El Colegio de la Frontera Sur

Ganadería y emisiones de metano (CH_4) en la Selva Lacandona, Chiapas, México.

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por

Adriana Margarita Flores González

2010

ABREVIATURAS

BC, bovinos de carne

BL, bovinos de leche

CICC, Comisión Intersectorial de Cambio Climático

CH_4, metano

CMS, consumo de materia seca

DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la materia seca

EB, energía bruta

ENM, energía neta mantenimiento

FE, factor de emisión

GEI, gas efecto invernadero

Gg, gigagramos

Kg, kilogramos

Mj, Megajoules

N_2O, óxido nitroso

PICC, Panel Internacional de Cambio Climático

SAGARPA, Secretaria de Ganadería, Agricultura y Pesca

SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera

Tg, teragramos

UPB, unidad de producción bovina

Ym, factor de conversión de metano

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de la Frontera Sur por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría, en especial a las Unidades Chetumal y San Cristóbal de Las Casas. Gracias por todo.

A todos los miembros del comité académico por brindarme la oportunidad y el apoyo para la realización de esta tesis. Por sus atenciones, su tiempo y el conocimiento compartido. Gracias.

A los productores de las comunidades que facilitaron la realización de este proyecto, por su tiempo y colaboración. Gracias

Se agradece el financiamiento para la realización de esta tesis al proyecto *"Estudio de los Gases de Efecto Invernadero en áreas de pastoreo en la Selva Lacandona, Chiapas"* SEMARNAT-CONACYT-ECOSUR.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada, porque con ella, además de poder realizar el posgrado, compré un violín para los ratos de relajamiento y me trajo muchas más cosas que un simple relax. Gracias

Gracias a toda la banda que está y que estuvo junto a mí durante esta etapa de mi vida, por haber compartido conmigo el camino de realizar una maestría. Eso incluye a mi querida abuela, y a los chuchos y gatos que he conocido en este tiempo.

Un agradecimiento especial a mis estimados bovinos por traer consigo tantos pedos ….

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a todas las personas con las que he compartido y compartiré mi vida por qué gracias a todos ustedes voy conociendo y disfrutando el vivir.

Muy en especial dedico esta maestría a mi madre por haberme dado las herramientas más importantes en mi vida para poder llegar tan lejos como yo desee: la confianza, el amor, la pasión y la música.

Resumen

Los rumiantes contribuyen al calentamiento global mediante la emisión de gas metano (CH_4) como parte de la fermentación entérica del alimento, este gas está catalogado como el segundo contribuidor más importante después del CO_2. Los objetivos de la investigación fueron estimar las emisiones de CH_4 por fermentación entérica, durante un periodo de ocho años (2000-2007), provenientes de la ganadería bovina en el estado de Chiapas y en cinco municipios que representaron a la región Selva; conocer la dinámica de la población bovina en este periodo e identificar las prácticas ganaderas que podrían estar contribuyendo a dichas emisiones. Para calcular las emisiones de metano se utilizó la metodología propuesta por el Panel Internacional de Cambio Climático (PICC, 2006) que calcula las emisiones a través de multiplicar el número de cabezas de la población por un factor de emisión (kg CH_4/año). Los censos de población bovina fueron proporcionados por el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Los factores de emisión utilizados para calcular las emisiones a nivel estatal fueron los propuestos por el PICC, mientras que en el caso de las emisiones de la Selva, los factores de emisión se calcularon a partir del consumo de energía bruta y del factor de conversión de metano (Ym). Las emisiones estimadas para Chiapas fueron de 202.36 Gg CH_4/año en promedio durante 2000-2007. La Selva fue la región más importante con respecto a la cantidad de metano emitida (144 Gg CH_4/año), de este total, 128 Gg CH_4/año en promedio provinieron de los bovinos productores de carne. Los bovinos de Palenque emitieron la mayor cantidad de metano en la región y contribuyo con el 78.41% de las emisiones totales por parte de los cinco municipios de estudio. Las mayores emisiones por unidad animal provinieron de la población de vientres bovinos productores de leche (114 kg CH_4/cabeza/año). La cantidad de CH_4 emitida en la Selva estuvo determinada principalmente por el tamaño de la población y por la digestibilidad de la dieta. Ambos factores pueden atribuirse a diversos agentes, entre ellos las prácticas de manejo empleadas dentro de cada unidad de producción bovina, y a las políticas públicas y programas gubernamentales, entre otros. En general, la ganadería bovina en la Selva Lacandona se basa principalmente en un sistema extensivo, con una cultura ganadera de no más de 20 años y con fuertes

restricciones técnico organizativas. Las estrategias de alimentación, de manejo y reproducción son limitadas. La alimentación de los bovinos se basa principalmente en el consumo de gramíneas (*Cynodon nlemufensis y Brachiaria brizantha)* en sistemas de pastoreo con escaso manejo. Esta situación pudo haber condicionado la cantidad de metano emitido en la Selva. Es importante generar estrategias de mitigación al cambio climático en el sector ganadero, que permitan disminuir las emisiones de metano y mejorar los sistemas extensivos de producción bovina, además de fortalecer las capacidades locales de los productores con el fin de adaptarse a los efectos del cambio climático

Palabras clave: metano, producción bovina, sistemas extensivos, Selva Lacandona, Chiapas

Abstract

Ruminants contribute to global warming due to the release of methane (CH_4) as part of the enteric fermentation, this gas is listed as the second largest contributor after the carbon dioxide (CO_2). The research objectives were to estimate CH_4 emissions from enteric fermentation for a period of eight years (2000-2007), the emissions came from livestock population in the state of Chiapas and in five counties represented the Selva region; also, know the dynamics of cattle population in this period time and to identify farming practices that might contribute to these emissions. To calculate emissions of methane, the methodology proposed by the International Panel on Climate Change (IPCC, 2006) that calculates emissions by multiplying the number of heads of population by an emission factor (kg CH_4/yr). The cattle population censuses were provided by SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). The emission factors used to calculate emissions statewide were those proposed by the IPCC, while in the case of emissions of the Selva, the emission factors were calculated from gross energy intake and conversion factor methane (Ym). The estimated emissions were 202.36 Gg CH4/yr on average at Chiapas during 2000-2007. Selva region was the most important region with respect to the amount of methane emitted (144 Gg CH4/yr); of this total emissions, 128 Gg CH4/yr on average came from beef cattle. The cattle population of Palenque issued the largest amount of methane in the region and contributed to 78.41% of total emissions from the five municipalities of the study. The highest emissions per animal unit came from the population of cows dairy cattle (114 kg CH4/cabeza/año). The amount of CH4 emitted in the Selva was determined mainly by the size of the population and the digestibility of the diet. Both factors may explain a variety of factors, including management practices employed within the unit of cattle, and public policies and programs, among others. In general. livestock in the Selva region is based primarily on an extensive system, with a culture density of no more than 20 years and with strong organizational technical restrictions. Feeding strategies, as well as management strategies and reproduction are limited.The feeding of cattle is mainly based on the consumption of grasses (*Brachiaria brizantha* and *Cynodon nlemufensis*) in grazing systems with little management. This situation could have

influenced the amount of methane emitted in the jungle. It is important to develop strategies to mitigate climate change in the livestock sector, which allow to decrease methane emissions and improve the extensive systems of cattle, in addition to strengthening local capacities of producers to adapt to the impacts of climate change

Key words: methane, cattle production, extensive systems, Selva Lacandona, Chiapas

Contenido

1 Introducción 1

2 Marco Teórico 4

2.1 Efecto Invernadero 4

2.2 Importancia del metano en el calentamiento global 4

2.3 Agricultura, ganadería y emisiones de metano 5

2.4 Sistemas extensivos de producción bovina y su relación con la emisión de metano 6

2.4.1 Componente animal 7

2.4.2 Componente vegetal 11

2.4.3 Componente social 16

2.5 Características de la ganadería en el sureste de México 18

3 Justificación 19

4 Objetivos 21

5 Preguntas de investigación 21

6 Metodología 22

6.1 Área de estudio 22

6.1.1 Características sociales 23

6.2 Metodología PICC para estimar las emisiones de metano por fermentación entérica 24

6.2.1 Caracterización de los sistemas de producción bovina en la región Selva 28

7 Resultados 30

7.1 Dinámica de la población bovina 30

7.1.1 Bovinos productores de carne 30

7.1.2 Bovinos productores de leche 31

7.1 Caracterización de la ganadería bovina en la región Selva 32

7.2 Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica 38

8 Discusión 42

8.1 Ganadería y cambio climático 42
8.2 Chiapas y la Selva Lacandona: Ganadería bovina 43
8.3 Emisiones de metano y ganadería en la Selva 45
8.4 Reflexiones sobre la metodología PICC 47
9 Conclusión 50
10 Literatura citada 52

Índice de cuadros

Cuadro 1. Emisiones de metano (Gg CH4/año) en México provenientes de la ganadería durante 1990-2002. 6
Cuadro 2. Distribución de la población bovina de acuerdo a la etapa fisiológica y la orientación productiva 26
Cuadro 3. Datos sobre comportamiento animal, necesarios para realizar las estimaciones de CH_4 en la Selva 28
Cuadro 4. Dinámica de la población bovina en el estado de Chiapas durante el periodo 2000-2007 30
Cuadro 5. Clasificación de las unidades de producción bovina en la región Selva con base en el total de tierra y las cabezas animal con que cuentan los productores 33
Cuadro 6. Emisiones de CH_4 totales en la Selva y emisiones de acuerdo a la función zootécnica durante 2000-2007 40
Cuadro 7 Emisiones de CH_4 provenientes de cada municipio y por función zootécnica 40
Cuadro 8. Factor de emisión (Kg CH_4/año) de acuerdo a la etapa fisiológica y la función zootécnica 41
Cuadro 9. Herramientas para la adopción de SSP y su nicho de acción 74

Índice de figuras y gráficas

Figura 1. Mapa de las regiones socioeconómicas del estado de Chiapas 22
Figura 2. Mapa de las sub regiones de la región socio económica VI Selva 24
Figura 3. Árbol de decisiones propuesto por la Guía de buenas prácticas del PICC para la selección de la metodología para calcular las emisiones de metano (CH_4)..... 27
Gráfica 1 Estructura del hato de bovinos productores de carne..... 32
Gráfica 2 Estructura del hato de bovinos productores de leche 32
Gráfica 3 Distribución de las características sociales de las unidades de producción animal en la región Selva 34
Gráfica 4 Caracterización económica de las unidades de producción animal en la región Selva 35
Gráfica 5 Prácticas de manejo reproductivo y sanitario 36
Gráfica 6 Distribución de las prácticas de manejo del potrero y de las estrategias de alimentación animal en la región Selva..... 37
Gráfica 7 Distribución de los forrajes de mayor uso en la región Selva 38
Gráfica 8 Distribución de las emisiones de CH_4 por fermentación entérica proveniente de las sub regiones del estado de Chiapas durante el 2007..... 39
Gráfica 9 Dinámica de las emisiones de CH_4 en la Selva y..... 39

Anexos

Anexo 1. Cédula para identificar las características de la ganadería en la Selva 68
Anexo 2 Cálculos sobre los requerimientos energéticos de los bovinos utilizados para realizar las estimaciones de metano con base en la metodología propuesta por el PICC (2006) 69
Anexo 3 Estrategias de adaptación al cambio climático para el sector ganadero en la región Selva 70
Anexo 4 Incentivos para la implementación de buenas prácticas de adaptación al cambio climático 73
Anexo 5 Incertidumbre de las estimaciones de CH_4 por fermentación entérica 74

1 Introducción

El cambio climático es resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2, CH_4, y NO_2, principalmente) a la atmósfera. El problema radica en que los volúmenes de estos gases, emitidos durante los últimos 150 años de industrialización, superan la capacidad de captura de la biósfera y el resultado neto es el aumento constante de las concentraciones de estos gases, obstaculizando la emisión de energía hacia el espacio exterior y acrecentando el proceso natural de «efecto invernadero» (CICC, 2007).

Entre los gases de efecto invernadero, el metano (CH_4) está considerado como el segundo más importante al calentamiento global, ya que contribuye con el 18% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) (Verburg and Van Der Gon, 2001; Mills *et al.,* 2001; González *et al.,* 2006). El 70% del total de CH_4 emitido proviene de actividades antropogénicas, dentro de éstas, la agricultura contribuye con aproximadamente el 50% del total de CH_4 antropogénico. Las principales actividades agrícolas que emiten CH_4 son el cultivo de arroz, la ganadería y el manejo de las excretas provenientes de la producción animal (Murray *et al.,* 2001; Verburg y Van Der Gon, 2001; Beauchemin y McGinn, 2005; Ellis *et al.,* 2007).

La actividad ganadera produce entre el 15-20% de la emisión mundial de CH_4 (Turnbull y Du Charme, 2001; Herrero *et al.,* 2008); dentro de la ganadería, la producción mundial de bovinos constituye la principal fuente de emisión (Cambra-López *et al.,* 2008). La producción de bovinos emite alrededor de 58 millones de toneladas CH_4 /año que representan el 73% del total de emisiones producidas por las especies domésticas (80 millones) (Jhonson y Jhonson, 1995; Kurihara *et al.,* 1999). En México las emisiones de CH_4 por parte de la actividad ganadera equivalen al 88% del total de las emisiones del sector agrícola, siendo los bovinos productores de carne y de doble propósito responsables del 89%, mientras que los bovinos productores de leche contribuyen con el 10% (INE, 2002).

La producción de CH_4 por fermentación entérica está relacionada con la eficiencia de la utilización de la energía de los alimentos y representa energía alimenticia que no es aprovechada por el animal (Llila *et al.,* 2003). La conversión de la energía bruta a CH_4 se relaciona directamente con la digestibilidad de la dieta (Holter and Young, 1992; Montenegro y Abarca, 2001); las dietas de baja digestibilidad emiten mayor cantidad de metano debido a una reducción en la eficiencia de la utilización del alimento (Rojo *et al.,* 2000; Mc Crabb, 2002).

En los sistemas extensivos de producción bovina de las regiones tropicales, los forrajes poseen muy bajos niveles de nitrógeno y altos niveles de lignina, interfiriendo con la digestibilidad del alimento y con el aprovechamiento de la energía (Cárdenas *et al.,* 2003). En este tipo de sistemas la producción de CH_4 representa una pérdida de entre el 2 y 12% del total de la energía consumida en el alimento (O'Hara *et al.,* 2003) teniendo como promedio una pérdida del 6% del total de la energía bruta (Jhonson *et al.,* 2002; Guan *et al.,* 2006; Beauchemin y McGinn, 2005); sin embargo, cuando la dieta se basa en forrajes de baja calidad (<75% digestibilidad) la producción de metano puede llegar a representar entre el 15 y el 18% de la energía digestible (Carmona *et al.,* 2005). De ahí que una nutrición deficiente contribuya al incremento de la emisión de CH_4 y de que países con pocas limitaciones alimentarias para su ganado reporten datos menores de emisiones de CH_4 y mayores eficiencias energéticas (Montenegro y Abarca, 2001).

A pesar de que la calidad de la dieta forrajera y la cantidad de metano emitido están en función de las características del sistema de producción y de las prácticas de manejo empleadas (Carmona *et al.,* 2005), no existe se ha estimado la cantidad de CH_4 que emiten los bovinos producidos en sistemas de pastoreo extensivo, ni sobre cuáles son las prácticas ganaderas que contribuyen a dichas emisiones. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo estimar las emisiones de CH_4 provenientes de la ganadería bovina practicada en la Región Económica Selva durante los últimos 8 años, así como identificar las prácticas ganaderas que contribuyen a una mayor emisión de este gas. Los resultados de ésta investigación contribuirán al conocimiento de las

prácticas de manejo que tienen los sistemas extensivos de producción bovina y abren la posibilidad de planificar políticas de investigación o desarrollo, orientadas a generar o adaptar tecnologías que se materialicen en un desarrollo local sustentable y que contribuyan a la adaptación al cambio climático de los sistemas extensivos de producción bovina.

2 Marco Teórico

2.1 Efecto Invernadero

La atmósfera terrestre es un bien ambiental global. Está constituida por una masa gaseosa de composición homogénea (nitrógeno, oxígeno, argón, vapor de agua y dióxido de carbono, principalmente) que tiene la capacidad de mantener la temperatura promedio de la tierra a través de un fenómeno atmosférico conocido como "efecto invernadero" (CICC, 2007).

Durante este fenómeno, la tierra absorbe radiación solar en la superficie en forma de calor.. Para mantener un balance entre energía recibida y re-emitida, la temperatura de la superficie se eleva para emitir más energía y aunque parte de ella quede atrapada, se emite suficiente cantidad al espacio para alcanzar el balance radiactivo que mantiene relativamente estable el clima (PICC, 1995). Sin embargo, durante los últimos 150 años de industrialización ha aumentado aceleradamente la concentración de GEI (dióxido de carbono, CO_2; metano, CH_4, y óxido nitroso, NO_2, principalmente), superando la capacidad de captura de la biósfera y reduciendo la eficiencia con la cual la tierra re-emite la energía recibida al espacio, acrecentando el proceso natural de "efecto invernadero" (PICC, 1997; Arvizu, 2004).

2.2 Importancia del metano en el calentamiento global

El metano (CH_4) es un gas que se produce a través de procesos anaeróbicos; es químicamente y radiactivamente activo, y junto con el dióxido de carbono y otros GEI, atrapa la radiación infrarroja proveniente del sol, provocando el calentamiento de la tierra; además reacciona con varios componentes atmosféricos incrementando la concentración de GEI, aire tóxico y ozono (Berra *et al.,* 1999). Se le considera el segundo contribuidor más importante del calentamiento global debido a que contribuye con el 18% de las emisiones de GEI antropogénico (Verburg and Van Der Gon, 2001; Mills *et al.,* 2001).

A pesar de tener una vida relativamente corta en la atmósfera comparada con otros GEI (10-12 años para el CH_4 *vs* 120 años para el CO_2), su potencial para el calentamiento global (PCG) es más o menos 24 veces más alto en comparación con el dióxido de carbono (CO_2) (PICC, 1997; Turnbull y Du Charme, 2001 y Carmona *et al.,* 2005), es decir que cada kilo de CH_4 liberado a la atmósfera contribuye al calentamiento global relativo tanto como la emisión de 24 Kg de CO_2 (Cambra-López *et al.,* 2008).

En nuestros tiempos, la concentración de CH_4 en la atmósfera es más del doble que hace 200 años atrás; el principal incremento se dio durante la década de los 90's, pero a un ritmo más alto a partir de 1993 (Berra *et al.,* 1999). Se sabe que hoy en día las concentraciones de CH_4 son inferiores a las del CO_2, sin embargo, cerca de 500 millones de toneladas métricas/año ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales, a este ritmo se espera que el CH_4 contribuya con el 15 al17% del calentamiento global (Carmona *et al.,* 2005; Harper *et al.,* 1999).

2.3 Agricultura, ganadería y emisiones de metano

La ganadería es una fuente de emisión clave ya que produce entre el 15 y 20% de la emisión mundial de CH_4 (Turnbull y Du Charme, 2001). Las emisiones provenientes de la producción de ganado bovino representan el 73% (58 millones de Gg) del total de las emisiones producidas por las especies de animales domésticos (80 millones de Gg) (Jhonson y Jhonson, 1995 y Kurihara *et al.,* 1999; Carmona *et al.,* 2005; Herrero *et al.,* 2008).

En Estados Unidos la ganadería bovina contribuye entre un 21-25% al total de las emisiones de gases/año de origen antropogénico (De Ramus *et al.,* 2003); en España, la contribución de la ganadería a las emisiones de CH_4 supera el 35% de las cuales el 60% son debidas al ganado bovino (Cambra-López *et al.,* 2008); en Perú el ganado bovino contribuye con el 64% del total de CH_4 emitido (Fernández *et al.,* 2007). México ocupa el decimocuarto lugar en el mundo entre los principales emisores de GEI, y en

América Latina ocupa el segundo lugar, después de Brasil.

En nuestro país, las emisiones promedio de CH_4, provenientes de la sección ganadera, en CO_2 equivalente fueron del orden de 34,241 Gg para el periodo comprendido entre los años 1990 y 2002, que equivalen al 88% del total de las emisiones de todo el sector agrícola. Dentro de dicha sección, las emisiones fueron generadas principalmente por el ganado bovino, donde el ganado productor de carne y doble propósito produjeron el 89%, el ganado productor lechero fue el responsable del 10% y los demás animales representaron el 1% restante (Cuadro 1; INE, 2002).

Cuadro 1. Emisiones de metano (Gg CH4/año) en México provenientes de la ganadería durante 1990-2002.

Especie productiva	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Bovino de leche	156.19	161.78	170.01	177.90	190.51	217.92	227.55
Bovino de carne	1551.7	1508.3	1459.5	1384.5	1415.7	1377.2	1414.72
Ovinos	30.03	31.44	33.19	31.78	29.83	31.07	32.98
Cabras	53.73	50.13	52.83	59.26	46.55	44.82	47.01
Caballos	56.81	57.62	58.48	59.39	60.36	61.36	62.41
Mulas y asnos	27.09	26.05	24.95	23.80	22.60	21.35	20.04
Cerdos	25.76	23.33	27.61	26.10	25.37	26.08	25.62
Aves	1.97	2.00	2.79	3.24	3.42	3.65	4.01
Total	1903.3	1.860.6	1829.4	1756	1794.4	1783.4	1834.3

Fuente: INE, 2002

2.4 Sistemas extensivos de producción bovina y su relación con la emisión de metano

La cantidad de emisión de CH_4 varía de acuerdo a las características del sistema de producción ganadero y de las prácticas de manejo empleadas (e.g. el grado de intensificación, estrategias de alimentación), las cuales están influenciados por factores sociales y tecnológicos (e.g. falta de capacitación técnica para los productores rurales, programas de ganadería, entre otros). La distribución y los efectos de las emisiones de

CH_4 varían considerablemente dependiendo de la localización geográfica de la unidad de producción (Von Bernard *et al.,*2007; Herrero *et al.,*2008).

Estudios en Argentina sobre engorda de ganado, mostraron que los sistemas intensivos emiten una menor cantidad de metano por animal y por kg de producto, mientras que los sistemas extensivos n menor cantidad de metano por superficie ganadera, mientras que la emisión por peso vivo producido y por animal aumentó a medida que se utilizó un sistema de producción extensivo (von Bernard *et al.,* 2007).

Ya que los sistemas agropecuarios son el resultado de la interacción compleja de muchos componentes mutuamente dependientes, teniendo como centro del proceso al productor y sus decisiones en cuanto al uso y distribución de la tierra, así como del resto de los aspectos productivos (Sandoval *et al.,* 2007), a continuación se explica la relación que existe entre la emisión de CH_4 y los principales componentes del sistema (el animal, la planta, y el productor).

2.4.1 Componente animal

2.4.1.1 Fermentación entérica

Como consecuencia de la fermentación de los alimentos en el tracto digestivo, el ganado un sub-producto de la fermentación microbiana de los carbohidratos hacia ácidos grasos volátiles el bovino emite gas CH_4 (Cambra-López *et al.,* 2008), (AGV's) (ácido propiónico, butírico y acético), los cuales constituyen la mayor fuente energética para el bovino (65-75% de la energía consumida) (Cambra-López *et al.,* 2008; de Blas *et al.,* 2008).

Durante la fermentación entérica, las bacterias del rumen degradan la celulosa a glucosa, reduciendo el CO_2 y formando CH_4 en el proceso (metanogénesis), siendo el método primario por el que se produce metano en el rumen (von Bernard *et al.,* 2007; de Blas *et al.,*2008; y Herrero *et al.,*2008). La metanogénesis contribuye a la degradación de la pared celular y facilita la eficiencia del proceso digestivo previniendo

la acumulación de hidrógeno (H_2). Si el H_2 se acumula se reduce la fermentación, se forma y acumula lactato, y el crecimiento microbiano y la digestión del forraje disminuyen (Wolin *et al.,* 1997). Además las bacterias metanógenas promueven el crecimiento de otras especies bacterianas y permiten una fermentación más eficaz al mantener en balance la concentración de hidrógeno mediante la formación de CH_4 (Carmona *et al.,* 2005).

Por otro lado, la metanogénesis reduce la eficiencia de utilización de la energía alimentaria al representar una vía para la pérdida de carbono (Jhonson *et al.,* 2002; Galindo *et al.,* 2003). Su emisión representa energía alimenticia que se transforma en gas y no es aprovechada por el animal (Lila *et al.,* 2003). La producción de metano representa una pérdida de energía del alimento debido a que un litro de CH_4 equivale a 39.5 kilo joules (Kj) de la energía en el alimento (Beauchemin y McGinn, 2005) y representa en promedio el 6% de la energía bruta (EB) consumida, considerándose como un elevado valor porcentual (Guan *et al.,* 2006).

2.4.1.2 Productividad animal

En general el número de cabezas que conforman el hato es el factor de mayor importancia para la emisión de CH_4 en escala nacional y regional, y depende, entre otros factores, de la demanda de consumo por el mercado (González y Ruíz-Suárez, 1995). Las variaciones en las emisiones de CH_4 se atribuyen a la productividad animal y están influenciadas por las prácticas de manejo productivo y reproductivo (tamaño y estructura del hato, tipo de crianza, estrategias nutricionales y reproductivas, función zootécnica, genotipo animal, entre otros) (Sosa-Rubio *et al.,* 2004; Cambra-López *et al.,* 2008). Las poblaciones de animales más productivos emiten menor cantidad de CH_4 en comparación con las poblaciones de animales poco productivos ya que los primeros son más eficientes en la utilización de la energía, debido a que la cantidad de CH_4 emitido por unidad de producto obtenido es menor. Esto significa que con animales más eficientes desde el punto de vista de utilización de los alimentos se requiere menor cantidad de animales para producir y satisfacer la demanda de mercado (Montenegro y Abarca, 2001). En los sistemas pastoriles, la producción de CH_4 por unidad animal es

generalmente mayor debido a los bajos niveles de productividad que presenta el animal (Mc Crabb, 2000).

La eficiencia reproductiva del animal (edad a la pubertad, edad al primer parto, intervalo entre partos, porcentaje de concepción, entre otros) influye sobre la cantidad de metano emitida, ya que determina la estructura y el tamaño del hato así como la cantidad de alimento a utilizar para producir una determinada cantidad de crías en un determinado periodo de tiempo (Berra *et al.,* 2000). Por ejemplo, el intervalo entre partos repercute sobre la estructura del hato ya que a medida que éste se prolonga también lo hace el periodo de destete (Córdova-Izquierdo y Pérez-Gutierrez, 2002), influyendo sobre los cambios en la tasa de animales en destete y animales en crecimiento destinados para sacrificio (Hunter and Niethene, 2009). El tipo de empadre también tiene un papel importante ya que es una de las prácticas más importantes para mejorar la productividad del hato; una época de monta restringida es más favorable que la presencia permanente de toros con las vacas, ya que de esta manera se puede controlar el periodo de pariciones y lograr que éste vaya de acuerdo con un periodo de abundancia de forrajes (Córdova-Izquierdo y Pérez-Gutiérrez, 2002). Uno de los factores limitantes en la producción bovina bajo sistemas de monta natural, lo representa la baja eficiencia productiva, por lo cual el toro es un factor de vital importancia en el dinamismo del proceso (Sandoval *et al.,* 2007).

Respecto a la productividad del animal (ganancia de peso y producción de leche), Hunter y Niethene (2009) mencionan que en bovinos para carne la tasa de crecimiento o ganancia de peso está relacionada con el tipo de crianza y que ésta repercute sobre el tiempo en que los animales en desarrollo permanecen en la unidad de producción y en el número de días de alimentación, determinando así la duración del periodo de engorde; por lo tanto si las ganancias de peso son bajas, el periodo de engorde y la cantidad de alimento necesario para cubrir los requerimientos de mantenimiento y de producción aumentan, y la cantidad de CH_4 emitido se prologa en relación al tiempo de engorde. Estos mismos autores mencionan que mantener vacas que no producen un becerro por año no es una práctica redituable, ya que consumen alimento y producen

metano sin contribuir a la productividad del hato bovino productor de carne (Hunter and Niethene, 2009).

Respecto al genotipo animal, Boadi y Wittenberg (2001) reportan que las pérdidas energéticas como CH_4 son más altas en animales cruza Holstein-Fresian x Harian que las Holstein x Fresian, esto se atribuye al hecho de que las cruzas de ganado lechero indígena tienen una mayor capacidad gastrointestinal que la Holstein/Fresian, resultando en un tiempo de retención en rumen mayor y una mayor producción de CH_4.

2.4.1.3 Consumo de alimento

El mantenimiento del animal, el aumento de peso y la producción de carne y/o leche dependen en gran medida del consumo de alimentos, el cual depende del apetito del animal, variando de acuerdo con la edad y sus diferentes estados fisiológicos (Araujo-Febres, 2005).

El consumo de energía bruta (EB) está determinado por la demanda de energía de los animales, al tipo de producción bovina (carne y/o leche) (Carmona *et al.,* 2005) y es directamente proporcional al peso y edad del animal (Jungbluth *et al.,* 2001; De Ramus *et al.,* 2003; Graigner *et al.,* 2008 y Herrero *et al.,* 2008). De Blas *et al.* (2008) mencionan que la cantidad de CH_4 varía linealmente con el peso del animal expresado sobre peso metabólico.

Los animales más jóvenes presentan tasas de conversión de CH_4 menores que los animales adultos debido, por un lado, al menor número y actividad de microorganismos ruminales encargados de la fermentación (Cámbra-López *et al.,* 2008), y por el otro a que el rumen y los procesos fermentativos se desarrollan con la edad, de forma que son mínimos en rumiantes lactantes, y alcanzan después del destete una tasa proporcional a su tamaño (De Blas *et al.,* 2008). La eliminación de CH_4 vía eructo inicia aproximadamente a las cuatro semanas de vida, cuando los alimentos sólidos empiezan a ser retenidos en el retículo-rumen, aumentándose la fermentación y la

producción de gases a medida que el retículo-rumen se va desarrollando (Carmona *et al.,* 2005).

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que en los animales bajo pastoreo influye la selección del material a consumir. Los animales son capaces de escoger una dieta equilibrada si se les permite seleccionar entre varios alimentos (Araujo-Ferbes, 2005).

El patrón de consumo de los forrajes está influenciado por la capacidad de selección que caracteriza al ganado bovino en pastoreo (Macedo *et al.,* 2008). El consumo de forraje en animales en pastoreo está controlado por la selectividad y disponibilidad de forraje (Mejía, 2002). La poca cantidad de hoja disponible, la pobre calidad de la misma, así como su baja relación con las otras partes de la planta y con el material muerto limitan el consumo de forraje (Macedo *et al.,* 2008).

La cantidad de CH_4 emitido aumenta con la cantidad de alimento consumido, aunque la tasa de producción por kg de alimento consumido puede disminuir al aumentar el nivel de alimentación (Cambra-López *et al.,* 2008). Debido a que al aumentar la ingestión de materia seca (MS) se acelera la tasa de pasaje del alimento y disminuye el tiempo disponible para la fermentación ruminal.

Tanto la cantidad, como la calidad del forraje consumido repercuten sobre los parámetros productivos (ganancias de peso, producción de leche, patrones de consumo, comportamiento de los animales en pradera) y reproductivos del ganado (edad a la pubertad, edad al primer parto, intervalo entre partos, porcentaje de concepción, entre otros) (Sosa-Rubio *et al.,* 2004; Araujo-Ferbes, 2005).

2.4.2 Componente vegetal

Las características físico-químicas de la dieta tienen un gran efecto en la producción de metano entérico a nivel global, debido a que la eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados en el rumen varía dependiendo del tipo y calidad de la dieta (Carmona *et al.,* 2005). La calidad nutricional de los forrajes está determinada por la

interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente, incidiendo sobre su composición físico-química (Lemus, 2008) que se refleja en diferentes tasas de consumo alimenticio, principalmente en el consumo de energía (González y Ruíz-Suárez, 1995; Boadi y Wittenberg, 2001); sin embargo, el valor nutritivo de los forrajes no solo está en función del ambiente donde se desarrollan los sistemas de producción ganadera sino también está determinado por las prácticas de manejo empleadas (Lovett *et al.,* 2005; Piñares-Patiño *et al.,* 2007). La digestibilidad y el consumo de alimento solo explican un 36% de la variación de la producción de energía en forma de metano. La mayor parte de las emisiones de CH_4 por fermentación entérica se deben principalmente al tamaño de la población bovina (De Blas *et al.,* 2008).

2.4.2.1 Digestibilidad del forraje

La digestibilidad del forraje es el factor que tiene mayor incidencia sobre la emisión de CH_4 (Leng, 1993) debido, por un lado a que la eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados depende de la calidad de la dieta forrajera (% digestibilidad) (Carmona *et al.,* 2005) y por otro a que influye sobre el consumo alimenticio (Cangiano, 1996).

El tipo, la cantidad y la tasa de fermentación de los carbohidratos contenidos en los forrajes y su relación con los ácidos grasos volátiles (AGV's) son los principales componentes que determinan la producción de CH_4 (Rojo *et al.,* 2000; Montenegro y Abarca*,* 2001; Ondongo *et al., 2*007; y Herrero *et al.,* 2008). Los carbohidratos influyen sobre la digestibilidad del forraje afectando el balance entre la tasa de fermentación y la tasa de pasaje, incidiendo directamente sobre el nivel de consumo, la frecuencia de alimentación y la eficiencia de conversión alimenticia (Holter and Young, 1992; Leng, 1993).

Dentro de los carbohidratos, los estructurales son los más difíciles de digerir (Holter y Young, 1992) ya que, el grado de lignificación dificulta la tasa de digestión y la tasa de pasaje durante la fermentación del alimento (Boadi y Wittenberg, 2001 y De Blas *et al.,* 2008) Esto ocasiona que la actividad microbiana a nivel ruminal sea limitada,

ocasionando bajas tasas de ganancia de peso, un consumo limitado de nutrientes digestibles totales y una reducción en la eficiencia de utilización del alimento. En las regiones tropicales es común disponer de fuentes forrajeras con altos porcentajes de lignificación y bajas tasas de digestibilidad. Muchos forrajes se caracterizan por contener entre el 80-85% de la energía en forma de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina, principalmente) (Montenegro, 2001; Lovett et al, 2005), muy bajos niveles de nitrógeno y altos niveles de lignificación que interfieren con la digestibilidad del alimento y con el aprovechamiento de los nutrientes (Cárdenas *et al.,* 2003), eso pasa por que en gran medida porque los forrajes no son aprovechados en sus momentos óptimos de crecimiento y concentración de nutrientes La madurez del forraje también está asociada a la emisión de CH_4 (Farias-Marmol *et al.,* 2006).

La presencia de altas temperaturas acelera la tasa de maduración del forraje aumentando significativamente el contenido carbohidratos estructurales, reduciendo el consumo y la digestibilidad de la materia seca (Farias-Marmol *et al.,* 2006). Se ha indicado que las gramíneas de clima tropical (C_4), son en promedio, 13% menos digeribles que las gramíneas de clima templado. Esta diferencia se ha atribuido a temperaturas ambientales más altas y a diferencias anatómicas (relación hoja:tallo en las partes vegetativas (Sandoval, 2007). Las características de las gramíneas tropicales tienen implicaciones importantes sobre su valor nutritivo, las C_4 son fotosintéticamente más eficientes y tienden a exhibir una mayor acumulación de materia seca pero un menor valor nutritivo (Estrada 2001). La alta tasa de conversión de CH_4 en forrajes tropicales se asocia con un bajo consumo de energía metabolizable, debido a la baja utilización de la materia seca (MS) (Kurihara *et al.,* 1999 y González-Avalos y Ruíz-Suárez, 2001).

2.4.2.2 Manejo de la pradera

El manejo de la pradera es un factor muy importante en unidades de producción donde la base de la alimentación es pastoril (Berra *et al.,* 1999). La eficiencia con que la materia seca producida se convierte en producto animal, está determinada en gran

parte por el sistema de pastoreo utilizado. El pastoreo modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y afecta los procesos relacionados con el ciclo de nutrientes y la producción vegetal de las áreas del pastizal (Echavarría *et al.,* 2007). El tipo de pastoreo se asocia a los niveles de productividad del animal (PICC, 1997) y determina el grado de productividad y calidad de los forrajes (Berra *et al.,* 1999).

De Ramus *et al.* (2003) reportaron mayores emisiones de CH_4 con sistemas de pastoreo continuo, baja disponibilidad forrajera y gramíneas de baja calidad nutricional; las menores emisiones se observaron bajo sistemas de pastoreo rotacional con praderas mejoradas, fertilización y con alta disponibilidad de forraje (Carmona *et al.,* 2005). Esto se debe a que el pastoreo rotativo permite la utilización progresiva del recurso forrajero y da tiempos de descanso y utilización del forraje en sus momentos óptimos de calidad, antes de madurar (De Ramus *et al.,* 2003), por el contrario el pastoreo continuo da lugar a que el animal seleccione el material y desperdicie el restante y de esta manera las emisiones de CH_4 se incrementan y la productividad no es toda la que se puede obtener.

El periodo y la intensidad de pastoreo también juegan un papel importante en la emisión de metano. A medida que se incrementa el tiempo de pastoreo, la calidad del forraje tiende a disminuir y ocasiona una reducción en el consumo de alimento (De Ramus *et al.,* 2003). La intensidad del pastoreo afecta a la producción animal, y a la producción y composición del pastizal; tanto el sobrepastoreo como el sub pastoreo son perjudiciales para la pastura (Faria-Marmol, 2006). La sub-utilización de la pastura resulta inevitablemente en un incremento en el total de cabezas bovinas por unidad de superficie (Hunter y Niethene, 2009) y es común de observar en la ganadería tropical de México.

2.4.2.3 Especie y edad del forraje

La magnitud de la cantidad de CH_4 emitida también varía según la edad y especie del forraje ofrecido (Kurihara *et al.,* 1999; Montenegro y Abarca, 2001; Murray *et al.,* 2001),

esto se explica con base en los cambios en el consumo de alimento, recordemos que la cantidad de CH_4 emitido está en respuesta al tipo y a los cambios estructurales del forraje (Lovett *et al.,* 2005). Cuando en la dieta de los bovinos en pastoreo se dispone de leguminosas, se mejoran los parámetros productivos con una disminución en la emisión de CH_4 (Carmona *et al.,* 2005); sin embargo, en los sistemas de producción bovina en el trópico, el pastoreo se hace con gramíneas nativas o introducidas las cuales presentan deficiencias en la calidad nutricional siendo insuficientes para satisfacer los requerimientos alimenticios para mantenimiento y producción, reflejado en la baja productividad animal (Bernal *et al.,* 2008). Contar con la especie adecuada es base fundamental para un manejo exitoso del recurso forrajero, ya que permite superar las limitantes ambientales, resistencia a plagas y enfermedades, brindar altos rendimientos, buena producción de semillas y principalmente un adecuado valor nutritivo (Faria-Marmol, 2006).

La edad del forraje al rebrote es un factor que influye sobre la emisión de metano; Montenegro y Abarca, (2001) observaron que se emite una menor cantidad de CH_4 con estrella africana (*Cynodon nlemulfensis*) y brachiaria (*Brachiaria brizantha*) (75 kg/año para ambas especies) cuando estas tienen una edad de rebrote de 28 días, esto se explica por el hecho de que con edades mayores y menores de 28 días esta especie disminuye la calidad nutritiva (especialmente proteína cruda y carbohidratos solubles).

Para la ganadería basada en forrajes tropicales, la producción de metano representa una pérdida de energía de entre 2-12% del total de la energía consumida en el alimento; sin embargo, cuando la alimentación es con forrajes de baja calidad la producción de CH_4 se incrementa y puede llegar a representar entre el 15 y 18% de la energía digestible (Carmona *et al.,* 2005 y Herrero *et al.,* 2008); mientras que el rango en clima templado oscila entre 3.5 y 7.5% (Boadi y Wittenberg, 2001)

En los sistemas extensivos de producción bovina, la proporción de energía bruta (EB) que se pierde en forma de CH_4 también es afectada por la composición botánica de la dieta forrajera (Cambra-López *et al.,* 2008). El consumo o utilización del forraje y la

producción animal están relacionados con la cantidad de especies forrajeras presentes en la pradera. A medida que se incrementa la composición de la masa forrajera del pastizal, la calidad de la dieta es mayor y se asume una disminución en las emisiones de CH_4 (Murray *et al.,* 2001). Se han reportado niveles de consumo voluntario mayores en pasturas con base en leguminosas comparadas con gramíneas (Montenegro y Abarca, 2001). Por otro lado, Faria-Marmol (2006) menciona que en el trópico los niveles de productividad animal son inferiores a los obtenidos en pasturas de zonas templadas, debido en gran medida a que la estructura de la pastura tropical ofrece una densidad menor de hojas verdes que afecta la eficiencia de cosecha por parte del animal ocasionando un menor consumo de proteína y energía.

De ahí que una pobre nutrición contribuye al incremento de los niveles de emisión de CH_4 y de que países con pocas limitaciones alimentarias para sus ganados reporten datos de menores emisiones de CH_4 y mayores eficiencias energéticas (Montenegro y Abarca, 2001; Herrero *et al.,* 2008).

2.4.3 Componente social

El centro del proceso de producción bovina está basado en las decisiones y posibilidades de cada productor, respecto al uso y la distribución de la tierra, y de los demás aspectos productivos (Sandoval *et al.,* 2007). Dando origen a diversos sistemas extensivos de producción bovina (Costas *et al.,* 2004) que en general se caracterizan por presentar hábitos y costumbres dañinas cuyos resultados promueven la degradación ambiental (Fernández, 2007ª). La falta de prácticas de manejo apropiadas en los sistemas extensivos de producción bovina, ha impedido a los productores la utilización eficiente de los recursos forrajeros disponibles (Macedo *et al.,* 2003), a pesar de que existe un amplio conocimiento local sobre los recursos forrajeros y su utilización (Velasco, 2001).

Para las comunidades rurales los bovinos representan una especie de capital permanente y es una estrategia que tienen para tener acceso a capital (López-Carmona *et al.,* 2001 y Santillán-Alemán *et al., 2*007). La ganadería funciona como una

caja de ahorro donde es posible invertir los excedentes agrícolas de una manera segura, además de ser una actividad redituable de bajo riesgo, con requerimientos de inversión casi nulos y sobre todo con la posibilidad de llevarse a cabo en terrenos no aptos para la agricultura (Isacc-Márques *et al.,* 2008).

Las respuestas campesinas están influenciadas de manera significativa por los programas de apoyo y financiamiento (Isacc-Márques *et al.,* 2008). Los apoyos económicos que los productores reciben por parte del gobierno han orillado a que la ganadería se haya consolidado como la más importante del sureste de México (Gamboa-Mena *et al.,* 2005). En donde la mayor capacidad de acumulación de cabezas de ganado bovino permite a las comunidades rurales estar en el centro de la actividad productiva más dinámica de la región, que es la producción de bovinos (Montoya *et al.,* 2006), y por lo tanto están considerados como los animales domésticos más importantes desde el punto de vista económico (Román-Ponce, 1999).

En Chiapas, las políticas de desarrollo implementadas han impulsado una ganadería a través de un modelo extensivo con un fuerte impacto ecológico. Su crecimiento y rentabilidad se han fundado en la extensión de la superficie de pastoreo (Villafuerte y García (1997). Esta situación ha ocasionado que la ganadería sea considerada como causante directo del deterioro de los recursos naturales (López-Carmona *et al.,* 2001) ya que ha extendido su superficie afectando principalmente a las áreas selváticas de la región Selva y el Norte del estado de Chiapas (Jiménez, 2000). Reyes *et al.,* (2003) mencionan que la práctica de pagar subsidios por ha/año, conduce a muchos campesinos a quemar o desmontar sus parcelas sólo con el objeto de recibir el subsidio, provocando un mayor deterioro de tierras. No obstante la extensión de las prácticas ganaderas, se presentan limitaciones en el sistema.

Muchas de las limitaciones en la ganadería son de origen tecnológico (Berra *et al.,* 1999), también la falta de organización limita a los productores y constituye una barrera para llegar al mercado nacional, y no les queda más que vender en los mercados municipales y/o con los intermediarios (INEGI, 2007). Otra limitación importante, para

impulsar la reconversión ganadera ha sido la ausencia de mano de obra, pues los jefes de familia se han quedado como única fuerza de trabajo, debido a la emigración de los jóvenes (Isacc-Márques *et al.,* 2008). Sin embargo, existen prácticas agrícolas ancestrales, como lo es el uso del follaje arbóreo en la alimentación animal que ha sido del dominio de productores, quienes de forma tradicional han venido aprovechando este recurso (Jimenez, *et al.,* 2000).

2.5 Características de la ganadería en el sureste de México

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas a nivel rural y ha representado una competencia por el uso de la tierra y los recursos naturales, desarrollándose en una superficie de 113.8 millones de hectáreas (ha), que representan el 58% del territorio nacional (Gamboa-Mena *et al.,* 2005).

La región sureste de México se ha consolidado como la zona ganadera más dinámica y de mayor expansión, en ella se ubica la mayor parte del inventario nacional; en cuanto a la productividad, se ha convertido en la zona proveedora de becerros para engorda y finalización en corrales nacionales y de carne en canal para abasto (Gamboa-Mena *et al.,* 2005). Sin embargo, la producción de bovinos se da en un escenario de baja productividad, expresada en baja carga animal, bajos índices de producción animal (litros de leche o kg de carne/ha/año) resultando en una reducida contribución a la capitalización y al empleo rural (Murgüeito e Ibrahim, 2004). En el estado de Chiapas, la baja productividad pecuaria se debe principalmente a la disminución del potencial de los recursos forrajeros debido a la baja fertilidad o erosión de los suelos, causados por la deforestación (Ortiz-Espejel y Toledo, 1998)

3 Justificación

El mayor impacto que tiene el cambio de uso de la tierra hacia pasturas, además de la deforestación, es la emisión de CO_2, CH_4 y NO_2 hacia la atmósfera (McCaughey *et al.,* 1999). A pesar de que el CO_2 está considerado como el GEI más importante, las concentraciones de CH_4 atmosférico aumentan rápidamente. Esta situación ha despertado interés desde que se sabe que el CH_4 es más eficiente en retener calor y que es posible que en un futuro se vuelva el gas dominante (McCaughey *et al.,* 1999).

Actualmente la concentración promedio de CH_4 en la atmósfera es de 1720 partes por billón (ppb), más del doble que en la época pre-industrial (700 ppb) (Moss *et al.,* 2000); a partir de la revolución industrial las concentraciones de este gas se han incrementado un 15% (Arvizu, 2004). Durante la década de 1980-1990 la cantidad de CH_4 atmosférico aumentó al rededor de 18 ppb (Moss *et al.,* 2000). Durante la década de 1994-2004 las concentraciones se han incrementado a una tasa del 0.7 % (12ppb/año).

La emisión de CH_4 por parte de los sistemas extensivos de producción bovina está considerada como un fuerte contribuidor en varios escenarios relacionados con el calentamiento global, ya que las tierras de pastoreo cubren 32 millones de Km^2 (más de un cuarto de la superficie terrestre y más de la mitad de la tierra dedicada a la agricultura) y representan el uso de suelo más distribuido por el hombre, aunque con un manejo menos intensivo en comparación con otros sistemas de producción animal (Von Bernard *et al.,*2007; Smith *et al.,*2008).

En el trópico mexicano, la ganadería es una de las principales actividades productivas y forma parte de la estrategia de sobrevivencia de muchas comunidades rurales y juega un papel central en la capitalización de las familias; sin embargo, se ha expandido bajo un modelo extensivo basado en el incremento del número de animales/unidad de tierra con baja productividad (Ortiz y Espejel, 1998; Carmona *et al.,* 2005). En el estado de Chiapas, la ganadería continúa siendo uno de los pilares de la economía estatal y abastece a mercados locales, nacionales e internacionales; ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en inventario bovino y el tercero en producción, y genera unos 56 mil

empleos permanentes. Sin embargo, los bajos márgenes de utilidad por unidad de tierra en pastoreo han dado pie a prácticas de manejo que han ocasionado graves perjuicios a la vegetación, al suelo y en general a la base natural de la producción (Santillán-Alemán *et al.,* 2007).

De las nueve regiones socioeconómicas en que se divide el estado de Chiapas, la región Selva se distingue por ser una de las regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad de México, por contar con escasos servicios públicos, insuficiente infraestructura productiva y tasas elevadas de cambios en el uso del suelo ocasionados principalmente por la expansión de la frontera pecuaria, afectando principalmente las áreas naturales protegidas como la Reserva de la Biosfera Montes Azules (Santillán-Alemán *et al.,*2007).

A pesar de la creciente necesidad por frenar la frontera pecuaria a través del incremento de la productividad animal por unidad de superficie, y un reciente interés en reducir el calentamiento global a través de la reducción de las emisiones de CH_4 por parte del sector agropecuario; no existe información precisa sobre la cantidad de metano que emiten los bovinos producidos en sistemas de pastoreo extensivo en Chiapas, ni sobre cuáles son las prácticas ganaderas que contribuyen a dichas emisiones.

Los estudios ligados a las emisiones de CH_4 en sistemas extensivos de producción bovina, son necesarios para comparar las prácticas tradicionales de manejo y las mejoradas; además la cuantificación de la tasa de emisión de CH_4 proveniente de los bovinos consumiendo diferentes forrajes y bajo diferentes sistemas de manejo provee información para mejorar la eficiencia del sistema (DeRamus *et al.* 2003). La posibilidad de limitar las emisiones de CH_4 a través del mejoramiento del manejo de los sistemas extensivos provee beneficios económicos y medio-ambientales, por lo que la ciencia animal ha enfocado sus investigaciones en proveer estrategias de mitigación con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto (Ellis *et al.,* 2001).

4 Objetivos

Identificar las principales características técnicas, sociales y ambientales de la ganadería bovina en la Selva Lacandona, Chiapas México.

Conocer la dinámica de la población bovina durante el periodo 2000-2007 y su relación con las emisiones de metano

Estimar las emisiones del metano provenientes de la ganadería bovina en la región Selva y en sus sub-regiones durante el periodo 2000-2007.

5 Preguntas de investigación

¿Cuál es el patrón de emisiones de metano de la ganadería bovina en la región Selva y de sus subregiones?

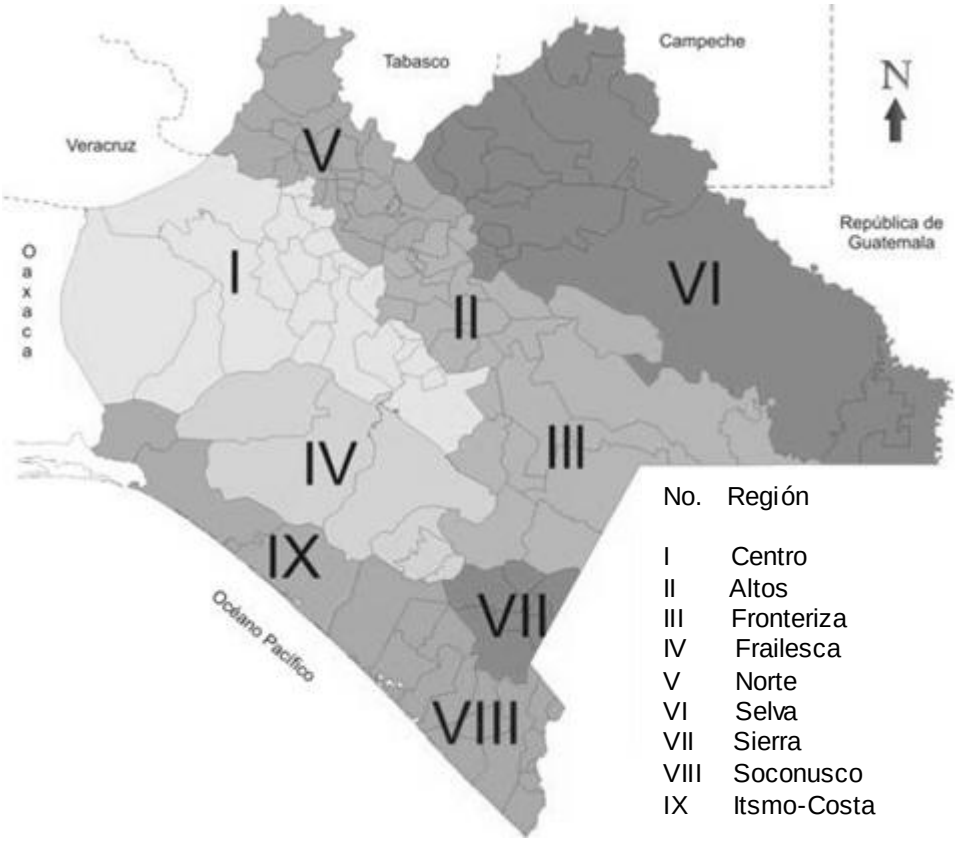
¿Cuáles son las prácticas de manejo de la ganadería bovina que podrían estar contribuyendo al incremento de la cantidad de metano emitida en la Selva?

6 Metodología

6.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la Región Económica VI Selva que se localiza en el extremo oriental del estado de Chiapas (Figura 1).La región cuenta con una superficie de 957,240 hectáreas y representa aproximadamente el 13% del territorio estatal (PMRBMA, 2000). En esta región se ubica la selva Lacandona, la cual representa el 66% de las selvas tropicales en el estado de Chiapas y comprende alrededor del 10% de los recursos selváticos del país; está considerada como uno de los macizos forestales más importantes de Mesoamérica en términos de diversidad biológica y regulación climática, y constituye una de las zonas con mayor superficie de selvas tropicales que se mantienen en la actualidad en México.

Figura 1. Mapa de las regiones socioeconómicas del estado de Chiapas



Fuente: http://www.e-local.gob.mx

6.1.1 Características ecológicas

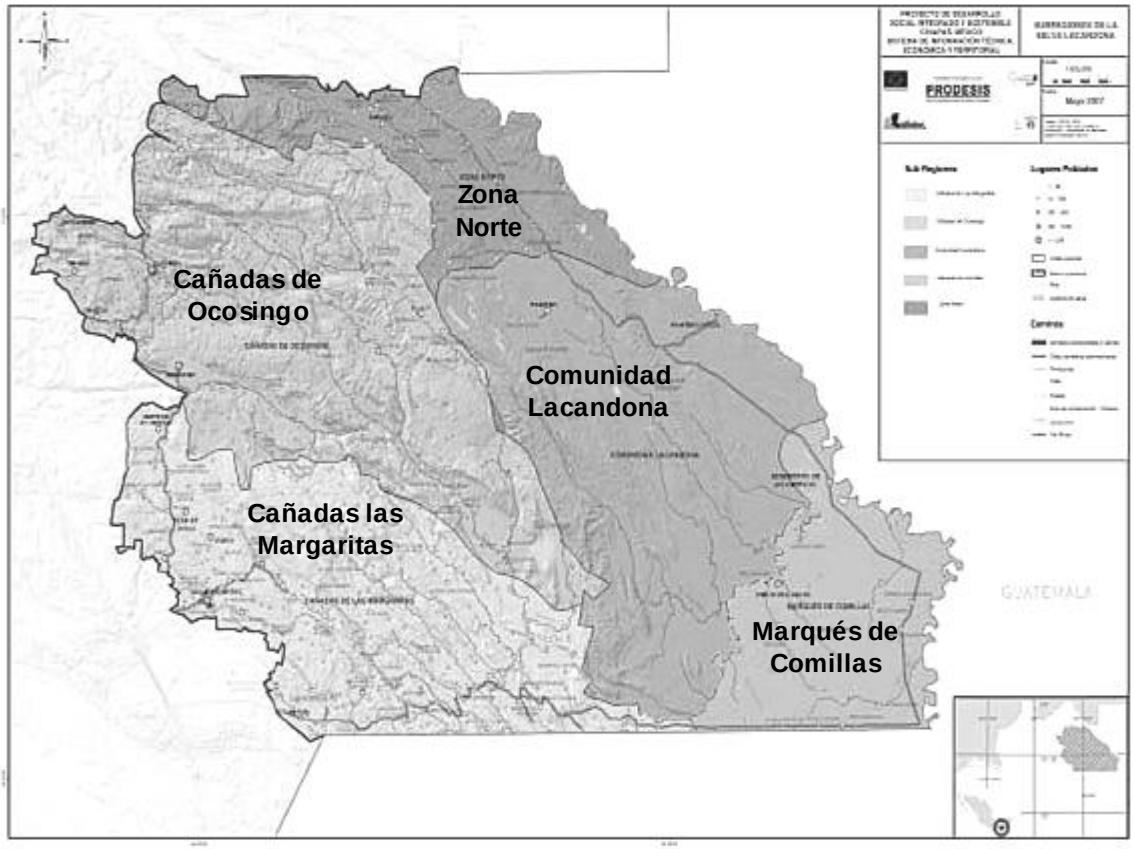
La región de estudio se caracteriza por presentar condiciones climáticas húmedas, cálidas y semi cálidas, predominando el clima cálido húmedo con una temperatura media anual superior a los 22°C, y con baja oscilación térmica anual. Las lluvias alcanzan valores anuales de 1,500 mm hasta los 3,000 mm.

Los tipos de vegetación presentes en la región son: selva alta perennifolia, selva mediana perennifolia, selva baja, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque ribereño, jimbales y sabanas (Velasco, 2001). Los tipos de vegetación secundaria o perturbada más frecuentes son los pastizales dedicados a la ganadería extensiva, de bajos rendimientos y que han arrasado rápidamente el Norte y Occidente de la región. También son muy frecuentes los acahuales en diversas etapas de regeneración que son resultado del sistema agrícola tradicional de roza-tumba-quema, para la siembra de maíz y chile (PMRBMA, 2000).

6.1.2 Características sociales

La región Selva está conformada por más de un millar de localidades, tomando en cuenta rancherías, ejidos, comunidades y pequeñas propiedades. El conjunto de procesos de índole sociopolítica, de uso de suelo, de inmigración, de reparto agrario y del decreto de la Reserva de la Biosfera Montes Azules (REBIMA), han definido una estructura regional donde es posible reconocer cinco sub regiones (Cañadas Ocosingo, Cañadas de las Margaritas, Marqués de Comillas, Comunidad Lacandona y Zona Norte) (Figura 2), en donde se distribuyen un total de 14 cabeceras municipales (PMRBMA, 2000), cuyo patrón de conformación espacial y cultural se ha diferenciado debido a las características de los flujos migratorios y al origen tan diverso de los pobladores, existiendo zonas donde la población es en su gran mayoría indígena cuya producción mercantil se orienta al autoabasto; hasta zonas con mayor presencia de población mestiza y un mayor desarrollo del criterio mercantil en las estrategias de producción social (Muench s/a)

Figura 2. Mapa de las sub regiones de la región socio económica VI Selva



Fuente: Muench, s/a

6.2 Metodología PICC para estimar las emisiones de metano por fermentación entérica

Las estimaciones de metano por fermentación entérica se calcularon para las poblaciones del estado de Chiapas y de cinco municipios que representaron a la región Selva en un periodo de ocho años (2000-2007; Figura 1 y 2); también se estimaron las emisiones de acuerdo a la función zootécnica y etapa fisiológica del animal (Cuadro 2).

Para estimar la cantidad de CH_4 por fermentación entérica emitida, se utilizó la metodología propuesta por el Panel Internacional de Cambio Climático (PICC, 2006). Esta metodología calcula las emisiones a través de multiplicar el número de animales

que emiten CH_4 por un factor de emisión (kg/CH_4/año, ecuación 1). Para estimar las emisiones totales se suman las emisiones de las diferentes categorías de animales (ecuación 2)

Ecuación 1. Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado

En donde:

Emisiones= emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH_4/año

$FE_{(t)}$= factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH_4/cabeza/año

$N_{(t)}$= la cantidad de cabezas de ganado de la etapa fisiológica/función zootécnica T del país

t= etapa fisiológica/función zootécnica

Ecuación 2. Emisiones totales por fermentación entérica del ganado

En donde:

Total $CH_{4\ \text{entérica}}$= emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH_4/año

E_i= emisiones de las *i* categorías y subcategorías de ganado

Para utilizar esta metodología fue necesario contar con datos sobre los censos de población bovina de los años 2000 al 2007. Esta información fue proporcionada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), dependencia perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por ser la institución federal que contó con los datos más detallados. Con estos datos se pudo calcular la población anual promedio (cabezas/año) y la tasa de crecimiento anual (TCA), además permitió conocer su estructura a través de la categorización de la población bovina de acuerdo a la función zootécnica y a la etapa fisiológica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de la población bovina de acuerdo a la etapa fisiológica y la orientación productiva

Función Zootécnica		Bovinos de carne	Bovinos de leche
Etapa fisiológica	Animales en crecimiento	Becerros (0-3 años) Becerras (0-3 años) Vaquillas Novillos Toretes	Becerras (0-3años) Vaquillas
	Animales adultos	Vientres Sementales Bueyes	Vientres Sementales

Fuente: SIAP, 2009

Debido a que la metodología PICC consta de varios niveles de complejidad, constituye una buena práctica seleccionar el método para estimar las emisiones de metano por fermentación entérica según el árbol de decisiones mostrado en la figura 3.

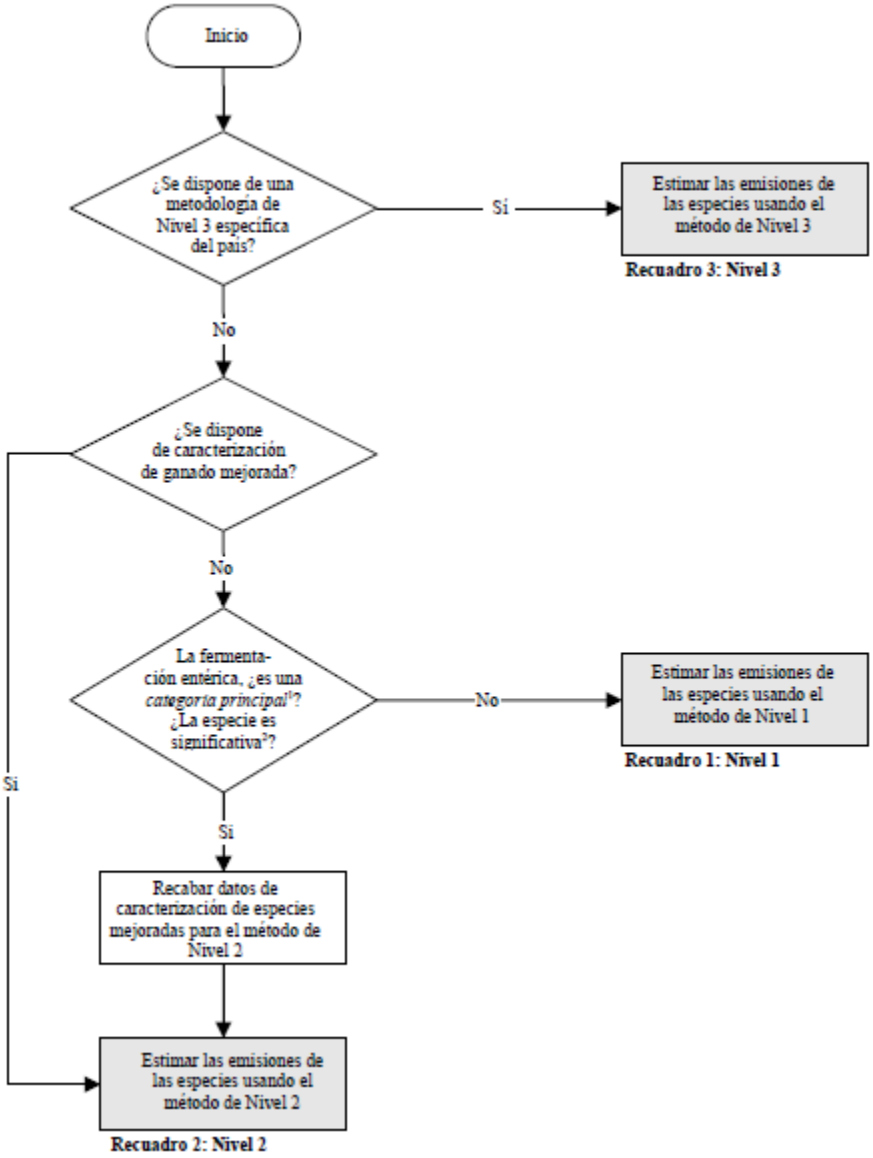
De acuerdo a este árbol de decisiones, se utilizó el Nivel 1 para calcular las emisiones a nivel estatal y regional, ya que es un método simplificado que se basa en factores de emisión (FE) por defecto propuestos por el PICC, y fue el método más apropiado a utilizar, debido a que no se disponen datos de caracterización mejorados sobre los sistemas ganaderos en el estado (PICC, 2006).

En este método, los FE utilizados correspondieron a sistemas extensivos en países de América Latina, en donde se estima que los bovinos productores de leche emiten 63 kg CH_4/año y los bovinos productores de carne 57 kg CH_4/año (PICC, 2006).

En el caso de las estimaciones de metano para la población bovina de la región Selva, se utilizó el método Nivel 2, ya que la fermentación entérica de animales representa una gran parte de las emisiones totales en Chiapas. Con este método se calcula el factor de emisión, y se requieren datos detallados y específicos de la Selva en cuanto a consumo de energía bruta y a factores de conversión de metano *(Ym)* para categorías

específicas de ganado (PICC, 2006). Sin embargo, debido a que no se disponen de datos sobre el *Ym* específicos para la región de estudio, se utilizaron los valores propuestos por el PICC. Los cálculos sobre los requerimientos energéticos calculados para de los bovinos de la región Selva se muestran en el anexo 1.

Figura 3. Árbol de decisiones propuesto por la Guía de buenas prácticas del PICC para la selección de la metodología para calcular las emisiones de metano (CH_4)



Fuente: PICC,2006

Para estimar la cantidad de energía (MJ/día) que necesita un animal para su mantenimiento y para actividades tales como el crecimiento, lactancia y preñez, es necesario contar con datos sobre el comportamiento y la dieta animal (PICC, 2006). Los datos sobre comportamiento animal fueron tomados de la literatura existente y son específicos para los sistemas extensivos de producción bovina (Jiménez, 2000; Cuadro 3); para obtener los datos sobre la dieta animal (% digestibilidad) fue necesario identificar el tipo de forrajes predominantes en los municipios de estudio, a través de caracterizar los sistemas de producción bovina en el área de estudio.

Cuadro 3. Datos sobre comportamiento animal, necesarios para realizar las estimaciones de CH_4 en la Selva

	Becerro	Becerra	Novillo	Vaquilla	Vientre	Semental	Torete	Buey
Peso vivo, kg	150	140	270	250	405	400	320	370
Peso metabólico (PV)0.75	42.86	40.70	66.61	62.87	90.28	89.44	75.66	84.36
Peso corporal de un adulto, kg	500	500	500	500	500	500	500	500
Aumento de peso, g/d	0.175	0.175	0.12	0.12	0.175	0.175	0.175	0.175
Pérdida de peso por lactancia, g/d	0	0	0	0	0.15	0	0	0
Producción de leche, litros/d	0	0	0	0	8	0	0	0
Grasa en leche, %	0	0	0	0	4.2	0	0	0
Consumo de materia seca, kg/MS/día	4.5	4.2	8.1	7.5	12.15	12	9.6	11.1
Horas labor/día	0	0	0	0	0	0	0	8

Jiménez, 2000

6.2.1 Caracterización de los sistemas de producción bovina en la región Selva

La caracterización de los sistemas de producción bovina permitió conocer los forrajes que conformaron la dieta animal para determinar el FE (ecuación 3) no solo sirvió para conocer los forrajes de mayor uso en la alimentación animal y poder calcular el FE , también se utilizó para identificar las principales características técnico-sociales de los sistemas de producción bovina (manejo animal, manejo del potrero, estrategias de alimentación) que podrían estar contribuyendo a las emisiones de CH_4 por parte de la ganadería en la región.

Ecuación 3. Factor de emisión de metano por fermentación entérica de una categoría de ganado

En donde:

FE= factor de emisión, kg CH_4/cabeza/año

EB= consumo de energía bruta del alimento, MJ cabeza/día

Ym= factor de conversión de metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg CH_4) es el contenido de energía del metano

Se entrevistaron a 149 productores distribuidos en 13 comunidades de importancia ganadera, las entrevistas fueron de carácter semi estructurado (Vela, 1999; Anexo 2). El número de participantes dependió de la disponibilidad de los productores y las comunidades ganaderas se seleccionaron a partir de su previa participación en los proyectos Scolel Té de la Cooperativa Ambio y en el Proyecto de Desarrollo Social Integrado y Sostenible en la Selva Lacandona (PRODESIS); estas comunidades representaron 5 municipios de importancia ganadera Palenque, Ocosingo, Marqués de Comillas, Corozal-Echeverría y Benemérito de las Américas (Figura 2), a su vez estos municipios representaron a las tres sub regiones de mayor importancia ganadera (Las Cañadas, Marqués de Comillas, y Valle Santo Domingo)

7 Resultados

7.1 Dinámica de la población bovina

La población bovina del estado de Chiapas aumentó el número de cabezas de 2,705,907 cabezas en el 2000 a 3,407,733 en 2007 lo que significó un incremento del 35% a una tasa de crecimiento anual del 3.24% (Cuadro 4).Durante el mismo periodo, la población bovina de la región Selva se incrementó en 51% el número de cabezas, a una tasa de crecimiento anual de 3.39%.

Cuadro 4. Dinámica de la población bovina en el estado de Chiapas durante el periodo 2000-2007

Función zootécnica	Región	2000	2007	Diferencia		TCA
				No. Cabezas	%	%
Bovinos productores de carne	Palenque	201,249	265,206	63,957	24.12	3.97
	Ocosingo	72,011	71,677	-334	-0.47	-0.06
	Corozal-Echeverría	7,722	15,430	7,708	49.95	12.48
	Benemérito Américas	16,289	18,335	2,046	11.16	1.57
	Marqués Comillas	16,289	22,931	6,642	28.97	5.10
	Región Selva	313,560	393,579	80,019	20.33	3.19
	Chiapas	2,452,662	3,113,136	660,474	21.22	3.37
Bovinos productores de leche	Palenque	21,167	34,933	13766	39.41	8.13
	Ocosingo	7,412	6,471	-941	-14.54	-1.59
	Región Selva	28,579	41,404	12825	30.98	5.61
	Chiapas	253,245	294,597	41352	14.04	2.04
Población bovina total	Región Selva	342,139	434,983	92,844	51	3.39
	Chiapas	2,705,907	3,407,733	701,826	35	3.24

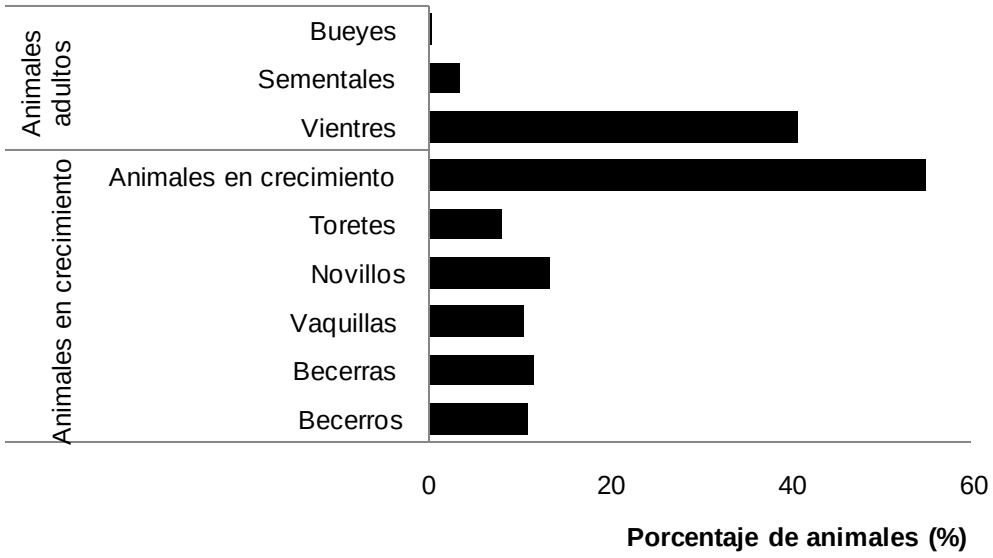
7.1.1 Bovinos productores de carne

Durante el periodo 2000-2007, la población de bovinos productores de carne del estado de Chiapas se incrementó de 2,452,662 a 3,113,136 cabezas, lo que significó un incremento del en un 21.22% a una tasa de crecimiento del 3.37% anual; para este mismo período la población de bovinos productores de carne en la selva aumentó un 20.33% a una tasa del 3.19% anual, al pasar de 313,560 a 393,597 cabezas. Los hatos bovinos pertenecientes a los municipios de Corozal-Echeverría, Marqués de Comillas, y

Palenque presentaron el mayor incremento en su población, aumentaron un 43.47, 28.96 y 24.96% respectivamente. La tasa de crecimiento de estas poblaciones se presenta en el Cuadro 4 la población del municipio de Ocosingo disminuyó un 0.47% (Cuadro 4). Mientras que el hato bovino del municipio de Palenque fue el más grande de todos y contribuyó con el 61.15% del total de la población de la región Selva en el año 2000-2007.

Respecto a la estructura del hato ganadero en la Selva, el 54.99% corresponde a animales en crecimiento y el 40.91% a vientres; de los animales en crecimiento, el 13.47% son novillos (Gráfica 1). La estructura del hato bovino de Palenque también está conformada en su mayoría por animales en crecimiento (115,046 cabezas/año en promedio), de los cuales los novillos son la población más numerosa al contar con 25,392 cabezas en promedio por año.

Gráfica 1. Estructura del hato de bovinos productores de carne

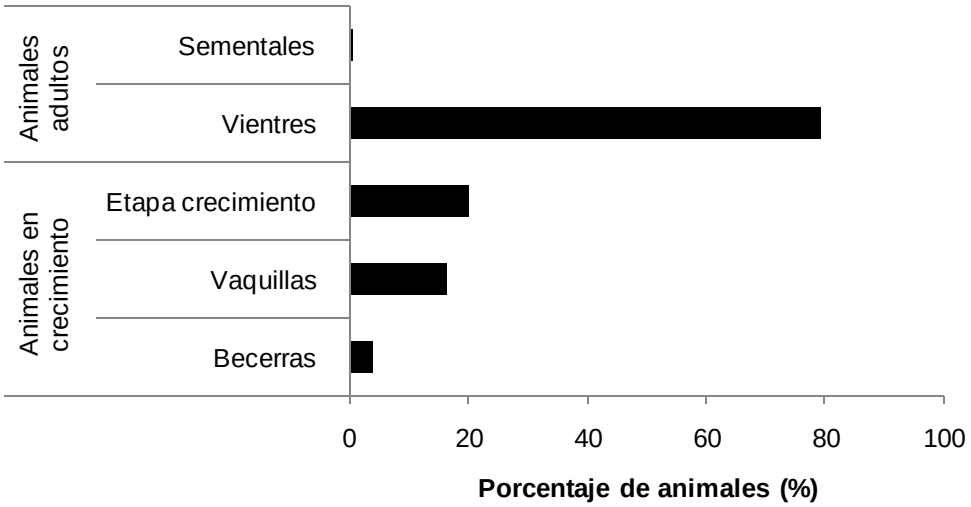


7.1.2 Bovinos productores de leche

La población total del hato bovino de leche en el estado de Chiapas aumentó un 14.04% de 253,245 cabezas en el 2000 a 294,597 cabezas en el 2007, a una tasa de

crecimiento del 2.04% (Cuadro 4). La población bovina de la región Selva aumentó un 30.98% a una tasa anual del 5.61%; en el municipio de Palenque la población de bovinos productores de leche se incrementó de 21,167 a 34,933 cabezas, lo que significa un aumento del 30.98% a una tasa del 8.13%; esta población representa el 95.85% del total de la población de bovinos productores de leche de la Selva. La población de vientres contabilizó la mayor cantidad de cabezas y representó el 79.22% del total de la población de bovinos productores de leche (Gráfica 2).

Gráfica 2. Estructura del hato de bovinos productores de leche



7.1 Caracterización de la ganadería bovina en la región Selva

A partir de los datos obtenidos sobre el total de tierra y su distribución, así como del total de cabezas bovinas con que cuentan los productores, se clasificaron las unidades de producción estudiadas en tres tipos de unidades de producción bovina (Cuadro 5). El tipo de unidad de producción de mayor distribución entre los ganaderos de la región es la B-DTA; ésta se caracterizó por contar con la menor cantidad total de tierra (ha) cuyo principal uso de suelo son potreros, así como por contar con la menor cantidad de cabezas bovinas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de las unidades de producción bovina en la región Selva con base en el total de tierra y las cabezas animal con que cuentan los productores

Indicadores	Unidades de producción bovina		
	B-DTA	M-DTA	A-DTA
Total tierra, ha	18.67 ± 5.04[c]	44.33 ± 7.33[b]	95.40 ± 18.66[a]
Total animales, cabezas	23.30 ± 15.27[bc]	26.39 ± 12.40[bc]	43.20 ± 27.83[a]
Total potrero, ha	12.38 ± 5.37[c]	26.96 ± 7.58[b]	38.40 ± 19.66[a]
Total milpa, ha	1.54 ± 2.29	1.60 ± 2.40	1 ± 1.22
Total café, ha	0.27 ± 0.62	0.10 ± 0.41	0
Total acahual, ha	3.41 ± 3.89[c]	5.71 ± 6.91[b]	16.80 ± 20.02[a]
Total selva, ha	1.20 ± 1.96[c]	9.25 ± 8.07[b]	32 ± 11.51[a]
Total huertos, ha	0.87 ± 8.17	0.16 ± 0.45	0.20 ± 0.27
Total otros, ha	0.82 ± 8.17	0	0
Total productores, %	77.85	18.79	3.35

Literales a, b y c muestran diferencia estadística (p=0.05)

B-DTA, unidad de producción bovina con baja disponibilidad de tierra y animales

M-DTA, unidad de producción bovina con media disponibilidad de tierra y animales

A-DTA, unidad de producción bovina con alta disponibilidad de tierra y animales

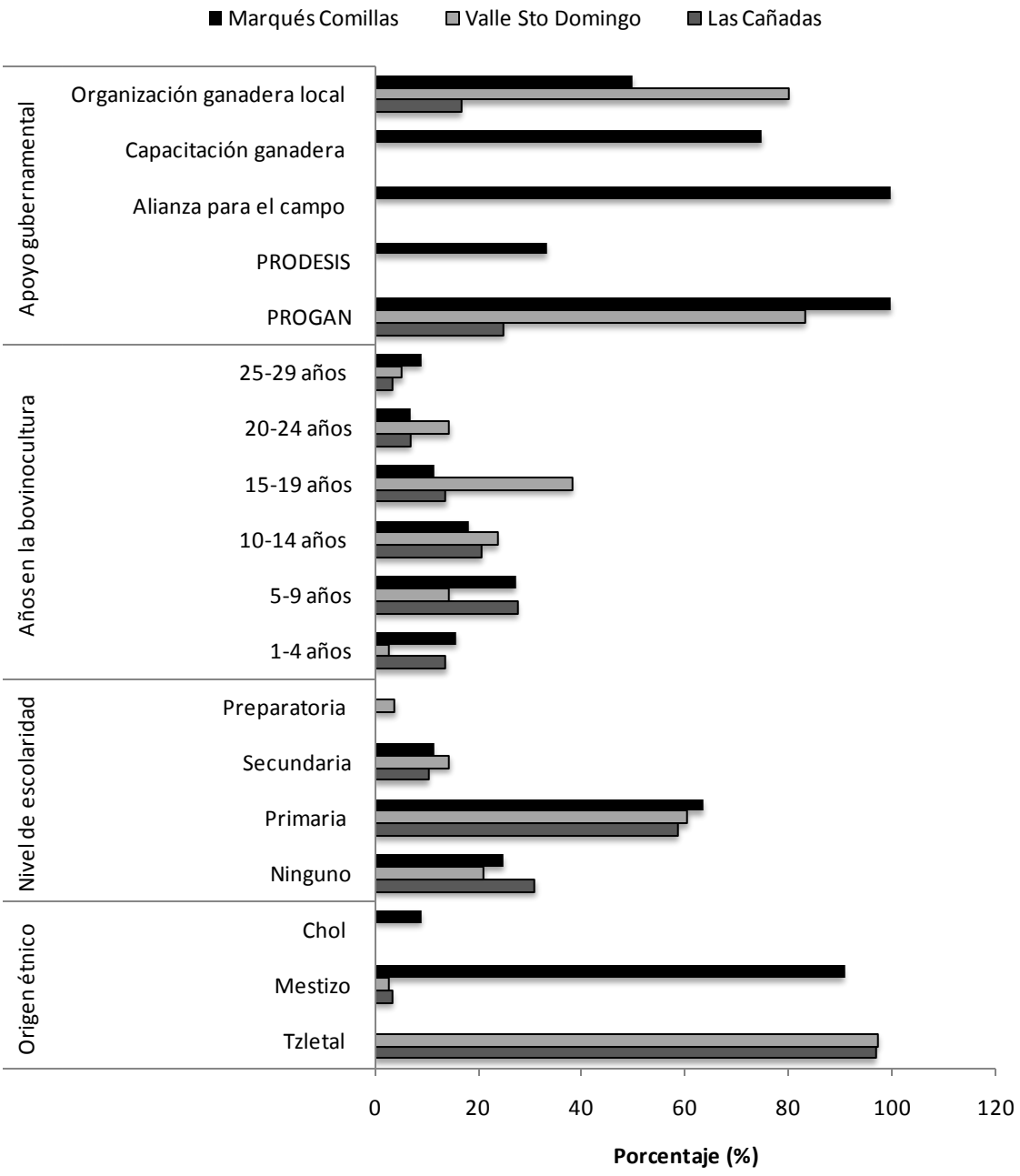
En general, se observó que la mayoría de los entrevistados es de origen indígena y solo con estudios a nivel primaria (Gráfica 3). La ganadería es su principal actividad productiva, siendo los bovinos la especie de mayor importancia económica (Gráfica 4). En general los ganaderos tienen entre 15 a 19 años practicando la bovinocultura (Gráfica 3). Dentro de este tipo de producción animal, la producción de becerros al destete es la de mayor distribución en la Selva (Gráfica 4).

La capacitación y la organización ganadera con la que cuentan los productores en general son deficientes, sin embargo, en Marqués de Comillas el 75% de los productores afirmaron contar con capacitación, mientras que el 80% de los productores del Valle de Santo Domingo mencionó estar incorporado a alguna organización ganadera local (Gráfica 3).

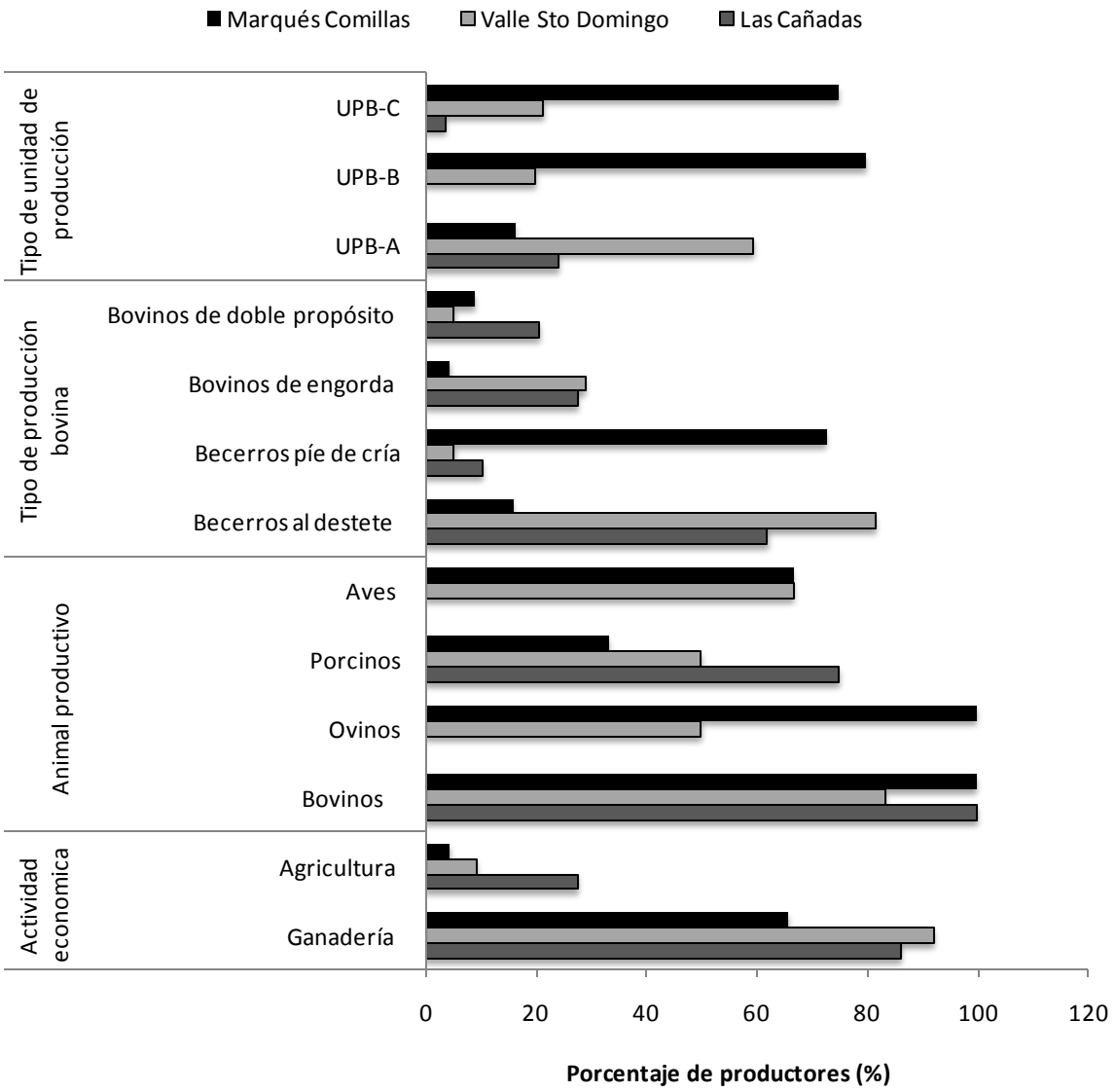
En cuanto a los programas que apoyan la ganadería, el Programa de estímulos a la actividad ganadera (PROGAN) fue el apoyo de mayor distribución entre los productores

(Gráfica 3). Los productores de Marqués de Comillas también contaron con el programa Alianza para el campo y el Proyecto de Desarrollo Social Integrado y Sostenible en la Selva Lacandona (Muench, s/a) (Gráfica 3).

Gráfica 3. Distribución de las características sociales de las unidades de producción animal en la región Selva



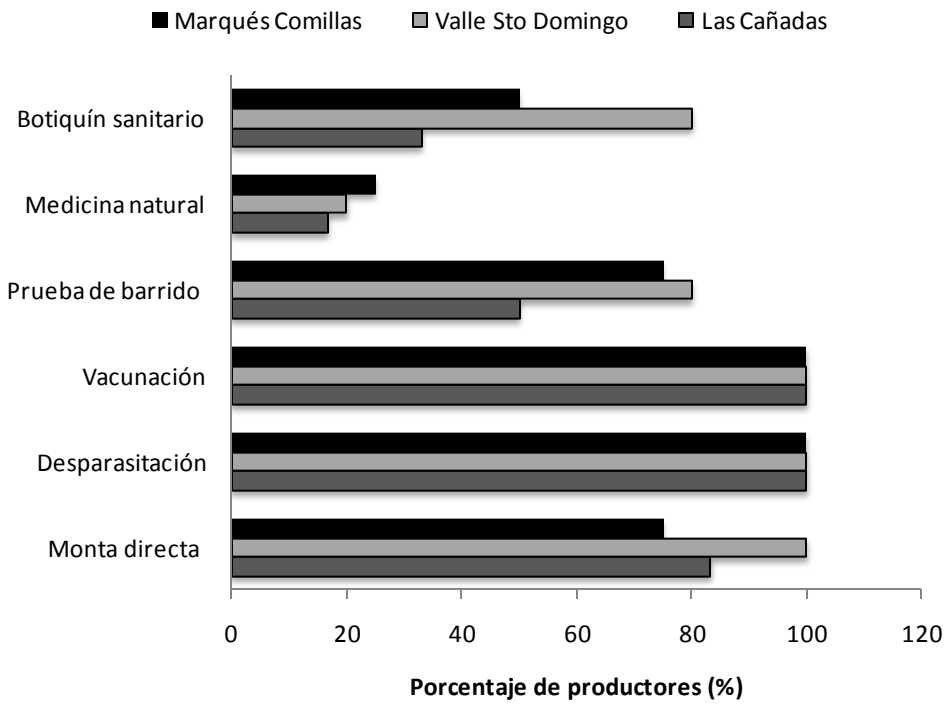
Gráfica 4. Caracterización económica de las unidades de producción animal en la región Selva



El manejo reproductivo y sanitario que emplean los productores se caracteriza por no hacer uso de la inseminación artificial, la estrategia de reproducción bovina en la región es la monta directa (Gráfica 5). En general no se cuenta con animales de razas mejoradas. Las prácticas de manejo sanitario de mayor distribución entre los ganaderos son la vacunación, desparasitación y la prueba de barrido. Esta última es una de las prácticas sanitarias más importantes en el sureste cuyo objetivo es el de erradicar la tuberculosis bovina en la región. El uso de la medicina natural prácticamente no se

emplea y la mayoría de las UPB no cuenta con botiquín sanitario (Gráfica 5).

Gráfica 5. Practicas de manejo reproductivo y sanitario

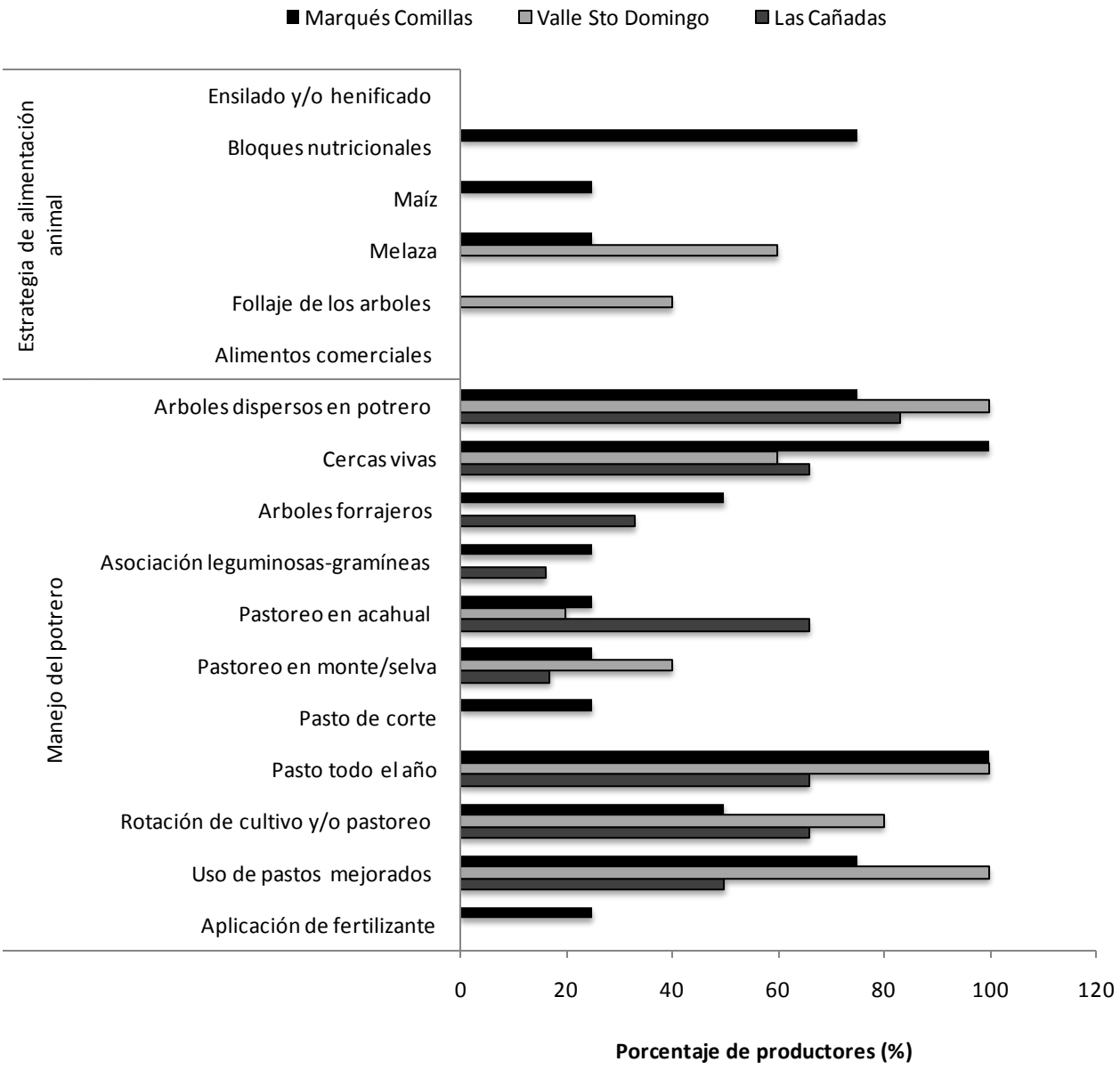


Las prácticas de manejo del pastizal más difundidas entre los productores de la región fueron: el uso de pastos mejorados, pasto anual, pasto de corte, rotación de cultivos, cercas vivas, y árboles dispersos en potrero. El uso de árboles forrajeros, la asociación de leguminosas y gramíneas, y la práctica del ensilado/henificado de los forrajes son las prácticas menos empleadas. El pastoreo en acahuales y en áreas de montaña son prácticas comunes entre los productores de la región. El uso de estrategias nutricionales en la región es escaza, sin embargo, algunos productores practican la suplementación alimenticia a través del uso de bloques nutricionales, melaza, follaje de los árboles y maíz (Gráfica 6).

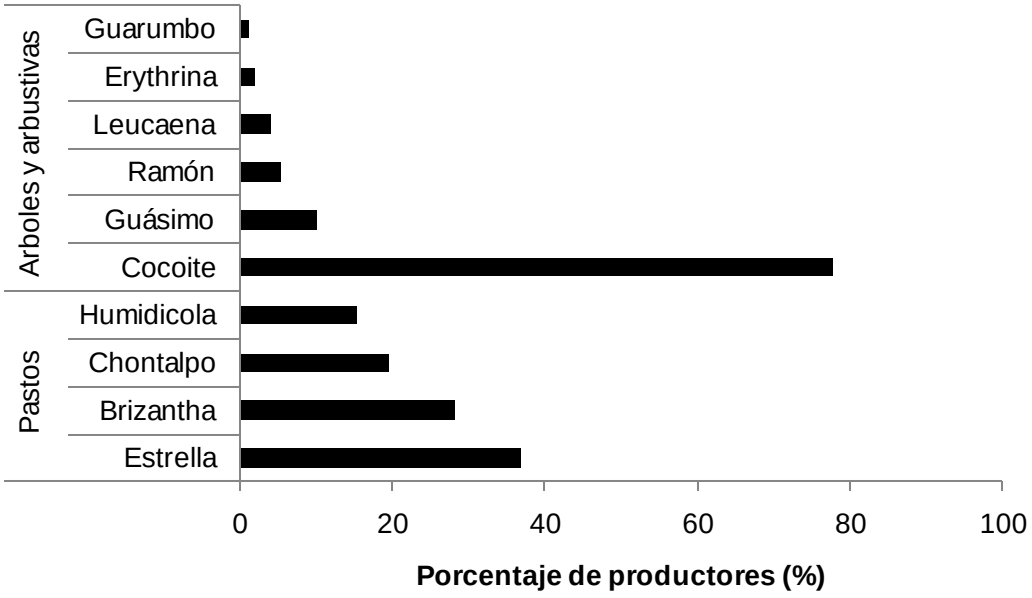
Las especies forrajeras más utilizadas por los productores de la región Selva se muestran en la gráfica 7. Los pastos de mayor uso en la región son el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y el pasto insurgente (*Brachiaria brizantha)*; dentro de las

arbustivas/arbustos forrajeros, el cocoite (*Gliricidia sepium*) fue la especie de mayor distribución entre los ganaderos ya que el 77.85% de los ganaderos entrevistados hace uso de este forraje. El 28.19% utiliza el pasto insurgente y 36.91% el pasto estrella.

Gráfica 6. Distribución de las prácticas de manejo del potrero y de las estrategias de alimentación animal en la región Selva



Gráfica 7. Distribución de los forrajes de mayor uso en la región Selva

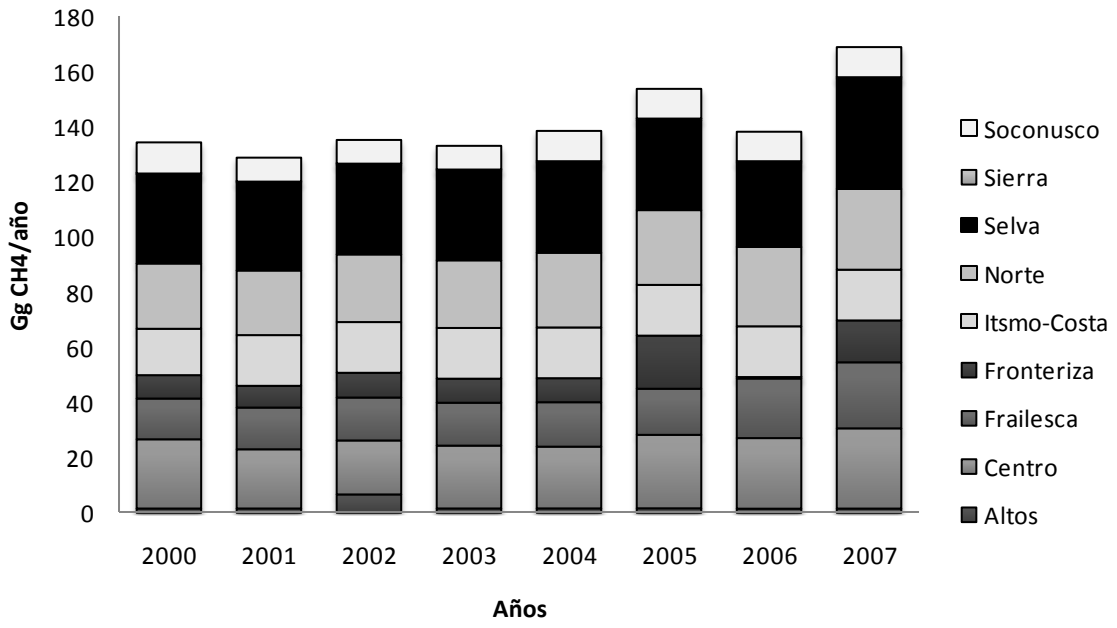


7.2 Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica

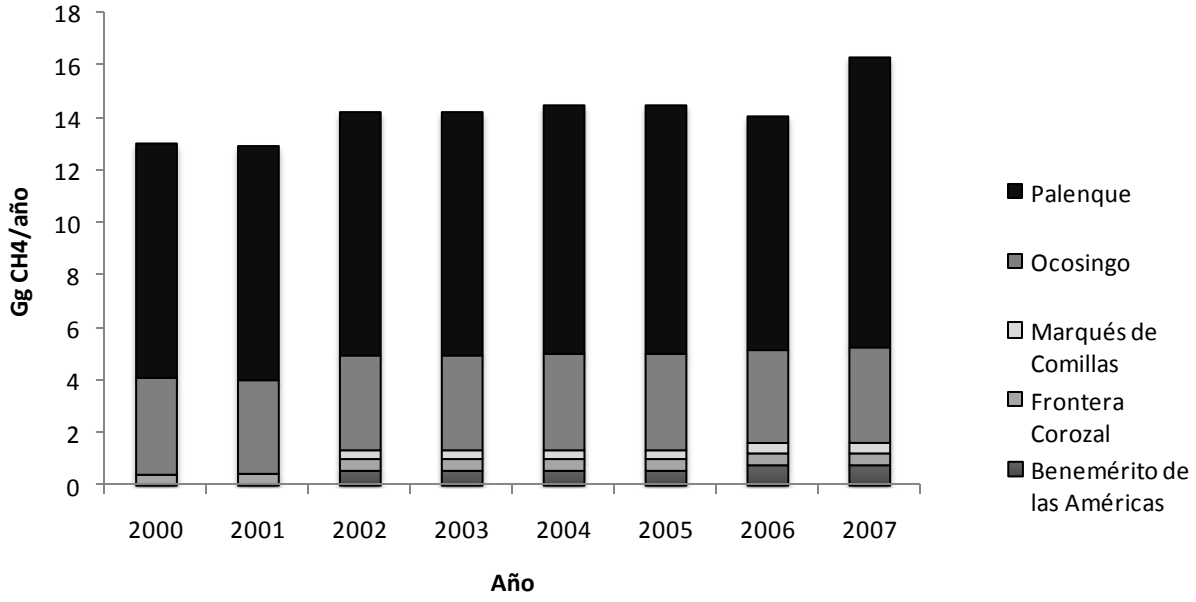
La cantidad de CH_4 por fermentación entérica en Chiapas y los municipios de la Selva se ha incrementado durante el periodo 2000-2007. A nivel estatal, la población bovina emitió 202.36 Gg CH_4/año en promedio (Cuadro 8). La Selva fue la región más importante respecto a la cantidad de CH_4 emitida, al contribuir con el 20.46% al total de las emisiones en el estado. Le siguen en importancia la región Norte y Centro.

En el mismo periodo, las emisiones de CH_4 por fermentación entérica en los municipios de la Selva han ido en aumento (Gráfica 9). La cantidad total de CH_4 emitida por parte de los cinco municipios fue de 144 Gg CH_4/año en promedio, los bovinos productores de carne emitieron 128 Gg CH_4/año en promedio, mientras que los bovinos productores de leche emitieron 16 Gg CH_4/año en promedio (Cuadro 6).

Gráfica 8. Distribución de las emisiones de CH_4 por fermentación entérica proveniente de las sub regiones del estado de Chiapas durante el 2007



Gráfica 9. Dinámica de las emisiones de CH_4 en los municipios de la Selva durante 2000-2007



Cuadro 6. Emisiones de CH_4 totales en la Selva y emisiones de acuerdo a la función zootécnica durante 2000-2007

	Carne	Leche
Año	Gg CH_4/año	Gg CH_4/año
2000	120	14.43
2001	115	15.66
2002	119	18.15
2003	121	14.24
2004	124	14.69
2005	139	15.19
2006	138	15.15
2007	152	16.79
Promedio	128	16

La población bovina del municipio de Palenque emitió 24.71 Gg CH_4/año que equivalen al 78.41% del total de las emisiones emitidas por los cinco municipios (Cuadro 7). Los bovinos productores de leche emitieron 14.84 Gg CH_4/año, los bovinos productores de carne emitieron 9.86 Gg CH_4/año.

Cuadro 7 Emisiones de CH_4 provenientes de cada municipio y por función zootécnica

Función zootécnica	Carne	Leche	Total	
Municipio	Gg CH_4/año	Gg CH_4/año	Gg CH_4/año	%
Palenque	9.86	14.84	24.71	78.41
Ocosingo	3.23	0.55	3.78	12.01
Marqués de Comillas	1.86	0.00	1.86	5.90
Benemérito de las Américas	0.69	0.00	0.69	2.19
Corozal-Echeverria	0.47	0.00	0.47	1.48

Tanto en bovinos de carne como de leche, los vientres representaron la etapa fisiológica con mayores emisiones de CH_4 (Cuadro 8); se estimaron 114.88 kg CH_4/cabeza/año para los vientres bovinos productores de leche y 70.15 kg CH_4/cabeza/año para los vientres bovinos productores de carne.

Cuadro 8. Factor de emisión (Kg CH_4/año) de acuerdo a la etapa fisiológica y la función zootécnica

Función zootécnica	Carne	Leche
Etapa fisiológica	Kg CH_4/año	Kg CH_4/año
Becerras	18.95	18.95
Vaquillas	30.46	30.46
Vientres	70.15	114.88
Sementales	62.22	62.22
Becerros	32.07	0
Toretes	28.1	0
Novillos	32.27	0
Bueyes	49.96	0

8 Discusión

8.1 Ganadería y cambio climático

En diversos foros mundiales, se sigue constatando la relevancia que está teniendo la ganadería bovina, por ser una actividad clave para la seguridad alimentaria y por ser emisora de gases de efecto invernadero (GEI) (GGAA, 2010). En este contexto, la actividad pecuaria en el mundo ha sido responsable entre el 8 y 10.8 % del total de las emisiones de GEI (PICC, 2007). Sin embargo, cuando se miden sobre la base del ciclo de vida de la actividad ganadera (producción, insumos, transporte, transformación, etc), la contribución de la ganadería bovina es por arriba del 18 % del total de las emisiones en el mundo (GGAA, 2010).

Asia y América Latina son las regiones con mayor cantidad de emisiones de metano entérico, seguidas por África y Europa oriental. Sin embargo, cuando las emisiones son relacionadas con la producción de alimentos, las regiones más eficientes son Europa y Norte América, las cuales juntas producen el 46.1 % de carne y leche y el 25 % de las emisiones de metano entérico en 2005. En comparación, en el año 2005, las tres áreas menos eficientes del mundo (Asia, África y Latinoamérica), produjeron una cantidad equivalente (47.35 %) de carne y leche, pero emitieron casi tres veces (69 %) más metano entérico (O`Mara, 2010). Este aspecto es importante, ya que se estima que la ganadería se incrementará en un futuro por el aumento de la población y la alta demanda de alimentos de origen animal (Steinfeld, 2002). De ahí que se calcule que las proyecciones de emisiones de metano entérico crecerán arriba del 30 % de 2000 a 2020 (BSAS, 2008).

En México, el sector agrícola y ganadero contribuyó con el 6.4% de las emisiones de GEI al total nacional (37.181 Tg CO_2/eq año) en el 2006; durante este año las emisiones de metano fueron de 8,8282 Gg CH_4/año, que representó un incremento de 73.7% con respecto a 1990. (CICC, 2009).

En el estado de Chiapas, las emisiones de GEI relacionados con la agricultura

constituyen una importante proporción del total de las emisiones brutas de GEI en el estado, ya que Chiapas es una entidad eminentemente agrícola y ganadera. En Chiapas durante el periodo 1990 – 2007 las emisiones de GEI en el sector agrícola (Agricultura + Ganadería) fueron de 3.21 a 4.7 millones de TM de CO_2 e. Estas emisiones provinieron principalmente de la fermentación entérica (ganadería bovina de carne) y los suelos agrícolas. El aumento de las emisiones totales por parte del sector agrícola fue constante durante el periodo 1990 a 2009, mostrando en 2007 un nivel de 4.7 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MTm CO_2eq). La principal fuente emisora fue la fermentación entérica fue la población de ganado bovino de carne, debido al tamaño de su población. Durante el 2007, en Chiapas la fermentación entérica por si sola constituyó más del 75 % del total de las emisiones de GEI, siguiendo en importancia las emisiones de oxido nitroso de los suelos agrícolas (Jiménez, *et al* 2010a).

Existe consenso en que las emisiones de metano están asociadas principalmente a las características de los sistemas de producción. Se reconoce que los sistemas ganaderos extensivos de las áreas tropicales, por sus características principalmente en el componente forrajero, son los menos eficientes en las emisiones de metano (Flachowsky and Heindenberg. 2009).

8.2 Chiapas y la Selva Lacandona: Ganadería bovina

En los últimos 30 años, las áreas dedicadas a la ganadería bovina en el sureste de México se han incrementado, y el cambio de uso de suelo de bosques hacia áreas de pastoreo ha generado sistemas ganaderos extensivos que contribuyen a generar GEI (Jiménez-Ferrer *et al.,* 2010). Por ejemplo, en 1940, la cobertura de selva tropical en Tabasco representaba el 49% de la superficie del estado, para 1990 era de 8%, del cual únicamente la mitad correspondía a selvas primarias. Es decir que, en poco más de cuatro décadas se perdió alrededor de un millón de hectáreas de selva con la finalidad de impulsar la producción agrícola y ganadera. (Tudela, 1990). En la misma región sureste, en Chiapas, aproximadamente 3 millones de ha son dedicadas anualmente a la

producción bovina (Santillán-Alemán *et al.,* 2007), lo que ha permitido una población bovina promedio de 2 mil cabezas.

En Chiapas, la ganadería bovina de la Selva es la principal fuente de emisión de CH_4 ya que contribuyó con el 33.15% del la emisión total por fermentación entérica en el estado. La región selva es una de las áreas con mayor dinamismo en el crecimiento ganadero de Chiapas y en donde ha existido un proceso de "campesinisación" de la ganadería bovina (Márquez, 2006). En este trabajo, las unidades de producción bovina de mayor distribución en la región de estudio se caracterizaron por contar con 18.67 ha de tierra, de las cuales, el 66.30% están dedicadas a potreros y el 6.42% a selva.

El tamaño de la población bovina fue uno de los factores más importantes que incidieron sobre la cantidad de CH_4 emitido en la Selva. La población de bovinos productores de carne al haber sido la población de mayor tamaño, emitió la mayor cantidad de Gg CH_4/año; lo mismo sucedió con las poblaciones de vientres y novillos. De Blas *et al.* (2008) y Flachowsky y Heidenberg (2009) reportaron que la mayor cantidad de CH_4 en los sistemas ganaderos del trópico, proviene de la población de bovinos productores de carne. Las mayores emisiones de CH_4 en novillos se asocian a animales de crecimiento lento para alcanzar el peso en el mercado (Hunter y Niethene, 2009).

En estados del sureste, como Chiapas y Tabasco, el crecimiento de la población bovina puede explicarse debido al proceso de cambio de uso de suelo, el cual ha sido dirigido a incrementar las áreas de pastoreo. Este aspecto está asociado a la alta demanda de productos de origen animal (Stenfield, 2002; Magaña-Monforte, 2006), al condicionamiento de la ganadería por parte de las políticas públicas y programas gubernamentales (PROGAN-PROCAMPO), y por las respuestas que los campesinos tienen ante estos programas (Isacc-Márques *et al.,* 2008). Por otro lado, la demanda de becerros para engorda, ha propiciado el crecimiento del hato ganadero en el estado de Chiapas, creando un desequilibrio en su estructura y determinando que la ganadería chiapaneca sea realmente una ofertante de recurso genético para otras entidades del

país (López-Carmona *et al.,* 2001).

8.3 Emisiones de metano y ganadería en la Selva

Las emisiones de metano por fermentación entérica en la Selva se deben principalmente al tamaño de la población bovina. Esta es la principal actividad económica en la región. Aunque la digestibilidad de los forrajes solo explica el 36% de las emisiones de metano (de Blas et al., 2008), sigue siendo uno de los factores más influyentes en la producción de este gas. En la región de la Selva, la ganadería se practica en sistemas extensivos en donde la alimentación de los bovinos se basa en gramíneas como *Cynodon nlemufensis y Brachiaria brizanhta*, situación que condiciona el desarrollo de los animales debido principalmente a las características del valor nutritivo del forraje. Velasco (2001), reportó que las principales especies forrajeras que conforman los potreros de la Selva son *Cynodon nlemufensis y Brachiaria brizantha*.

Este aspecto coincide con lo reportado por Isacc-Marqués *et al.* (2008), quien indica que *Brachiaria brizantha* es una de las especies forrajeras de mayor distribución entre los productores de la región sureste de México. Este aspecto, caracteriza al sistema extensivo en la Selva y conforma la base de la dieta de la ganadería bovina. En este trabajo, la digestibilidad estimada para el escenario de pastoreo, con base en la metodología del PICC (2006), fue del 53.6% por lo que se consideró una dieta de baja calidad. Dietas menores al 75% de digestibilidad son consideradas como dietas de baja calidad y se asocian a una producción mayor de kg CH_4/animal. Por otro lado, la falta de capacitación técnica y la falta de organizaciones ganaderas en la Selva Lacandona, limitan el mejoramiento de la ganadería bovina y la adopción de nuevas tecnologías que puedan contribuir a reducir las emisiones de GEI.

La falta de prácticas apropiadas del manejo del potrero y de estrategias innovadoras de nutrición animal, impide a los productores el aprovechamiento de los recursos forrajeros locales (Macedo *et al.,* 2003). Por ejemplo, Jiménez*, et al.,* 2008 y de Paz, 2010, resaltan la importancia del potencial silvopastoril de los arboles forrajeros en esta región, ya que existe una amplia diversidad de especies locales con un alto valor

nutritivo. Por ejemplo, se ha reportado que la producción de CH_4 es menor cuando los forrajes se ensilan (Cárdenas *et al.,* 2003) y que la producción de CH_4 puede reducirse un 20% si se utiliza esta tecnología (Sirohi *et al.,* 2007). De igual manera, Boadi *et al.,* 2004, sugiere que hacer eficientes las prácticas de manejo de la pastura y del manejo reproductivo, ya que la productividad animal aumenta y se disminuye la emisión de CH_4 por unidad de producto.

El manejo reproductivo es uno de los factores que influyen sobre el tamaño de la población bovina. La estrategia reproductiva más distribuida en la región de estudio es la cruza por monta directa, situación que limita la productividad del hato. Asimismo, programas de mejoramiento genético en la Selva Lacandona son escasos y no existen planes y/o estrategias de aprovechamiento de recursos genéticos locales. Reid *et al.,* 2004, mencionan que las prácticas reproductivas que se emplean en determinado sistema de producción animal, contribuyen de manera importante en la cantidad de kg CH_4/cabeza/año emitido, ya que aumenta o disminuye el tiempo en que los animales permanecen en la unidad de producción antes de ser destinados al mercado e influye sobre la cantidad de alimento a utilizar para producir una determinada cantidad de crías o alcanzar un determinado peso en un determinado periodo de tiempo (Berra *et al.,* 1999).

La variabilidad de kg CH_4/año emitido entre las etapas fisiológicas se debe principalmente a los distintos requerimientos energéticos (DeRamus *et al.,* 2003), al diferente consumo de EB, al peso, a la edad (Jungbluth *et al.,* 2001), y a la función zootécnica del animal (Carmona *et al.,* 2005).

En este trabajo, los vientres fueron los que mayor cantidad de CH_4 emiten por estado fisiológico (70.15 – 114.88 Kg/ CH_4 /año. Al respecto, Mora (2001) calculó emisiones de 388 - 470 g CH_4/cabeza/día en vientres lecheros en áreas tropicales de Costa Rica; Graigner *et al.,* (2008) reportaron emisiones de 328 *vs* 324 g CH_4/día en vacas multíparas y de primer parto respectivamente en sistemas intensivo. El PICC (1996), reportó menor emisión de CH_4 para vacas lecheras en sistemas bovinos de América

Latina (63 kg CH_4/cabeza/año).

En este trabajo, los individuos de la población de vientres bovinos productores de carne emitieron 70.15 kg CH_4/cabeza/año. Al respecto, Carmona *et al.* (2005) reportaron emisiones de 55 kg de CH_4/cabeza/año promedio en países en vías de desarrollo. Asimismo, De Ramus *et al.,* (2003) y Berra *et al.,* (1999) reportaron emisiones de 60 a 90 kg CH_4/cabeza/año y 51.8 kg CH_4/año respectivamente, para vacas adultas productoras de carne bajo sistemas de pastoreo. En esta investigación, la cantidad de metano emitida por parte de los novillos fue en promedio de 32.27 kg /cabeza/año. Von Bernard *et al.,* (2007) reportaron emisiones de 44.35 kg de CH_4/cabeza/año en novillos en sistemas extensivos.

8.4 Reflexiones sobre la metodología PICC

La metodología para calcular las emisiones de metano propuesta por el PICC es una herramienta que permite obtener datos de emisiones comparables entre países y en los que se basa la verificación del cumplimiento de la legislación ambiental (Cambra-López *et al.,* 2008).

La metodología del PICC, calcula la emisión de metano a través del uso de un factor de emisión (FE), que es la cantidad de kilogramos de metano emitidos en un año por un bovino, multiplicado por el número de animales que constituyen la población. El FE a utilizar puede ser el propuesto por el PICC o bien puede calcularse a través de datos sobre la digestibilidad de la dieta y la tasa de conversión de metano (Ym).

Una de las principales limitantes de utilizar valores por defecto propuestos por el PICC, radica en que las emisiones pueden sobreestimarse o subestimarse, debido a que se generalizan los valores sobre la digestibilidad de la dieta y sobre la tasa de conversión de metano, sin tomar en cuenta las diferentes características ambientales y zootecnias de los diferentes países (Steinfield, 2006). Por ejemplo, el PICC asume digestibilidades del 60% para todas las regiones del mundo menos para América del norte y la India,

(PICC, 2006). González y Ruiz-Suarez (1995), reportaron que la metodología “Tier 1”, sugerida para los estudios de emisiones de Agricultura y Ganadería, sobreestima las emisiones de metano; Mora (2001), reportó que usando la metodología PICC se sobreestiman las emisiones de metano en vacas lactantes, si ésta se compara con las metodologías de Shibata y de Moe y Tyrrel que determinan el consumo animal.

En este estudio se observó que la metodología “Tier 1” puede estar subestimando las emisiones de metano, ya que el factor de emisión propuesto por PICC es bajo, comparado con los datos de valor forrajeros obtenidos en diversas investigaciones de Chiapas (Jiménez, 2000: De Paz 2010)

Parte de la información utilizada por el PICC para establecer los FE fue publicada hace 20 años y seguramente las características de la producción pecuaria han experimentado considerables transformaciones desde entonces, por lo que se hace necesaria la actualización de los factores de emisión (Jiménez *et al.,* 2010).

Diversos estudios hacen falta en el estado de Chiapas. En caso de calcular el factor de emisión es necesario contar con datos sobre la ingestión de energía bruta (EB) y del factor de conversión de metano (*Ym*); sin embargo, el cálculo del *Ym* está sujeto a un alto grado de incertidumbre por lo que se hace importante tratar de refinar el valor de este parámetro para mejorar la estimación de las emisiones de metano, ya que es uno de los parámetros más influyentes y del que menos información se dispone (Cambra-López *et al.,* 2008). Kurihara *et al.,* (1999) observaron valores de *Ym* que están fuera de los rangos propuestos por el PICC.

De esta manera, la metodología PICC sugiere que cuando no se cuentan con datos de Ym específicos para el país o región, se haga uso de los Ym por defecto que propone esta metodología (IPCC, 2006). Cuando se calcula el FE específico para el área de estudio utilizando el Ym por defecto existe un gran grado de incertidumbre respecto al total de la cantidad de metano calculada.

Las estimaciones de emisión de metano se basan en determinaciones a pequeña escala de Ym y de la influencia de las propiedades de los alimentos y de los animales sobre éste. También es importante estudiar las influencias de las propiedades de los alimentos y atributos de los animales sobre el Ym (PICC, 2006).

Finalmente, uno de los aspectos que contribuyen a la incertidumbre en los datos de estudio de emisiones, son la calidad de los censos agropecuarios. Sin esta información, difícilmente se podrá tener estimados y valorar la cantidad de GEI emitidos.

La conformación de bases de datos censales, a nivel de país, existen variaciones en el número de cabezas dependiendo de la institución que haya levantado el censo. Es importante contar con una metodología a nivel país que permita obtener datos reales sobre el tamaño de la población bovina en los diferentes estados de México. De ahí, la necesidad de tener un método que constantemente actualice el inventario ganadero (CICC, 2009).

9 Conclusión

La ganadería bovina es una importante actividad productiva en la región Selva de Chiapas, cuyo hato ha tenido un dinámico crecimiento. En el periodo estudiado (2000-2007), se estimó un incremento del 51 % en el número de cabezas. Esto significó una tasa de crecimiento del 3.39 %, la cual superó el promedio del estado de Chiapas (3.24 %).

De acuerdo con los inventarios ganaderos (datos censales) para la Selva, la función zootécnica que prevalece es la producción de bovinos productores de carne. Este sistema de producción tipo extensivo está orientado principalmente a la cría de becerros, los cuales se destinan a la engorda en otros estados del sureste de México.
La producción bovinos de leche es una actividad ganadera poco realizada.

Las unidades de producción bovina de mayor distribución en el estudio se caracterizaron por contar en promedio con 18.67 ± 5.04 ha de tierra, y el principal uso del suelo es para pastoreo (12.38 ± 5.37 ha), manejo de acahuales (3.41 ± 3.89 ha) y siembra de maíz. (1.54 ± 2.29 ha).

En general, la ganadería bovina en la Selva Lacandona se basó principalmente en el uso de sistemas extensivos, con una cultura ganadera de no más de 20 años y con fuertes restricciones técnico-organizativas. Las estrategias de alimentación, al igual que las estrategias de manejo y reproducción son limitadas.

La alimentación de los bovinos se basa principalmente en el consumo de gramíneas (*Cynodon nlemufensis y Brachiaria brizantha*) en sistemas de pastoreo con escaso manejo apropiado. Las estrategias de suplementación y preservación del forraje son escasas entre los productores de la región y varía de acuerdo a las subregiones. Hay importantes indicios en algunas zonas de la región Selva (p.e Marqués de Comillas), en donde se incorporan el manejo de árboles en los sistemas ganaderos (cercos vivos principalmente) y la suplementación con bloques forrajeros.

Las emisiones de metano por fermentación entérica en el estado de Chiapas y en la Selva constituyen la principal fuente de emisiones brutas de gases de efecto invernadero, debido a que Chiapas es una entidad eminentemente agrícola y ganadera.

En el 2007, la fermentación entérica por si sola constituyó más del 75 % del total de las emisiones de GEI del sector agrícola en Chiapas, en donde la ganadería bovina de carne es el principal sistema de emisión.

La Selva fue la región con mayor emisión de metano por fermentación entérica en el estado de Chiapas durante el 2000-2007. La producción de bovinos emitió 144 Gg CH_4/año en promedio durante el periodo; la producción de bovinos de carne fue la fuente de mayor emisión al emitir 128 Gg CH_4/año. Los sistemas orientados a la producción de leche emitieron 16 Gg CH_4/año.

Las mayores emisiones por unidad animal provinieron de la población de vientres; los vientres productores de leche emitieron en promedio 114 kg CH4/cabeza/año y los vientres de carne 70.15 kg CH4/cabeza/año.

Estudios de este tipo contribuyen al conocimiento sobre las emisiones de GEI para generar estrategias de mitigación al cambio climático en el sector ganadero (como los sistemas silvopastoriles) de la región Selva, que permitan disminuir las emisiones de GEI y mejorar los sistemas extensivos de producción bovina, además de fortalecer las capacidades locales de los productores con el fin de adaptarse a los efectos del cambio climático.

10 Literatura citada

1 Aguilar J.J.R. 2008. Análisis de los sistemas de producción bovina en la Cuenca del Río El Tablón en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Villaflores, Chiapas. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

2 Aguilar M.S. 2007. Efecto de los programas de fomento a la ganadería en la Reserva de la Biosfera "La Sepultura", Villaflores, Chiapas. Tesis de licenciatura. UNICACH/ECOSUR. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, p 92.

3 Araujo-Febres O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. Memorias IX Seminario de pastos y forrajes. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad de Zulia, Maracaibo. Venezuela

4 Arcila A., Jaime R.G., y Sierra P O. 2005. El enfoque agroecológico de la ganadería como la mejor opción para lograr una producción más limpia y sostenible en un proceso de certificación. Conferencia presentada en: Seminario Nacional de Actualización en Sanidad y Producción Bovina. Secretaría de Agricultura y Desarrollo de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA, Bogotá, Colombia. Mayo 18-20, 2005.

5 Arvizu, 2004. Registro histórico de los principales países emisores. En: Cambio Climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología. México D.F. pp 99

6 Ax R.L., Rally M.R., Didion B.A., Lenz R.W., Love C.C., Varner D.D., Hafez B., y Bellin M.E. 2002. Inseminación artificial. En: E. Hafez y B Hafez (eds). Reproducción e inseminación artificial en animales. McGraw Hill Interamericana 7 ed. México. Pp 519.

7 Berra G., Finster L., Castuma E., y Maldonado. 1999. Reducción y opciones de

mitigación de emisiones de metano provenientes del ganado bovino. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Argentina. Buenos Aires, Argentina.

8 Beuchemin K.A. and McGinn S.M. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. J Anim Sci. 83:653-661

9 Boadi D.A. and Wittenberg K.M. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF6) tracer gas technique. Can. J. Anim. Sci. 82: 201-206.

10 BSAS, 2008. Livestock and global climate change. Proceedings International conference: *Livestock and Global Climate Change*, Tunisia (17-20 May 2008), Cambridge University Press, (British Society of Animal Science), 216 p.

11 Cambra-López M., García Rebollar P., y Torres A. 2008. Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: *El factor de conversión de metano*. Arch. Zootec. 57 (R): 89-101.

12 Cárdenas M.J.V, Sandoval C.C.A, y Solorio S.F.J. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. Tec Pec Mex; 41(3):283-294.

13 Carmona, J.C.; Bolívar D.M y Giraldo L.A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo Rev. Col. Cienc. Pecu; 18(1):49-63

14 Casasola F., Ibrahim M., Sepúlveda C., Ríos N.y Tobar D. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Ed CATIE, Costa Rica. Serie Técnica no 37.. Pp 169-187

15 Chagoya J e Iglesias G.L. 2009. Esquema de pago por servicios ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Ed CATIE. Serie Técnica no 377. Pp 189-204

16 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) 2007. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

17 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). 2009. Cambio climático y su impacto en el sector agropecuario. En: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. pp 210

18 Comisión Intersecretarial del Cambio Climático (CICC)a. 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pp 210

19 Córdova-Izquierdo A. y Pérez-Gutiérrez J.F. 2002. Indicadores reproductivos de bovinos en el trópico mexicano y factores que lo determinan. Medicina Veterinaria, vol 19(3):47-56

20 Cortez R.C. 1998. ¿Hay futuro para la población de la selva lacandona? (colonización y desarrollo sustentable en Marqués de Comillas). Ponencia presentada en el congreso de la Latin American Studies Asociation. Chicago, EUA; Septiembre de 1998

21 Costas A.M., Abbiati N.N., y Pereyra A.M. 2004. Requerimientos y producción propia de alimentos en ganadería pastoril: una topología en la provincia de Buenos Aires. Arch. Latin. Prod. Anim. Vol.12 No. 1 Pp 28-41. En: www.bioline.org.br/request?la04005.

22 de Blas C., García-Rebollar P., Cambra-López M y Torres A.G. 2008. Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero. XXIV Curso de

Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España

23 De Paz J. 2010. Contenido nutritivo del follaje de especies arbóreas y arbustivas forrajeras de la Selva Lacandona, Chiapas y del microensilado de *Gliricidia sepium.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agronómicos, Universidad Autónoma de Chiapas, México,114 p.

24 De Ramus H.A., Clement T.C., Giampola D.D., and Dickison P.C. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. J. Environ. Qual. 32: 269-277.

25 Diagnóstico socioeconómico y político de la Selva Lacandona s/a. www.alternativa 21.org

26 Echavarría C.F.G., Pérez A.S., y Valenzuela B.R. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. Téc Pecu Méx; 45(2):177-194.

27 Ellis J.L., Kebreab E., Odongo N.E., McBride B.W., Okine E.K. and France J. 2006. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. J. Dairy Sci. 90:3456-3467.

28 Estrada J. A. Pastos y Forrajes para el trópico colombiano. 2001. Calidad nutricional de los forrajes. En: Pastos y Forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas, Colombia. Pp. 202-204.

29 Farooq I.M., Cheng Y., Zhu W. and Zeshan B. 2008. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. Worl J Mricrobiol Biotechnol. 24:1747-1755

30 Fernández M., García M. y Gómez C. 2007. Emisión de metano y sistemas de producción animal en el Perú: Implicancias nutricionales. www.producción-

animal.com.ar

31 Flachowsky G. and Hachenberg S. 2009. CO2 Footprints for food of animal origin-Present stage and open questions. J Verbr. Lebensm. 4:190-198.

32 Galindo J., Elías A., Palenzuela T., Pérez MC. Y Aldama A. 2003. Efecto del monensin en la producción de metano in vitro en tres sistemas ecológicos ruminales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 37, No. 2.

33 GGAA (Greenhouse gases and animal agriculture Conference). 2010. Listing of Abstracts. Banff, Canada, Oct 3-8/2010, Alberta Canada, 185 p

34 Gamboa H., Gómez W., e Ibrahim. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Ed CATIE. Serie Técnica no 377. Pp 47-66

35 Gamboa-Mena JV., Magaña-Magaña MA., Rejón-Avila M y Martínez Pech VC. 2005. Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 5:79-84.

36 González E. and Ruíz-Suárez L.G. 1995. Methane emissions from cattle in Mexico: methodology and mitigation issues. Interciencia 20(6):370-372.

37 Grainger C. Auldist M.J., Clarke T., Beauchemin K.A., McGinn S.M., Hannah M.C., Eckard R.J. And Lowes L.B. 2008. Use of monensin controlled.release capsules to reduce methane emissions and improve milk production of dairy cows offered pasture supplemented with grain. J. Dairy Sci. 91:1159-1165.

38 Guan H., Wittenberk.M. Ominski K.H. and Krause D.O. 2006. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. J Anim Sci. 84:1896-1906.

39 Harper L.A., Denmead O.T., Freney J.R and Byers F.M. 1999. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. J Anim Sci; 77:1392-1401

40 Herrero M., Thorton P.K., Kruska R. and Reid R.S. 2008. Systems dynamics and the spatial distribution of methane emissions form African domestic ruminants to 2030. Agriculture, ecosystems and environment 126: 122-137.

41 Hongmin D., Mangino J., McAllister T., Hatfield JL., Johnson DE., Lassey KR., de Lima MA y Romanovskaya A. 2006. Emisiones resultantes de la gestión del ganado y el estiércol. En: Directrices del PICC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

42 Hunter R.A. and Niethene G.E. 2009. Efficiency of feed utilization and methane emission for various cattle breeding and finishing systems. En: Recent advances in animal nutrition, 20th Biennial Conference. University of New England, Armidale NSW. Australia 12-15 July, 2009.

43 INE, 1995. National Greenhouse Gas Inventory (1990): México, INE, 1995. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

44 INE. 2002. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

45 INEGI. 2005. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Parte 4 Sección Agricultura. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

46 Isaac-Márquez R., de Jong B., Eastmond A., Ochoa-Gaona S., Hernández S. y Sandoval L.J. 2008. Programas gubernamentales y respuestas campesinas en el uso del suelo: el caso de la zona oriente de Tabasco, México. Región y Sociedad. Vol XX, No 43, 97-129.

47 Jhonson K.A., Kincaid R.L., Westberg H.H., Gaskins C.T., Lamb B.K., and Cronrath

J.D. 2002. The effect of oilseeds in diets of lactating cows on milk production and methane emissions. J. Dairy Sci. 85:1509-1515.

48 Jiménez-Ferrer G., Pérez-López H., Soto-Pinto L., Nahed-Toral J., Hernández L. L y Carmona J. 2007. Livestock, nutritive value and local knowledge of fodder trees in fragment landscapes in Chiapas, México. Interciencia; vol. 32 n° 4.

49 Jiménez-Ferrer G., Velasco-Pérez R., Uribe G.M., y Soto-Pinto L. 2008. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. Zootecnia Trop., 26(3): 333-337.

50 Jiménez-Ferrer G., Queculpa S., Esquivez B.E., Soto-Pinto L., Reyes M.F., Ruíz M. y Marqués-Rosano C. 2010. Ganadería y cambio climático. Adaptación en Comunidades indígenas de Chiapas, México. LEISA Revista de Agroecología. Pp 9-10.

51 Jiménez-Ferrer G., Mirinidou E., Flores A., De Jong B. 2010a. Establecimiento de una línea base de las emisiones actuales y futuras de Gases de Efecto Invernadero provenientes de los subsectores Agricultura y Ganadería, del sector Agricultura, Silvicultura y otros usos del suelo, Chiapas, México. Informe Técnico, ECOSUR-International Conservation México, 75 p

52 Johnson, K.A. and Johnson D.E. 1995. Methane emissions in cattle. J. Anim. Sci. 73:2483-249

53 Jungbluth T. Hartung E., Brose G. 2001. Greenhouse gas emissions from animal house and manure stores. Nutr Cycl Agroecosyst 60:133-45.

54 Kurihara M, Magner T, Mc Crabb H, and Mc Crabb G. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. British Journal of Nutrition, 81:227-234

55 Leng, R.A. 1993. Quantitative ruminant nutrition- A green science. Australian Journal of Agricultural Research 44:363-38

56 Lila Z.A., Mohammed N., Kanda S., Kamada T., and Itabashi H. 2003. Effect of sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production in vitro. J. Dairy Sci. 86:3330-3336.

57 López-Carmona M., Jiménez-Ferrer G., De Jong B., Ochoa-Gaona S. y Nahed-Toral J. 2001. El sistema ganadero de montaña en la región norte-tzotzil de Chiapas, México. Veterinaria México, 32(2):93-103.

58 Lovett D.K., Stack L.J., Lovell S., Callan J., Flynn B., Hawkins M. and O'Mara F.P. 2005. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. J. Dairy Sci. 88:2836-2842

59 Macedo R., Galina M.A., y Zorrilla J.M. 2008. Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México. Zootecnica Trop., 26(4):455-463.

60 Macedo R., Galina M.A., Zorrilla J., Palma J.M., y Pérez-Guerrero J. 2001. Impacto económico de la introducción de tecnología en un sistema de producción agropecuario tradicional. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 18:149-162

61 Macedo R., Galina M.A., Zorrilla J.M., Palma J.M. Y Pérez-Guerrero J. 2003. Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. Arch. Zootec. 52:463-474.

62 Magaña-Monforte JG., Ríos-Arjona G y Martínez-González JC. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Vol. 14, No. 3, 2006, pp. 105-114

63 Márquez R. C. 2006. Deboisement et conflits d`appropriation territoriale. Forest tropicales humides de l`espace Lacandon, Chiapas. Tesis Ph. D., Universite de

Toulouse, France, 403 p.

64 Marqués R.I. De Jong B., y Ochoa G.S.2007. Agricultura campesina y deforestación: patrones de cambio de uso de suelo en el oriente e Tabasco, México. En: Memorias del VII Congreso Latino-Americano de Sociología Rural. 20-24 de noviembre del 2006. Quito, Ecuador. Pp 1-20

65 McCaughey W.P., Wittenberg K. And Corrigan D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. Can J. Anim. Sci. 79:221-226.

66 Mc Crabb G.J., Fernandez-Rivera S., Hunter R.A., Kurihara M., Terada F., and Wirth T. 2003. Managing greenhouse emissions form livestock systems.

67 McGinn S.M., Flesch T.K., Harper L.A. and Beauchemin K.A. 2006. An approache for measuring methane emissions from whole farms. J. Environ. Qual. 35:14-20.

68 Mejía H.J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria, septiembre-diciembre, año/vol. 12, número 003. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. Pp 56-63

69 Mills J.A., Dijkstrea J., BAnnink A., Cammell S.B., Kebreab E. and France J. 2001. A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation and application. J Anim Sci. 79: 1584-1597.

70 Montenegro B. J. y Abarca M.S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del calentamiento global. Ministerio de Agricultura y Ganadería: Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica

71 Montoya G.G., Hernández R.J.F.., Velasco P.A., Reygadas L y Ramos M.T. 2006. Organización comunitaria para la conservación forestal: Estudio de caso en la selva lacandona de Chiapas, México. Papeles de población, julio-septiembre, núm. 049, Universidad Autónoma del estado de México Toluca, México pp 177-204

72 Mora C.V. (2001). Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en pasturas en monocultivo y en sistemas silvopastoriles de fincas lecheras intensivas

de las zonas altas de Costa Rica. Tesis MC. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica

73 Moss R.A., Jouany JP., and Newbold J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Ann. Zootech. 49:231-253.

74 Muench P. s/a: El libro blanco de la Selva. Proyecto de desarrollo social integrado y sostenible (PRODESIS). Unión Europea

75 Murgüeitio Enrique y Muhammad Ibrahim. 2004. Ganadería y Medio Ambiente en América Latina. En: Memorias XII congreso venezolano de producción e industria animal (AVPA). Venezuela pp 187-201

76 Murray P.J., Gill E., Balsdon S.L., and Jarvis S.C. 2001. A comparison of methane emissions from sheep grazing pastures with differing management intensities. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 60: 93-97

77 Olivares Pineda Rodrigo, Gómez Curz Angel Manuel, Meraz Alvarado Refugio Ma. 2005. Potencial de conversión de explotaciones ganaderas convencionales a sistemas de producción orgánicos en el estado de Tabasco. Técnica Pecuaria México. Año/vol 43 no 003; pp 367-370.

78 Ondongo N.E., Bagg R., Vessie G., Dick P., Or-Rashid M.M., Hook S.E., Gray J.T., Kebreab E., France J., and McBride B.W. 2007. Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 90:1781-1788.

79 O`Mara, F.P. 2010. The significance of livestock as a contributor to global greenghouse gas emissions today and in the future. *In:* GGAA (Greenhouse gases and animal agriculture Conference). 2010. Listing of Abstracts. Banff, Canada, Oct 3-8/2010, Alberta Canada, pp 3

80 Ortiz-Espejel y Toledo M.V. 1998. Tendencias en la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): El caso de las Cañadas. Interciencia; vol 23 no° 6, pp

318-327.

81 Pezo D.A. Homann F. y Arze J. 1999. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas, en el trópico húmedo de Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense. 23(1):97-109.

82 PICC (Intergovernamental Panel on Climate Change).1997. Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. Documento técnico III del PICC.

83 PICC (Intergovernamental Panel on Climate Change). 2006. Methane emissions from enteric fermentation. En: IPCC Guidelines from National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de efecto invernadero. Pp 10.25-10.36

84 PICC (Intergovernamental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007. Impacts, adaptations and vulnerability. Summary for policy makers. Online at http:// www.ipc.cg/SPM13apr07.pdf

85 Piñares-Patiño C.S., D'Hour P., Jouany J.P., and Martin C. 2007. Effects of stocking rate on methane and carbon dioxide emissions from grazing cattle. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121:30-46.

86 Primavesi A. y Primavesi O. 2006. En Brasil, optimizando las interacciones entre el clima, el suelo, los pastizales y el ganado. LEISA Revista de Agroecología, 18(1) www.produccion-animal.com.ar

87 Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (POT). 2005. Caracterización y análisis del territorio Chiapaneco. Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaría de Planeación y Finanzas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Pp 12-47

88 Reid R.S., Thornton P.K., Mc Crabb G.J., Kruska L.R., Atieno F. and Jones P.G. 2004. Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of

the tropics?. Environment, Development and Sustainability. 6:91-109.

89 Reyes H.H., Villar S., Perales R.H., Kauffer M.E., y Pat F.J.M. 2003. Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación guante el periodo 1990-2000 en la región Calakmul, Campeche, México. Investigaciones geográficas, boletín del instituto de geografía, UNAM. Num 51, pp 88-106.

90 Reyes M.F., Nava G., y González R. 2008. Respuesta de toretes en pastoreo a la suplementación con follaje de cocoite (Gliricidia sepium), bloques multinutricionales y alimento comercial en el trópico húmedo de México. Zootecnica Trop., 26(3):343-346.

91 Rojo R.R., Mendoza M.G.D., García B.C.M., Bárcena G.J.R. y Aranda E.M. 2000. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y Saccharomyces cereviseae. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17:358-370.

92 Román-Ponce H. 1999. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH. Centro Experimental Pecuario. Paso del Toro, Veracruz, México. Pp 394-406

93 Roncoli C., Josto C., Perez C., Moore K., Ballo A., Cissé S. and Ouattara K. 2007. Carbon sequestration from common property resources: Lessons from community-based sustainable pasture management in north-central Mali. Agricultural Systems 94, 97-109.

94 Ruíz y Cruz, 2004. Los gases de efecto invernadero y sus emisiones en México. En: Cambio climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Recursos Naturales y El Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. pp 109

95 Sandoval B.C. 2007a. Características. Agronómicas y Nutricionales de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas Tropicales. Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencias en Agronomía. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez pp. 21-23.

96 Sandoval E., Morales G., Jiménez D., Pino L.A., Urdaneta J., y Araque C. 2007. Caracterización de las diferentes modalidades de producción del sistema de ganadería bovina de doble propósito del Municipio José Antonio Páez del estado Yaracuy, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 24:501-521.

97 Santillán-Alemán A.T., Ferguson G.B., Jiménez F.G., Gómez C.H., Carmona M.I., y Nahed T.J. 2007. Ganadería extensiva en regiones tropicales: el caso de Chiapas. En: Ganadería, Desarrollo y Ambiente: Una visión para Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. Pp 19-40.

98 (PMRBMA) Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Montes Azules. 2000. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Natruales (SEMARNAT).México, D.F. Pp 21-51

99 Sirohi S., Michaelowa A. and Sirohi S.K. 2007. Mitigation options for enteric methane emissions form dairy animals: an evaluation for potential CDM projects in India. Mitigation and adaptation Strategies for Global Change 12:259-274.

100 Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider W., Towprayoon S., Waattenbach M and Smito J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B. 363, 789-813.

101 Sosa-Rubio E.E., Pérez R.D., Ortega R.L. y Zapata B.G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Técnica Pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Mayo-Agosto, año/vol. 42, número 002. pp. 129-144.

102 Steinfeld, H. 2002. Increase global demand for animal products. In: Responding to the increasing global demand for animal products. BSAS-UADY, International Conference, Merida Yucatán, México. p. 1-2.

103 Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., and de Haan C. 2006. Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Pp 79.

104 Szott L; Ibrahim M, Beer J. 2000. The hamburger connection hangover:cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central América. CATIE, Costa Rica.

105 Tejada C.C. 2002. Apropiación social del territorio y política ambiental en la Selva Lacandona, Chiapas: el caso de Frontera Corozal, Comunidad Lacandona. Tesis de maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional. Dirección de Centros Regionales. Universidad Autónoma de Chapingo. pp 270.

106 Thornton P.K., van de Steeg J., Notenbaert A. and Herrero M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. Agricultural systems. 101(3):113-127.

107 Tudela, F. 1990. Recursos naturales y sociedad en el trópico húmedo tabasqueño. En: Leff, E. (Coord.). Medio ambiente y desarrollo en México. Vol. I. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM; Ed. Porrúa. México. Pp.:149-227.

108 Turnbull G and Du Charme B. 2001. Methane emissions-reductions from ruminants. EMA FIFTH Annual Spring meeting. Environmental finance. Use on cattle farms. Guide for the payment of environmental services. Integrated silvopastoril approaches to ecosystem management project. pp 1-59.

109 Vargas S.J., Alarcón P.P. y Jara F.R. 2000. Evaluación de los impactos económicos, ambientas y sociales de la implementación de las medidas de mitigación en el sector agrícola. Comité Nacional sobre Clima GEF-PNUD Ministerio del Ambiente. Proyecto ECU/99/G31 Cambio climático.

110 Vela, F. 1999. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En: María Luisa Tarrés (coord.) Observar, escuchar y comprender. Sobre

la tradición cualitativa en la investigación social. Porrúa y FLACSO. México. 2001. p 63-95.

111 Velasco P.L.R. 2007. Conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros en la región de la selva Lacandona, Chiapas. Tesis presentada como requisito para obtener el grado de maestría en Recursos natruales y desarrollo Rural. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). San Cristobal de las Casas, Chiapas

112 Verburg P.H. and D Van Der Gon A.C.H. 2001. Spatial and temporal dynamics of methane emissions from agricultural sources in China. Global Change Biology. 7:31-47

113 Villafuerte D y García MC. 1997. La cuestión Ganadera y la deforestación: Viejos y nuevos problemas en el Trópico y Chiapas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Talleres Gráficos del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

114 Villa-Herrera A., Nava-Tablada M.E., López-Ortiz S., Vargas-López S., Ortega-Jiménez E., y Felipe-Gallardo López. 2009. Nota corta. Utilización del guácimo (Guazuma ulmifolia Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. Tropical and subtropical agroecosystems. 10:253-261.

115 Villanueva C. Ibrahim M, Casasola F., Ríos N y Sepúlveda C. 2009. Sistemas silvopastiroles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Ed CATIE. Serie Técnica no 377. Pp 103-125.

116 von Bernard H., Vilarino V. y Piñeiro G. 2007. Emisión teórica de metano en tres sistemas de invernada para engorda de ganado en Argentina. Cien. Inv, Arg. 34(2): 121-129.

117 Wolin M.J., Miller T.L., Stewart C.S. 1997. Microbe-microbe interactions. En: Hobson P.N.,Stewart C.S. (eds). The rumen microbial system. Black Academic and Professional, London. Pp 467-491

Páginas de internet consultadas

118 http://www.e-local.gob.mx

119 www.centrogeo.org.

Anexos

Anexo 1. Cédula para identificar las características de la ganadería en la Selva

Indicador	La mayoría de los productores	
(1) Sistema de manejo	Le interesa producir ganado de engorda	SI ( ), NO ( )
	Le interesa producir becerros al destete	SI ( ), NO ( )
	Le interesa producir leche	SI ( ), NO ( )
	Le interesa el doble propósito (becerros + ordeña)	SI ( ), NO ( )
	Le interesaría sembrar árboles frutales y maderables	SI ( ), NO ( )
(2) Raza y manejo reproductivo	Su ganado es de razas mejoradas	SI ( ), NO ( )
	Se usa monta directa	SI ( ), NO ( )
	Se usa inseminación artificial	SI ( ), NO ( )
(3) Alimentación animal	Usa alimentos comerciales	SI ( ), NO ( )
	Usa suplemento de follaje de árboles	SI ( ), NO ( )
	Se usa forraje ensilado y/o henificado	SI ( ), NO ( )
	Usa melaza	SI ( ), NO ( )
	Usa bloques multinutricionales	SI ( ), NO ( )
	Usa maíz para su ganado	
(4) Profilaxis y cuidados veterinarios	Aplica vacunación	SI ( ), NO ( )
	Realiza desparasitación	SI ( ), NO ( )
	Hace prueba de Barrido:	SI ( ), NO ( )
	Usa medicinas naturales (homeopatía, naturista, etc)	SI ( ), NO ( )
	Se preocupa por que su ganado tome agua limpia	SI ( ), NO ( )
(5) Bienestar animal	Tienen galeras para manejo	SI ( ), NO ( )
	Tiene botiquín sanitario	SI ( ), NO ( )
	Se realiza corte de cuernos	SI ( ), NO ( )
	Usa marcas en el animal para identificación	SI ( ), NO ( )
(6) Pastizal - suelo	Usa fertilizante para los pastos	SI ( ), NO ( )
	Compra semillas de pastos mejorados	SI ( ), NO ( )
	Usa el estiércol del ganado para abono	SI ( ), NO ( )
	Realiza rotación de cultivos y/o pastoreo	SI ( ), NO ( )
(7) Control de malezas de pastos y cultivos	Se usan métodos manuales	SI ( ), NO ( )
	Se usan métodos mecánicos	SI ( ), NO ( )
	Usa herbicidas en los potreros y/o cultivos	SI ( ), NO ( )
(8)Control de plagas de pastos y cultivos	Se usan métodos manuales	SI ( ), NO ( )
	Se usan métodos mecánicos	SI ( ), NO ( )
	Usa insecticidas	SI ( ), NO ( )
(9) Uso eficiente del pastizal	Tiene pasto todo el año	SI ( ), NO ( )
	Tiene pastos de corte	SI ( ), NO ( )
	Pastorea sus animales en el monte -selva	SI ( ), NO ( )
	Pastorea sus animales en el Acahual	SI ( ), NO ( )
(10) Manejo integral de recursos	Hace rotación de cultivos	SI ( ), NO ( )
	Hace asociación de pastos y leguminosas	SI ( ), NO ( )
	Siembra árboles para madera	SI ( ), NO ( )
	Siembra árboles forrajeros	SI ( ), NO ( )
	Siembra árboles en cercas vivas	SI ( ), NO ( )
	Siembra o deja crecer árboles en potreros	SI ( ), NO ( )
	Descansa sus potreros	SI ( ), NO ( )
	Se promueve la conservación de selva	SI ( ), NO ( )
(11) Seguridad alimentaría	Venden carne en la comunidad	SI ( ), NO ( )
	Tienen venta de leche/ queso en la comunidad	SI ( ), NO ( )
	Compra maíz para su consumo	SI ( ), NO ( )
	Compra madera o poste para su gasto	SI ( ), NO ( )
(12) Gestión	Tienen una organización de productores de ganado	SI ( ), NO ( )
	Reciben capacitación para mejorar su ganado	SI ( ), NO ( )
	Le interesa trabajar en grupo	SI ( ), NO ( )
	Desearían tener una empresa ganadera colectiva para transformar y comercializar los productos ganaderos	SI ( ), NO ( )

Anexo 2. Cálculos sobre los requerimientos energéticos de los bovinos utilizados para realizar las estimaciones de metano en base a la metodología propuesta por el PICC (2006)

Función zootécnica	ENM	ENA	ENC	ENMOV	ENT	ENL	ENP	ENMA/ED	ENC/ED	EB
Bovinos de carne	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d	Mj/d
Becerros	13.80	4.97	1.15	-0.92	0.00	0.00	0.00	0.47	0.24	76.99
Becerras	13.11	4.72	1.48	-1.18	0.00	0.00	0.00	0.47	0.24	46.32
Vaquillas	20.24	7.29	2.75	-2.20	0.00	0.00	0.00	0.47	0.24	74.23
Novillos	21.45	7.72	2.92	-2.33	0.00	0.00	0.00	0.47	0.24	78.64
Vientres	30.24	10.89	0.00	3.02	0.00	0.00	0.00	0.47	169.23	66.60
Sementales	28.80	10.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	150.12
Toretes	24.36	8.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	70.22
Bueyes	27.16	9.78	0.00	0.00	21.73	0.00	0.00	0.47	0.00	124.36
Bovinos de leche										
Becerras	13.11	4.72	1.48	-1.18	0.23	0.00	0.00	0.47	0.24	46.32
Vaquillas	20.24	7.29	2.75	-2.20	0.23	0.00	0.00	0.47	0.24	74.23
Vientres	30.24	10.89	0.00	2.96	0.23	25.20	3.02	0.47	0.00	277.13
Sementales	28.80	10.37	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.47	0.00	150.12

ENM= energía neta para mantenimiento

ENA= energía neta de actividad
ENC= energía neta para
crecimiento
ETN= energía neta de trabajo
ENL= energía neta de lactancia
ENP= energía neta para la preñez

ENMOV= pérdida de energía por actividad
ENMA/ED= relación entre la energía neta disponible en una dieta de mantenimiento y la energía digestible consumida

ENC/ED= relación entre la energía neta para el crecimiento y la energía digestible consumida

EB= energía bruta

Anexo 3 Estrategias de adaptación al cambio climático para el sector ganadero en la región Selva

Las principales consecuencias del cambio climático en sistemas ganaderos son las alteraciones en el ciclo hídrico con efectos en la interacción suelo-planta y sus propiedades fisicoquímicas (Beukes *et al.,* 2009).

En Chiapas la mayor parte de los sistemas de producción bovina son pastoriles y los forrajes son la base de alimentación, por lo que se hace necesaria la promoción de prácticas de conservación de suelo y agua, así como la difusión de prácticas que intensifiquen los sistemas de producción pecuaria (Beukes *et al.,* 2009) con el fin de adaptarse a los efectos del cambio climático y contribuir a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la Selva, la estación de secas y de lluvias es marcada y por lo tanto es importante la utilización de estrategias de alimentación que se enfoquen a la suplementación alimenticia durante la temporada seca, que es cuando hay escases de forraje y se presentan las mayores deficiencias alimenticias; y la preservación de los forrajes durante la temporada de lluvias, que es cuando hay abundancia de forraje.

Cárdenas *et al.* (2007) menciona que no utilizar técnicas de preservación de forraje durante la época de lluvias, cuando el forraje es abundante, representa alimento desperdiciado.

Existe información limitada sobre la preservación del forraje y la producción de metano, pero estos mismos autores observaron que la producción de metano (% GEI) es menor cuando los forrajes se ensilan. Sirohi *et al.* (2007) mencionaron que la producción de metano puede reducirse un 20% si se utiliza un ensilado en comparación con el henificado. El peletizado del forraje disminuye las pérdidas de metano por unidad de consumo entre un 20 y 40% cuando el consumo es alto (Boadi *et al.,* 2004).

Sirohi *et al,* (2007) reportaron que el uso de melaza/urea y/o bloques nutricionales como

estrategia de suplementación alimenticia es una práctica económicamente viable con potencial de reducir las emisiones de CH_4 entre 25 y 27% (Lovett *et al.* (2005) mencionaron que la incorporación de alimento "concentrado" en la dieta forrajera reduce la producción de CH_4; estos autores reportaron emisiones de 19.26 y 16.02 g CH_4/producto animal siendo el valor más bajo reportado para animales cuya dieta contenía concentrado. El alto costo que se tiene haciendo uso de concentrados limita su utilización en sistemas de producción de bajo costo (Farooq *et al.,* 2008).

A través de la intensificación del sistema es posible reducir las emisiones de GEI. Las practicas involucradas en el manejo de las pasturas que involucren cambios en los parámetros fermentativos, deben ser consideradas para obtener mejores parámetros productivos simultáneos con menores emisiones de metano (Carmona *et al.,* 2005).
Con buenas prácticas de manejo de la pastura son la productividad animal aumenta y se disminuye la emisión de metano por unidad de producto (Boadi *et al.,* 2004).

La producción de metano es menor en vaquillas bajo pastoreo continuo y con baja carga animal; el pastoreo rotacional con baja carga animal disminuye la emisión de CH_4 en un 9% (McCaughey *et al.,* 1997) En sistemas de producción sustentables la baja emisión de CH_4 se mantiene debido a la baja carga animal, con alta eficiencia de conversión alimenticia, resultando en un potencial incremento de la productividad (Beukes *et al.,* 2009). La intensificación del pastoreo es una de las prácticas más efectivas que contribuyen a la disminución de las emisiones de CH_4 (De Ramus *et al.,* 2003).

La calidad de la pastura es un factor crítico en la disminución de las emisiones de metano, por lo que se requiere también del mejoramiento de las prácticas agronómicas para aumentar la productividad (Smith *et al.,* 2008). El manejo de la pastura que permita el consumo de forraje joven y altamente digestible contribuirá en la disminución de las emisiones de CH_4 y aumentará la productividad animal debido a una mejor calidad de la dieta (Reid *et al.,* 2004).

El cultivo y uso de forrajes de alta calidad son prácticas más económicas y tienden a ser una opción sustentable para los productores, además de ser una vía eficiente para disminuir las emisiones de nitrógeno y aumentar la captura de carbono (Boadi *et al.,* 2004). McCaughey *et al.* (1999) mencionan que el incremento en la calidad de la pastura a través de la introducción de leguminosas, es una práctica que potencialmente puede contribuir a la disminución de las emisiones de CH_4. El uso de forrajes de mayor digestibilidad resulta en una disminución en la producción de CH_4 de entre el 15 y 21% (Boadi *et al.,* 2004).

La introducción de pastos mejorados es una de las prácticas con mayor productividad y que además puede ser una alternativa para la adaptación al cambio climático, sin embargo hay que tomar en cuenta los impactos ecológicos que puede acarrear la introducción de estas especies (Smith *et al.,* 2008).

El aumento de la productividad animal contribuye a la disminución de GEI a través de las mejoras que se hagan en el manejo el hato y_sobre la eficiencia (Beukes *et al.,* 2009). Sin embargo, el aumento de la productividad animal contribuye a la disminución de metano siempre y cuando se disminuya el número de cabezas bovinas (Boadi *et al.,* 2004). En términos de mitigación de metano en sistemas extensivos, probablemente, la única vía efectiva es a través de la disminución del número de cabezas bovinas (Thorton *et al.,* 2009; Raid *et al.,* 2004).

Si menos animales se necesitan para producir leche o carne, la emisión de metano por unidad de producto obtenido es menor y en consecuencia menos cantidad total de CH_4 se emitirá y por consiguiente se necesitará menos terreno dedicado a la ganadería y dependiendo del uso potencial de ese suelo, el área liberada podría dedicarse a la agricultura, a la plantación de especies arbóreas o bien destinarse como área de conservación **(**Montenegro y Abarca, 2001).

La manera más efectiva para disminuir la emisión de metano por unidad de producto es a través del aumento de la tasa reproductiva y de animales en crecimiento (Ramírez-

Restrepo y Barry, 2005). La disminución del número de cabezas de reemplazo a través del mejoramiento en los parámetros reproductivos es una vía para disminuir las emisiones de metano entre un 10 y 11%. (Beukes *et al.,* 2009). Esta estrategia de mitigación es imposible de aplicarse a no ser que exista un compensación económica que permita aminorizar las pérdidas de los valores económicos, sociales y culturales que implica la disminución del número de bovinos en las unidades de producción de rumiantes (Reid *et al.,* 2004 y Thorton *et al.,* 2009)

El mejoramiento genético contribuye a la disminución de CH_4 debido a que mejora la productividad y disminuye el tiempo en que los animales son destinados al mercado; la disminución de la producción de CH_4 está asociada con el incremento en la producción de leche o carne (Reid *et al.,* 2004).

Anexo 4 Incentivos para la implementación de buenas prácticas de adaptación al cambio climático

Existen herramientas que motivan la adopción de sistemas que incrementan la productividad y disminuyen la emisión de GEI. Estas herramientas son el pago por servicios ambientales, créditos verdes y la capacitación participativa de productores por medio de la metodología de escuelas de campo; cada una de estas herramientas tiene un nicho específico de acción el cual se presenta en el cuadro 9.

La implementación de los pagos por servicios ambientales (PSA) es una herramienta valiosa para fomentar la adopción de SSP en fincas ganaderas (Casasola *et al.,* 2009). Esta teoría solo ha funcionado en países desarrollados en donde el nivel la percepción hacia la conservación del medio ambiente en el mediano y largo plazo es más aceptada (Chagoya e Iglesias, 2009). En México, no existe una cultura de pago para los proveedores de algún servicio ambiental. Además, de que el programa PSA de la CONAFOR es de reciente creación y está en un proceso de aprendizaje con base en las experiencias ganadas (Chagoya e Iglesias, 2009).

Cuadro 9. Herramientas para la adopción de SSP y su nicho de acción

Herramientas de adopción	Nicho de acción
Pago por servicios ambientales (PSA) (secuestro y almacenamiento de carbono, protección de biodiversidad, protección de cuencas hidrográficas y belleza escénica)	Se puede implementar en zonas críticas para la conservación de recursos naturales
Créditos verdes	Facilita el crédito como factor de política importante para reducir la pobreza y promover el espíritu empresarial entre los agricultores
Escuelas de campo (ECA)	Se enfocan en temas que son relevantes para los productores y en la generación de impactos en el mejoramiento del nivel de vida de las familias productoras Tienen mayor impacto que la capacitación tradicional

(Chagoya e Iglesias, 2009)

Anexo 5 Incertidumbre de las estimaciones de CH_4 por fermentación entérica

La incertidumbre estimada de las emisiones procedentes de fuentes individuales (ganado vacuno) es una función de las características del instrumento, la calibración y la frecuencia de muestreo de las mediciones directas, o bien una combinación de las incertidumbres en los factores de emisión y los correspondientes datos de actividad (PICC, 1996).

La incertidumbre de las estimaciones calculadas por esta metodología dependen de la exactitud de la caracterización del ganado y también de la medida en que los métodos utilizados para definir los coeficientes de las distintas relaciones que forman parte del criterio de la energía neta, correspondan a las circunstancias nacionales (PICC, 2006).
La incertidumbre de las estimaciones de los factores de emisión obtenidos es probablemente del orden de ±20% (PICC, 2006).