

El gas metano y su relación con las actividades ganaderas de la provincia de Manabí, Ecuador

Methane and its relationship to livestock activities in the province of Manabí, Ecuador

Ing. M.Sc. Juan Carlos Luque Vera¹

RECIBIDO: 30/11/2015 - APROBADO: 30/06/2016

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo determinar la relación existente entre la cantidad de ganado bovino y las emisiones de metano, en un periodo de estudio de diez años, permitiendo dar respuesta a la problemática planteada referente a la magnitud de emisiones de CH₄ en la provincia de Manabí. El estudio se sustentó en las guías y directrices emitidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 2006, utilizando el software IPCC 2006 versión 2.10. Los resultados demostraron que las emisiones de CH₄ son considerablemente elevadas, 531,68 Gg. de CH₄, destacando las emisiones por fermentación entérica, con aproximadamente 50 veces más metano que las emisiones del manejo de estiércol. Asimismo, el ganado no lechero es responsable de un mayor número de emisiones de metano frente al ganado lechero, para el caso de la fermentación entérica, con 287,724Gg. de CH₄, mientras que para el manejo del estiércol, las mayores emisiones son generadas por el ganado lechero, con 7,217 Gg. de CH₄.

Se aceptó la hipótesis planteada de que existe un aumento en las emisiones de metano, a causa del incremento de la población de ganado bovino.

Palabras clave: Ganado bovino, metano, fermentación entérica, manejo de estiércol.

ABSTRACT

This research attempted to determine the relationship between the number of livestock and methane emissions for a period of ten years, with the objective of responding to the current problem of CH₄ emissions in the province of Manabí, Ecuador. The study was based on the guidelines issued by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) using the IPCC 2006 2.10 software. Our results showed that CH₄ emissions were considerably high (531.68 Gg. de CH₄), with enteric fermentation being the most representative methane source producing 50 times more gas emissions than manure handling. We found that non-dairy cattle was responsible for more methane emissions than dairy cattle, with enteric fermentation 287,724 Gg. of CH₄, whereas from manure handling, the highest emissions corresponded to dairy cattle with 7,217Gg. of CH₄. We accepted the stated hypothesis that the increase in the number of livestock has resulted in a rise of methane emissions in the province of Manabí.

Keywords: Livestock, methane, enteric fermentation, manure handling.

¹ Postulante doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Contacto: jc_luque@yahoo.com; jluque@espam.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, impulsadas en gran parte por el crecimiento económico y poblacional, y en la actualidad, son las más altas de la historia. Esto ha originado concentraciones de dióxido de carbono atmosférico, metano y óxido nítrico que no tienen precedentes en por lo menos 800,000 años. Sus efectos, junto con las consecuencias de otros impulsores antropogénicos, han sido detectados en el sistema climático y es extremadamente posible que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo xx. (IPCC 2014a).

Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que aumenten los riesgos conexos al clima existentes y se generen nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. Algunos de esos riesgos se limitarán a un sector o región particular, y otros tendrán efectos en cascada. En menor medida, el cambio climático proyectado también indica beneficios potenciales. (IPCC 2014c)

La provincia de Manabí es y ha sido un icono en la actividad agrícola y pecuaria dentro del territorio del Ecuador, la riqueza de sus suelos y extensa red hidrográfica, la convierten en un potencial para la actividad agropecuaria, posee alrededor de un millón de hectáreas de pastizales dedicadas a la cría de ganado bovino, con un promedio aproximado al millón de cabezas de ganado. (INEC 2014), por estas razones y condiciones la presente investigación analizó las emisiones de metano uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático, provenientes de la fermentación entérica y del manejo de estiércol, la investigación tuvo el objetivo determinar la relación existente entre el número de animales y las emisiones de metano, en un periodo de estudio de diez años.

I.1. Ubicación y accesibilidad

El área de estudio corresponde a la provincia de Manabí, localizada en la zona costera de la República del Ecuador, tiene una extensión de 1'801.203 hectáreas, ubicadas entre los paralelos 0° 23' de latitud norte y 1° 53' de latitud sur, y, los meridianos 79° 22' y 80° 55' de longitud occidental. Se encuentra limitada al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con la provincia del Guayas, al este con las provincias de Pichincha, Los Ríos y Guayas y al oeste con el océano Pacífico.



Figura N.º 1. Mapa de ubicación de la investigación, provincia de Manabí, Ecuador.

I.2. Situación problema

En las últimas tres décadas, la superficie de la Tierra ha estado consecutivamente más caliente que en cualquiera de las décadas anteriores desde 1850. El periodo desde 1983 a 2012 fue probablemente el periodo de 30 años más caliente de los últimos 1400 años en el hemisferio norte. Los datos globales promedios de temperatura terrestre y superficie oceánica combinadas, calculados mediante una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0.85 [0.65 a 1.06] °C en el periodo de 1880 a 2012, fecha desde la cual los datos múltiples producidos de manera independiente existen. (IPCC 2014a)

El sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) es responsable de alrededor de un cuarto (~10-12 GtCO₂eq/año) de las emisiones antropogénicas de GEI netas principalmente procedentes de la reforestación, las emisiones agrícolas de los suelos, la gestión de nutrientes y la ganadería (IPCC 2014b).

La concentración de metano se ha multiplicado por un factor de 2,5 desde la era preindustrial, de 722 (697 a 747) ppm en 1750 a 1803 (1799 a 1809) ppm en 2011, existe un nivel de confianza muy alto en que el CH₄ atmosférico aumentó durante la era industrial debido a la actividad antropógena. El incremento masivo del número de rumiantes, las emisiones derivadas de la extracción y el uso de combustibles fósiles, la expansión de los arrozales y las emisiones procedentes de los vertederos y desechos son las principales fuentes de antropógenas de metano. Las emisiones antropógenas representan entre el 50% y el 65% de las emisiones totales. En los últimos decenios el incremento de metano en la atmósfera ha sido variable. Las concentraciones de CH₄ fueron relativamente estables alrededor de la década de 1990, pero volvieron a aumentar a partir de 2007. No se sabe aún exactamente qué factores impulsaron este nuevo incremento. (IPCC 2013)

I.3. El metano

El metano es un fuerte GEI y juega un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la tropósfera. La fuente más importante de metano es la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos: Las actividades agrícolas relacionadas con: a) fermentación entérica como consecuencia del proceso digestivo de los herbívoros; b) descomposición en condiciones anaerobias (sin oxígeno) del estiércol generado por especies pecuarias; c) cultivos de arroz bajo riego y d) quemadas de sabanas y residuos agrícolas. El efecto de las emisiones de metano por fermentación intestinal de los rumiantes es bastante grande a nivel global y se estima que esta fuente produce hasta el 37% del metano presente en la atmósfera. El desfogue del intestino de una vaca es tan perjudicial para el medio ambiente, que se estima que cada vaca produce 90 kilos de metano al año, lo que equivale, en términos energéticos, a 120 litros de gasolina. (Benavides y León, 2007)

El metano se produce por la fermentación de los alimentos dentro del sistema digestivo del animal. Por lo general, cuanto mayor es la ingesta alimentaria, mayor es

la emisión de metano. No obstante, la magnitud de la producción de metano también puede verse afectada por la composición de la dieta.

I.4. Fermentación entérica

El metano se produce en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica, un proceso digestivo por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo). La cantidad de metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido. Los rumiantes como los bovinos son fuentes importantes de metano. El tipo de sistema digestivo tiene una influencia significativa en la tasa de emisión de metano. Los rumiantes tienen una cámara expansiva, el rumen, en la parte delantera de su tracto digestivo, donde se produce una fermentación microbiana intensiva de su dieta, lo que les significa varias ventajas nutricionales, incluida la capacidad de digerir celulosa. A fin de reflejar la variación en las tasas de emisión entre las especies animales, la población de este debe clasificarse en subgrupos, y estimarse una tasa de emisión por animal para cada subgrupo. (IPCC 2006)

I.5 Manejo de estiércol

La descomposición del estiércol bajo condiciones anaerobias, durante su almacenamiento y tratamiento, produce

CH_4 . Estas condiciones se dan más fácilmente cuando se gestionan grandes cantidades de animales en una superficie confinada como, por ejemplo, corrales de ganado, y donde se elimina el estiércol en sistemas basados en líquidos. Los principales factores que se inciden en las emisiones de CH_4 son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróticamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido, se descompone anaeróticamente y puede producir una cantidad de CH_4 . La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH_4 . (IPCC 2006)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Metodología

Se tomó la unidad de análisis, entre estas, las categorías de la población total de ganado bovino existente en la provincia de Manabí, desde el año 2004 a 2013, considerando las emisiones por fermentación entérica y por manejo de estiércol, según la metodología del (IPCC, 2006). Los valores correspondientes a cada categoría con sus respectivas unidades se muestran en la Tabla N.º 1.

Tabla N.º 1. Número total de ganado bovino para la estimación de metano, periodo de estudio (2004-2013)

Ganado bovino	Categoría ganadera	Años										Suma
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Ganado lechero	Vacas	353544	372230	357206	344277	366385	379565	375028	365087	360271	335060	3608653
	Toros	32670	27882	29651	27877	45829	33926	36610	38012	36090	44163	352710
	Toretas	102251	100666	97787	85929	86232	103382	96360	103744	109550	95786	981687
Ganado no lechero	Vacunas	210109	209088	216860	208964	195905	232036	208289	231429	230131	207341	2150152
	Terneros	117200	107561	91947	99985	126153	123802	113630	121496	113932	109255	1124961
	Terneras	111450	117624	104256	110585	112270	127902	121590	123066	127164	120140	1176047
Total		927224	935051	897707	877617	932774	1000613	951507	982834	977138	911745	9394210
Promedio		92722,4	93505,1	89770,7	87761,7	93277,4	100061,3	95150,7	98283,4	97713,8	91174,5	939421

Fuente: Ecuador en cifras 2015 Elaboración: Autor

Para los cálculos se utilizó el software IPCC 2006 versión 2.10. La metodología permitió una flexibilidad en el cálculo del inventario mediante el uso de los factores de emisión establecidos por defecto para cada categoría ganadera, este software utiliza metodologías de nivel 1 para estimar las emisiones, mediante los siguientes ecuaciones.

2.1.1. Estimación de las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica IPCC 2006.

$$Emisiones = FE_{(T)} \times \left(\frac{N(T)}{10^6}\right) \quad [3.1]$$

En el cual:

Emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica, Gg de CH₄/año;

Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄/cabeza/año;

La cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T de la provincia;

Especie/categoría de ganado.

$$Total\ CH_4\ Entérica = \sum_i E_i \quad [3.2]$$

En el cual:

Emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH₄/año;

Emisiones de las categorías y sub categorías de ganado.

2.1.2. Estimación de las emisiones de metano procedentes de los sistemas de manejo del estiércol

$$CH_4\ Estiércol = \sum_{(T)} \frac{(EF(T) \cdot N(T))}{10^6} \quad [3.3]$$

En el cual:

Emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄/año;

Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄/cabeza/año;

La cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T de la provincia;

Especie/categoría de ganado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al número y categorías de animales bovinos registrados durante el periodo de estudio, se pudo establecer que las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica son en promedio de un 55,45% para el ganado no lechero y de un 44,55% para el ganado lechero, respecto al manejo de estiércol, en el porcentajes de emisión se observa una situación inversa a la fermentación

entérica, el ganado lechero registra el mayor porcentaje con 55,51% y el ganado no lechero un 44,49%. Esto podría darse por los factores de emisión (FE) para el caso de la fermentación entérica del ganado lechero es de (64 kg CH₄/cabeza/año) y aunque si bien es más elevado que el FE del ganado no lechero, el mismo que alcanza un promedio en todas sus categorías de (51,4 kg CH₄/cabeza/año), observándose que la diferencia entre los FE no es muy significativa, se establece que el valor superior de las emisiones del ganado no lechero se da, por el número mayor de animales el cual es de 573.680,00, frente al del ganado lechero que apenas es de 353.544,00. Respecto a las emisiones del manejo de estiércol, en el que el ganado lechero registra el mayor porcentaje de emisión, generado por un FE de (2 kg CH₄/cabeza/año) el mismo que duplica el valor del factor de emisión del ganado no lechero el cual es de (1 kg CH₄/cabeza/año), se define entonces que bajo esta diferencia considerable en los FE, no influye la diferencia entre el número de animales del ganado lechero y del ganado no lechero. (Figuras N.º 2 y 3). Estos resultados coinciden con los resultados alcanzados por Cáceres (2011) en el segundo inventario nacional, donde obtuvo un porcentaje de 67,85% y 2,36 de CH₄, para la fermentación entérica y el manejo de estiércol respectivamente, de su parte Carmona (2005) concluye que las emisiones de metano por los rumiantes tienen un efecto considerable por su contribución al calentamiento global y a la disminución de la capa de ozono, proponen implantar técnicas alimenticias en la producción bovina acorde a las condiciones del trópico, para mejorar los parámetros fermentativos en el ganado e incrementar los parámetros productivos con menores emisiones de metano.

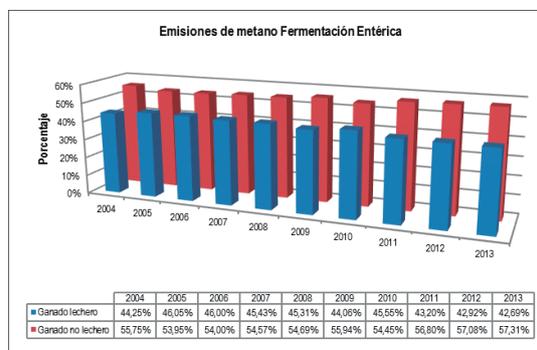


Figura N.º 2. Porcentajes de emisiones de metano, mediante fermentación entérica.

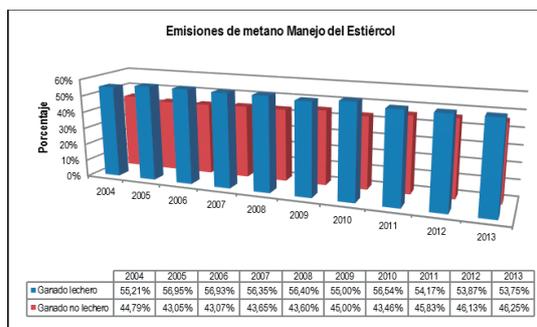


Figura N.º 3. Porcentajes de emisiones de metano, mediante manejo de estiércol.

Los valores de emisiones de metano generados por la fermentación entérica son considerablemente superiores a los generados por el manejo de estiércol, manteniendo un promedio de emisión anual de 51,867 Gg. de CH₄ y un total durante el periodo de estudio de 518,678Gg. de CH₄, mientras que las emisiones de metano generadas por el manejo de estiércol apenas alcanzaron una emisión anual de 1,3002 Gg. de CH₄ y 13,002Gg. de CH₄ en el total del periodo.

Dentro del periodo de estudio el año de mayor emisión fue el 2009 con 56,51Gg. de CH₄, como es de suponerse ese año fue el de mayor población de ganado bovino con un total de 1.000.613,00, paralelamente el año de menor emisión fue el 2007 con 49,72Gg. de CH₄, el mismo que registro la población más baja de ganado bovino con un numero de 877.617,00. Las emisiones totales del periodo alcanzaron los 531,68Gg. de CH₄, con un promedio de 53,168Gg. de CH₄. (Figuras N.º 4 y Tabla N.º 2). Kinsman *et al.* 1995 Menciona que en los países en vías de desarrollo las emisiones son de aproximadamente 55 Kg CH₄/año/animal, en contraste a lo reportado en países desarrollados de 35 Kg CH₄/año/animal. Paralelamente Gonzales y Rodríguez (1999) expresan que en Colombia

las emisiones de metano del sector pecuario en el 2010 representaron el 70% de la partición de los gases de efecto invernadero, siendo un 95% de este total, las emisiones digestivas del ganado de leche y de carne. Por otro lado, De Ramus *et al.* (2003) reporta que las emisiones anuales de metano en novillas de carne en pastoreo estuvieron entre 32 y 83 Kg. CH₄ y entre 60 y 95 Kg. CH₄ para vacas adultas, que pastoreaban en diferentes tipos de praderas.

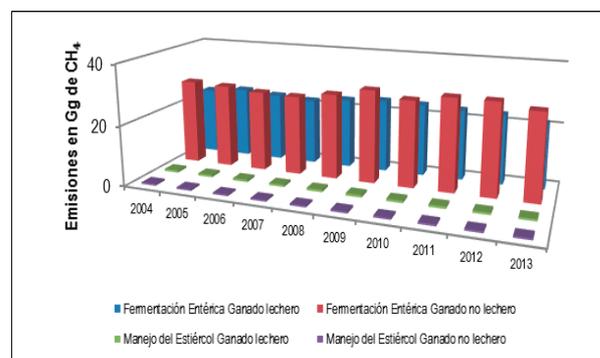


Figura N.º 4. Emisiones de metano en Gg. mediante Fermentación Entérica y Manejo de Estiércol.

Tabla N.º 2. Emisiones de metano en Gg. mediante Fermentación Entérica y Manejo de Estiércol, periodo de estudio (2004-2013)

AÑOS	Emisiones de Metano (Gg) a partir de la Fermentación Entérica				Emisiones de Metano (Gg) a partir del Manejo de Estiércol				SUMA	PROM
	Ganado lechero	Ganado no lechero	Suma	Promedio	Ganado lechero	Ganado no lechero	Suma	Promedio		
2004	22,6268	28,5024	51,1292	25,5646	0,7071	0,5737	1,2808	0,6404	52,41	26,20
2005	23,8227	27,9128	51,7355	25,8677	0,7445	0,5628	1,3073	0,6536	53,04	26,52
2006	22,8612	26,8404	49,7016	24,8508	0,7144	0,5405	1,2549	0,6274	50,96	25,48
2007	22,0337	26,4682	48,5019	24,2509	0,6886	0,5333	1,2219	0,6109	49,72	24,86
2008	23,4486	28,3030	51,7516	25,8758	0,7328	0,5664	1,2992	0,6496	53,05	26,52
2009	24,2922	30,8385	55,1307	27,5653	0,7591	0,6210	1,3801	0,6900	56,51	28,25
2010	24,0018	28,6868	52,6886	26,3443	0,7501	0,5765	1,3266	0,6633	54,02	27,01
2011	23,3656	30,7257	54,0913	27,0465	0,7302	0,6177	1,3479	0,6739	55,44	27,72
2012	23,0573	30,6596	53,7169	26,8584	0,7205	0,6169	1,3374	0,6687	55,05	27,52
2013	21,4438	28,7875	50,2313	25,1156	0,6701	0,5767	1,2468	0,6234	51,48	25,73
SUMA	230,9538	287,7248	518,678	259,339	7,2173	5,7856	13,002	6,501	531,68	-
PROM.	23,095	28,772	51,867	-	0,7217	0,5786	1,3002	-	53,168	-

El coeficiente de correlación de Pearson, entre las variables emisiones de gases de metano y el número de animales, muestra una alta correlación positiva (0,998) de manera que se observa la relación: a mayor número de animales, mayor emisiones de gases de metano, con alto nivel de significación. (Tabla N.º 3).

Tabla N.º 3. Correlación de Pearson para las variables emisiones de metano vs número de animales.

CORRELACIONES			
		ANIMALES	EMISIONES
ANIMALES	Correlación de Pearson	1	,998**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
EMISIONES	Correlación de Pearson	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01(2 colas)

Para la comprobación de la hipótesis se realizaron los siguientes cálculos, el resumen del modelo para la población ganadera, muestra en la casilla R el coeficiente de correlación simple entre la variable emisiones de gases de metano y el número de animales, en este caso, se trata de una correlación positiva (0,998) de manera que se observa la relación: a mayor número de animales, mayor emisiones de gases de metano. En cuanto al grado de dependencia de las emisiones de metano respecto al número de animales, el coeficiente de determinación R² indica que en esta población de ganado bovino es del 99,5%, es decir, es alta. Lo que significa que en un mínimo porcentaje 0,5%, otros factores podrían estar incidiendo en las emisiones de metano y que no contemplan el modelo. (Tabla N.º 4).

Tabla N.º 4. Coeficiente de Correlación (R) para la población de ganado bovino. Resumen del Modelo.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,998 ^a	0,995	0,994	157,9510
Predictores: (Constante), ANIMALES				

A continuación, se observa el análisis de la varianza para la población de ganado bovino, que proporciona un estadístico F y Significancia que contrasta las hipótesis:

H₀: la pendiente de la recta es cero ($\beta_1 = 0$)

H₁: la pendiente de la recta difiere de cero ($\beta_1 \neq 0$)

Se puede apreciar que el valor de significación obtenido es 0,000 con el mismo que se rechaza H₀ por lo tanto la conclusión es que se rechaza la Hipótesis H₀ (que la pendiente sea cero), de forma que se tiene un ajuste válido y bueno. (Tabla N.º 5).

Tabla N.º 5. Análisis de Varianza para la población de ganado bovino.

ANOVA ^a					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	40617371,70	1	40617371,70		
Residuo	199588,298	8	24948,537	1628,046	,000 ^a
Total	40816960,00	9			

Variable dependiente: EMISIONES

a. Predictores: (Constante), ANIMALES

Finalmente, se muestran los coeficientes de la recta de regresión, de manera que:

$$t \text{ CH}_4 = b_0 + b_1 x \text{ (Número de Animales)}$$

$$t \text{ CH}_4 = 2083,1 + ,054 x \text{ Número de Animales}$$

El coeficiente B₀ es el punto en el que la recta corta el eje vertical: las emisiones medias de metano que corresponden a una población ganadera con un número de cero animales. El origen de la recta B₀ sugiere que una población de bovinos con cero animales podría emitir 2083,109 (t CH₄). La pendiente de la recta B₁ indica que, en promedio, a cada incremento de unidad en el número de animales le corresponde un incremento de 0,054(t CH₄).

Seguidamente encontramos el error estándar, para la constante (1267,05) y para la pendiente (0,001) se observa que son valores bajos, lo cual garantiza una precisión en la estimación.

Tomando en consideración el grado de significación de la pendiente y el valor del R² = 99,5% podemos concluir que es un modelo totalmente válido. (Tabla N.º 6 y Figura N.º 5).

Tabla N.º 6. Coeficientes para la población de ganado bovino.

Modelo	Coeficientes ^a			t	Sig.
	Coeficientes no estandarizados	Coeficientes estandarizados			
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	2083,109	1267,059		1,644	,139
Animales	,054	,001	,998	40,349	0,000

Variable dependiente: EMISIONES

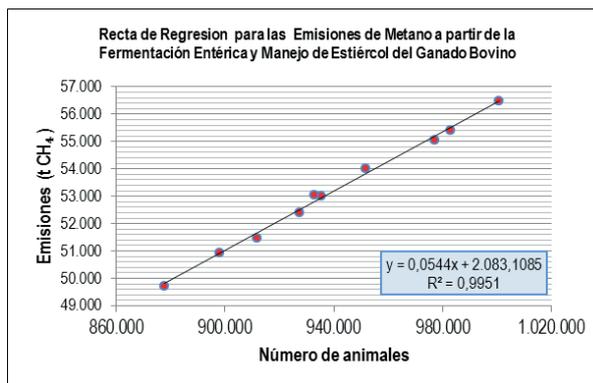


Figura N.º 5. Recta de regresión para la población de ganado bovino.

IV. CONCLUSIONES

1. El metano es uno de los principales gases de efecto invernadero emitido por la actividad ganadera en la provincia de Manabí.
2. El ganado no lechero genera una cantidad superior de gases de metano, frente a las emisiones del ganado lechero, para el caso de la fermentación entérica, mientras que para el manejo del estiércol, las mayores emisiones son generadas por el ganado lechero.
3. La fermentación entérica emite 50 veces más metano, que las emisiones del manejo del estiércol.
4. La significación de la prueba de hipótesis, permite aceptar la hipótesis planteada, de que existe un aumento de las emisiones de metano, a causa del incremento de la población de ganado bovino.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las autoridades de la Escuela de Posgrado de la FIGMMG de la UNMSM y al Instituto de Investigación por su colaboración y difusión del presente artículo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benavides, H., y León, G; (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá.
2. Cáceres, L., y Núñez, A.(2011). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de*

- Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Proyecto GEF/PNUD/MAE Ecuador.
3. Carmona, J., Bolívar, D., Giraldo, L., (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Vol. 18, núm. 1, enero-abril, pp: 49-63, Universidad de Antioquia, Colombia.
 4. De Ramus, H.A., Clement, T.C., Giampola, D.D., Dickison, P.C. (2003). Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. *Journal Environ Qual*; 32 pp: 269-277
 5. González, F., Rodríguez, H. (1999). Proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) Colombia 1998-2010. *Rev. Acad. Colombiana Ciencias*; 23 (89) pp: 497-505.
 6. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). Procesador de estadísticas agropecuarias, Encuestas de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC. Visualizador de control ESPAC. (En línea) octubre 2014. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
 7. Intergovernmental panel of Climate Change. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
 8. Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2013). "Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático". Stocker, T. F., D. Qin, G. Plattner, M., Tignor, S. K., Allen, J., Boschung, A., Nauels, Y., Xia, V., Bex y P.M. Midgley (eds). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
 9. Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2014a). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, pp 151.
 10. Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.(2014b). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y., Sokona, E., Farahani, S., Kadner, K., Seyboth, A., Adler, I., Baum, S., Brunner, P., Eickemeier, B., Kriemann, J., Savolainen, S., Schlömer, C., von Stechow, T., Zwickel y J.C. Minx (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU.
 11. Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2014c). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Field, C.B., V.R. Barros, D.J., Dokken, K.J., Mach, M.D., Mastrandrea, T.E., Bilir, M., Chatterjee, K.L., Ebi, Y.O., Estrada, R.C., Génova, B., Girma, E.S., Kissel, A.N., Levy, S., MacCracken, P.R., Mastrandrea y L.L. White (eds.). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, pp 34.
 12. Kinsman, R., Sauer, F.D., Jackson, H.A., Wolynetz, M.S. (1995). Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*; 78 (12) pp: 2760-2766.

