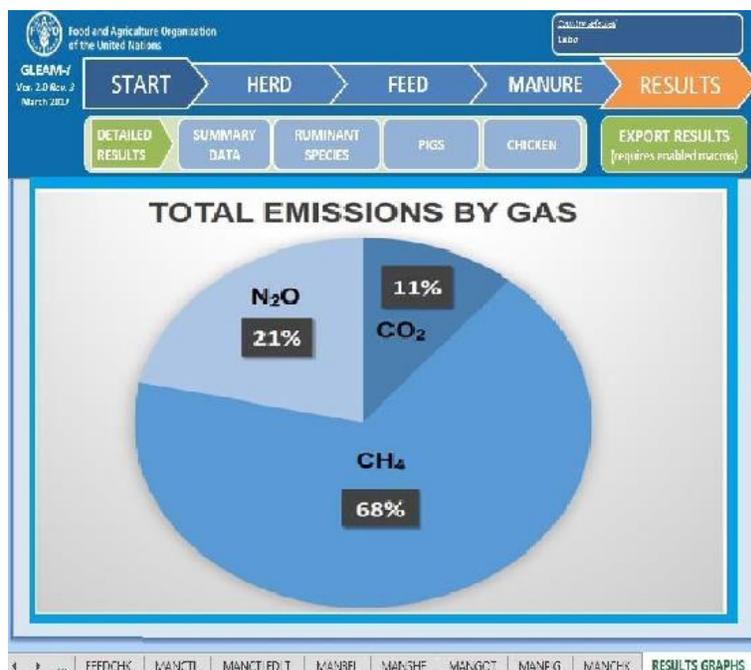




Figura 2. Vista Satelital de la Unidad Cooperativa.

A partir de los resultados hasta aquí descritos se proponen las siguientes acciones de mitigación.

1. Mejorar la producción y la gestión de los estiércoles en las unidades agrícolas fortaleciendo la complementariedad agricultura/ganadería, así como la producción de biogás y otros usos para obtener abonos orgánicos.
2. Mejorar las condiciones de uso de los recursos del agua y los pastizales, promoviendo la restauración de las tierras degradadas y la regeneración de pastos.
3. Desarrollar modos de alimentación y prácticas ganaderas que se adapten a las condiciones de producción local y permitan limitar las emisiones de GEI.
4. Retención de carbono en el suelo en los pastizales mejorando las prácticas del pastoreo.

5. Mejorar la composición nutricional de las raciones para aumentar los niveles de producción.
6. Incrementar la diversidad de los cultivos de leguminosas y arbóreas como vía de incrementar el valor nutritivo de los alimentos frescos.
7. Incrementar los niveles de reforestación y el aumento de los índices de boscosidad.

4. CONCLUSIONES.

1. La actividad ganadera de la unidad afecta a varios factores del agroecosistema como la diversidad de los cultivos de pastos y forrajes y los cultivos forestales.
2. El ganado en la unidad genera cantidades importantes de GEI como CO₂, (104 557.800), CH₄, (638 027.56) y N₂O (203 032.640) todas en kg CO₂-eq/year.
3. La fermentación entérica del ganado (434 971 607.8 kg CO₂-eq/year) y el estiércol (498 953 632.3 kg CO₂-eq/year de CH₄) y (242 236 142.5 kg CO₂-eq/year de N₂O) representan el mayor volumen de GEI producidas por el ganado en la unidad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, A. y Mercadet, A. (2007). El cambio climático y la actividad agraria. Memorias del IV Congreso Forestal de Cuba (CD-ROM). Instituto de Investigaciones Forestales-MINAG. La Habana, Cuba. 8 pp.
- Archimède, H., Eugène, M., Magdeleine, C.M., Boval, M., Martin, C., Morgavi, D.P., Lecomte, P. y Doreau, M. 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167: 59–64.
- Beauchemin, K.A., Iwaasa, A.D. y Grainger, C. 2009. Use of corn distillers' dried grains to reduce enteric methane loss from beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 89: 409–413.
- Bertrand, N. y Cote, D. 2007. Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1410–1420.

- Blaxter, K.L. y Clapperton, J.L. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.* 19: 511–522.
- Buddle, B.M., Denis, M., Attwood, G.T., Altermann, E., Janssen, P.H., Ronimus, R.S., Pinares-patiño, C.S., Muetzel, S. and Wedlock, N. 2011. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *The Veterinary Journal* 188: 11-17.
- Clark, H. 2011. Animal vs measurement technique variability in enteric methane production. Is the measurement resolution sufficient? En E.J. McGeough y S.M. McGinn, eds. *Actas de la 4th International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture*, Banff, AB, Canadá.
- De Klein, C.A.M. y Eckard, R.J. 2008. Targeted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 14–20.
- De Klein, C.A.M. y Monaghan, R.M. 2011. The effect of farm and catchment management on nitrogen transformations and N₂O losses from pastoral systems — can we offset the effects of future intensification? *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 3: 396–406.
- Eckard, R.J., Grainger, C. y de Klein, C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livest. Sci.* 130: 47–56.
- EM. 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*, Washington DC, Instituto de Recursos Mundiales.
- FAO. 2017. GLEAM (Modelo de Evaluación ambiental para la ganadería mundial) Versión 1.0. Febrero 2016. Hoja Excel. FAO, Roma.
- Funes-Monzote, F.R., Monzote, M., Lantinga, E.A., Van Keulen, E. 2009. Conversion of specialised Dairy Farming Systems into sustainable Mixed Farming Systems in Cuba. *Environment, Development and Sustainability* 11, 765-783. DOI: 10.1007/s10668-008- 91427.

- Galindo, J. (2009 a). Los árboles como controladores de la producción de metano en rumen. VIII Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". Varadero, Matanzas, Cuba. 190 pp.
- Galindo, J.; González, N.; Sosa, A.; Marrero, Y.; González, R.; Delgado, D.; Torres, V.; Aldana, A.; Cairo, J.; Sarduy, L. y Noda, A. (2009 b). Effect of bromoetahno sulfonic acid bacteria population and in vitro rumen fermentation. Cuban Journal of Agricultural Science. 43:43.
- Galloway, J.N., Dentener, F.J., Capone, D.G., Boyer, E.W., Howarth, R.W., Seitzinger, S.P., Asner, G.P., Cleveland, C.C., Green, P.A., Holland, E.A., Karl, D.M., Michaels, A.F., Porter, J.H., Townsend, A.R. y Vörösmarty, C.J. 2004. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70: 153-226.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. 2013. Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería. Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. 129 p.
- Hernández, D.; Carballo, M. y Reyes, F. (2005). Manejo racional de una multiasociación árboles-pastos. En: André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. (Ed. Milera, M.). 513 pp.
- Iglesias, J. M.; Simón, L.; Hernández, I.; Castillo, E.; Ruíz, T.; Valdés, G.; Hernández, C. A. y Milera, M. (2007). Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: André Voisin. (Editora: Milera, M.). Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. 547 pp.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2006. Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. En Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volúmen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, pp. 10.1–10.87.

- IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Working Group I, Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (J.T.Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linder, X. Dai, K. Maskell, and H.L. Miller, Eds.) New York, N.Y.: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
- IPCC. 2009. Historical Overview of Climate Change Science: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Geneva, Switzerland. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>.
- Johnson, K.A., y Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 2483–2492.
- Lasseby, K.R. 2007. Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agric. Forest Meteorol.* 142: 120–132.
- Martínez, J., Guizhou, F., Peu, P. y Gueutier, V. 2013. Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage. *Biosyst. Eng.* 85: 347–354.
- McAllister, T.A. y McGinn, S.M. 2011. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167: 663–677.
- McCaughey, W.P., Wittenberg, K. y Corrigan, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 79: 221–226.
- Milera, M. (2010). Mitigación del cambio climático a partir de sistemas de alimentación de pastoreo y ramoneo. Programa. Resúmenes. II Congreso Producción Animal Tropical. Tomo I. Palacio de Convenciones La Habana. Cuba. ISBN. 16pp.
- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H. y Duquesne, P. (2007). Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. *Pastos y Forrajes.* 30:483.

- Moss, R.A., Givens, D.I. y Garnsworthy, P.C. 2000. The effect of supplementing grass silage with barley on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels of intake. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55: 9–33.
- Pezo, D. y Esquivel, J. 1998. Capítulo 13. Sistemas Silvopastoriles. En: Apuntes de clase curso corto: Sistemas agroforestales (Eds. F. Jiménez; A. Vargas). CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 289
- Pinares-Patiño, C.S., Muetzel, S. y Wedlock, D.N. 2011. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *Vet. J.* 188: 11–17.
- PNUMA, 2004. Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.
- Pretty, J. N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R., Penning, T., Devries, Morrison I. L. 2006. Resource-conserving Agriculture Increases Yields in Developing Countries», *Environmental Science and Technology*, No. 40, 2006. 1114-1119 p.
- Reid, R., Thornton, P.K., Mccrabb, G., Kruska, R., Atieno, F. y Jones, P. 2004. Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics? *Environment, Development and Sustainability*, 6: 91 -109.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., Mccarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B. and Sirotenko, O. 2007. Agriculture. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y HaanCees, D.E. 2006. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, 493 p.

Waghorn, G.C., Woodward, S.L., Tavendale, M. y Clark, D.A. 2006. Inconsistencies in rumen methane production – effects of forage composition and animal genotype. Int. Congr. Series 1293: 115–118.