





**Instituto Politécnico Nacional**  
**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo**  
**Integral Regional, Unidad Michoacán.**



**“Predicción de gases de efecto invernadero por la actividad ganadera  
lechera en la Región Ciénega de Chapala”.**

**Tesis**

**Que para obtener el grado en Maestro(a) en Ciencias en Producción  
Agrícola Sustentable**

**Presenta**

**Ing. Karen Cruz Chacón**

**Directores**

**Dra. Rebeca Flores Magallón**

**Dr. Gustavo Cruz Cárdenas**

**Jiquilpan de Juárez, Michoacán de Ocampo, México**

**2019 – 2021**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-14  
REP 2017

**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de Jiquilpan, Mich., siendo las 12 horas del día 25 del mes de Octubre del 2021 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: CIIDIR IPN Unidad Michoacán para examinar la tesis titulada:

Predicción de gases de efecto invernadero por la actividad ganadera lechera en la región Ciénega de Chapala del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Cruz	Apellido Materno:	Chacón	Nombre (s):	Karen
-------------------	------	-------------------	--------	-------------	-------

Número de registro: B 1 9 0 9 9 7

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 9 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo SI  NO  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:**

La similitud del trabajo se ubica principalmente en las fuentes bibliográficas consultadas.

**\*\*Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

**COMISIÓN REVISORA DE TESIS**

Dra. Reteca Flores Megallón  
Nombre completo y firma

Dr. Gustavo Cruz Cárdenas  
2° Director de Tesis (en su caso)  
Nombre completo y firma

Dr. José Venegas González  
Nombre completo y firma

Dra. Amanda Alejandra Oliva Hernández  
Nombre completo y firma

M. en C. Salvador Ochoa Estrada  
Nombre completo y firma

Dra. María Valentina Angoa Pérez  
Nombre completo y firma

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PRESIDENTE DEL COLEGIO DE DESARROLLO INTEGRAL REGION PROFESORES  
CIIDIR - IPN - U-EMICH



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México, D.F. el día 23 del mes de noviembre del año 2021, el (la) que suscribe Karen Cruz Chacón alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable, con número de registro B190997, adscrito(a) al C.I.I.D.I.R I.P.N Unidad Michoacán, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Rebeca Flores Magallón y el Dr. Gustavo Cruz Cárdenas y cede los derechos del trabajo titulado “Predicción de gases de efecto invernadero por la actividad ganadera lechera en la Región Ciénega de Zapata”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones: [rbk\\_fm@hotmail.com](mailto:rbk_fm@hotmail.com), [gustavo.cruz.cardenas@gmail.com](mailto:gustavo.cruz.cardenas@gmail.com) y [karencruz9307@gmail.com](mailto:karencruz9307@gmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

Nombre y firma del alumno(a)

## **Agradecimientos**

A todos mis profesores de la maestría por su dedicación y tan excelente entrega. Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) por la manera tan organizada en la que trabajan y por considerar a sus estudiantes como la mayor prioridad.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por permitirme estudiar con una beca o financiamiento mes tras mes, que me permitió concentrarme sin mayores preocupaciones en mis estudios.

De forma particular a mis tutores la Dra. Rebeca Flores Magallón y el Dr. Gustavo Cruz Cárdenas y a los miembros de mi comité tutorial.

A las Asociaciones Ganaderas de cada uno de los municipios estudiados y todos los ganaderos que colaboraron para que se hiciera posible la investigación.

Karen Cruz Chacón.

## **Dedicatoria**

A mis padres por toda su labor durante toda mi vida para que me convirtiera en lo que soy hoy, porque ellos son mi principal motor y mi inspiración para todo lo que me propongo.

A mi abuela materna, porque estaría más que orgullosa de ver en la mujer que me he convertido y porque siempre estaba apoyándome en cada logro que alcanzaba por más pequeño que fuese.

A mi esposo por su dedicación y entrega hasta en la distancia para que logrará llegar a la recta final. Porque gracias a él logre llegar a México a estudiar mi maestría.

A mi grupo de amigas de la preparatoria Lenin por su apoyo siempre desde la distancia y porque siempre serán las mejores.

Por último y no menos importante a mi amiga, mi colombiana favorita en el mundo Daniella Alejandra Ariza Mejía, haberla conocido en esta travesía de mi vida fue de las mejores cosas que me pudo pasar.

Karen Cruz Chacón

# Índice

Resumen .....	2
Abstract .....	3
Capítulo I: Introducción .....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Antecedentes .....	6
1.3 Planteamiento del problema .....	11
1.4 Justificación.....	13
1.4    Pregunta de investigación.....	14
1.5    Objetivo general .....	14
1.5.1    Objetivos específicos.....	14
Capítulo II: Marco Teórico .....	15
2.1 Gases de Efecto Invernadero.....	15
2.2 Directrices Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). .....	16
2.3 Efectos de las emisiones de GEI y el cambio climático.....	17
2.4 Actividad Ganadera.....	18
2.5 Emisiones de GEI procedentes de la ganadería.....	18
2.6 Emisiones de GEI en el manejo de estiércol. ....	20
2.7 Fermentación entérica. ....	20
2.8 Huella de carbono (HdC) .....	21
2.9 Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) .....	21
2.10 Herramientas para el cálculo de los GEI.....	21
2.11 Modelo Global de Evaluación Ambiental del Ganado (GLEAM).....	22
2.12 Análisis del Ciclo de Vida (ACV).....	23
Capítulo III: Metodología.....	24
3.1 Área de estudio.....	24
3.2 Criterios de inclusión y exclusión. ....	25
3.3 Caracterización de la línea base del estado actual de la actividad ganadera .....	26
3.4 Descripción y tratamiento de las encuestas.....	27
3.5 Determinar la fase de modelación (Modelo Global de Evaluación Ambiental Ganadera GLEAM 2.0) .....	28

Capítulo IV: Resultados .....	31
4.1 Determinación del tamaño de muestra para la realización de las encuestas para alimentar el GLEAM.....	31
4.2 Caracterización socioeconómica de la actividad ganadera .....	31
4.3 Análisis estadístico de las encuestas de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG). .....	33
4.4 Estimación de las emisiones de los GEI en los municipios modelados en el GLEAM. ....	35
Capítulo V: Discusión .....	40
Conclusiones .....	44
Referencias .....	45
Anexos.....	54
Anexo A: Fotografías que describen el estado de la ganadería en los cuatro municipios estudiados. ....	54
Corral. Municipio Jiquilpan de Juárez. ....	54
Comedero y sala de ordeño. Municipio Jiquilpan de Juárez. ....	55
Comedero y sala de ordeño mecanizado. Municipio Venustiano Carranza. ....	56
Comedero y sala de ordeño mecanizado. Municipio Sahuayo.....	57
Comedero y sala de ordeño. Municipio Marcos Castellanos .....	58
Depósito de agua para los animales. Municipio Jiquilpan. ....	59
Bodega para el almacenamiento de insumos para el ganado. Municipio Jiquilpan. ....	60
Anexo B: Encuesta para alimentar el GLEAM. ....	61
Anexo C: Lista de revisión.....	63
Anexo D:    Emisiones de los GEI en los cuatro municipios , salida del GLEAM. ....	67

## Listado de tablas y figuras

<b>Tabla 1</b> Total de explotaciones lecheras por municipio .....	26
<b>Tabla 2:</b> Relación de la cantidad de hatos o ganado por municipio.....	36
<b>Tabla 3:</b> Cantidad de estiércol producida en los cuatro municipios objeto de estudio.....	36
<b>Tabla 4:</b> Total de emisiones de GEI por municipio.....	37
<b>Tabla 5:</b> Emisiones de N <sub>2</sub> O derivados de la alimentación y la gestión de estiércol.....	38
<b>Tabla 6:</b> Emisiones de CH <sub>4</sub> derivadas de la fermentación entérica y la gestión del estiércol.....	38
<b>Tabla 7:</b> Producción promedio de leche y cantidad de emisiones de GEI vinculadas a la producción de leche.....	39
<b>Figura 1:</b> Descripción de la estructura del modelo GLEAM.....	30
<b>Figura 2:</b> Salida del programa R de las contribuciones de los individuos (ganaderos) (eje x: número de ganaderos encuestados) .....	33
<b>Figura 3:</b> Análisis de correspondencia múltiple por individuo (ganadero) .....	34

## Resumen

El cambio climático amenaza nuestra capacidad de alcanzar la seguridad alimentaria mundial, erradicar la pobreza y lograr un desarrollo sostenible. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de la actividad humana y la ganadería constituyen un importante factor causante del cambio climático. Por ello es necesario tomar medidas, a nivel global, pero principalmente a escala local, pues la contaminación atmosférica y ambiental derivadas de estas emisiones es más un problema de ese tipo. Ante este contexto, el objetivo de la investigación fue estimar los gases de efecto invernadero a partir de la actividad ganadera lechera en la Región Ciénega de Chapala, con el Modelo Global de Evaluación Ambiental Ganadera (GLEAM). Para ello, se trabajó en cuatro municipios de dicha región: Marcos Castellano, Jiquilpan de Juárez, Sahuayo y Venustiano Carranza; en los cuales se concentra el mayor volumen de cría de ganado lechero. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión y posteriormente se caracterizó la actividad ganadera. La investigación tuvo como principal aspecto la realización de encuestas, correctamente formuladas, para luego alimentar el GLEAM. Se calculó el tamaño de muestra, para un total de 114 ganaderos entre los cuatro municipios, de manera aleatoria, representando el 10% del total de la muestra. Se aplicó también una lista de revisión basados en el Manual de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) de Fedegan y se le realizó un análisis de correspondencia múltiple, obteniendo como resultado que solo tres de los 70 ganaderos encuestados cuentan con la mayoría de los requisitos presentes en la lista de revisión BPG. El sistema de producción ganadera predominante es el semiestabulado y extensiva, por las condiciones de la región e influye también la situación económica de los ganaderos. De los cuatro municipios el que mayor emisiones de GEI reportó fue Marcos Castellanos con 9575287.25 (t CO<sub>2</sub>-eq / año) seguido de Sahuayo con 8680432.71 (t CO<sub>2</sub>-eq / año), luego Jiquilpan con 1042517.2 (t CO<sub>2</sub>-eq / año) y Venustiano Carranza con 277021.79 (t CO<sub>2</sub>-eq / año).

## **Abstract**

Climate change threatens our ability to achieve global food security, eradicate poverty and achieve sustainable development. Greenhouse gas (GHG) emissions derived from human activity and livestock are a major driver of climate change. For this reason, it is necessary to take measures, at a global level, but mainly at a local level, since the atmospheric and environmental pollution derived from these emissions is more of a problem of this type. In this context, the objective of the research was to estimate greenhouse gases from dairy farming in the Ciénega de Chapala Region, with the Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). To do this, work was done in four municipalities in that region: Marcos Castellano, Jiquilpan de Juárez, Sahuayo and Venustiano Carranza; in which the largest volume of dairy cattle is concentrated. Inclusion and exclusion criteria were established and the livestock activity was subsequently characterized. The main aspect of the research is to carry out surveys, correctly formulated, and then feed the GLEAM. The sample size was calculated for a total of 114 ranchers among the four municipalities, randomly, representing 10% of the total sample. A checklist based on the Fedegan Good Livestock Practices Manual (BPG) was also applied and a multiple correspondence analysis was carried out, obtaining as a result that only three of the 70 farmers surveyed have most of the requirements present in the BPG checklist. The predominant livestock production system is semi-stable and extensive, due to the conditions of the region and the economic situation of the farmers also influences. Of the four municipalities, the one with the highest GHG emissions was Marcos Castellanos with 9575287.2 (t CO<sub>2</sub>-eq / year) followed by Sahuayo with 8680432.71 (t CO<sub>2</sub>-eq / year), then Jiquilpan with 1042517.2 (t CO<sub>2</sub>-eq / year) and Venustiano Carranza with 277021.79 (t CO<sub>2</sub>-eq / year).

## Capítulo I: Introducción

### 1.1 Introducción

El cambio climático amenaza nuestra capacidad de alcanzar la seguridad alimentaria mundial, erradicar la pobreza y lograr un desarrollo sostenible. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de la actividad humana y la ganadería constituyen un importante factor causante del cambio climático, reteniendo calor en la atmósfera terrestre y desencadenando el calentamiento global (FAO, 2019).

Según un estudio de la FAO (2013) los principales procesos que contribuyen a las emisiones directas de los GEI, diferentes al CO<sub>2</sub>, provenientes del ganado son: la fermentación entérica (el metano producido por el ganado durante la digestión y expulsado al eructar) y la descomposición del estiércol. Estos procesos constituyen la fuente principal de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O en cualquier sistema de producción animal.

Uno de los sectores que genera mayor impacto en la problemática arriba resaltada es la ganadería, con repercusiones más graves en los principales problemas medioambientales desde el ámbito mundial hasta el local. Las actividades pecuarias tienen un impacto significativo en prácticamente todas las esferas del medio ambiente, incluidos el cambio climático, contaminación del aire, suelo y agua, y afectación a la biodiversidad (Steinfeld *et al.*, 2009). Pues la diversidad de especies, el estado del suelo y la producción del ganado por unidad de superficie dependen de cómo se encuentre la carga ganadera de un sitio (Cingolani *et al.*, 2008).

Cabe destacar que además de la cantidad importante de gases de efecto invernadero que genera este sector, es una de las principales causas de la degradación de suelos debido al sobrepastoreo, la compactación y la erosión; perjudiciales para los cada día más escasos recursos hídricos, contribuyendo entre otros aspectos a la contaminación del agua (Arrieta *et al.*, 2018).

A nivel mundial, una cantidad elevada de personas dependen de la ganadería para su sustento diario e ingresos extra. Es importante resaltar que el sector ganadero se ha visto perjudicado debido a la falta de competitividad, infraestructura inadecuada y barreras comerciales para acceder a las cadenas de valor modernas. La presencia de un gran número de personas pobres

que trabajan en el sector ganadero, aunque dificulta los esfuerzos encaminados a mejorar el desempeño ecológico, también brinda oportunidades para crecer a nivel económico. Invertir en una producción eficaz y compensar a los criadores de ganado por la prestación de servicios ambientales, como abastecimiento de agua, protección de la biodiversidad y retención de carbono, puede producir beneficios sociales y ambientales en el caso de que se encuentren mecanismos de incentivos adecuados (Alfonso, 2011).

La producción ganadera al ser una de las actividades económicas con gran relevancia en México, debido a que un gran número de personas dependen tanto directa como indirectamente de la misma y sobre todo por el impacto medioambiental que ha generado es imprescindible tomar medidas globales ante el cambio climático, y locales sobre los cambios microclimáticos, todas estas orientadas a la mitigación y adaptación ante los nuevos escenarios. El cambio climático, la emisión de Gases de Efecto Invernadero y el Calentamiento Global afectará de manera devastadora la producción de alimentos en los países en vías de desarrollo, aumentando el riesgo de sequías y hambrunas en naciones que ya tienen problemas para abastecer de comida a su población. El proceso para entender el cambio climático y las respuestas sociales está cargado de desafíos teóricos, conceptuales y empíricos, ya que cualquier medida que se tome para la mitigación de los efectos del mismo, afecta directamente a todos los sectores. por lo que resulta necesario determinar cuáles son los efectos que ocasiona, en qué lugares y a qué niveles (Steinfeld *et al.*, 2009).

El presente trabajo tiene como objetivo estimar los gases de efecto invernadero a partir de la actividad ganadera lechera en la Región Ciénega de Chapala, teniendo en cuenta la caracterización de dicha actividad para luego modelar en el GLEAM.

## 1.2 Antecedentes

El cambio climático es uno de los grandes problemas que acontece a la humanidad en los últimos años, esto se ve reflejado en los cambios significativos y de los patrones locales y globales del clima en el planeta. Los Gases de Efecto Invernadero es una de las principales causas de que ocurra este fenómeno y fundamentalmente provocada por la actividad humana, dentro de los que se encuentra la ganadería. El deterioro a los recursos naturales ha sido evidente a los efectos del crecimiento de la población, el incremento en la producción de carne y leche, ha tenido un aumento en la población bovina y en la superficie en pastos. Sin embargo, el rendimiento ha disminuido como consecuencia de la implementación de sistema de producción extensivos y de la incorporación de suelos de baja fertilidad (Alcock y Hegarty, 2011; Jiménez *et al.*, 2015).

En lo que respecta a la actividad ganadera esta depende directamente del manejo que se le dé al ganado, el control de plagas, las excretas producidas, así como, el manejo del pastizal. Con el transcurso del tiempo se ha incrementado la demanda de alimentos y el sector ganadero ha tenido que responder a la par. Pero con ello, han surgido tres preocupaciones, como lo son: la producción de proteína animal, la deforestación y la degradación de los suelos causada por la ganadería extensiva y la generación de nutrientes y contaminantes derivados de la ganadería intensiva (Gerber *et al.*, 2013). Aunado a todo esto, uno de los principales problemas que se presentan son las prácticas agropecuarias para el manejo y control del ecosistema, las cuales si no son aplicadas correctamente pueden tener consecuencias negativas en el medio ambiente (Bell *et al.*, 2011). Dichas afectaciones se cualifican y cuantifican en el área de influencia, en función ecológica que cumpla con los elementos naturales y percepción del paisaje, la infraestructura, ocupación del territorio, los elementos de los componentes de las dimensiones económica y social y los rasgos y patrimonio cultural de la población humana en el lugar (Cederberg y Stadig, 2003).

Echeverri (2006) reporta que la estimación de la emisión de GEI en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia) se presentó la primera versión del inventario para el año 2005 en dicho municipio, teniendo en cuenta las emisiones provenientes de la industria, el comercio, el parque automotor y las actividades agropecuarias. La metodología de estimación utilizada fue en base al Programa de Inventario de Estimaciones para México, utilizando como modelo

de emisión el programa BEIS, este está escrito en Java, cuenta con tres módulos: 1 Área geográfica y uso del suelo, 2 Archivos y parámetros de entrada y 3 Meteorología. El programa permite calcular las emisiones a partir del ingreso de los datos directamente. Otro de los modelos utilizados en el estudio fue The Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Este modelo permite estimar las emisiones de metano, monóxido de carbono y compuestos orgánicos no metanogénicos.

Según Hristov *et al.* (2013) reportan que la mitigación de las emisiones de GEI en la producción ganadera expresan, que la producción animal es una fuente importante de emisión de estos gases, representando entre el 7 y 18 por ciento de las emisiones totales. Evaluando además el potencial de las prácticas relacionadas con la nutrición, el estiércol y la cría de animales en la disminución del metano y del dióxido de carbono, gases de efecto invernadero diferentes al dióxido de carbono en la producción animal. También tuvieron en cuenta las prácticas de mitigación del metano entérico y en el estiércol, tanto de especies rumiantes como monogástricas.

Un estudio en Argentina expresó que hasta ese momento los GEI provenientes del sector ganadero no tenían una incidencia directa en el valor del producto o en la definición de políticas de mitigación y por tal razón las investigaciones locales sobre el tema eran incipientes. Pero a nivel mundial los efectos del cambio climático sobre los sistemas productivos si requieren de gran atención. La primera parte de la investigación se basa en la descripción de las principales emisiones y sumideros de GEI presentes a nivel de establecimiento en sistemas pastoriles de producción bovina para carne de clima templado. Otra parte presentan los distintos estudios internacionales basados en modelos a nivel de establecimiento ganadero (MEG) como una estrategia de abordaje para la evaluación y/o mitigación de GEI. Además, que destaca la importancia de una evaluación holística de las emisiones de GEI por unidad de producto, utilizando modelos MEG o de análisis de ciclo de vida, contrastados con la información de campo disponible (Faverin *et al.*, 2014).

Chávez y Hernández (2017) en una unidad cooperativa de producción de leche en la provincia de Las Tunas, Cuba; tuvieron en cuenta los factores de diversidad de los cultivos de interés para la alimentación animal y los cultivos forestales. Se obtuvo el balance de los resultados para la producción de leche, se calculó el efecto de la producción ganadera en la

emisión de los principales gases con efecto invernadero que genera la ganadería, aplicando el GLEAM (Modelo de Evaluación ambiental para la ganadería mundial) propuesta por la FAO (2017). Los resultados arrojados demostraron que la actividad ganadera representa un costo elevado para la sostenibilidad del agroecosistema, además de que se llegó a la conclusión de que afecta los factores antes mencionados, por último y no menos importante, se obtuvo que el ganado en la unidad emite grandes cantidades de GEI y la fermentación entérica y el estiércol representan el mayor volumen de GEI producidas por el ganado en la unidad.

Rodríguez *et al.* (2018) llevaron a cabo la técnica de covarianza de vórtices, la cual analiza de manera continua los GEI, en conjunto con esto se planteó la instalación del Sistema GHG-2 para medir el metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un hato lechero en un sistema semiestabulado. Observándose el flujo continuo y la actividad de estos dos gases en presencia del ganado, además de su alta correlación, lo cual permite utilizar esta razón para estimar las emisiones de metano en forma indirecta teniendo en cuenta los balances energéticos para calcular CO<sub>2</sub>.

Morales *et al.* (2018) estimaron la huella de carbono (HC) en la producción de dichos alimentos y la estimación se llevó a cabo a través del modelo Cool Farm Toll, el cual arribó que las principales fuentes de emisión de GEI para los tres cultivos fueron la aplicación y la producción de fertilizantes, seguidas del uso de plaguicidas. Además, para las opciones de mitigación se utilizó el modelo CCAFS-Mitigation Options Tools (CCAFS-MOT), que cuenta con 16 prácticas de mitigación, las cuales pueden reducir o evitar las emisiones de los gases de efecto invernadero de las tierras agrícolas.

Un estudio realizado por Páez *et al.* (2018) consideraron la huella hídrica (HH) y la huella de carbono (HdC) como herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina. Se evaluaron y estimaron los efectos medio ambientales que trae consigo el sistema de producción pecuaria en el sector de bovinos. La metodología utilizada para el cálculo de la HH y la HdC estaba basada en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) e implementó un estudio de tipo descriptivo. Se realizó además un muestreo de forma aleatoria en la ciudad de Tunja y toda su área rural, se obtuvo un total de 55 unidades productivas con un 90 % de confianza, orientados a la producción de leche. Como parte de la investigación resultó que la

fermentación entérica emite 3.5 kgCO<sub>2</sub>/cabeza, emisiones de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y nitrato (NO<sub>3</sub>) de 3.5 kgCO<sub>2</sub>/cabeza y emisiones de CO<sub>2</sub> por 0.138 kgCO<sub>2</sub>/kWh. De manera general la estimación de la HH y la HdC para el total de la muestra fue de 0.3276 kgCO<sub>2</sub> y hasta 9.021 kgCO<sub>2</sub> respectivamente.

Zuratih y Widiawati (2019) realizaron un estudio para estimar la contribución de la emisión de GEI del sector ganadero utilizando la herramienta ALU versión 6.0.1 en el año 2016. Las emisiones se calcularon utilizando metodologías Tier-1 y Tier-2. Los datos utilizados fueron: la población ganadera y los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de cualquier ganado. Donde tuvieron como resultado que dicho sector en la región emite 2,647.163 Gg CO<sub>2</sub> e/ año en su mayoría derivados de la fermentación entérica (2,368.850 Gg CO<sub>2</sub> e/ año).

Existen algunos trabajos que se basan en investigar solamente las diferentes técnicas para medir o predecir las emisiones de los GEI, siendo de gran importancia para el desarrollo de otros trabajos investigativos. Como es el caso de Jaurena *et al.* (2019), donde presentan varias de estas técnicas e instrumentos, ejemplo: las técnicas *in vitro* teniendo en cuenta diferentes volúmenes de producción animal, las cámaras de respiración, modelos matemáticos. De este último, los autores expresan que para la predicción del metano de forma regional o de país es la vía más adecuada. Estos se necesitan para el análisis por determinado tipo de producto o para tener delimitado que sector contribuye con mayor o menor medida a las emisiones totales. De igual modo comentan que los modelos permiten evaluar las estrategias de mitigación e impactos medioambientales. También se tiene en cuenta los factores de emisión con torres micrometeorológicas, mencionando la técnica de “Eddy covariance” que resulta bastante significativa en los sistemas ganaderos porque no es necesario manipular al animal y mide de manera continua en el tiempo.

Van der Hoek y Mena (2019) estimaron el porcentaje de GEI teniendo en cuenta las características de cada fragmento de producción bovina. Utilizaron el modelo RUMINAT, que permite medir la calidad del forraje, las emisiones in vivo e in vitro donde se mide la calidad del forraje, las emisiones in vivo e in vitro, a través de la caracterización del sistema de producción bovina. También se apoyaron en la herramienta CLEANED para la evaluación del impacto ambiental, a partir de las emisiones producidas por la leche. Obteniendo como resultado que las variables relacionados con la alimentación se encuentran directamente

relacionadas con las emisiones y muestra como las simulaciones de los GEI es mayor en un sistema de producción tradicional con respecto a uno semi intensivo.

### 1.3 Planteamiento del problema

Las actividades pecuarias tienen un impacto significativo en prácticamente todas las esferas del medio ambiente, incluidos el cambio climático y el aire, la tierra y el suelo, el agua y la biodiversidad. En América Latina las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero están dadas por la agricultura, la deforestación y los cambios en el uso de suelo (Gudynas & Ghione, 2013). Cuando se mencionan los GEI, el metano y el óxido nitroso causan mayores efectos en el calentamiento global que el dióxido de carbono, siendo la ganadería una de las actividades que los genera en gran cantidad. Uno de los principales retos respecto al cambio climático reside en emprender acciones que contribuyan a mitigar las emisiones de GEI y que a su vez garanticen el desarrollo sostenible (Pinos *et al.*, 2012), Para poder emprender acciones y buscar soluciones es necesario conocer las principales fuentes emisoras de GEI, el tipo de contaminantes y la cantidad; para ello es necesario estimar estos gases tanto de manera global como a nivel local.

Las actividades agrícolas en México tienen una gran importancia económica, representan el 3.8% del producto interno bruto (PIB) y provee de empleo a 5.6 millones de persona, lo que representa el 11% de la población económicamente activa (Saynes *et al.*, 2016). Ahora bien, la ganadería en México, según la FAO (2011) se encuentra en el décimo cuarto (14) lugar en la producción de leche a nivel mundial, con 2 382 440 vacas especializadas en la producción (Beltrán *et al.*, 2016). Muchas personas dependen de las diferentes actividades pecuarias, entre las que cabe resaltar la producción de leche y el uso de ganado para engorda. No obstante, la ganadería y los diferentes sistemas alimentarios son parcialmente responsables del aumento de la temperatura a causa del cambio climático (IMTA, 2015).

Toulkeridis *et al.* (2020) mencionan que según el informe del Consejo Mundial de la Biodiversidad (IPBES), se espera que un millón de especies en peligro de extinción se encuentran amenazadas para los años venideros, es necesario comenzar a tomar acciones acerca del uso de la tierra, el cuidado del medio ambiente y la mitigación del cambio climático y la agricultura es la principal causa de la desaparición de las especies ( Biodiversity y Services, 2019).

Uno de los aspectos más interesantes resulta que en estas mismas actividades se encuentra la clave para poder tomar medidas y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la adaptación al clima cambiante, sobre todo por parte de los agricultores familiares rurales del país. Los más pobres son también, a menudo, los más vulnerables frente al cambio climático.

En particular la Ciénega de Chapala, es una región que sirve de límite entre Jalisco y Michoacán, localizada entre la parte suroeste de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago y el extremo noroeste de la subcuenca del río Duero. En dicha región, esta actividad productiva se viene fomentando históricamente, por su importancia económica. Las explotaciones lecheras y predios extendidos en esta región han sido promovidos de manera cultural entre los pobladores, donde muchos de ellos consideran erróneamente las diferentes actividades asociadas a la ganadería como inocuas y que además inciden en el progresivo deterioro sobre el medio ambiente (AGEM, 2003).

En la actualidad, no existen estudios que permitan estimar la cantidad de gases de efecto invernadero en la región Ciénega de Chapala, lo que permitiría contribuir a alternativas de mitigación que incentiven el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente por parte de los ganaderos y de todos en general. Pues según los últimos reportes del IPCC, el crecimiento continuo de las emisiones de GEI causará un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema (IPCC, 2014).

## 1.4 Justificación

Según informes del IPCC entre las principales actividades que producen gases de efecto invernadero son: la generación de energía, la agricultura, la industria, el transporte y las actividades de la construcción. Es por ello que hacerle frente y aportar cualquier acción para, en primera instancia conocer su porcentaje de emisión y con esto llevar a cabo otras acciones para su mitigación.

En los últimos años los cambios en el clima son muy significativos, debido a las grandes perturbaciones causadas por el propio hombre y esto representa una gran amenaza para las personas que dependen de los recursos naturales para su supervivencia, específicamente de la agricultura. La ganadería es una actividad que está implícita dentro de la agricultura, pero a pesar que es de gran importancia, por todos los beneficios alimenticios que se derivan de ella, es de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ).

En esta investigación se estimó a través del modelo GLEAM los diferentes GEI provenientes de la actividad ganadera lechera, específicamente en diferentes municipios de la Región Ciénega de Chapala, la cual no cuenta hasta el momento de ningún estudio que facilite la estimación de GEI, que a su vez incluye la caracterización de esta actividad ganadera en dicha región. Además, los resultados obtenidos permitieron comparar con datos a nivel de país o mundial, si las emisiones de dichos gases se encuentran dentro o fuera de los límites permisibles.

#### **1.4 Pregunta de investigación**

¿Qué cantidad de gases de efecto invernadero es producida por la actividad ganadera lechera en la Región Ciénega de Chapala?

#### **1.5 Objetivo general**

Estimar los gases de efecto invernadero a partir de la incidencia de la actividad ganadera lechera en la Región Ciénega de Chapala.

##### **1.5.1 Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización socioeconómica de la actividad ganadera lechera en la región.
- Identificar las actividades ganaderas causantes de la producción de GEI.

## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1 Gases de Efecto Invernadero.

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son un “componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes, esta propiedad da lugar al efecto invernadero” (IPCC, 2007).

Son varios los gases que generan el Efecto Invernadero, los cuales hacen parte de la atmósfera, como lo son: el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los perfluorocarbonos, los hidrofluorocarbonos y el exifloreo de azufre. De todos ellos, solamente los tres últimos provienen de procesos industriales y los restantes son derivados de la actividad humana familiar (Mendoza & Jiménez, 2017).

El vapor de agua es el que más contribuye de manera natural al efecto invernadero y está directamente vinculado al clima y, por consiguiente, menos directamente controlado por la actividad humana. Esto se debe a que este gas depende fuertemente de la temperatura de la superficie, y porque el vapor de agua atraviesa la atmósfera en ciclos muy rápidos, de una duración por término medio de uno cada ocho días. Por el contrario, las concentraciones de los demás GEI dependen de manera muy directa de las emisiones asociadas con la quema de combustibles fósiles, algunas actividades forestales y la mayoría de las agrícolas, y la producción y el empleo de diversas sustancias químicas (Benavides & León, 2007).

Los gases de efecto invernadero de origen antropogénico son la principal causa del elevado incremento de la temperatura en los últimos años, pero no todos lo GEI lo causan, esto se debe al poder de radiación y el tiempo que el gas se encuentra en la atmósfera. Cuando ambos parámetros se combinan para determinar el promedio de calentamiento que ocasionan se le denomina “Potencial de Calentamiento Global” y se expresa matemáticamente por unidad de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-e) (Espíndola & Valderrama, 2012).

Sin este fenómeno la temperatura sería 33°C más fría, el agua del planeta estaría congelada y muy probablemente no habría vida. Por lo que el efecto invernadero es un efecto natural necesario para mantener las condiciones necesarias que permiten la vida en el planeta. El problema es cuando incrementa constantemente la concentración de GEI, en gran medida por influencia antrópica, esto afecta el flujo natural de energía a mayor cantidad de GEI, mayor

será la cantidad de calor que se absorba lo que trae como consecuencia el calentamiento global (Gómez & Romanillos, 2012).

## **2.2 Directrices Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC).**

El principal órgano internacional para la evaluación del Cambio Climático es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). En 1998 fue creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Su principal función al ser creada era ofrecer al mundo una visión clara y científica del estado actual de los conocimientos generales sobre el Cambio Climático, sus impactos sociales, económicos y ambientales sus causas, impactos potenciales y estrategias de respuesta. El IPCC es un órgano científico e intergubernamental, que ofrece información científica rigurosa y equilibrada a los encargados de la adopción de las decisiones.

Los gobiernos reconocen la autoridad de su contenido científico, esto facilita la adopción de políticas. Sin embargo, el IPCC es un órgano neutral, no preceptivo. Se encuentra conformado por unidades de apoyo técnico que se dividen en cuatro grupos de trabajo:

- Grupo de Trabajo I: Se encarga de las bases físicas.
- Grupo de Trabajo II: Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad.
- Grupo de Trabajo III: Mitigación del Cambio Climático.
- Grupo especial sobre los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

La labor del IPCC se rige por un conjunto de principios y procedimientos claros para todas las actividades principales de la organización. Estos revisan y actualizan constantemente esos procesos y procedimientos para velar por que sigan siendo sólidos, transparentes y fiables (Osorio-Arce & Segura-Correa, 2013).

Las guías del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) se basa en los tres niveles de precisión considerando la emisión por cabeza (FE), estas guías permiten que los países pertenecientes a la Convención Marco sobre el Cambio Climático reporten anualmente el inventario de emisión de gases de efecto invernadero. El nivel I tiene en cuenta la actividad ganadera y las FE, resultando la multiplicación de ambos. El nivel II contempla el consumo de energía neta mantenimiento, actividad, crecimiento, gestación y lactancia. Por último, el

nivel III utiliza metodologías de medición de formas directa de la emisión de los gases (Morante et al, 2016).

### **2.3 Efectos de las emisiones de GEI y el cambio climático.**

La agricultura contribuye de manera importante a las cuestiones ambientales, como el cambio climático, la degradación del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad. El futuro aumento de la producción se tendrá que adecuar a la creciente escasez de recursos naturales y las emisiones de GEI tendrán que reducir (Gerber *et al*, 2013). Cuando se habla de agricultura y emisiones de GEI, hay que mencionar la actividad ganadera, dentro del sector, es la que reporta a nivel mundial la mayor cantidad de emisiones. Andeweg y Reisinger (2013) informan que no solo el animal es el responsable de las emisiones indirectas adicionales, sino, también la deforestación de bosques, la producción de fertilizantes y el uso de combustibles fósiles en las unidades agropecuarias, el almacenamiento y el transporte.

Las emisiones de los gases de efecto invernadero, son el principal factor del cambio climático CC, y ¿qué es el cambio climático? No es más que las variaciones del clima, pero de manera brusca, principalmente debido al resultado de la actividad humana a través de la emisión de los gases de efecto invernadero (Burbano, 2018). Pero hay que tener en cuenta que gracias a este fenómeno la temperatura no es 33°C veces más fría, el agua del planeta no está congelada y probablemente no existiera vida en el planeta. Por lo que el efecto invernadero es un efecto natural necesario para mantener las condiciones adecuadas que permiten la vida en el planeta. El problema es cuando incrementa constantemente la concentración de GEI, en gran medida por influencia antrópica, esto afecta el flujo natural de energía a mayor cantidad de GEI, mayor será la cantidad de calor que se absorba lo que trae como consecuencia el calentamiento global (Gómez & Romanillos, 2012).

La cadena de alteraciones vinculadas al cambio climático está afectando a diversos ecosistemas, principalmente a aquellos cuyas poblaciones se encuentran en condiciones de vulnerabilidad, ya sea por los desórdenes generados en la variabilidad climática o por la ocurrencia de eventos extremos como procesos de desertificación e inundaciones (Postigo, 2020).

## **2.4 Actividad Ganadera**

La actividad ganadera comprende la parte económica del sector primario que desarrolla la cría, el tratamiento y la reproducción de animales domésticos, para obtener productos importantes para la alimentación y la industria de vestir y calzado. Con el paso del tiempo se ha transformado en una actividad que brinda un importante volumen de alimentos y, el beneficio de poder emplear a los animales grandes y fuertes para el arado y la movilización de carga, entre los cuales incluye la crianza como actividad ganadera: el ganado bovino o vacuno, ovino (ovejas), caprino (cabras), porcino (cerdos), equino (caballos, asnos), camélidos (camellos, dromedarios, llamas), la apicultura (abejas), cunicultura (conejos), avicultura (gallinas, patos), entre otros (Rojas, 2018).

La actividad ganadera ocupa la mayor superficie de la tierra, representando el 70 % del área agrícola y el 30% de toda la superficie terrestre. En lo referente a la seguridad alimentaria, el 30% de la proteína para consumo humano depende de esta actividad, además contribuye al bienestar de mil treientos millones de personas. Sin embargo, a la vez ocasiona severos daños al medio ambiente, tanto de forma directa como indirectamente, influyendo en el cambio climático (Buitrago *et al*, 2018).

La ganadería en México surgió durante la Colonia para privatizar las tierras indígenas y de esa manera generar mecanismos de articulación social, institucional y de defensa de privilegios de grupos territoriales (Dávila, 2014).

## **2.5 Emisiones de GEI procedentes de la ganadería.**

A medida que el sector ganadero se desarrolla, sus requerimientos de tierra crecen y el sector sufre una transición geográfica que involucra cambios en la intensidad del uso de la tierra y en los patrones de distribución geográfica. En cuanto al impacto de la ganadería en el cambio climático y la contaminación del aire, se reconoce que las actividades ganaderas emiten cantidades considerables de gases invernadero, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que contribuyen de manera importante (Pérez, 2008).

Genera el 65 % del óxido nitroso de origen humano, que tiene 296 veces el Potencial de Calentamiento Global del CO<sub>2</sub>. La mayor parte de este gas procede del estiércol. También es

responsable del 37% de todo el metano producido por la actividad humana (23 veces más perjudicial que el CO<sub>2</sub>), que se origina en su mayor parte en el sistema digestivo de los rumiantes, y del 64 % del amoníaco, que contribuye de forma significativa a la lluvia ácida (FAO, 2009).

Teniendo en cuenta la Cuarta Comunicación de las emisiones de los GEI en el 2006, el sector agrícola en México se encontraba en el último lugar, reportando 6.4% de las emisiones nacionales totales. Pero esto cambió radicalmente, cuando en el 2010 según la Quinta Comunicación pasó al segundo lugar, aportando el 12 % de las emisiones nacionales (Saynes *et al*, 2016). Pero la ganadería bovina emite de 1.7 mil toneladas de metano (38 mil toneladas CO<sub>2</sub>-equivalente), siendo la ganadería en pastoreo (doble propósito y de cría) la de mayor emisión con cerca del 90% del total, pues los sistemas extensivos de producción bovina poseen más de la mitad del hato nacional (FAO, 2013). Los principales procesos que contribuyen a las emisiones diferentes del CO<sub>2</sub>, son: la fermentación entérica, la descomposición del estiércol y la producción de pienso. Esto depende del manejo que se le dé al ganado, control de plagas, control de excretas, manejo de pastizal, así como las prácticas agropecuarias para el control del ecosistema.

Estudios realizados en América Latina y el Caribe para mitigar las emisiones de metano entérico, mencionan el uso de leguminosas arbóreas y arbustos integrados en sistemas silvopastoriles, puede que sea una manera más sostenible que los sistemas tradicionales. La incorporación de ello, permite mejorar la calidad de la dieta del ganado en pastoreo, esto se debe a un aumento en proteínas, lo que provoca una disminución de metano por efecto de metabolitos secundarios como taninos y saponinas presentes en las plantas (Benaouda *et al*, 2017).

Estas prácticas sostenibles conllevan a una menor emisión de CH<sub>4</sub> por kg de producto animal, además de menor erosión del suelo y mayor conservación de las especies y una disminución de las plagas, es lograr una biodiversidad de especies (gramíneas-leguminosas) y el manejo adecuado del pastoreo. Lo cual también traería consigo un incremento en la producción y los ingresos, significando un desarrollo económico, pero no solo eso, sino que contribuye de manera positiva a la seguridad alimentaria (Milera *et al*, 2019).

## **2.6 Emisiones de GEI en el manejo de estiércol.**

Se cree que el estiércol por si solo (sin ser procesado) es considerado un excelente fertilizante orgánico, sin embargo, reportan que la tasa de nitrificación del estiércol almacenado depende de la cantidad de nitrógeno que contiene, y del oxígeno disponible para la reacción química. “Se denomina nitrificación al proceso de oxidación de amonio para formar nitratos y desnitrificación a la reducción de nitratos en nitrógeno gaseoso, ambas reacciones producen  $N_2O$  en actividades microbianas con el suelo y posteriormente estos gases se liberan a la atmósfera” (González & Carlsson, 2007). Pues la mala gestión de estas excretas, como lo es la separación y el tratamiento de los componentes sólidos y líquidos de la misma, afecta lo ya mencionado, que es la carga directamente de nitrógeno en el suelo, además de el escurrimiento del mismo en las aguas tanto superficiales como subterráneas, convirtiéndose en un riesgo sanitario por la presencia de microorganismos patógenos (FAO, 2019).

## **2.7 Fermentación entérica.**

La fermentación entérica se le denomina al proceso que se lleva a cabo en el aparato digestivo de los animales, en el cual “los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo” (IPCC, 2006), “por lo general una vaca adulta produce aproximadamente 500 litros de metano al día, cantidad que depende en gran parte de la dieta” (Alfaro & Muñoz, 2012).

El metano es el producto final de la fermentación que en términos de energía constituye una pérdida de 2 a 12% de la energía del alimento en los bovinos, esto se debe al consumo de materia seca, digestibilidad y motilidad de la dieta. El metano se genera como parte del proceso digestivo del rumiante, debido a la fermentación en el rumen del alimento y los excedentes de hidrógeno, y se emite por vía de eructos (Beltrán *et al*, 2016) y en términos del medio ambiente contribuye al calentamiento global y al cambio climático. La cantidad de  $CH_4$  que se produce depende del tipo de sistema de digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la cantidad y calidad del alimento que consuma. La fermentación entérica y las excretas representan 80% de las emisiones agrícolas de  $CH_4$  y alrededor de 35-40% del total de  $CH_4$  de origen antropogénico (Pérez, 2008).

## **2.8 Huella de carbono (HdC)**

La huella de carbono significa el total de emisiones de GEI de forma directa o indirecta por parte de una persona, organización, evento o producto. Se debe expresar en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente ( $t_{CO_2eq}$ ), por lo que se puede cuantificar las emisiones liberadas como resultado de cualquier actividad (Larripa *et al*, 2020). La HdC está relacionada con las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero también se compone de otros gases mucho más complejos como lo son: N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y el ozono (O<sub>3</sub>), emitidos por persona o actividad.

## **2.9 Buenas Prácticas Ganaderas (BPG)**

Las Buenas Prácticas en la producción primaria son las condiciones y prácticas que se llevan a cabo para que la producción primaria de alimentos sea considerados inocuos. Estas prácticas se realizan de manera documental, para estar seguros de que los productos tengan la mejor calidad, teniendo en cuenta que todos los procesos (producción, transformación, transporte, preparación y consumo de los alimentos) por los que pasa tenga la precisión requerida (Tafur, 2009). Aplicando este concepto a las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) se entiende por todas esas acciones de origen pecuario, que orientan y aseguran la inocuidad. Minimizan el impacto sobre el medio ambiente, disminuyen los riesgos con los agentes físicos, químicos y biológicos, teniendo en cuenta el bienestar laboral de los trabajadores y de los animales (Uribe *et al*. 2011).

La producción de leche es una tarea de gran responsabilidad e importancia. En consecuencia, es necesario velar por la inocuidad y la calidad de la misma, de forma tal que cumpla con las expectativas de la industria alimentaria y de los consumidores. Por lo que las prácticas en los establecimientos deben procurar por que la leche sea producida por animales sanos, bajo condiciones adecuadas para los mismos y cuidando por el equilibrio del entorno que lo rodea (Nieto *et al*, 2012).

## **2.10 Herramientas para el cálculo de los GEI.**

Con el transcurso de los años se han ido incrementando las diferentes herramientas de cálculo para determinar los GEI, debido a la importancia que tienen los sectores agropecuarios y forestales en el aporte de las emisiones de estos gases y su papel para alcanzar la seguridad

alimentaria. En un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Agencia francesa del Medio Ambiente y la Gestión de la Energía” (ADEME) y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), se identificaron dieciocho calculadoras, entre las cuales destacan EX-ACT, Climagri®, Cool Farm Tool, Holos, USAID FCC y ALU. Las calculadoras fueron probadas y analizadas con base a diferentes criterios. Los resultados del estudio mostraron que cada una de esas calculadoras fue diseñada con diferentes enfoques, objetivos y área geográfica para su aplicación. Los resultados son expresados en las siguientes unidades: CO<sub>2</sub>eq.año-1, CO<sub>2</sub>eq.ha-1, CO<sub>2</sub> eq. proyecto-1 o CO<sub>2</sub> eq.cantidad de producto-1 (por ejemplo, kg de materia seca de trigo, leche, etc.). La decisión sobre el indicador más adaptado depende de los objetivos de cada estudio (Colomb *et al*, 2012).

Luego de estudiadas estas herramientas de cálculo, las mismas organizaciones y otras que se unieron quisieron compararlas con un modelo, debido a que para trabajos de investigación esta herramienta sería más completa metodológicamente. Por lo que se decidió comparar algunas de las herramientas mencionadas con el Modelo Global de Evaluación Ambiental del Ganado (GLEAM), la herramienta destaca por tener un enfoque específico en el sub-sector ganadero, cuantificar las emisiones de GEI y medir los impactos que se obtendrán en productividad (Sangoluisa, 2017)

### **2.11 Modelo Global de Evaluación Ambiental del Ganado (GLEAM).**

El Modelo Global de Evaluación Ambiental (GLEAM) es una herramienta que permite estimar la relación que existe entre el ganado y el medio ambiente, teniendo en cuenta no solo el ganado como tal, sino también todo el entorno en relación con la actividad ganadera. A partir de prácticas más sostenibles, lo que trae consigo una mayor eficiencia y con esto, una mejor calidad de vida a los agricultores y un incremento en las acciones para mitigar el impacto ambiental. (FAO, 2017).

Se basa en seis módulos que reproducen los pasos principales de la cadena de suministro de ganado: el módulo de rebaño, la ración de alimentación y la ingesta módulo, de emisiones de animales, estiércol, emisiones de alimentos y de asignación. Las unidades funcionales utilizadas para informar las emisiones de GEI en GLEAM, se expresan como "kg de

equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> -equivalente) por kg de proteína en producto animal ". Esta elección permite la comparación entre diferentes productos ganaderos. El modelo está basado en un marco de evaluación del ciclo de vida (LCA). El marco de LCA se define en las normas ISO 14040 y 14044 (FAO, 2017). Además, utiliza la metodología de Nivel 2 (Tier 2) de las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), para el cálculo de las emisiones de origen animal.

GLEAM cubre toda la cadena de producción ganadera, desde la producción de piensos hasta el punto de venta. El límite del sistema se define de "Cuna a la venta al por menor de productos animales procesados". Todas las emisiones que ocurren en el consumo final están afuera del límite definido del sistema y, por lo tanto, quedan excluidos de esta evaluación (FAO, 2017).

## **2.12 Análisis del Ciclo de Vida (ACV).**

El análisis del ciclo de vida es una técnica para evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas de la vida de un producto, desde el inicio hasta el final (Moran & Wall, 2011). La norma ISO 14040 (ISO, 2006) define el ACV como "la técnica que aborda aspectos ambientales y sus potenciales impactos (por ejemplo, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones) a través del ciclo de vida del producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento de fin de vida, reciclado y disposición final".

## Capítulo III: Metodología

### 3.1 Área de estudio.

La investigación se realizó en la región Ciénega de Chapala en los municipios de: Marcos Castellanos (San José de Gracia,) Jiquilpan de Juárez, Sahuayo y Venustiano Carranza. De los 17 municipios que presenta la región, estos cuatro fueron seleccionados para el estudio porque presentan un mayor volumen de cría de ganado lechero y están dentro de la cuenca lechera de Jalisco-Michoacán.

**Marcos Castellanos** es un municipio que se encuentra ubicado al noroeste del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°57' y 20°09' de latitud norte; los meridianos 102°51' y 103°04' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 400 m. Ocupa el 0.40% de la superficie del estado. Cuenta con 21 localidades y una población total de 13 750 habitantes (INEGI, 2015).

**Jiquilpan de Juárez** se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19°52' y 20°04' de latitud norte; los meridianos 102°39' y 102°54' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 500 m. Representa el 0.41% de la superficie del estado y cuenta con 33 localidades y una población total de 32 950 habitantes (INEGI, 2015).

**Sahuayo** es un municipio que se localiza al noroeste del estado de Michoacán entre los paralelos 20°00' y 20°06' de latitud norte; los meridianos 102°40' y 102°52' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 200 m. Ocupa el 0.22% de la superficie del estado. Cuenta con 29 localidades y una población total de 76 587 habitantes (INEGI, 2015).

**Venustiano Carranza** se encuentra situado al noroeste del estado de Michoacán, entre los paralelos 20°00' y 20°06' de latitud norte; los meridianos 102°40' y 102°52' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 200 m. Ocupa el 0.22% de la superficie del estado. Cuenta con 29 localidades y una población total de 24 708 habitantes (INEGI, 2015).

Todos estos municipios según el reporte del INEGI (2015) tienen un clima subhúmedo con lluvias en verano, presentan menor humedad y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y pastizales, en el caso de Jiquilpan por agricultura y selvas y Marcos Castellanos por agricultura, selvas y bosques de encino.

### 3.2 Criterios de inclusión y exclusión.

A partir de la participación de los ganaderos de la región, se establecieron criterios de inclusión y exclusión.

Inclusión:

- Productores dispuestos a participación de encuestas, así como, la impartición de talleres de capacitación.
- Productores con características similares en cuanto a la producción en las unidades de estudio (instalaciones, hatos etc.).

Exclusión:

- Productores que no tienen la disposición.
- Productores esporádicos y temporales.

Para determinar el tamaño de muestra de la población a estudiar se empleó la siguiente fórmula (Calero, 1998):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n= es el tamaño de muestra

N= total de explotaciones lecheras

$Z_{\alpha}^2 = 1.962^2$

p= proporción esperada (10%=0.10)

q= 1-p (1-0.10=0.90)

d= es la precisión o el error (5%)

En la tabla 1 se muestra el total de explotaciones lecheras por municipio (datos obtenidos a partir de las asociaciones lecheras). Al total de ellas se le aplicó la fórmula antes mencionada para el obtener el tamaño de la muestra a encuestar.

**Tabla 1:** Total de explotaciones lecheras por municipio.

<i>Municipios</i>	<i>Explotaciones lecheras</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	665
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	84
<b>Sahuayo</b>	208
<b>Venustiano Carranza</b>	178
<b>Total</b>	<b>1135</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos*

### **3.3 Caracterización de la línea base del estado actual de la actividad ganadera**

Para la caracterización de la línea base de la actividad ganadera se realizó una revisión bibliográfica de material cartográfico, fotográfico y toda la información secundaria para obtención de los datos geográficos y ambientales del área de estudio (Guavara, 2007; Guavara *et al.*, 2008). Una vez obtenida la información, se realizó la identificación de fuentes hídricas y los pasos ganaderos, considerando el estado y uso del agua, suelo y locaciones usadas para la actividad ganadera (Anexo A).

Se recopilaron datos cualitativos con respecto a la situación actual por la que atraviesa la actividad ganadera en la región. La técnica que se utilizó fue la entrevista, teniendo en cuenta los principales actores de cada uno de los municipios, siendo estos miembros de la presidencia municipal, de la asociación ganadera y encargados de los ganaderos en las zonas objeto de estudio (los nombres se mantuvieron en anonimato). Para de esta forma, recopilar toda la información necesaria para la caracterización socioeconómica de la actividad.

La entrevista cualitativa es una técnica que se entiende como una conversación entre el investigador y los investigados, para de esta forma entender a través de las personas implicadas sus perspectivas, problemáticas y experiencias del tema a tratar. Existen varios tipos de entrevistas, para este estudio se llevó a cabo del tipo semi-estructurada. Lo que

significa que partiendo de la observación realizada durante toda la investigación y teniendo en cuenta que durante todo el estudio se realizaron encuestas, quedaron algunas lagunas que fue necesario una mayor profundización del tema, para comprender ciertas situaciones o contradicciones del mismo. Las entrevistas semi-estructuradas tienen como característica que ambas personas expresan de manera oral cada uno de sus criterios y perspectivas sin palabras muy rebuscadas, para llegar al término, problema y complejidad. Se inicia con una serie de preguntas, pero pueden surgir nuevas durante el proceso, por lo que se convierte en una experiencia muy enriquecedora. La forma de recopilación de los datos se realiza mediante grabaciones, lo que permite captar toda la información de manera precisa sin ningún cambio, pero se sugiere que también se tome nota para una mejor organización y comprensión (Piza *et al.*, 2019)

### **3.4 Descripción y tratamiento de las encuestas.**

Se realizaron visitas a campo, con la finalidad de encuestar a los trabajadores y al administrador responsable del manejo ganadero. Considerando los criterios mencionados anteriormente, a cada uno de los entrevistados se les comentó el propósito y alcance del estudio, además de asegurarles confidencialidad ante el requerimiento de los datos personales.

El cuestionario está diseñado con una serie de preguntas abiertas y cerradas que permiten recopilar la información necesaria para alimentar el Modelo Global de Evaluación Ambiental Ganadera (GLEAM). Se dividió la encuesta en varias secciones, que permitieron abarcar todos los parámetros que necesita el modelo de forma más precisa (Anexo B). Además, se realizó una encuesta a partir de una lista de revisión apoyándose en el Manual de Buenas Prácticas Ganaderas De FEDEGAN (Uribe *et al.*, 2011), el cual consta de información acerca de los aspectos de capacitación y uso para el ganado, pastos, productividad, manejo de residuos y/o subproductos y sanidad (Anexo C).

**Análisis estadístico:** Para analizar los datos obtenidos por las encuestas de la lista de revisión de las BPG se realizó un análisis estadístico, utilizando el programa R a partir de un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

El ACM tiene como objetivo resumir en un espacio nuevas variables resumen, llamadas factores (o ejes) que permiten revelar las diferencias entre las unidades de análisis (individuos), teniendo en cuenta las combinaciones de las características que presentan. Transformando las tablas en gráfico o diagramas, para una mejor visualización de las distancias entre modalidades y entre los individuos en el espacio. Resultando que los individuos con características similares aparecerán cercanos en el espacio y a su vez cada una de las modalidades se encontrarán en el espacio de los individuos (Algañazar, 2016).

### **3.5 Determinar la fase de modelación (Modelo Global de Evaluación Ambiental Ganadera GLEAM 2.0)**

Para estimar las emisiones GEI (CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O) que se generan en las diferentes unidades de dichos municipios se utilizó el GLEAM, versión 2.0 (figura 1). En el cual se insertaron los datos de entrada con la información que se obtuvo de las encuestas y en general, de toda la información recopilada. El GLEAM contempla: el módulo de rebaño, la ración de alimentación y la ingesta, de emisiones de animales, estiércol, emisiones de alimentos y de asignación (FAO, 2017).

El módulo de rebaño consta de la caracterización completa de la población animal: tipo de animal, peso, fase de producción y situación alimentaria.

El módulo de ración de alimentación y la ingesta calcula el consumo de alimento para cada especie y grupo en función de la ración de alimento, su valor nutricional y el requerimiento energético de los animales.

El módulo de emisiones de animales estima las emisiones a nivel de rebaño con la producción animal, específicamente las emisiones provocadas por la fermentación entérica y manejo del estiércol.

El módulo del estiércol estima los GEI del almacenamiento y la gestión del estiércol y de su aplicación en cultivos utilizados como alimento para el ganado y en pastos.

El módulo de emisiones de alimentación se refiere a las relacionadas con la producción de pienso y las emisiones totales relacionadas con el consumo de alimentos.

El módulo de asignación está basado en la metodología ACV y uno de los principios es distribuir las emisiones entre los diferentes productos y sus salidas. El modelo para asignar las emisiones calcula la producción ganadera total y las emisiones totales y la intensidad de las mismas de cada producto.

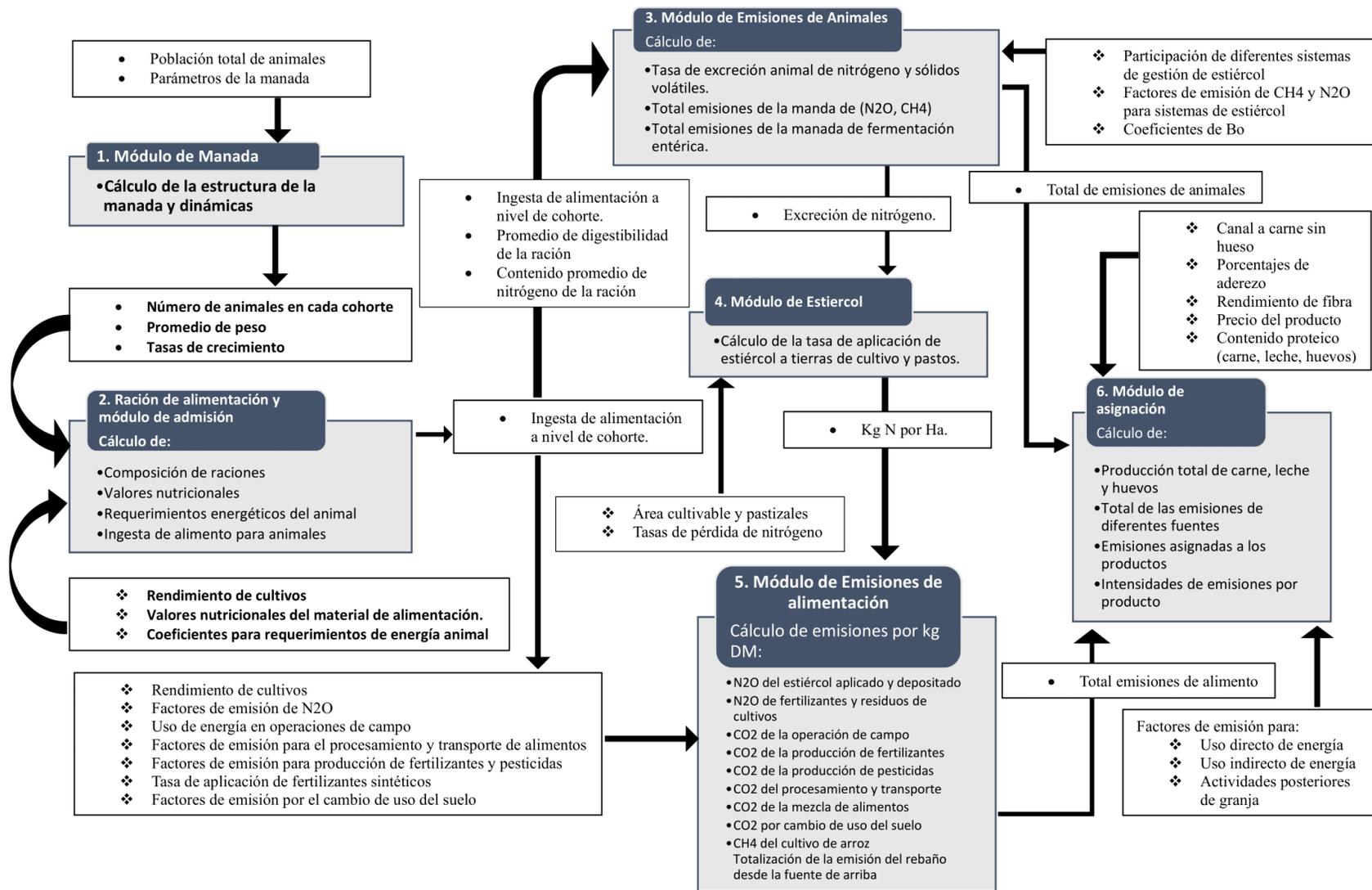


Figura 1: Descripción de la estructura del modelo GLEAM. Fuente FAO (2010).

## **Capítulo IV: Resultados**

### **4.1 Determinación del tamaño de muestra para la realización de las encuestas para alimentar el GLEAM**

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de Calero (1998) teniendo en cuenta el total de explotaciones ganaderas, arrojando como resultado que el tamaño de la muestra fue de 114 ganaderos, representando el 10% del total. Sin embargo, se encuestaron un total de 143 ganaderos, escogidos de manera aleatoria en los cuatro municipios quedando de la siguiente manera: Venustiano Carranza 35, Jiquilpan de Juárez 35, Sahuayo 35 y Marcos Castellanos 38.

### **4.2 Caracterización socioeconómica de la actividad ganadera**

La ganadería fue introducida en la región a partir del siglo XVI en mayor y menor escala, en un principio trasladándose de un lado a otro buscando las mejores áreas para pastar. Con la llegada de la actividad también se introdujeron instituciones medievales de control, lo que causó una inestabilidad y un impacto considerable sobre la población indígena. La ganadería trajo consigo diversas técnicas que permitieron el desarrollo de la sociedad en general, como lo fue: la crianza, la alimentación, cuidado, transporte, aprovechamiento, industria, deporte, coquetería y curación. Una nueva cultura española, menos complicada que la ya existente (Dávila, 2014).

En México se utilizan cuatro sistemas de producción de leche: el especializado, semiespecializado, familiar y el de doble propósito. Específicamente en Michoacán se destacan el sistema de producción semiespecializado y familiar. El primero se caracteriza por contar con razas Holstein y Suizo con bajos niveles de producción y un nivel de tecnificación media, su actividad se desarrolla en pequeñas superficies con ordeño manual sin equipo de refrigeración, el ganado está semiestabulado. En el segundo caso familiar, de igual forma trabaja con ganado Holstein y Suizo con cruza de buena calidad, en este caso su nivel de tecnología es bajo y cuenta con instalaciones rudimentarias y predomina el ordeño manual, el ganado es en pastoreo, su producción es destinada en forma directa en pequeñas poblaciones y para autoconsumo (Robledo, 2015).

A pesar de que la ganadería en la región presenta muchísimas dificultades, es una actividad que se mantiene vigente y es muy representativa. Más del 75% de los ganaderos permanecen por más de 20 años en la actividad. El 93.3% de los productores en estudio cuenta con el nivel de primaria concluido, el 3% nivel técnico y el resto nivel bachiller. El 89% del ganado es Holstein, respecto al pastoreo es durante el horario diurno con suministro de alimentos y estabulación durante la noche. El 89% de las explotaciones practican ordeno manual.

El ganado bovino de leche se explota principalmente en las regiones Oriente, Centro y Ciénega, las cuales se caracterizan por climas y suelos idóneos para la producción de granos y forrajes.

En el aspecto económico según las entrevistas realizadas a los ganaderos, resulta cada vez más costoso. Teniendo en cuenta que la actividad ganadera en la región se practica casi en su totalidad de forma familiar la ganadería, la mayoría presentan uno o dos ayudantes, el salario que le pagan a cada uno de ellos a la semana es de aproximadamente 1200 pesos mexicanos. Sin embargo, el litro de leche lo venden entre \$6,80 y \$7, este aspecto es otro de los motivos del descontento por parte de los productores, ya que comentan que la leche cada vez está más devaluada y un litro de agua cuesta más que uno de leche (ejemplo: 1 litro de agua de la marca Epura tiene un costo alrededor de \$12 dependiendo la tienda). Además, un costal de pastura tiene un costo aproximado de \$275 y varía de precio casi todas las semanas y no hay nadie que rij a esa situación. La pastura lechera es el suplemento más utilizado en la región para aumentar el rendimiento de la producción de leche y en el período de seca se consume bastante, debido a que no hay casi vegetación. Los medicamentos para el ganado también tienen un costo elevado dependiendo la enfermedad que contraiga el animal. Por otro lado, el aretado del Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado (SINIIGA), para tener registrados a los animales en el Estado y que le realicen la prueba de tuberculosis y Bruselas tiene un costo de \$7 por cada arete.

Mantener al ganado y en condiciones no tecnificadas, es una labor que lleva mucho más sacrificio y en muchas ocasiones como se demuestra en este estudio se mantiene más por tradición familiar y no porque lucre lo suficiente para ser considerada una actividad rentable.

**4.3 Análisis estadístico de las encuestas de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG).**

Se encuestaron 70 ganaderos entre los cuatro municipios objeto de estudio, esta se realizó de manera aleatoria, representando más de la mitad del total de la muestra. La figura 2 muestra que los ganaderos que más contribuyeron sobrepasando la contribución promedio de 0,6 significativamente fueron: 55, 15 y 19 respectivamente. Lo que significa que fueron los ganaderos que cumplen con la mayoría de los requisitos de la lista de revisión.

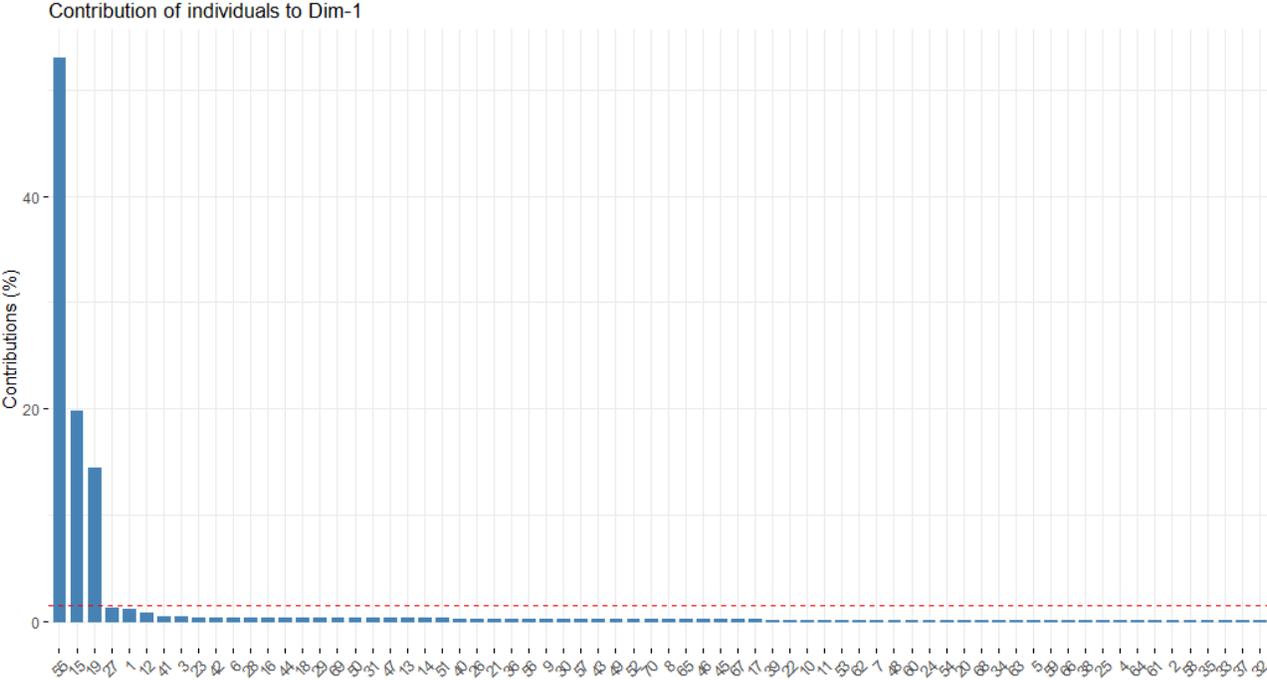


Figura 2: Porcentaje de contribución de la varianza de los encuestados en la dimensión uno del análisis de correspondencia multiple.

Al analizar los ganaderos (individuos) y las variables categóricas (requisitos de la lista de revisión), en la figura 3 se muestra como gran parte de estas respuestas no presentan los requisitos que se piden en la lista de revisión. Sin embargo, siempre existen los puntos atípicos que en este caso refleja los individuos que sí cumplen con algunos de los puntos de la lista de revisión. Además, si se suma la dimensión 1 (57,6%) con la dimensión 2 (22,2%), da una total de 79,8% de la varianza original de los datos, explicando con solo dos dimensiones el análisis.

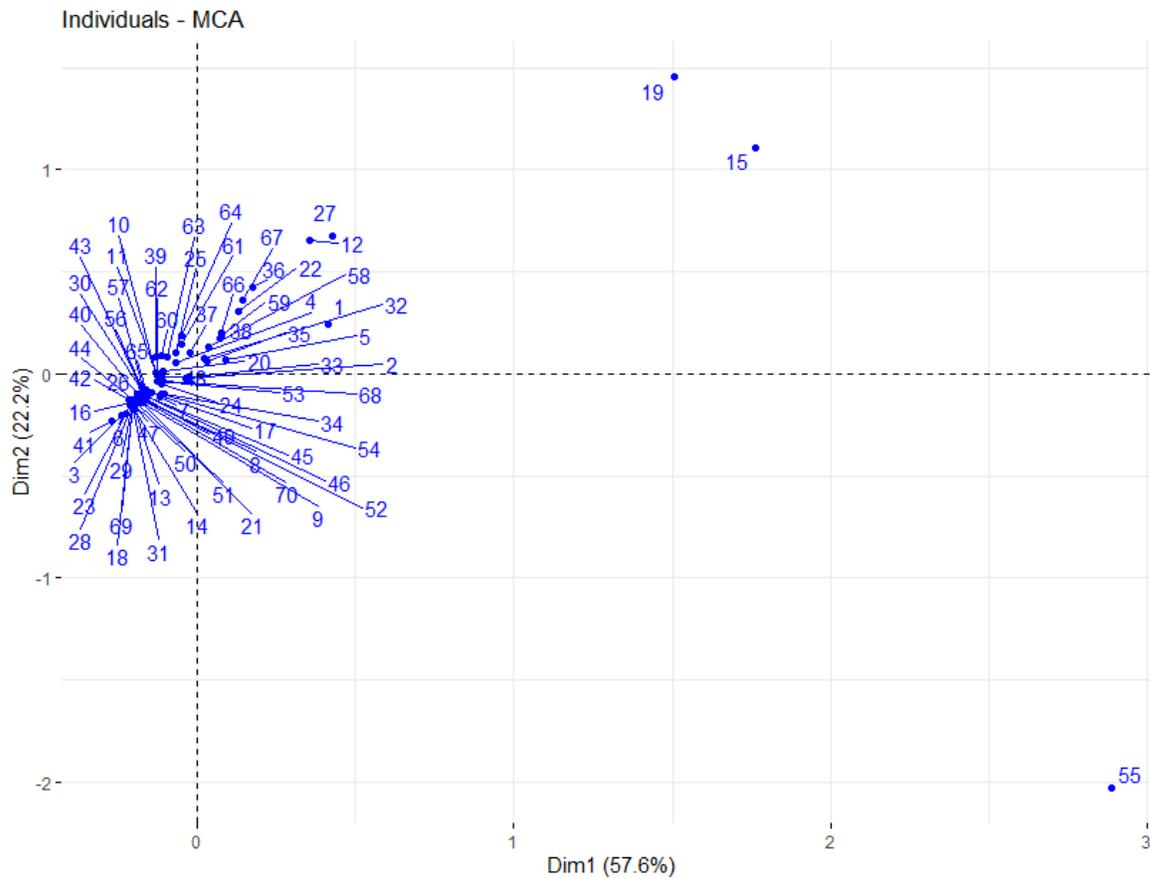


Figura 3: Análisis de correspondencia múltiple por individuo (ganadero).

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el análisis estadístico, los aspectos de manera general que se ven afectados por el incumplimiento de los requisitos de las BPG son:

- La alimentación, los suplementos alimenticios de los cuales se apoyan los ganaderos para que el animal tenga un mejor rendimiento, aumentó de precio de manera acelerada y no existe nadie que regule esta situación. A su vez son muy pocos los ganaderos que se apoyan en cultivar alimentos cien porcientos naturales, como es el caso de leguminosas y gramíneas.
- Por otra parte se ven afectados por la falta de una infraestructura, aunque la actividad ganadera en la región se practica de manera extensiva casi en su totalidad, es necesario para una mejor calidad de los productos que se derivan de esta, que cuenten con una sala de ordeño o por lo menos, un lugar que sea techado, con pisos cementados, con la iluminación adecuada, entre otros criterios que nos describe el manual de buenas prácticas, para considerar que el sector pecuario se lleva a cabo de manera satisfactoria. En la región solamente el 8% cumple con dichas características.

- Tener presente la trazabilidad en un hato ganadero por muy pequeño que sea es un factor de gran importancia. Esto permite llevar el registro de los animales para cualquier situación que se presente con los mismo y sin embargo la mayoría de los ganaderos encuestados no presentaron ningún tipo de registro y la asociación ganadera a la cual pertenecen no les exige la tenencia de ello.
- Una incorrecta rutina de ordeño es otro aspecto que influye de manera significativa en la calidad e inocuidad de la actividad. Como se menciona anteriormente la ganadería en la región se realiza de manera extensiva en casi su totalidad. Además, es una actividad que ha trascendido de generación en generación, esto significa que, en la mayoría de los casos, aunque no se cuente con las condiciones adecuadas tratan de mantener el legado familiar. El 97% no tiene la rutina de ordeño documentada, solo un 17% reporta que se lavan y desinfectan bien las manos antes de realizar el ordeño, el 80% realiza el despunte para la prueba de mastitis y el 30% no les lavan los pezones a los animales antes del ordeño, lo cual debe hacerse de manera obligatoria. Todo esto trae consigo que la suciedad que presente la vaca en la parte superior del pezón se traslade hacia abajo y contamine la leche durante el proceso del ordeño, esta situación se puede agravar aún más si no le secan los pezones (Martínez *et al*, 2014).
- El almacenamiento y conservación de la leche es un requisito que de tenerlo le da un valor agregado a lo hora de vender la leche, debido a que le aumenta su valor. El 87% no presenta un área de almacenamiento de la misma y el 82% no tienen tanques o equipos para su enfriamiento. Esto, permite además que se mantenga en buen estado hasta su acopio en cada uno de los puntos.

#### **4.4 Estimación de las emisiones de los GEI en los municipios modelados en el GLEAM.**

Para determinar las emisiones de los GEI se realizaron las encuestas (Anexo D) a los ganaderos encargados en cada una de las zonas visitadas en los diferentes municipios. Resultó que el mayor número de hatos se concentra en el municipio de Marcos Castellanos, seguido de Sahuayo, Jiquilpan de Juárez y Venustiano Carranza, como se muestra en la siguiente tabla 2:

**Tabla 2:** Relación de la cantidad de hato o ganado por municipio.

<i>Municipio</i>	<i>Número de hato (U)</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	4475
<b>Sahuayo</b>	3348
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	1573
<b>Venustiano Carranza</b>	1095

La alimentación es el detonante más importante tanto de la productividad del animal como de la cantidad de emisiones de GEI que este puede generar. En el caso del CH<sub>4</sub> proviene de la digestión entérica de los rumiantes y el N<sub>2</sub>O se asocia a las actividades agrícolas y manejo de excretas (Hernández & Corona, 2018). En los municipios estudiados teniendo en cuenta la cantidad de ganado que presentan (tabla 2), se obtuvo que Marcos Castellanos es el que mayor volumen de estiércol produce con 51 552 000kg/año (tabla 3). En los cuatro municipios estudiados de manera general no se le da ningún tratamiento al estiércol, un 70% se vende en a los aguacateros de la zona como abono para los cultivos, un 20% lo utilizan como abono para sus propios cultivos y un 10% deja que se acumule.

**Tabla 3:** Cantidad de estiércol producida en los cuatro municipios objeto de estudio.

<i>Municipio</i>	<i>Cantidad de estiércol (kg/año)</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	51 552 000
<b>Sahuayo</b>	38 568 960
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	18 120 960
<b>Venustiano Carranza</b>	12 614 400

En los municipios presentados, la actividad ganadera se practica de manera semiespecializado y familiar, en ambos casos se realiza el pastoreo abarcando amplias zonas alrededor de donde se realiza el ordeño. Lo que significa que los rumiantes depositan el estiércol por toda esa zona, pero este emite CH<sub>4</sub> en forma aeróbica, lo que significa que se produce muy poco o casi nada. Sin embargo, hay un porcentaje de los ganaderos que, si almacena el estiércol por un período de tiempo hasta alcanzar un volumen considerable del

mismo, para venderlo. De esta forma si se está generando emisiones elevadas de metano y óxido nitroso, debido a que se encuentra en condiciones anaeróbicas.

Para la estimación de los GEI el GLEAM necesita determinada información para que los resultados que arroje sean lo más aceptado posible. Como primer paso necesita la ubicación geográfica, en el caso de la investigación se ubicó en Latinoamérica y el país México, hasta el momento el modelo no especifica los estados o provincias. Luego se seleccionó la especie de animal con las que se trabajó, se consideró el sistema de producción y su orientación, se eligió el ganado, el sistema de producción mezclado y orientado a la leche. Seguido de esto se escogieron los módulos y se marcaron los parámetros dentro de cada uno de ellos, según la información obtenida en las encuestas realizadas a los ganaderos. Los módulos son: rebaño (número de animales, pesos vivos, mortalidad y fertilidad y producción), alimentación (hembras adultas y animales de remplazo y macho) y estiércol (manejo del estiércol).

Durante la investigación se obtuvieron muchos datos numéricos, por lo que fue necesario procesarlos en una tabla Excel antes de introducirlos al modelo. Una vez marcada toda la información previa en el GLEAM, se introdujeron todos los datos que fueron recopilados (Anexo D). Dando como resultado que el municipio que mayores emisiones de GEI emite de los cuatro estudiados, es Marcos Castellanos con 9575287.25 tCO<sub>2</sub>-eq / año (tabla 4).

**Tabla 4:** Total de emisiones de GEI por municipio.

<i>Municipio</i>	<i>C<sub>2</sub>O (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>CH<sub>4</sub> (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>N<sub>2</sub>O (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>GEI (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	8996828.16	568878.60	9580.49	9575287.25
<b>Sahuayo</b>	8145755.23	525655.87	9021.61	8680432.71
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	979497.06	61986.33	1033.81	1042517.2
<b>Venustiano Carranza</b>	260244.72	16501.56	275.51	277021.79

Las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes son mayores, sin embargo, el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a pesar de que son menores, son más perjudiciales para el medio ambiente.

De acuerdo al modelo, se decidió destacar las emisiones de óxido nitroso provenientes tanto de la alimentación como de la gestión del estiércol (tabla 5).

**Tabla 5:** Emisiones de N<sub>2</sub>O derivados de la alimentación y la gestión de estiércol.

<i>Municipio</i>	<i>N<sub>2</sub>O (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>N<sub>2</sub>O (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>N<sub>2</sub>O (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>
	<i>Alimentación: fertilizantes y residuos de cultivos</i>	<i>Alimentación: estiércol aplicado y depositado</i>	<i>Gestión de estiércol</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	5855.49	2151.30	1573.71
<b>Sahuayo</b>	5410.57	2058.24	1552.80
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	638.04	223.81	171.97
<b>Venustiano Carranza</b>	169.87	59.54	46.10

Las emisiones del N<sub>2</sub>O son resultado de la conversión de compuestos nitrogenados presentes en las excretas animales, lo que significa que el óxido nitroso es producto de la descomposición del amoníaco contenido en el estiércol. Que a su vez es el resultado de la alimentación suministrada al rumiante, en la investigación se obtuvo que las emisiones de este gas, son mayores debido a que la dieta no es la más adecuada.

En el caso de las emisiones de metano se manifiestan a través de la fermentación entérica y la gestión del estiércol como se muestra en la tabla 6:

**Tabla 6:** Emisiones de CH<sub>4</sub> derivadas de la fermentación entérica y la gestión del estiércol.

<i>Municipio</i>	<i>CH<sub>4</sub> (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>	<i>CH<sub>4</sub> (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>
	<i>Fermentación entérica</i>	<i>Gestión del estiércol</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	543278.09	25600.51
<b>Sahuayo</b>	502000.46	23655.41
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	59196.77	2789.56
<b>Venustiano Carranza</b>	15758.92	742.64

Las emisiones de CH<sub>4</sub> son resultado de la descomposición anaeróbica del material orgánico en las excretas de los animales, las cuales no reportan un sistema de tratamiento o almacenamiento, se filtran directamente al suelo donde pastan los bovinos. Pero en este estudio el metano producto de la fermentación entérica fue mayor y tuvo que ver con la dieta de los animales. Debido a que la fermentación entérica se lleva a cabo en el sistema digestivo y representa una pérdida considerable de energía.

En el caso de la producción de leche, el municipio que más producción reportó fue Sahuayo seguido de Marcos Castellanos (tabla 7). Sin embargo, según lo que reporta el modelo GLEAM las emisiones vinculadas a la producción de leche son mayores en el municipio de Marcos Castellanos. Esto puede estar relacionado a la alimentación principalmente y la cantidad de hembras que estén en lactancia.

**Tabla 7:** Producción promedio de leche y cantidad de emisiones de GEI vinculadas a la producción de leche.

<i>Municipio</i>	<i>Producción promedio de leche (l/día)</i>	<i>Emisiones vinculadas a la producción de leche (tC<sub>2</sub>O eq/año)</i>
<b>Marcos Castellanos</b>	37099	31183206.10
<b>Sahuayo</b>	47116	28698880.50
<b>Jiquilpan de Juárez</b>	11910	3390476.95
<b>Venustiano Carranza</b>	4588	899778.56

## Capítulo V: Discusión

Una vez analizado los resultados obtenidos tras la investigación teniendo en cuenta todas las variables presentes en conjunto con la información recopilada, a continuación, se expresa una discusión a partir de la problemática y los aspectos que emergen de la misma.

Durante las entrevistas realizadas tanto a los ganaderos como a los encargados de la zona, se observó un total descontento de ellos hacia el gobierno y todas las malas decisiones que se han venido tomando, todas desfavorecedoras para el sector. Lo que explica porque en México exista un déficit en la producción de leche. La falta de una política nacional clara y precisa, que les permita a los productores de leche mejorar su producción y condiciones socioeconómicas. Ejemplo de la incertidumbre que presentan, es por una parte la política de apoyo que les brinda la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (actualmente Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)) la cual impulsa las inversiones en el sector. Pero se contrapone a la política comercial nacional que favorece el crecimiento de las importaciones de lácteos lo que desincentiva el aumento de la producción y de la productividad (Robledo, 2015). Según comenta Steinfeld *et al.* (2009) la creación de políticas más favorecedoras para este sector debe de ser una prioridad, tanto en el aspecto medioambiental, como social y de salud. Deben tenerse en cuenta los intereses de cientos de millones de pequeños productores para los que, con frecuencia, la producción pecuaria representa el único medio de vida. Tampoco se puede ignorar la creciente demanda de carne, leche y huevos de la clase media emergente.

Otro aspecto y de gran importancia cuando se habla de la actividad ganadera adecuada es la alimentación. En la región no se observó una alimentación balanceada, que además de estar relacionado con los altos precios de los alimentos y suplementos, reporta Vargas *et al.* (2015) que el 83% de los sistemas de producción ganadera no están relacionados con cultivos de leguminosas y gramíneas, los cuales actúan de manera positiva tanto en la alimentación del rumiante como en el medio ambiente. Contar con una buena infraestructura proporciona animales sanos y una producción inocua, además del cuidado al medio ambiente. Como comentan López *et al.* (2016), tras el paso de una auditoría previa a certificar las BPG, donde menciona que es necesario que las instalaciones se encuentren en optimo estado al igual que

los corrales, supervisar que no presenten salientes punzantes que pudieran dañar al animal y los comederos que es el lugar donde se realiza el ordeño, deben de presentar piso de concreto favorablemente para una mayor comodidad e higiene.

En lo que respecta a las emisiones de los GEI luego de haber realizado la investigación se expresa lo siguiente:

No es menos cierto que el estiércol es una fuente valiosa de micro y macro elementos esenciales requeridos para el crecimiento de las plantas. La aplicación de este en las tierras permite un aumento de la materia orgánica del suelo y mejora la estructura, la capacidad de retención de agua, el contenido de oxígeno y la fertilidad; también reduce la erosión del suelo, restaura las tierras de cultivo erosionadas, reduce la lixiviación de nutrientes y aumenta el rendimiento de los cultivos. Pero los desechos orgánicos acumulados sin ningún tipo de manejo son una fuente de problemas para el medio ambiente, la salud de los humanos y de los animales. Los impactos que se generan de esto son:

- Eutrofización de las aguas superficiales.
- Lixiviación de nitratos y posible transferencia de patógenos a las aguas subterráneas.
- Acumulación de nutrientes en el suelo debido a exceso de las dosis de estiércol.
- Degradación de las áreas naturales, como humedales y manglares.
- Emisiones de gases de efecto invernadero en la forma de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O (emisiones directas e indirectas).
- Otras emisiones gaseosas, donde se incluyen el NH<sub>3</sub>, el escatol y el sulfuro de hidrógeno (Gerber *et al.*, 2005, Steinfeld *et al.*, 2009; EPA, 2011).

Luego de mencionado esto, es importante destacar que según comentan Hristov *et al.* (2013), el estiércol que produce emisiones de CH<sub>4</sub> es el que se encuentra almacenado, debido a que las condiciones que presenta son anaeróbicas. En el caso del estiércol que se deposita en las pasturas o se manipula de forma sólida (pilas o pozos) produce muy poco o nada de metano, pues se encuentra en contacto con el oxígeno, es decir en condiciones aeróbicas.

De forma parecida ocurre cuando se trata de N<sub>2</sub>O, en este caso se dice que el estiércol presenta la gran mayoría de los elementos para incentivar los procesos de nitrificación y desnitrificación en el suelo, lo que genera la presencia de N<sub>2</sub>O. La nitrificación ocurre en

forma aeróbica y la desnitrificación parcial en condiciones anaeróbicas, siendo este último el que produce mayores cantidades de emisiones (EPA, 2010).

FOASTAT que es la base de datos de la FAO, contempla además la base de conocimientos más completa sobre las emisiones de GEI agrícolas, en el período de 2001 a 2010 reportó para la Región de América Latina y el Caribe más de 440 millones de t de CO<sub>2</sub> eq, derivados de la absorción en la región por los sumideros de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, teniendo en cuenta este valor con los datos obtenidos de las emisiones totales en la investigación solamente del ganado (65,393,159,082 kgCO<sub>2</sub>-eq / año) representa el 14,86 %.

En el trabajo de Chávez & Hernández (2017) donde se aplicó el GLEAM en una unidad cooperativa de producción lechera, resultó que la actividad ganadera representó un costo elevado para la sostenibilidad del agro-ecosistema, debido a que las actividades desarrolladas para garantizar la producción afectan la biodiversidad de los cultivos y ejerce influencia negativa sobre los suelos. Se obtuvieron los valores de las emisiones de CH<sub>4</sub> (638,027,566 kgCO<sub>2</sub>-eq / año), N<sub>2</sub>O (203,032,640 kgCO<sub>2</sub>-eq / año) y CO<sub>2</sub> (104,557,800 kgCO<sub>2</sub>-eq / año), valores que fueron superados en la investigación, esto se debe a que el volumen de ganado que se tuvo en cuenta fue mucho mayor, ya que se trabajó en cuatro municipios del estado. Por otra parte, en una unidad cooperativa los medios de producción se encuentran más controlados, porque lo que se pretende es que se trabaje con una mayor eficiencia y cuidado del agroecosistema.

Como se ha mencionado ya, la producción de metano se debe tanto a la fermentación entérica como a la gestión del estiércol. En la investigación se observó (tabla 4) como las emisiones de CH<sub>4</sub> son mayores debido a la fermentación entérica que a la gestión del estiércol, esto puede ser según comentan Hernández & Corona (2018) a que las emisiones de este GEI están muy relacionadas con el consumo de alimento y específicamente con la calidad del mismo. Con esto se refiere a mejorar la implementación de forrajes y seleccionar mejores pastos o métodos de preservación adecuados, aspecto que la gran mayoría de los ganaderos entrevistados no tienen en cuenta. Lo que permitiría un rendimiento más eficiente del ganado, debido a que las emisiones de CH<sub>4</sub> representan una pérdida de energía del rumiante de 2 al 12% (Histrov *et al.*, 2015). En la región a pesar que el sistema extensivo y familiar son los que prevalecen y comentan Hernández & Corona (2018) que son los más eficientes porque

son capaces de volverse sostenibles a largo plazo; sin embargo, cuando se aplica de manera silvopastoril que se integra todo, es decir: los árboles el forraje, el pastoreo, etc. pero de manera que se gestione bajo principios. Ejemplo de eso es el uso de gramíneas, arbustivas y árboles, lo que trae consigo una mayor disponibilidad de forraje, ahorra del agua y un aumento de la biodiversidad.

## Conclusiones

En la Región Ciénega de Chapala, específicamente en los municipios de Marcos Castellanos, Jiquilpan de Juárez, Sahuayo y Venustiano Carranza la actividad ganadera se practica de manera extensiva y familiar, debido a las condiciones sociales, económicas y ambientales. El ganado que mayor predomina es el Holstein y Suizo. Es una región en donde se desarrolla altamente la ganadería, con el paso del tiempo ha ido disminuyendo por causa de los cambios sociopolíticos y económicos, existe inconformidad por parte de los miembros del sector, la mayoría sostiene que les han retirado un sin número de apoyos gubernamentales. Tras la aplicación de la lista de revisión de las BPG, se obtuvo que solo 2 de los 70 ganaderos encuestados para el análisis de las BPG cumplen en su mayoría con los requisitos de la lista, representando solo el 2,9% del total. Pero solo uno de los tres cumple en un 80% del total de los requisitos, esto se debió a que el ganadero presentaba amplios conocimientos y no solo adquiridos con la practica sino porque presentaba un título de agronomía.

Para estimar las emisiones de los GEI provocadas por la ganadería en dicha zona se utilizó el Modelo Global de Evaluación Ambiental Ganadera (GLEAM) versión 2.0, creada por la FAO. Se obtuvo que el municipio de los cuatro estudiados que más emisiones de GEI reportó fue Marcos Castellanos con 9575287.25 tCO<sub>2</sub>-eq / año, seguido por Sahuayo con 8680432.71 tCO<sub>2</sub>-eq / año, Jiquilpan de Juárez con 1042517.2 tCO<sub>2</sub>-eq / año y por último Venustiano Carranza con 277021.79 tCO<sub>2</sub>-eq / año. Las emisiones vinculadas a la producción de leche resultaron en un total de 64172342.11 tCO<sub>2</sub>-eq / año y de igual forma el municipio que mayor emisión reportó fue Marcos Castellanos. En lo que respecta a las emisiones de metano derivadas de la fermentación entérica (1120234.24 tCO<sub>2</sub>-eq / año) y la gestión de estiércol (52788.12 tCO<sub>2</sub>-eq / año), resultó que la primera se emite en mayores cantidades. En las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de la alimentación (16566.86 tCO<sub>2</sub>-eq) y la gestión del estiércol (3344.58 tCO<sub>2</sub>-eq / año), tuvo un mayor impacto la alimentación, que para ambos gases se refleja en una dieta no balanceada por parte de los ganaderos. Aspecto destacado en las entrevistas realizadas por la falta de ayuda del gobierno y los elevados precios de los suplementos alimenticios. Se concluye que de las variables mencionadas la que mayores gases emite es el metano a partir de la fermentación entérica.

## Referencias

1. Alcock D J. & Hegart R R. (2011). Potential effects of animal management and genetic improvement on enteric methane emissions, emissions intensity and productivity of sheep enterprises at Cowra, Australia. *Animal Feed Science and Technology*. 166: 749-760.
2. Algañaraz, V. H. (2016). El “Análisis de Correspondencias Múltiples” como herramienta metodológica de síntesis teórica y empírica. Su aporte al estudio del locus universitario privado argentino (1955-1983). *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 6(1).
3. Alfaro, M. & Muñoz, C. (2012). Ganadería y gases de efecto invernadero. INIA Remehue.
4. Alfonso, J. G. (2011). Cambio Climático: ¿Cómo afecta la producción ganadera? *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(8), 1-8.
5. Andeweg, K.& Reisinger, A. (2013). Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: Mejores prácticas y opciones emergentes.
6. Arrieta, P., Trujillo, J., & Arrieta, A. (2018). Análisis de aspectos ambientales generados por las prácticas ganaderas en el área de influencia de la ciénaga de Betancí en el municipio de Montería. *Revista ESPACIOS*, 39(44).
7. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán (AGEM). (2003). Editora y Distribuidora EDDISA, S.A de C.V.
8. Bell M J., Wall E., Russell G., Simm G. & Stott A W. (2011). The effect of improving cow productivity, fertility and longevity on the global warming potential of dairy on the global warming potential of dairy systems. *Journal Dairy Sci*. 94:3662-3678.
9. Beltrán, M. Á., Álvarez, G., Pinos, J.M. & Contreras, C. (2016). Emisión de metano en los sistemas de producción de leche bovina en el Valle de San Luis Potosí, México. *Revista Agrociencia* 50: 297-305.

10. Benaouda, M., González, M., Molina, L.T. & Castelán, O.A. (2017). Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, ISSN 2007-0934, Vol. 8, No. 4: 965-974.
11. Benavide, H.O & León, G. E. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales- IDEAM.
12. Bretschneider, G., Salado, E., Cuatrin, A. & Arias, D. (2015). Lactancia: Pico y Persistencia ¿Por qué cuidarlos?
13. Buitrago, M. E, Ospina, L.A. & Narváez, W. (2018). Sistemas Silvopastoriles: Alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(1), 31- 42.
14. Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82-96.
15. Calero V A. (1998). Estadística. Tomo I. Ministerio de Educación Superior. IPN. pp 248.
16. Cederberg C. Stadig M. (2003). System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *Int. J. LifeCycleAssess.* 8(6):350-356.
17. Cingolani, A. M., Noy-Meir, I., Renison, D. D., & Cabido, M. (2008). La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología austral*, 18(3), 253-271.
18. Colomb, V., Bernoux, M., Bockel, L., Chotte, J.L., Martin, S., Martin, C., Mousset, J., Tinlot, M. & Touchemoulin, O. (2012). Estudio de las calculadoras GEI para los sectores agrícola y forestal. Guía para la elección y utilización de herramientas de evaluación a nivel territorial.

19. Cool Farm Institute. (2012). The Cool Farm Tool, a User's Guide for use with the CFT. Version 2.0.
20. Chávez, A. & Hernández, J.N. (2017). Comportamiento de algunos componentes del agroecosistema a consecuencia de la actividad ganadera en una unidad cooperativa de producción lechera en Las Tunas, Cuba. Revista digital de medio Ambiente "Ojeando la agenda" ISSN 1989-6794, No. 49.
21. Dávila, M.E.N. (2014). El surgimiento de la ganadería en la Ciénega de Chapala (Michoacán, México). El caso de la Hacienda Guaracha (siglos XVI-XIX). Vol 6(11): 185-219.
22. Dong, H., Mangino, J., McAllister, T., Hatfield, J., Johnson, D., Lassey, K., Lima, M. & Romanovskaya, A. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Cap. 10, Vol. 4.
23. Echeverri, C.A. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). Revista Ingenierías Universidad de Medellín 5(9): 85-96.
24. EPA. (2010). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008.
25. EPA. (2011). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 – 2009, Washington, DC, EPA.
26. Espíndola, C. & Valderrama, J.O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas.
27. FAO. (2010). Resultados | Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM) | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/gleam/results/es/>.
28. FAO. (2013). Producción y Sanidad Animal. Mitigación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Producción Ganadera.
29. FAO. (2017). Global Livestock Environmental Assessment Model. Model Description Version 2.0. Recuperado de <http://www.fao.org/gleam/es/>.

30. FAO. (2019). Reunión preparatoria de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Pre-COP25). Recuperado de <http://www.fao.org/americas/eventos/ver/pt/c/1208557/>.
31. FAO. (2019). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. 56 pp.
32. Faverin, C., Gratton, R. & Machado, C.F. (2014). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de carne vacuna de base pastoril. Revisión Bibliográfica. Revista Argentina de Producción Animal Vol 34(1): 33-54.
33. Gerber, P., Chilonda, P., Franceschini, G. & Menzi, H. (2005). Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia. *Biores. Technol.* 96: 263–276.
34. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).
35. González A. & Carlsson A. (2007). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con alto potencial de calentamiento global: El sector agropecuario Vol. 11.
36. Gómez, T. & Romanillos, P. (2012). El cambio climático: pasado, presente y futuro de un mundo nuevo. Barcelona: Océano-ambar.
37. Gudynas, E. & Ghione, S. (2013). Agricultura y Ganadería, Biodiversidad, Cambio Climático: Estrechamente Vinculados. Lima: Revista de Agroecología, LEISA. 2010. <http://www.agropecuaria.org/agropecuaria/GudynasGhioneAgroCClimaticoLeisa10r.pdf>.
38. Guevara, H.F. (2007). Action research and ethno graphy on govemance actors and development in southem Mexico. Tech Agrarian Development Group Department of Social Sci. Wageningen University and Department of Social Sci. WegeningenUniversity and Research Centre Wageninigen. TheNetherlands. pp 223.

39. Guevara, H., Pinto, R., Gómez, H. & Medina, F.J. (2008). La investigación para el desarrollo rural: Un breve análisis. Boletín del Centro Local de Innovación Agropecuaria.
40. Hernández-Medrano, J.H & Corona, L. (2018). El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?
41. Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. & Oosting, S. (2013). Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera – Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>. Editado por Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson y Harinder P.S. Makkar. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. FAO.
42. Histrov A.N., Oh J. Giallongo F., Frederick T.W., Harper M.T., Weeks H.L. Branco A.F., Moate P.J., Deighton M.H., Williams S.R.O., Kindermann M., Duval S. (2015). An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. Proceedings of the National Academy of Science of the USA 112(34): 10663-10668.
43. IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC.
44. IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC. 157 págs.
45. INEGI. (2015). México. Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx>.
46. ISO. (2006). ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. 2006. p. V. Disponible en: <http://www.iso.org>.

47. Jaurena, G., Juliarena, P., Errecart, P.M., Arroquy, J.I., Berone, G., Posse, G. & Ricci, P. (2019). Técnicas para medir o estimar las emisiones de gases de efecto invernadero. *Revista Argentina de Producción Animal*, V. 39, N°2: 61-76.
48. Jiménez, G., Soto, L., Pérez, E., Kú, J.C., Ayala, A., Villanueva, G. & Alayon, A. (2015). Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México. *Revista Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* V. 15.
49. Larripa, M. J., Pece, M. A., & Alvarez, H. J. (2020). ¿Es posible identificar sistemas lecheros intensificados más amigables con el medio ambiente? Evaluación de la Huella de Carbono. *Universidade Estadual do Paraná*.
50. López, J., Cordero, A., & Buendia, M. (2017). Certificar con Buenas Prácticas Ganaderas hace más eficiente los recursos de una explotación pecuaria. *Agroindustrial Science*, 6(2), 175-183.
51. Martínez, A., Villoch, A., Ribot, A. & Ponce, P. (2014). Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. *Rev. Salud Anim.* Vol. 36 (1): 14-18.
52. Mendoza, C. & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(2), 8120-8122.
53. Milera, M. C., Machado, R. L., Alonso, O., Hernández, M. B. & Sánchez, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1): 3-12.
54. Morales A., Rodrigo A., Zorogastúa C., Percy, de Mendiburu, F & Quiroz, Roberto. (2018). Producción mecanizada de maíz, camote y yuca en la Costa Desértica Peruana: Estimación de la huella de carbono y propuestas de mitigación. *Ecología Aplicada*, 17(1), 13-21. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1169>.
55. Morán, D. & Wall, E. (2011). Producción ganadera y emisiones de gases de efecto invernadero: definición del problema y especificación de soluciones, *Animal*

- Frontiers , Volumen 1, Número 1, páginas 19–25. Recuperado de <https://doi.org/10.2527/af.2011-0012>.
56. Morante, D., Guevara, A., Suzán, H., Lemus, V. & Sosa, C. F. (2016). Estimación Tier II de emisión de metano entérico en hatos de vacas lactantes en Querétaro, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*.
57. Piza, N. D., Amaiquema, F. A. & Beltrán, G. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Revista Conrado*, 15(70), 455-459. Recuperado de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1162/1167>.
58. Nieto, D., Berisso, R., Demarchi, O. & Scala, E. (2012). *Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la Agricultura Familiar*. FAO.
59. Osorio, M. & Segura, J. (2013). Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC? *Livestock Research for Rural Development*.
60. Páez, E., Corredor, E., & Fonseca, J. (2018). La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina. *Pensamiento y Acción*, Tunja, 24(24), 12.
61. Pérez, R. (2008). El lado oscuro de la ganadería. *Problemas del desarrollo*, 39(154), 217-227.
62. Pinos, J. M., García, J. C., Peña, L. Y., Rendón, J. A., González, C. & Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359-370.
63. Postigo, J. C., Chacón, P., Geary, M., Blanco, G., Fuenzalida, M. I., De la Cuadra, F., Lampis, A., Miguez, M. M., Palacio, G., Torres, J. & Castro, S. (2020). Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas: una vinculación necesaria.
64. Riojas, I., M.H. Badii, A. Guillen, M. García y J.L. Abreu UANL, San Nicolás, N.L. (2018). *La ganadería y el desarrollo sustentable*.

65. Rodríguez, J.C., Paz, F., Watts, CH., Lizárraga, C., Yépez, E., Jiménez, G., Castellanos, A., Hinojo, C. & Macías, C.E. (2018). Mediciones de metano y bióxido de carbono usando la técnica de covarianza de vórtices en ganado lechero semiestabulado en Sonora, México. Roma. Revista Terra Latinoamericana Vol. 37, No.1.
66. Robledo, R. (2015). Los Altos de Jalisco y la Comarca Lagunera dentro del contexto nacional de producción de leche.
67. Sangoluisa, P. (2017). Documento Técnico: Informe de selección de la Herramienta de Cálculo.
68. Saynes, V., Etchevers, J.D., Paz, F. & Alvarado, L.O. (2016). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en sistemas agrícolas de México. Terra Latinoamericana, 34(1), 83-96.
69. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. (2009). La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones. Environmental Modeling and Assessment (Vol. 14).
70. Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón, D., Merizalde, M. J., Reyes, D. F., Viera, M. & Heredia, M. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida Vol.31(1) :21-46.
71. Tafur, A. (2009). La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 22 (3): 330-338.
72. Uribe, F.; Zuluaga, A.F.; Valencia, L.; Murgueitio, E.; Ochoa L. (2011). Buenas prácticas ganaderas. Manual 3, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco Mundial, Fedegán, Cipav, Fondo Accion, TNC. Bogotá, Colombia. 82 p.
73. van der Hoek, R., & Mena, M. (2019). La contribución de los forrajes tropicales a una ganadería más productiva y rentable con menos impactos ambientales y climáticos.

74. Vargas, J.C, Benítez, D.G, Torres, V., Ríos, S. & Soria, S. (2015). Factors determining the efficiency of milk production in systems of double purpose in Pastaza province, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1), 17-21.
75. Zuratih & Widiawati, Y. (2019). Estimation of Greenhouse Gas (GHG) Emission from Livestock Sector by Using ALU Tool: West Java Case Study.

## Anexos

**Anexo A:** Fotografías que describen el estado de la ganadería en los cuatro municipios estudiados.



Corral. Municipio Jiquilpan de Juárez.



Comedero y sala de ordeño. Municipio Jiquilpan de Juárez.



Comedero y sala de ordeño mecanizado. Municipio Venustiano Carranza.



Comedero y sala de ordeño mecanizado. Municipio Sahuayo.



Comedero y sala de ordeño. Municipio Marcos Castellanos.



Depósito de agua para los animales. Municipio Jiquilpan.



Bodega para el almacenamiento de insumos para el ganado. Municipio Jiquilpan.

**Anexo B:** Encuesta para alimentar el GLEAM.

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

CIIDIR IPN Unidad Michoacán

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_

**Ganado**

1.- Número del hato ganadero: \_\_\_\_\_ Bovinos en producción: \_\_\_\_\_

Raza: \_\_\_\_\_ Peso promedio: \_\_\_\_\_

Cantidad de hembras: \_\_\_\_\_ Machos: \_\_\_\_\_

Cantidad de semovientes en el establo: \_\_\_\_\_

Menores de 1 año: \_\_\_\_\_ 1 a 2 años: \_\_\_\_\_ 2 a 4 años: \_\_\_\_\_ 5 a 7 años: \_\_\_\_\_

5 a 7 años: \_\_\_\_\_ 8 a 10 años: \_\_\_\_\_ mayores de 10 años: \_\_\_\_\_ Total: \_\_\_\_\_

Tasa de mortalidad: \_\_\_\_\_

Tasa de fertilidad: \_\_\_\_\_

Producción promedio de partos: \_\_\_\_\_

Producción de leche: \_\_\_\_\_

Porcentaje de proteína: \_\_\_\_\_

Porcentaje de grasa: \_\_\_\_\_

2. Sistema de producción que se maneja?

Pastizales: \_\_\_\_\_

Mezclada: \_\_\_\_\_

3. El ganado bovino es para producción de leche o carne: \_\_\_\_\_

4. A qué edad empieza la reproducción para las hembras: \_\_\_\_\_

5. Cuál es el área disponible para la actividad ganadera: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Cuál es el tipo de pasto que se utiliza como alimento para el hato ganadero? \_\_\_\_\_

---

7. Qué tipo de suplemento nutricionales es suministrado al hato ganadero? \_\_\_\_\_

---

8. Contenido de materia seca que consume el ganado en cada etapa de crecimiento

---

---

9.Cuál es el destino del ganado que es sacado como producto final del establo\_ \_\_\_\_\_

---

10. Capacidad de carga de los camiones que transportan el ganado hacia otras fincas o con fines de comercialización? \_\_\_\_\_

---

11.- Cual es el producto final derivado de la actividad ganadera del estiércol?

---

---

12.- Cual es el volumen de estiércol producido aproximadamente en el hato ganadero?

---

13.- Con cuantos corrales cuenta el productor? \_\_\_\_\_

14.- Cada cuando se realiza la rotación de ganado por corrales? \_\_\_\_\_

#### Módulo de gestión de estiércol

1. Quemado como combustible \_\_\_\_\_
2. Líquido / lodo \_\_\_\_\_
3. Digestor anaeróbico \_\_\_\_\_
4. Difusión diaria \_\_\_\_\_

**Anexo C: Lista de revisión**

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

CIIDIR IPN Unidad Michoacán

**Lista de revisión modificada de buenas prácticas ganaderas**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

- Requisitos que deben cumplir los hatos, instalaciones y áreas generales:

- \_\_\_ Ordeño fijo en establo
- \_\_\_ Área de espera antes del ordeño
- \_\_\_ Cuarto de máquinas
- \_\_\_ Bodega techada y piso en cemento para el almacenamiento de los insumos y utensilios
- \_\_\_ Pisos en buen estado y de fácil limpieza
- \_\_\_ Condiciones adecuadas de bienestar animal
- \_\_\_ Techos en buen estado y de fácil limpieza
- \_\_\_ Condiciones adecuadas de seguridad para los operarios
- \_\_\_ Cuenta con un sistema de iluminación apropiado
- \_\_\_ El diseño de la sala de ordeño y su limpieza, desinfección y mantenimiento minimizan el riesgo de contaminación de la leche
- \_\_\_ ¿El establo, las zonas de ordeño e instalaciones están comunicadas entre si
- \_\_\_ Acabado liso, no poroso, no absorbente
- \_\_\_ Libres de defectos, grietas u otras irregularidades
- \_\_\_ Superficies exteriores de los equipos de fácil limpieza y evitan la acumulación de suciedad, microorganismos, plagas u otros agentes contaminantes de la leche
- \_\_\_ Tuberías fácilmente desmontable para limpieza
- \_\_\_ Limpios y dotados con implementos de aseo y desinfección para el personal de ordeño
- \_\_\_ Dispone de cercos, brechas, puertas y otros mecanismos con cierres en buen estado, que permitan delimitar la propiedad y limitar el paso de los animales ajenos al predio
- \_\_\_ Corrales de manejo en buen estado y capacidad adecuada
- \_\_\_ Corrales y áreas de confinamiento apropiadas para el tamaño, edad y raza de los animales
- \_\_\_ Instalaciones con pisos antideslizantes, no ocasionan lesiones pódalas
- \_\_\_ Áreas apropiadas para el tipo de animal
- \_\_\_ Predio ubicado en área compatible con el uso del suelo según el plan de ordenamiento territorial por el municipio

- Rutina de ordeño

- \_\_\_ Se apoya con el ternero
- \_\_\_ Los pezones se lavan con agua limpia solamente cuando están muy sucios
- \_\_\_ Permiten que los becerros amamenten después del ordeño
- \_\_\_ Las vacas en tratamiento veterinario se identifican y ordeñan por separado, evitando que su leche se mezcle con la leche obtenida de las vacas sanas

- La leche de las vacas en tratamiento se identifican y se ordeñan por separado, evitando que su leche se mezcle con la leche obtenida de las vacas sanas
- La leche en tratamiento veterinario se descarta preferentemente en un pozo séptico, y por ningún motivo se utiliza para la alimentación humana o animal
- La rutina de lavado y desinfección de los equipos está documentada y en un sitio visible de la sala de ordeño
- El ordeño mecánico está bien calibrado
- Los equipos y utensilios se encuentran en buen estado

- Saneamiento:

- La limpieza y desinfección minimizan el riesgo de contaminación de la leche
- Las tuberías fijas para la conducción de la leche son lavadas y desinfectadas por recirculación provistas para este fin
- Los empaques, partes de goma o caucho se reemplazan según las indicaciones del fabricante
- Tiene establecido un programa con medidas integrales, radicales y preventivas para el control de plagas: artrópodos y roedores
- Se detecta la presencia de plagas en las instalaciones

- Requisitos para el almacenamiento de insumos pecuarios y agrícolas:

- Áreas cerradas y separadas físicamente para el almacenamiento de los medicamentos veterinarios, alimentos y sustancias de limpieza y desinfección
- Áreas separadas físicamente para los plaguicidas, fertilizantes, utilizados en la producción y los equipos e implementos utilizados en su aplicación
- Almacenamiento de productos con fecha de expiración vencida
- Dispone de forma adecuada de envases de medicamentos veterinarios y plaguicidas vacíos, conforme a los establecido por las BPA

- Trazabilidad:

- Cuenta con un sistema de trazabilidad con propósitos sanitarios y de inocuidad
- Los animales están identificados en forma individual con tatuaje, fierro u otro método de identificación

- Capacitaciones:

- Cuenta con un programa continuo de capacitación para el personal dedicado a la producción y obtención de la leche, sobre el conocimiento y aplicación de las BPH
- El personal recibe capacitación
- Labores propias de cada trabajador
- Higiene personal y hábitos higiénicos
- Manejo y bien estar del animal
- Manejo de alimento para animales
- Manejo y movilización del animal
- Sanidad animal y bioseguridad
- Prácticas higiénicas y responsabilidad en la manipulación del producto
- Uso y manejo apropiado de los recursos naturales
- Uso seguro de insumos agropecuarios
- Manejo de residuos
- Seguridad del trabajador

\_\_\_ Primeros auxilios

- Personal

\_\_\_ Recibe las prendas y todos los implementos necesarios para la realización de su trabajo

\_\_\_ Se proporcionan todos los implementos ropa, botas, guantes, delantales y mascarilla, necesarios para las labores que se utilizan sustancias potencialmente peligrosas o que representan un riesgo para el trabajador

\_\_\_ Cuenta con botiquín de primeros auxilios

\_\_\_ Al menos uno de los trabajadores está capacitado para prestar los primeros auxilios a todo el personal

\_\_\_ El propietario de la finca cumple con el pago de honorarios

- Condiciones ambientales:

\_\_\_ Tiene buena cobertura de sombra en los establos

\_\_\_ Se permite la regeneración natural en los establos

\_\_\_ Los ríos o quebradas cuentan con bosques ribereños

\_\_\_ Realiza prácticas de conservación al suelo

\_\_\_ Presencia de insectos o plagas en los establos, por ejemplo...escarabajos, lombrices, mil pies y otros insectos descomponedores de la materia orgánica

\_\_\_ Presencia de fauna benéfica

\_\_\_ Realizan rotación de establos

\_\_\_ El estiércol del establo no contamina las fuentes de agua

- Registro de los hatos:

\_\_\_ El predio está inscrito en la asociación ganadera

\_\_\_ Está vigente el certificado de inscripción

\_\_\_ Presenta mensualmente la entrada y salida de animales

\_\_\_ Presenta guía sanitaria

- Ordeño fijo del establo

\_\_\_ Área para el almacenamiento de la leche

\_\_\_ Tanque o equipo para la refrigeración de la leche

\_\_\_ Evita el acceso de animales de otras especies diferentes a los del ordeño

\_\_\_ Cuenta con un sistema de iluminación apropiado

\_\_\_ Abertura para la circulación del aire protegidas con mallas de material no corrosivo y fácilmente removibles para la limpieza y separación

- Rutina de ordeño:

\_\_\_ Está documentada y se encuentra en un sitio visible de la sala de ordeño

\_\_\_ Los ordenadores se lavan y se desinfectan las manos y antebrazos antes de iniciar el ordeño

\_\_\_ Se hace el despunte para la prueba de mastitis

\_\_\_ Se eliminan los primeros chorros de la leche de cada pezón directamente a suelo

\_\_\_ La concentración del desinfectante para el pre sellado es la recomendable

\_\_\_ Los trabajadores mantiene las unas limpias, cortas y sin esmalte durante el ordeño

- Saneamiento:

- \_\_\_ Monitorea al agua para consumo y verifica la calidad del agua por lo menos una vez al año
- \_\_\_ Cuenta con programas escritos de limpieza, desinfección y mantenimiento del equipo de ordeño
- \_\_\_ Las cantaras son lavadas, desinfectadas y revisadas antes de su uso
- \_\_\_ Programa de desechos sólidos y líquidos con áreas y procedimientos para el almacenamiento temporal y disposición final para los desechos sólidos (basura) y líquidos

- Trazabilidad:

- \_\_\_ Existe registro o ficha individual de cada bovino
- \_\_\_ Registro sanitario individual

- Condiciones ambientales:

- \_\_\_ Las fuentes de agua están protegidas para evitar su contaminación
- \_\_\_ Los animales no tienen acceso directo a las fuentes de agua
- \_\_\_ Utiliza cercas para evitar el ingreso
- \_\_\_ Utiliza barreras corta viento
- \_\_\_ Presencia de plagas en los establos
- \_\_\_ Presencia de basura, escombros o desechos en los potreros.

## Anexo D: Emisiones de los GEI en los cuatro municipios, salida del GLEAM.

Met	Ájilico	module	sistema	orientación	feedgroup	parámetro	defecto	RCCH	delta	Sahuayo	delta	Ijilpan	delta	Marcos	delta	Venustiano	delta	unidad	
Cattle		1	Mixed	Dairy		Milk production (Adult Females)	4,648,752,164.26	277,282,024,470.00	5864.65%	52,656,426,979.20	1032.70%	6,474,190,248.00	39.27%	59,537,306,217.60	1180.72%	1,714,840,243.20	0	-63.11%	kg/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Emissions linked to direct energy use	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0	0.00%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		GHG emissions linked to milk production	7,271,163,128.22	150,252,530,597.33	1966.42%	29,239,395,271.69	302.13%	3,454,313,820.53	-52.49%	31,755,888,357.12	336.74%	916,893,191.17	0	-87.39%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		GHG emissions linked to meat production	2,665,570,877.88	15,202,845.97	-99.43%	6,586,520.93	-99.75%	4,023,647.02	-99.85%	9,052,581.48	-99.66%	3,147,005.02	0	-99.88%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Milk emission intensity	50.46	18.06	-64.20%	18.51	-63.31%	17.79	-64.75%	17.78	-64.76%	17.82	0	-64.68%	kgCO2-eq/kg
Cattle		0	Mixed	Dairy		Meat emission intensity	88.54	97.72	10.36%	116.24	31.29%	133.33	50.59%	108.26	22.27%	125.05	0	41.23%	kgCO2-eq/kg
Cattle		0	Mixed	Dairy		FEED: N2O from fertilizer and crop residue	2,022,308.07	34,667,840.13	1614.27%	6,779,647.34	235.24%	799,369.14	-60.47%	7,337,081.14	262.81%	212,743.85	0	-89.48%	kgN2O/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Feed: N2O from manure applied and deposited	1,174,615.09	23,005,797.41	1858.58%	4,371,643.34	272.18%	490,202.39	-58.27%	4,554,189.91	287.72%	130,647.83	0	-88.88%	kgN2O/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		N2O from manure management	1,096,681.16	4,659,571.47	324.88%	940,653.51	-14.23%	105,965.29	-90.34%	970,217.07	-11.53%	28,371.89	0	-97.41%	kgN2O/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		CH4: enteric fermentation	192,234,687.05	2,642,924,277.96	1274.84%	516,862,090.36	168.87%	60,952,073.18	-68.29%	559,365,076.38	190.98%	16,228,329.15	0	-91.56%	kgCH4/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		CH4: Manure - CH4 from manure management	9,219,337.33	89,017,536.78	865.55%	17,408,679.17	88.83%	2,052,970.75	-77.73%	18,840,246.26	104.36%	546,605.58	0	-94.07%	kgCH4/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Energy - CO2 direct energy use	333,697,768.84	19,687,055,986.29	5799.67%	3,738,618,360.69	1020.36%	459,673,613.23	37.75%	4,227,166,666.75	1166.77%	121,758,707.68	0	-63.51%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Energy - CO2 indirect energy use	160,948,803.16	874,712.79	-99.46%	319,407.02	-99.80%	169,254.01	-99.89%	471,804.80	-99.71%	141,084.99	0	-99.91%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Feed: CO2 feed production	1,566,557,050.63	19,120,992,223.69	1120.57%	3,739,504,899.03	138.71%	441,091,667.05	-71.84%	4,047,079,669.76	158.34%	117,506,261.00	0	-92.50%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Feed: CO2 LUC soy	60,306,031.91	113,647.86	-99.81%	49,838.74	-99.92%	30,558.53	-99.95%	68,420.59	-99.89%	23,889.90	0	-99.96%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Feed: CO2 LUC palm kernel cake	112,624.16	148.68	-99.87%	65.2	-99.94%	39.98	-99.96%	89.51	-99.92%	31.25	0	-99.97%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total N2O	4,293,604.32	62,333,208.00	1351.77%	12,091,944.19	181.63%	1,395,536.82	-67.50%	12,861,488.12	199.55%	371,763.58	0	-91.34%	kgN2O/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total CH4	201,454,024.38	2,731,941,814.75	1256.11%	534,270,769.53	165.21%	63,005,043.93	-68.72%	578,205,322.64	187.02%	16,774,934.73	0	-91.67%	kgCH4/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total CO2	2,121,622,278.70	38,809,036,719.30	1729.22%	7,478,492,570.69	252.49%	900,965,132.79	-57.53%	8,274,786,651.41	290.02%	239,429,974.82	0	-88.71%	kgCO2/year
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions	10,250,553,194.03	150,270,354,702.60	1365.97%	29,247,098,102.05	185.32%	3,459,006,598.81	-66.26%	31,766,491,080.31	209.90%	920,563,301.21	0	-91.02%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Adult Females)	6,165,582,787.43	150,251,181,997.00	2336.93%	29,239,113,255.45	374.23%	3,453,833,426.07	-43.98%	31,755,643,357.69	415.05%	916,671,503.96	0	-85.13%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Replacement Females)	1,441,741,071.16	0	-100.00%	0	-100.00%	0	-100.00%	0	-100.00%	0	0	-100.00%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Adult Males)	40,286,971.82	783,467.90	-98.06%	163,862.78	-99.59%	276,560.37	-99.31%	141,639.19	-99.65%	130,247.23	0	-99.68%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Replacement Males)	32,703,939.07	660,575.08	-97.98%	139,475.26	-99.57%	232,188.39	-99.29%	121,586.93	-99.63%	106,188.40	0	-99.68%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Non feedlot meat)	1,320,381,258.61	7,323,885.20	-99.45%	3,596,359.38	-99.73%	2,180,040.80	-99.83%	4,658,932.29	-99.65%	1,906,837.07	0	-99.86%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Non feedlot meat)	936,048,250.92	7,783,709.52	-99.17%	2,968,880.04	-99.68%	1,815,318.57	-99.81%	4,375,457.45	-99.53%	1,225,451.04	0	-99.87%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Meat males feedlot)	185,509,001.13	1,278,478.31	-99.31%	606,882.79	-99.67%	361,544.03	-99.81%	798,809.62	-99.57%	313,133.79	0	-99.83%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total GHG emissions (Meat females feedlot)	127,899,913.89	1,342,589.59	-98.95%	509,386.36	-99.60%	307,520.58	-99.76%	751,297.14	-99.41%	209,939.73	0	-99.84%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	Mixed	Dairy		Number of heads	2,814,083.57	16,770.41	-99.40%	6,961.67	-99.75%	4,072.25	-99.86%	9,660.06	-99.66%	2,805.02	0	-99.90%	#
Cattle		0	Mixed	Dairy		Feedlot total GHG emissions	313,808,915.02	2,621,067.90	-99.16%	1,116,269.14	-99.64%	669,064.61	-99.79%	1,550,106.76	-99.51%	523,073.52	0	-99.83%	kgCO2-eq
Cattle		0	Mixed	Dairy		Total feed intake	9,003,257,436.32	126,006,547,569.01	1299.57%	24,641,916,789.70	173.70%	2,905,513,303.94	-67.73%	26,668,024,317.58	196.20%	773,307,120.72	0	-91.41%	kgDM/year
Cattle		1	Mixed	Dairy		System meat production in carcass weight	204,906,475.20	1,195,539.01	-99.42%	439,384.93	-99.79%	232,074.78	-99.89%	648,180.40	-99.68%	190,360.46	0	-99.91%	kg/year
Cattle		1	All	All		Milk production	0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0	0.00%	kg/year
Cattle		0	All	All		FEED: N2O from fertilizer and crop residue	17,166,936.26	49,811,542.47	190.16%	21,923,345.04	27.71%	15,943,065.52	-7.13%	22,480,780.14	30.95%	15,356,439.61	0	-10.55%	kgN2O/year
Cattle		0	All	All		Feed: N2O from manure applied and deposited	12,854,039.49	35,297,911.87	174.61%	16,018,549.63	24.62%	11,992,293.56	-6.70%	16,206,236.05	26.08%	11,619,273.35	0	-9.61%	kgN2O/year
Cattle		0	All	All		N2O from manure management	10,045,465.03	13,633,755.07	35.72%	9,914,964.35	-1.30%	9,080,312.41	-9.61%	9,944,492.32	-1.01%	9,002,736.01	0	-10.38%	kgN2O/year
Cattle		0	All	All		CH4: enteric fermentation	1,766,050,477.19	4,215,679,380.72	138.71%	2,089,611,879.77	18.32%	1,633,700,347.25	-7.49%	2,132,116,351.91	20.73%	1,588,975,893.68	0	-10.03%	kgCH4/year
Cattle		0	All	All		CH4: Manure - CH4 from manure management	74,328,864.73	154,081,881.39	107.30%	82,472,797.44	10.96%	67,117,024.47	-9.70%	83,904,427.83	12.88%	65,610,629.08	0	-11.73%	kgCH4/year
Cattle		0	All	All		Energy - CO2 direct energy use	947,724,314.64	20,301,094,726.53	2042.09%	4,352,657,162.02	359.27%	1,073,712,431.98	13.29%	4,841,205,450.99	410.82%	735,797,534.59	0	-22.36%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Energy - CO2 indirect energy use	1,302,733,970.84	1,141,673,593.19	-12.36%	1,141,113,346.78	-12.41%	1,140,961,784.72	-12.42%	1,141,267,126.44	-12.39%	1,140,932,955.92	0	-12.42%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Feed: CO2 feed production	13,111,200,937.06	30,662,543,080.73	133.87%	15,281,040,262.05	16.55%	11,982,622,611.24	-8.61%	15,588,619,366.39	18.90%	11,659,035,136.13	0	-11.08%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Feed: CO2 LUC soy	253,736,768.42	192,985,706.34	-23.94%	192,919,098.61	-23.97%	192,899,020.25	-23.98%	192,938,463.21	-23.96%	192,891,977.89	0	-23.98%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Feed: CO2 LUC palm kernel cake	437,810.92	324,604.57	-25.86%	324,517.43	-25.88%	324,491.16	-25.88%	324,542.76	-25.87%	324,481.95	0	-25.89%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Total N2O	40,066,440.78	98,743,209.41	146.45%	47,856,859.02	19.44%	37,015,671.50	-7.61%	48,631,508.51	21.38%	35,978,448.96	0	-10.82%	kgN2O/year
Cattle		0	All	All		Total CH4	1,840,379,341.93	4,369,761,262.10	137.44%	2,172,084,677.21	18.02%	1,700,817,371.72	-7.58%	2,216,020,779.74	20.41%	1,654,586,522.76	0	-10.10%	kgCH4/year
Cattle		0	All	All		Total CO2	15,615,833,801.88	52,298,621,711.36	234.91%	20,968,054,386.90	34.27%	14,390,520,339.35	-7.85%	21,764,354,949.80	39.37%	13,728,982,086.48	0	-12.08%	kgCO2/year
Cattle		0	All	All		Total GHG emissions	90,128,530,779.71	230,295,981,026.12	155.52%	109,080,277,398.72	21.03%	83,248,981,083.99	-7.63%	111,601,250,997.46	23.82%	80,706,501,650.62	0	-10.45%	kgCO2-eq/ye
Cattle		0	All	All		Number of heads	32,093,934.49	29,296,621.33	-8.72%	29,286,812.59	-8.75%	29,283,923.17	-8.76%	29,289,510.98	-8.74%	29,282,655.94	0	-8.76%	#
Cattle		0	All	All		Emissions by head	2,808.27	7,860.84	179.92%	3,724.55	32.63%	2,842.82	1.23%	3,810.28	35.68%	2,756.12	0	-1.86%	kgCO2-eq
Cattle		0	All	All		Meat emission intensity	230.01	248.63	8.10%	248.12	7.88%	248.01	7.83%	248.11	7.87%	248	0	7.82%	kgCO2-eq/kg
Cattle		1	Selection	Selection		Total GHG emissions	10,250,553,194.03	150,270,354,702.60	1365.97%	29,247,098,102.05	185.32%	3,459,006,598.81	-66.26%	31,766,491,080.31	209.90%	920,563,301.21			

