



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



"La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra"

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DERIVADA DE LA PRODUCCIÓN
INTENSIVA DE LECHE VACUNA EN TECAMACHALCO, PUEBLA.**

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

Elizabeth Rocio Peña Cirilo

Director de tesis:

Dr. José Víctor Tamariz Flores



Noviembre 2024



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



"La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra"

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DERIVADA DE LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LECHE VACUNA EN TECAMACHALCO, PUEBLA.

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

Elizabeth Rocio Peña Cirilo

Comité tutorial:

Director	Dr. José Víctor Tamariz Flores
Co-Director	Dra. María Teresa Flores Sotelo
Tutor	Dr. Manuel Huerta Lara
Integrante Comité Tutorial	Dra. Gladys Linares Fleites
Integrante Comité Tutorial	Dra. Alia Méndez Albores
Integrante Comité Tutorial	Dr. Fernando Utrera Quintana

Noviembre 2024

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	5
II. JUSTIFICACIÓN	6
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
IV. MARCO TEORICO	8
4.1 Antecedentes	8
4.1.2 Producción lechera a nivel global	8
4.1.3 Producción lechera en México	9
4.1.4 Producción de leche en Puebla	9
4.1.5 Clasificación de los sistemas de producción	10
4.1.7 La ganadería y su impacto al ambiente	11
4.1.8 Fermentacion enterica	13
4.1.9 Metanogenesis	13
4.2. Marco Conceptual	14
4.2.1 Teorías que soportan la investigación:	14
4.2.2 Enfoque epistemológico	14
4.2.3 Paradigma	14
4.2.4 Tipo de investigación:	15
4.2.5 Conceptos utilizados:	15
4.3 Marco legal	16
4.3.1 Internacional	16
4.3.2 Nacionales	16
4.3.3 Local	18
V. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
VI. HIPÓTESIS	18
VII. OBJETIVOS	18
7.1 Objetivo general	18
7.2 Objetivos específicos	18
VIII. METODOLOGÍA	19
8.1 Localización:	19
8.2 Fase de campo	21
8.3 Variables respuestas:	25
8.4 Entrevista a informantes claves	26
IX. RESULTADOS	30
9.1 Sistema de producción intensivo de leche de la posta zootécnica en Tecamachalco	30
9.1.1 Diseño de las instalaciones	30
9.1.2 Proceso de alimentación	34
9.1.3 Características de ganado	36
9.1.4 Reproducción bovina	37
9.1.5 Proceso de ordeño	38
9.1.6 Destino de leche producida	43
9.1.7 Manejo de desechos	44

9.1.8 Tractores y equipo de siembra	45
9.1.9 Control de fauna nociva.....	46
9.1.10 Recursos humanos.....	47
9.1.11 Recursos hídricos.....	48
9.2 Identificación de fuentes de contaminación.....	49
9.2.1 Fuentes de contaminación.....	51
9.2.2 Resultados de la entrevista	52
9.3 Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero IPCC	55
9.4 Generación de residuos	59
9.4.1 Estimación de residuos ERFCA	61
9.4.2 Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM)	62
9.5 Conclusiones.....	64
9.6 Recomendaciones.....	65
X. ANEXOS.....	66
XI. LITERATURA CITADA.....	93

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Energía neta para mantenimiento.....	22
Ecuación 2 Energía neta para actividad.....	22
Ecuación 3 Energía neta para crecimiento.....	23
Ecuación 4 Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.....	23
Ecuación 5 Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida.....	23
Ecuación 6 Energía bruta para vacunos	23
Ecuación 7 Energía neta para la lactancia	24
Ecuación 8 Energía Neta para preñez	24
Ecuación 9 Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado.....	24
Ecuación 10 Factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado	24
Ecuación 11 Emisiones de CH ₄ de la gestión del estiércol	25
Ecuación 12 Emisiones directas de N ₂ O de la gestión de estiércol.....	25

Índice de figuras

Figura 1 Formulación del problema.....	7
Figura 2 Esquema de representación de la problemática de investigación.....	8
Figura 3 Planteamiento de sistema de producción de leche bovina.....	12
Figura 4 Municipio de Tecamachalco	19
Figura 5 Clima del municipio de Tecamachalco	19
Figura 6 Tipos de suelo en Tecamachalco.....	20
Figura 7 Fuentes hidrológicas en Tecamachalco	20
Figura 8 Estructura del manual del sistema de producción intensiva de leche bovina.....	21
Figura 9 Diagrama de proceso de entrevista a profundidad.....	26
Figura 10 Localización de la Posta Zootécnica en Tecamachalco	30
Figura 11 Áreas de alojamiento de los bovinos.....	31
Figura 12 Área de echaderos bovinos.....	31
Figura 13 Comederos y bebederos de las vacas	32
Figura 14 Espacios y corrales con iluminación.....	32
Figura 15 Almacén de alimentos y control de alimentación.....	33
Figura 16 Farmacia y control de medicamentos.....	33

Figura 17 Sistema de aspersión y cultivo de maíz	34
Figura 18 Área de cultivo	34
Figura 19 Concentrado de vacunos	35
Figura 20 Silo de planta de maíz de la posta	36
Figura 21 Cabezas de ganado que se encuentran en la posta	36
Figura 22 Catalogo y Contenedor de material genético	37
Figura 23 Encargado de arrear las vacas	39
Figura 24 Galón y paleta para prueba de leche y recipiente de presellado.....	39
Figura 25 Vaca preparada para el ordeño.....	40
Figura 26 Sala de ordeño de la posta.	40
Figura 27 Equipo de ordeño mecánico.....	41
Figura 28 Control de producción de leche.....	42
Figura 29 Personal encargado del lavado de la sala de ordeño.....	42
Figura 30 Canal de salida de la sala de ordeña	43
Figura 31 Recolección de leche por un productor externo	43
Figura 32 Equipo del taller de lácteos	44
Figura 33 Residuos Peligrosos Biológico Infeccioso	44
Figura 34 Residuos sólidos urbanos	45
Figura 35 Vehículos de posta y maquinaria agrícola.....	46
Figura 36 Insecticida para el control de faina nociva.....	46
Figura 37 Personal encargado del ganado bovino	47
Figura 38 Depósito de agua de la posta.....	48
Figura 39 Identificación de fuentes de contaminación en las instalaciones de la Posta.....	52
Figura 40 Peso de pacas de costales	59
Figura 41 Residuos generados en la Posta	60
Figura 42 Captura de resultados GLEAM	62
Figura 43 Puntos de muestreo 1 estercolero de maduración	76
Figura 44 Puntos de muestreo 2 Primer estercolero	76
Figura 45 Puntos de muestreo 3 Segundo estercolero	77
Figura 46 Puntos de muestreo 4 Canal de salida sala de ordeña	77

Índice de tablas

Tabla 1 Codificación de preguntas	27
Tabla 2 Aprovechamiento de residuos en la posta.....	48
Tabla 3 Caracterización de fuentes de contaminación	51
Tabla 4 Estimación de la emisión de CH ₄ entérico del ganado	56
Tabla 5 Emisiones de CH ₄ por la gestión de estiércol.....	57
Tabla 6 Estimación de emisiones de N ₂ O del sistema de gestión de estiércol	58
Tabla 7 Medición de peso de las pacas de costales vacíos.....	60
Tabla 8 Medición de pesos de todos los residuos encontrados en la Posta	60
Tabla 9 Generación de desechos en las unidades de producción	61
Tabla 10 Cálculo de fuentes de contaminación móviles del rancho.....	61
Tabla 11 Cálculo de cargas de desecho por residuos líquidos	61
Tabla 12 Medición de nutrientes en los puntos de muestreo	78

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por haberme otorgado su apoyo económico para la realización de mi trabajo de tesis al igual que en mis estudios de maestría y alcanzar este grado académico, así como su confianza en financiar proyectos y fomentar la investigación científica en el país.

Así mismo, agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y al Posgrado en Ciencias Ambientales por contar con un gran equipo de trabajo comprometido en la formación y desarrollo de estudiantes a nivel personal y profesional en la realización de proyectos de investigación.

Al Dr. J Santos Hernández Zepeda por darme la oportunidad de trabajar con este tema de tesis, por su guía, paciencia y confianza desde el primer día en que inicie esta investigación y compartir su experiencia y conocimientos del tema posterior a su retiro, además de su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. José Víctor Rosendo Tamaríz Flores, por dirigirme en la última etapa de elaboración del presente trabajo y por brindarme su tiempo, por compartir sus conocimientos que me permitieron tener un panorama más amplio sobre los puntos de la investigación, así como su dirección para concluir el trabajo.

A mi codirectora, la Dra. María Teresa Flores Sotelo, por su apoyo y dirección del trabajo, por sus sugerencias y opiniones que me permitieron guiarme en los puntos a desarrollar en la investigación y el haberme compartido sus conocimientos, los cuales me han otorgado nuevos aprendizajes.

Agradezco al Dr. Fernando Utrera Quintana por permitirme desarrollar este trabajo de investigación en las instalaciones de la Posta Zootécnica en Tecamachalco, por otorgarme su permiso y darme la disponibilidad de desempeñar los objetivos del trabajo, así como sus palabras de motivación.

Al Dr. José Luis Gallardo Flores y a la MVZ Juanita Ramos Tlatempla por brindarme su tiempo y apoyarme en mis etapas de obtención de información, siendo atento y por contar con la disponibilidad para ayudarme así mismo al personal de la posta.

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi familia, principalmente a mi Madre y Padre, así como a mis hermanos a quienes les agradezco por su apoyo incondicional, por brindarme sus palabras de aliento que me motivaron durante estos años, por darme sus consejos y apoyarme en mis decisiones, así como su presencia que ha sido mi fuente de inspiración y por acompañarme en este camino.

I. INTRODUCCIÓN

El continuo crecimiento de la población a nivel mundial ha generado un incremento en los sistemas de producción de alimentos, los cuales conllevan una serie de acontecimientos que se ven reflejados en el aumento del uso de recursos naturales tanto hídricos y terrestres como en la ocupación de extensiones de suelo para su elaboración, provocando un desequilibrio en los ecosistemas.

La producción y distribución de leche se considera a nivel mundial como una prioridad debido a que forma parte de la alimentación básica de las personas, en sus hogares, presentándose un crecimiento en el número de cabezas de ganado bovino para la producción de leche, por tanto, los sistemas de producción ganaderos se catalogan como generadores de contaminación ambiental en los que se ven afectados el agua, suelo, tierra, aire y la biodiversidad (FAO, s.f., rev.2022. Párr.1 y 2).

En el contexto de producción de leche a nivel mundial, esta ascendió a 852 millones de toneladas (Mt) siendo el 81% leche de bovinos, dicho valor es reflejo de los medios de exportación y consumo por los diversos países, de los cuales destacan los mayores exportadores de leche y productos lácteos, en donde la India ocupa el primer lugar con 192 Mt. Le siguen Nueva Zelanda, Unión Europea y Estados Unidos de América (OCDE, 2020, párr.1 y 2.). Por su parte, México ocupa el lugar 16 en producción lechera con 12 mil 564 millones de litros generados principalmente por los estados Jalisco, Coahuila y Durango, que son los tres primeros productores a nivel nacional; particularizando con Puebla, este ocupó el séptimo lugar en el 2021 (SIAP, 2021, pág.168).

De acuerdo a lo anterior, la explotación en los sistemas de producción ganadera de manera desmedida está abarcando un 30% de la superficie total en el mundo, siendo una de las actividades antropogénicas generadoras de los problemas ambientales actuales y para quienes se deben buscar alternativas de solución (Martínez González et al., 2017, pág. 132).

Sin embargo, en la historia de la humanidad la ganadería ha sido parte fundamental de la supervivencia por lo que no representaba un problema para el medio ambiente, actualmente la población bovina se conforma de millones de ejemplares para satisfacer nuestra demanda de leche, carne, queso de lo cual ha contribuido al aumento en la liberación de metano teniendo un efecto de 2.500 millones de toneladas de CO₂ (FAO, 2022), por lo tanto, las emisiones de la ganadería no constan solo del proceso digestivo de las vacas, sino también parte de los sistemas de producción así como de la obtención de alimentos para el ganado, el transporte, el manejo de residuos, el empleo de abonos entre otras actividades los cuales se convierten en otros factores que contribuyen al problema de manera que la ganadería bovina se le considera de acuerdo a (Romero,2021) el porcentaje de emisiones a nivel correspondientes al calentamiento global es de orden del 10% y el 5% corresponde a la fermentación entérica. Lo que nos lleva a cuestionar si la ganadería bovina es la principal causa del calentamiento global, así como cuáles son las actividades que contribuyen a emitir más contaminantes tanto en los sistemas de producción y en la industria.

En el presente trabajo se propone evaluar el sistema de producción intensiva de leche vacuna, en donde se describirán las etapas del proceso, además de las fuentes de contaminación, así como de los residuos contaminantes generados en cada etapa del proceso, puntualizando su transporte y destino en el ambiente (agua, suelo y aire). Posterior al análisis del

lugar de estudio se propondrán soluciones que permitan mitigar el daño generado por los contaminantes. Al igual que el establecimiento de acciones de control de residuos con el propósito de mejorar las condiciones del ambiente y del bienestar de los individuos que se localizan en la zona de la Posta Zootécnica. Un propósito complementario es estimar la producción de gases de efectos invernadero (GEI), producto de las excretas y fermentación entérica de manera que se comprenda el daño provocado por los mismos. Además se identificaron las fuentes fijas y móviles de contaminación, también estimando la cantidad de contaminantes según la metodología descrita por el IPCC de acuerdo al documento de Emisiones Resultantes de la Gestión del Ganado y del Estiércol (IPCC, 2006). También se aplicará la Técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental en Aire, Agua y Suelo (ERFCA, 1988) y Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM 3.0, 2015). Los tres anteriores son programas que permiten demostrar las cantidades de los contaminantes generados en un sistema de producción, permitiendo establecer las estrategias para mitigar los efectos del contaminante en el ambiente y disminuir los efectos del cambio climático.

II. JUSTIFICACIÓN

El sector ganadero forma parte de una de las actividades antropogénicas con gran extensión en el planeta, siendo un medio importante que provee productos para la alimentación del ser humano; sin embargo, por su explotación se convierte en una de las fuentes importantes de contaminación del agua, así como de gases de efecto invernadero que por diversas variables provoca una inestabilidad en los diversos ecosistemas (Steinfeld et al., 2009).

La producción de leche es una de las actividades que se desempeñan en diversos países y rincones del planeta y de la cual se estima que para el año 2050 la producción pase a ser de 580 a 1 043 millones de toneladas; por lo tanto, se debe controlar su impacto para evitar su incremento y disminuir los problemas ambientales presentes (Steinfeld et al., 2009). A esta actividad se le atribuye el 18 % en las emisiones de gases de efecto invernadero con composición de CO₂-eq de acuerdo con la escala de GEI con 5.0 gigantones siendo el medio de la contribución al cambio climático (FAO, 2006, párr. 1 y 6).

Los gases de efecto invernadero de los sistemas de producción de leche a pequeña escala presentes en los sistemas de producción de leche a pequeña escala hasta los sistemas intensivos se contabilizan con el 52% de metano, un 27% de óxido nitroso y el 21% de dióxido de carbono derivados de las distintas etapas del proceso de producción, ya sean actividades directas o indirectas (FAO, 2010, párr.11 y 12).

De acuerdo con lo anterior, ante el análisis de la contaminación que se puede generar en la Posta Zootécnica se pueden proponer estrategias de manejo para reducir la generación de contaminantes y sus efectos o impactos ambientales. Con ello establecer medidas de restauración en la degradación de suelos de la calidad del agua y de la atmósfera.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento en la producción ganadera es un tema que ha sido objeto de estudio por diferentes investigadores, al igual que organizaciones internacionales, de las cuales se ha concluido que la ganadería forma parte de una de las varias causas que afectan al ambiente y generan un aumento en el cambio climático.

A lo que se le atribuye a la ganadería bovina ser los generadores de contaminantes atmosféricos por medio de sus excretas y por los procesos entéricos de los cuales son suspendidos en la atmosfera, permitiendo su fácil interacción con otros compuestos libres en la atmosfera que llevan al calentamiento global del cual se retiene el calor en la atmósfera terrestre desencadenando el efecto invernadero.

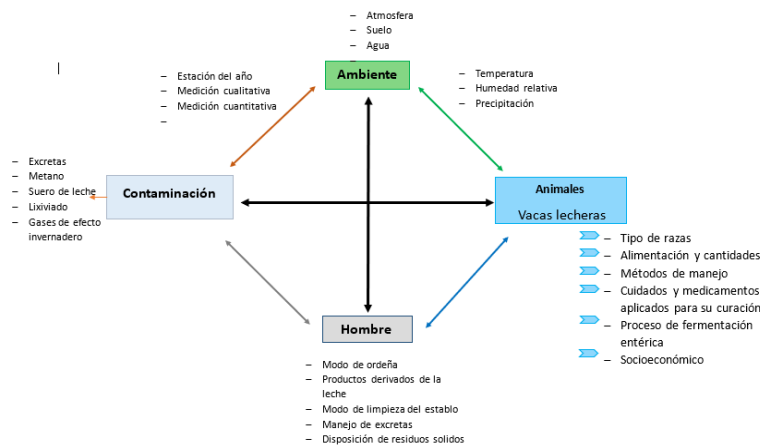
De acuerdo con lo anterior, nos llevó a plantear que los efectos de contaminación mencionados son parte de la acumulación de gases derivados de las actividades antropogénicas a lo que la concentración de ganado bovino alrededor del mundo contribuye con los gases de efecto invernadero al este ser un proceso natural y biológico que desempeñan los animales lo que representa que el ser humano al llevar un proceso de intensificación en la producción de leche derivado del crecimiento poblacional a nivel mundial y la demanda de alimentos que llevo a la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI).

En cuanto a la demanda de los productos lácteos y el desarrollo de sistemas de producción para cubrir la demanda de leche a nivel mundial y la apertura de mercados internacionales ha desencadenado problemas al entorno y medio ambiente con diversos efectos de contaminación que afectan a nivel mundial, nacional y regional.

Por lo tanto, México ha optado por aumentar la producción de leche y productos lácteos e impulsar el desarrollo de sistemas de producción intensivos y apoyar a sistemas familiares para aumentar la producción nacional de leche lo que representa un aumento en el uso de recursos naturales y efectos al ambiente por el desarrollo de sistemas sin un orden regulatorio para impactos al ambiente y sostenibles.

Por tal motivo se realizó la evaluación de contaminantes en un sistema intensivo ubicado a nivel regional en el estado de Puebla para conocer los efectos al ambiente que se generan en las etapas de producción y posteriormente determinar las propuestas consideradas para mejorar en sistema de producción y la disposición final de desechos sólidos y si es posible su aprovechamiento Figura 1.

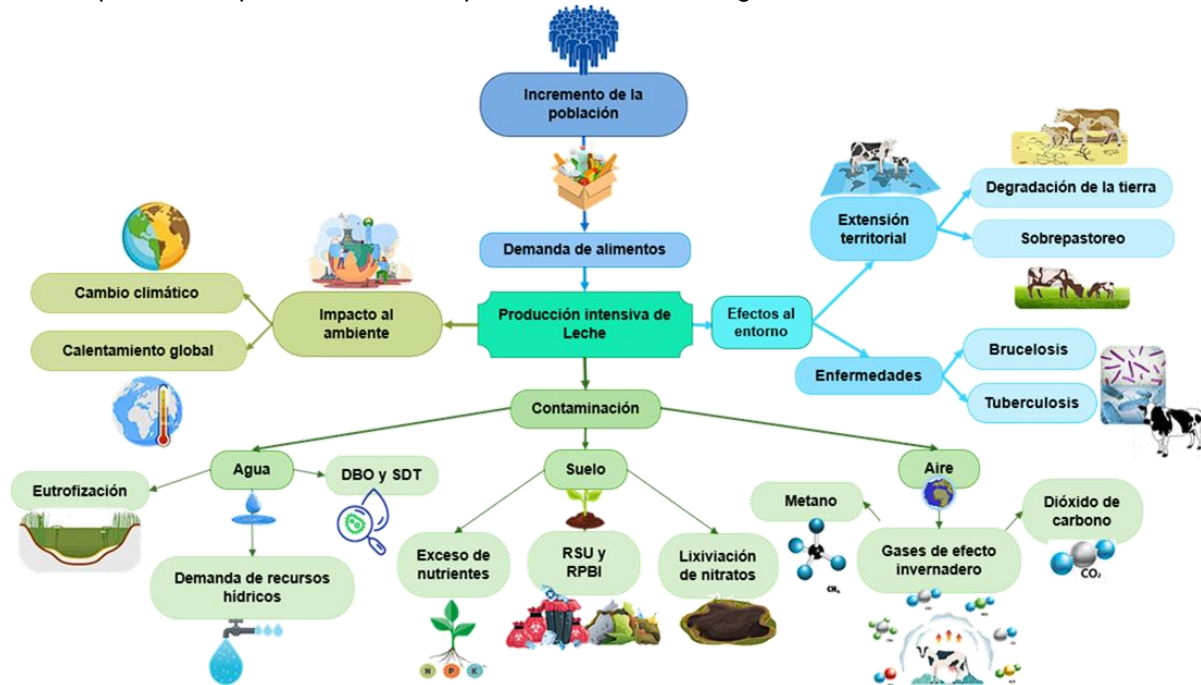
Figura 1 Formulación del problema



Fuente: Elaboracion propia Peña. E (26/09/2022)

Figura 1. Esquema que muestra las interrelaciones entre los cuatro componentes centrales que son el ambiente, los animales, el hombre y la contaminación. Entre ellos se identifican los principales contaminantes que afectan cada elemento, así como las repercusiones que alteran las condiciones naturales de los cuatro medios, estableciendo relaciones de causa y efecto.

Figura 2 Esquema de representación de la problemática de investigación



Fuente:Elaboracion propia Peña. E (21/03/2022)

Figura 2. Esquema general de las causas que conllevan la problemática planteada como es el incremento de la población mundial lo que ha generado un aumento en la demanda de alimentos, lo que conduce al establecimiento de sistemas de producción de leche de forma intensiva, provocando diversos problemas de impacto ambiental como la contaminación de los extractos de agua, suelo y aire que contribuyen al cambio climático a nivel mundial.

IV. MARCO TEORICO

4.1 Antecedentes

Como se ha mencionado anteriormente, la ganadería es una importante fuente de emisiones de contaminantes para el agua, suelo y la atmósfera, siendo los gases de efecto invernadero uno de los temas que han tomado relevancia por su contribución al cambio climático por lo que diversos autores se han encargado de estudiar la contaminación generada en estos sistemas de producción en todas las escalas. A continuación, se presentan resultados de algunos estudios realizados en años anteriores.

4.1.2 Producción lechera a nivel global

De acuerdo con la (OCDE-FAO, 2020) la leche es uno de los alimentos más producidos en el mundo. A nivel mundial, la producción de leche de vaca constituye el 81% del total. Creció 1.3% en 2019 y ascendió a cerca de 852 millones de toneladas (Mt).

En la India, el mayor productor de leche del mundo, la producción se incrementó 4.2% y llegó a 192 Mt, aunque esto afectó poco al mercado mundial de lácteos.

La producción de leche de los tres principales exportadores de lácteos, Nueva Zelanda, la Unión Europea y Estados Unidos de América, casi no aumentó. Dado que el consumo interno de productos lácteos en los tres países es estable, aumentó la disponibilidad de los productos lácteos frescos y se incrementó el volumen de productos procesados para exportación.

En Japón, en la Federación Rusa, en Oriente Medio, en México y en África del Norte se prevé que se mantendrán como importantes importadores de mercancías lácteas, en el mundo.

Se prevé que, durante el próximo decenio, la producción mundial de leche crecerá 1.6% al año (llegando a 997 Mt para 2029), a un ritmo más rápido que el de la mayoría de los demás productos agrícolas básicos.

Si bien el crecimiento mundial promedio de los rebaños (0.8% al año) es mayor que el crecimiento mundial promedio de los rendimientos (0.7%), En casi todas las regiones del mundo, se espera que el crecimiento de los rendimientos contribuya más a los incrementos en la producción que el crecimiento de los rebaños. Los motores del crecimiento de los rendimientos son, entre otros, la optimización de los sistemas de producción de leche, la mejora de la salud animal, la mayor eficiencia de la alimentación, así como una mejor genética.

4.1.3 Producción lechera en México

En México el sector agropecuario se ha transformado significativamente en las últimas décadas. Debido a la globalización, urbanización y la expansión demográfica, se ha generado un nuevo entorno para el sector, caracterizado por cambios tecnológicos, nuevos cultivos, modificaciones genéticas, nuevos esquemas organizacionales en la forma de comercialización y de desarrollo rural, así como del sector gubernamental (González, 2018).

México cuenta con un hato de bovino lechero de aproximadamente 2.49 millones de cabezas y más de 300 mil pequeños y medianos productores del lácteo. La leche de bovino es el tercer producto pecuario en importancia económica, con el 17.22 por ciento del valor nacional, solo por detrás de la carne de bovino (30 por ciento) y la carne de ave (23 por ciento). Esta rama pecuaria genera más de 200 mil empleos directos, permanentes y remunerados, por lo que, con la producción nacional y las importaciones, el consumo nacional es de 134 litros per cápita. Asimismo, se prevé que el mercado nacional e internacional de leche mantenga su tendencia de crecimiento a largo plazo, donde habrá posibilidades de mejorar el comercio exterior. (SAGARPA, 2018,párr.6)

Al concluir marzo de 2022, la producción acumulada alcanzó 3 mil 074 millones de litros, 23.4% de avance respecto de lo proyectado para el presente año. Jalisco obtuvo 635,281 miles de litros, 20.7% del total nacional; Coahuila, 361,324 miles de litros, 11.8%; Durango, 355,488 miles de litros, 11.6%; Chihuahua, 289,691 miles de litros, 9.4% y el resto de los estados 1,432 millones de litros, 46.6% del total.

Para 2022, se estima que la producción rondará 13 mil 133 millones de litros; importaciones por 3 mil 093 millones y exportaciones por 425 millones de litros. El consumo calculado es por 16 mil 611 millones de litros. (SIAP, 2022 párr.2)

4.1.4 Producción de leche en Puebla

Puebla se colocó durante 2017 como el séptimo mayor productor nacional de leche de bovino, aunque sigue estando distante de entidades como Jalisco, que superó los 2 millones 306 mil 316 litros, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP,2019).

4.1.5 Clasificación de los sistemas de producción

De acuerdo con la (FAO, 2001) los sistemas de producción lechera pueden clasificarse en tres, los cuales son producción lechera rural a pequeña escala, en pastoreo/agro pastoreo y periurbana sin tierra, que se describen a continuación:

Producción lechera rural a pequeña escala: La producción de leche a menudo forma parte de un sistema mixto de producción agrícola y pecuaria en el que se aprovecha el estiércol para la producción de cultivos comerciales. Los animales lecheros se alimentan de hierba, residuos de cultivos y forraje cultivado. No se proporciona alimentación suplementaria más que cuando resulta viable.

Producción lechera en pastoreo/agro-pastoreo: Estos sistemas se basan en la tierra y la leche a menudo es el producto más importante para la subsistencia. La producción láctea se asocia generalmente al cultivo, pero los pastores nómadas casi no practican la agricultura y se desplazan libremente por la tierra en busca de pastizales y agua.

Producción lechera periurbana sin tierra: Sistema de producción orientado completamente al mercado en el interior de las ciudades o cerca de ellas. Los productores lecheros periurbanos se benefician de su proximidad a los mercados, pero su producción se basa en insumos comprados y pueden tener problemas de disponibilidad de alimentos y eliminación de desechos.

De acuerdo con el Sistema-Producto Bovino Leche establecido por SAGARPA, en el país los sistemas productivos de leche se clasifican en:

Especializado: Cuentan con ganado especializado en la producción de leche, principalmente de la raza Holstein, Pardo Suizo y Jersey, entre otras. Tienen tecnología altamente especializada y predomina el manejo de los animales en corrales (estabulado). Los animales se alimentan de forrajes y alimentos balanceados. El proceso de ordeño se realiza a través de maquinaria especializada y la leche se destina a las principales plantas procesadoras y transformadoras del país. Se desarrolla principalmente en el altiplano y las zonas áridas y semiáridas del norte de México.

Semi especializado: En este sistema cuentan con animales de las razas Holstein y Pardo Suizo principalmente. Mantienen a los animales en semi estabulación, es decir, pasan una parte del día en corrales y la otra en pastoreo. El ordeño se realiza de forma manual o con máquinas sencillas. Muy pocos cuentan con el equipo necesario para almacenar y enfriar la leche. La alimentación es principalmente con pastoreo, además de forrajes y alimento concentrado.

Doble propósito: Este sistema se desarrolla principalmente en las regiones tropicales de México, aunque también se pueden encontrar en regiones de clima árido, semiárido y templado. Utilizan las razas Cebuinas y sus cruza con Pardo, Suizo, Holstein y Simmental. Se le llama de doble propósito porque el ganado de estas explotaciones produce carne o leche, dependiendo de lo que exija el mercado. Su alimentación se basa en el pastoreo y la ordeña se realiza generalmente de forma manual. La leche que aquí se produce es vendida directamente al consumidor para la elaboración de quesos, así como a empresas industriales.

Familiar o de traspatio: En este sistema el ganado se explota en pequeñas superficies de terreno, principalmente en las viviendas (por eso se le llama de traspatio). Pueden tener a los animales en corrales o en pastoreo dependiendo de las condiciones de sus campos de cultivo. Tienen animales Holstein y Pardo Suizo (en menor cantidad), así como cruza. Las instalaciones son

rudimentarias y predomina el ordeño manual. En este sistema las vacas pastorean y también comen forrajes en corral. La leche que producen se destina para el autoconsumo (es decir, la consumen sus dueños y familiares) o es vendida en la misma comunidad.

4.1.6 Gases de efecto invernadero

A los gases que atrapan el calor en la atmósfera se les llama gases de efecto invernadero. En esta sección se proporciona información sobre las emisiones y las formas de eliminación de los principales gases de efecto invernadero a y de la atmósfera.

De acuerdo con la (EPA, 2022) se describen los principales compuestos químicos considerandos como gases de efecto invernadero, a saber:

Dióxido de carbono (CO₂): El dióxido de carbono ingresa a la atmósfera a través de la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), residuos sólidos, árboles y otros materiales biológicos; y también como resultado de ciertas reacciones químicas

Metano (CH₄): El metano se emite durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo. También se generan emisiones de metano en prácticas ganaderas y otras prácticas agrícolas y a raíz de la descomposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios municipales para residuos sólidos.

Óxido nitroso (N₂O): El óxido nitroso se emite durante actividades agrícolas e industriales, en la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos y también durante el tratamiento de aguas residuales.

Gases fluorados: Los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos, el hexafluoruro de azufre y el trifluoruro de nitrógeno son gases de efecto invernadero sintéticos y potentes que se emiten en diversos procesos industriales. En ocasiones, los gases fluorados se utilizan como sustitutos de sustancias que destruyen el ozono de la estratosfera.

4.1.7 La ganadería y su impacto al ambiente

De acuerdo con la (FAO, 2006) La incidencia del ganado en los problemas ambientales se atribuye al crecimiento demográfico, así como la transformación de las preferencias alimentarias, las cuales están estimulando un acelerado incremento de la demanda de productos pecuarios como consecuencia de estos cambios el sector ganadero comienza a hacer un mayor uso de tierras, agua y otros recursos naturales escasos afectando al aire, agua y suelo que a su vez son contaminados de acuerdo con lo siguiente:

Contaminación atmosférica

Los principales GEI emitidos por la ganadería bovina son:

- Metano (CH₄): Proviene de la digestión de los rumiantes y de la descomposición del estiércol.
- Óxido nitroso (N₂O): Proviene principalmente del manejo del estiércol y de la aplicación de fertilizantes nitrogenados.
- Dióxido de carbono (CO₂): Proviene de la deforestación para la expansión de la ganadería, la conversión de tierras a pastizales, uso de combustibles fósiles en la producción ganadera, tierras destinadas a cultivos forrajeros y de la respiración de los animales.

Contaminación del agua:

- El estiércol del ganado bovino puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas con nitratos, fósforo, patógenos y antibióticos.

- Nitratos: Los nitratos en exceso causan problemas de salud en los seres humanos, como la metahemoglobinemia en los bebés.
- Fósforo: El fósforo en exceso puede contribuir a la eutrofización de las aguas, lo que provoca la proliferación de algas y la disminución del oxígeno en el agua.
- Patógenos: Los patógenos presentes en los excrementos del ganado pueden causar enfermedades en los seres humanos, como la diarrea y la salmonelosis.
- Antibióticos: El uso excesivo de antibióticos en la ganadería puede contribuir a la resistencia a los antibióticos.

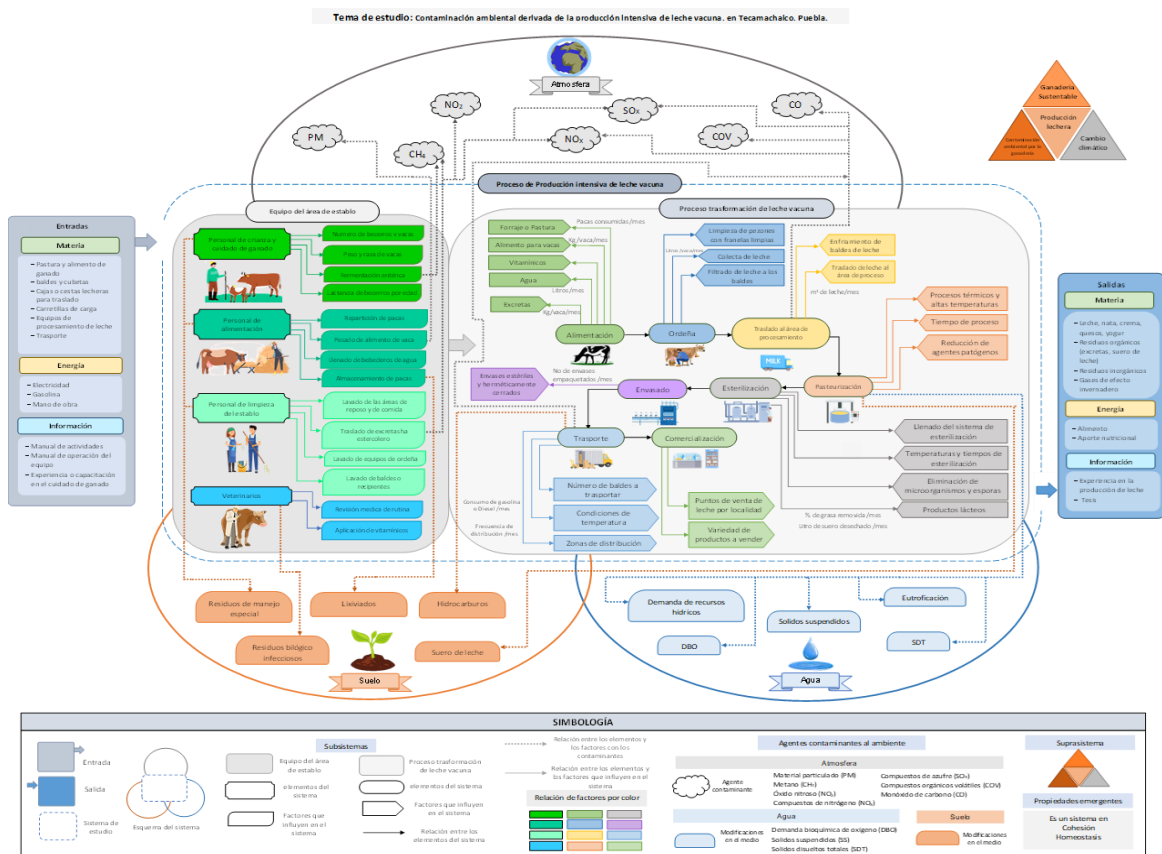
Degradación del suelo:

- El sobrepastoreo puede conducir a la erosión del suelo, la pérdida de fertilidad y la desertificación.
- La compactación del suelo por el ganado puede reducir la infiltración de agua y la aireación del suelo.

Pérdida de biodiversidad:

- La expansión de la ganadería bovina es una de las principales causas de la deforestación y la pérdida de biodiversidad.
- La deforestación fragmenta los hábitats naturales y pone en peligro a las especies animales y vegetales.

Figura 3 Planteamiento de sistema de producción de leche bovina



Fuente: Elaboración propia Peña.E (14/11/2022)

Figura 3. El diagrama representa un planteamiento inicial de las interacciones de un sistema de producción de leche bovina indicando las etapas que lo conforman en el se consideraron las estradas y salidas del sistema así como las interacciones con el medio ambiente además se plasman los efectos de contaminación que impactan en los sustratos de suelo, aire y agua que a su vez impactan en la producción lechera.

4.1.8 Fermentacion enterica

La fermentación entérica es un proceso microbiano que se lleva a cabo en el sistema digestivo de rumiantes. Durante este proceso, los microorganismos descomponen los alimentos, principalmente carbohidratos, para obtener energía. Como producto de esta fermentación anaeróbica, se genera metano, un gas que es liberado a la atmósfera a través de los eructos de estos animales. La composición de la dieta y la fisiología del animal son factores que determinan la cantidad de metano emitido, así como las emisiones de gases de efecto invernadero de origen animal (Montelongo, 2020).

De acuerdo a lo anterior la fermentacion enteria es un proceso natural realizado por los rumiantes, como son el ganado bovino, ovino, caprino y búfalo así mismo el (Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones, s.f., Rev, 2023) Menciona que uno de los subproductos de esta fermentación anaeróbica es el metano (CH_4), que puede ser exhalado o expulsado por el extremo terminal del tracto digestivo. La cantidad de metano producido y emitido por los animales depende de la constitución de su aparato digestivo y de su dieta alimentaria.

Así mismo los bovinos incluyen la rumia en sus procesos digestivos el cual consiste en regurgitar el alimento y masticarlo de nuevo de manera que se favorezca el ataque microbiano previo a la digestión enzimática, los rumiantes son capaces de aprovechar los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) presentes mayoritariamente en los forrajes (Zaparolli, 2022).

El metano es un gas de efecto invernadero 23 veces más contaminante que el CO_2 , y la mayor emisión de este gas no proviene del suelo o cultivos, sino del proceso digestivo del ganado por lo que la cantidad de metano emitida está relacionada directamente con la calidad de la dieta de los animales (Abarca Monge, et al., 2018).

4.1.9 Metanogenesis

La metanogénesis ruminal es un proceso complejo que se lleva a cabo en el rumen de los animales rumiantes, y es responsable de la producción de metano, que es un gas de efecto invernadero (Ramírez, et al., 2014)

De acuerdo a (Bonilla & Lemus, 2012). El CH_4 es producido en el rumen por un grupo altamente especializado de microorganismos, los cuales son anaerobios obligados. La producción de CH_4 por estos microorganismos es parte de su metabolismo energético, y la mayoría utilizan CO_2 como su aceptor terminal de electrones en la respiración anaeróbica, convirtiéndolo a CH_4 .

Durante la digestión ruminal, los microorganismos fermentan los alimentos consumidos por los animales, produciendo ácidos grasos volátiles (AGV) y otros compuestos. Los metanógenos utilizan los AGV y otros compuestos como sustratos para producir metano.

La producción de metano en el rumen es un proceso natural y necesario para la digestión de los alimentos, pero también representa una pérdida de energía consumida por el rumiante y contribuye al cambio climático (Bonilla, 2020).

4.2. Marco Conceptual

4.2.1 Teorías que soportan la investigación:

Teoría de sistemas

De acuerdo con Arnold y Osorio (1998), la Teoría General de Sistemas, como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica de trabajo interdisciplinaria, se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen.

Para Ludwig Van Bertalanffy (1976) es un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales, basándose en tres principios: Los sistemas existen dentro de sistemas, los sistemas son abiertos y las funciones de los sistemas dependen de su estructura.

Para (García, 2006) los sistemas complejos son un conjunto de objetos en continua relación y son una totalidad y no una adición de propiedades, se determina por el conjunto de relaciones entre los elementos y estas constituyen vínculos de forma sustancial eventualmente.

La teoría de sistemas permite estudiar el sistema de producción lechera como un conjunto de elementos en el que se interrelacionan entre sí, en los cuales el medio físico, social, ambiental y económico, interactúan y se encuentra estructurada por componentes como animales, personal, alimento, ambiente, así como elementos de entrada, flujo en el interior y elementos de salida y dicho sistema forma parte de un sistema complejo.

Sistemas complejos

Es una representación de un recorte de la realidad, conceptualizándolo como una totalidad organizada, en la cual los elementos no son separables, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente. Es una metodología de trabajo interdisciplinario, pero con un marco conceptual que se fundamenta sobre bases epistemológicas (García, 2006).

4.2.2 Enfoque epistemológico

La epistemología se encarga del estudio del conocimiento en general, desde un punto de vista filosófico al establecer un enfoque epistemológico se utilizan dos variables, las cuales son de tipo gnoseológico, que hace refiere a la obtención o fuente del conocimiento, y ontológica, que está en función de las relaciones del sujeto con la realidad (Padrón, 2007).

De acuerdo con (Padrón, 2007) el presente trabajo de investigación se basa en un enfoque racional-realista, debido a que la fuente de conocimiento parte de los objetos calculables o pensables, caracterizadas por las convicciones, así como observar los hechos, que se puedan calcular desde su estructura interna, mediante el ensayo y error.

4.2.3 Paradigma

Conforme a (Moreno, 2001) un paradigma es un conjunto de conceptos y procedimientos que prestan unidad a una disciplina y se compone de tres variables: Ontología, se refiere a las leyes naturales de la realidad; epistemología, hace referencia a la relación entre el distante y no interactiva; y metodología, consta del método de investigación.

Por lo tanto, el trabajo de investigación se basa en el Constructivismo, de acuerdo con (Moreno et al. 2001, pág. 8). Este paradigma se caracteriza porque las realidades no pueden entenderse aisladas del contexto y porque su conocimiento permite determinar si los logros pueden extenderse a otras situaciones y se alcanza a emplear métodos cualitativos y análisis inductivos,

así mismo se presenta una relación entre variables y del objeto de estudio presentando análisis a través de la teoría de sistemas.

4.2.4 Tipo de investigación:

De acuerdo con la clasificación de tipos de investigación descrita por (Sampieri, 1991) el presente trabajo de investigación está orientado en un tipo Descriptivo, dicho tipo permite especificar las propiedades de una comunidad o fenómeno sometida a análisis, midiendo y evaluando los componentes, buscando especificar las propiedades importantes del sistema de estudio.

4.2.5 Conceptos utilizados:

Contaminantes. Un contaminante es cualquier sustancia o agente físico, químico o biológico que altera negativamente el medio ambiente y puede tener efectos perjudiciales en la salud humana, la fauna y la flora. Los contaminantes pueden ser generados por actividades humanas como la industria, la agricultura, el transporte y la producción de energía (Manahan, 2006).

Basura. Es cualquier material o residuo que se considera no deseado y que se descarta (NOM-083-SEMARNAT-2003).

Fermentación entérica. La fermentación entérica es un proceso en el que los microorganismos descomponen los alimentos en el estómago y el intestino. Esta fermentación produce metano como subproducto, que luego es liberado durante la eructación (Vargas, 2015).

R.P.B.I. Es el acrónimo de Residuos Peligrosos Biológicos-Infeciosos, que se refiere a los residuos generados por actividades médicas y de laboratorio que contienen agentes biológicos infecciosos o sustancias químicas peligrosas. Estos residuos pueden incluir jeringas, agujas, material de curación, tejidos, cultivos celulares, entre otros y pueden representar un riesgo para la salud humana y el medio ambiente si no se manejan adecuadamente (Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002).

RILes. Es el acrónimo de Residuos Industriales Líquidos, que se refiere a los residuos líquidos generados por las actividades industriales. Estos residuos pueden contener sustancias tóxicas y contaminantes que pueden afectar negativamente el medio ambiente y la salud humana. En el caso de la producción lechera, los RILes están ejemplificados con el suero de leche (Weitzenfeld, 1989).

Purines: Los purines son desechos líquidos producidos por los animales, se componen de orina y excrementos sólidos, mezclados con agua de lavado, restos de alimentos derivados de los sistemas de producción de la lechera, estabulados y semiestabulados (FAO,2010).

Fuentes de contaminación

GEI: gases de efecto invernadero

GLEAM: Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial

ERFCA: Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental

IPCC: (Intergovernmental Panel on Climate Change) Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

4.3 Marco legal

La respuesta al impacto de la producción pecuaria en el ambiente se encuentra orientada con base a una serie de normativas y el establecimiento de políticas que permitan regular las acciones con la finalidad de mitigar los daños generados.

4.3.1 Internacional

Cumbre de Río

Conocida como Cumbre de la Tierra, se llevó a cabo en 1992, participando 172 países y 2,400 representantes de organizaciones no gubernamentales. Se trataron los temas de medio ambiente y desarrollo sostenible, en la que se generó La Agenda 21, establecido como un plan de acción que tiene como finalidad metas ambientales y de desarrollo en el siglo XXI, y La Convención de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica, cambio climático y desertificación, entre otras (ONU, 1992a).

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor 1994 y consta de 26 artículos. Permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático. El objetivo de esta Convención es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático y en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (ONU, 1992b).

Protocolo de Kyoto

Es una adhesión acordada por los países, para adoptar medidas y establecer compromisos más ambiciosos en torno a lo ya establecido sobre cambio climático y 46 las acciones para reducir el calentamiento atmosférico. Contiene objetivos legalmente obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los seis gases de efecto invernadero de origen humano como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (ONU, 1998).

La Norma Internacional ISO 22000 Seguridad Alimentaria. (ISO, 2005). Puede ser aplicada en toda la cadena alimentaria, desde los agricultores a los productores y los procesos de envasado, transporte y por último al punto de venta.

4.3.2 Nacionales

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

En su artículo 4, establece el derecho de las personas a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar; promueve el cuidado y la conservación del medio ambiente (artículo 25) y el desarrollo rural integral y sustentable, regula el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común (artículo 28).

En su Art. 73 faculta a los tres niveles de gobierno para expedir leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico y en materia de residuos.

Artículo 115, faculta a los municipios las funciones y servicios públicos, de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos.

Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024

El PECC contribuye con los Programas Sectoriales de las Secretarías de Estado, establecen objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el cambio climático mediante la definición de prioridades en materia de adaptación y mitigación; así como la asignación de responsabilidades, tiempos de ejecución, coordinación de acciones, resultados que conforman la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático CICC y con sus respectivos objetivos en materia de Cambio climático (SEMARNAT, 2021).

Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40

Instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. Describe los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir con base en la información disponible del entorno presente y futuro, para orientar políticas de los tres órdenes de gobierno, fomenta la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad, con el objetivo de atender las prioridades nacionales y alcanzar el horizonte deseable para el país en el largo plazo (INECC, 2015).

Ley General de Cambio Climático

Tiene como objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano, regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático y Establecer las bases para la concertación con la sociedad. Así como regular, fomentar y posibilitar la instrumentación de la política nacional de cambio climático e incorpora acciones de adaptación y mitigación con un enfoque de largo plazo, sistemático, descentralizado, participativo e integral (LGCC, 2012).

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, controlar y mitigar problemáticas relacionadas con el cambio climático, prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo, entre otros (LGEEPA,1988)

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Define las fuentes fijas y móviles de contaminación ambiental y tiene por objeto establecer obligaciones para los responsables de estas fuentes, así como regular que no se excedan los niveles máximos permisibles de las emisiones de las fuentes fijas y móviles que están establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (RLGEEPAMPCCA, 2014).

Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción lechera (SAGARPA, 2009)

NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 Protección ambiental-Salud ambiental, residuos peligrosos biológico-infecciosos- clasificación y especificaciones de manejo

NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-021-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono. Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

NOM-025-SSA1-2014. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5

NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

4.3.3 Local

- Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla
- Ley Para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla
- Reglamento de la Ley para la protección del ambiente natural y el desarrollo sustentable del Estado de Puebla, en materia de Prevención y control de la Contaminación Atmosférica 48
- Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático
- Ley Ganadera para el Estado de Puebla

V. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los componentes de un sistema de producción intensiva de leche, con mayor impacto, sobre la contaminación del ambiente en la Posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla?

VI. HIPÓTESIS

Los componentes del sistema de producción intensiva de leche, que tienen mayor impacto sobre la contaminación ambiental en la posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla, son el manejo de las excretas, los alimentos sólidos, los residuos líquidos, los lixiviados y gases de efecto invernadero.

VII. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Evaluar la contaminación ambiental derivada del sistema intensivo de producción lechera en la Posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla.

7.2 Objetivos específicos

- Describir el sistema de producción intensivo de leche de la posta zootécnica en Tecamachalco, Puebla.
- Identificar las fuentes de contaminación ambiental del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.
- Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en la unidad de producción lechera de la Posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla.
- Cuantificar la generación de residuos sólidos y residuos líquidos del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.

VIII. METODOLOGÍA

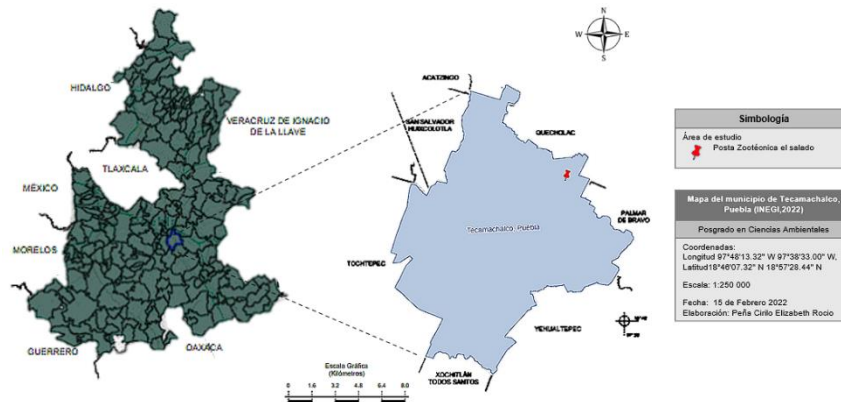
8.1 Localización:

Área de estudio se ubica en Tecamachalco se localiza al sureste del estado de Puebla, a 56,7 kilómetros de la capital de la entidad, se ubica en las Coordenadas: Longitud $97^{\circ}48'13.32''$ W $97^{\circ}38'33.00''$ W, Latitud $18^{\circ}46'07.32''$ N $18^{\circ}57'28.44''$ N

su altitud media sobre el nivel del mar es de 2.055 metros. Sus colindancias son al Norte con Quecholac y Palmar de Bravo, al Sur con Xochitlán, Todos Santos, al Oriente con Yehualtepec y al Poniente con San Salvador Huixcolotla. Ver figura 4.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio cuenta con una población total de 71,571, siendo 34,365 hombres y 37,206 mujeres (Tecamachalco, Rev.,2022).

Figura 4 Municipio de Tecamachalco



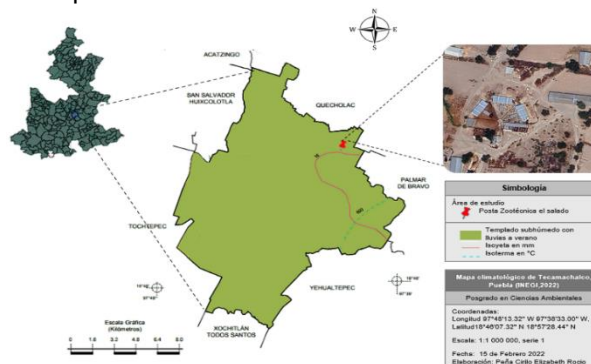
Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3 (2022)

Figura 4. Mapa del estado de Puebla con su división política en la que se marca en color azul el municipio de Tecamachalco, así mismo se muestra de lado izquierdo los municipios colindantes al municipio. Se destaca la ubicación de referencia de la Posta Zootécnica marcada con punto rojo.

Clima

Rango de temperatura: $14 - 18^{\circ}\text{C}$, Rango de precipitación: 500 - 700 mm, Clima: Templado subhúmedo con lluvias en verano (100%) ver figura 5.

Figura 5 Clima del municipio de Tecamachalco



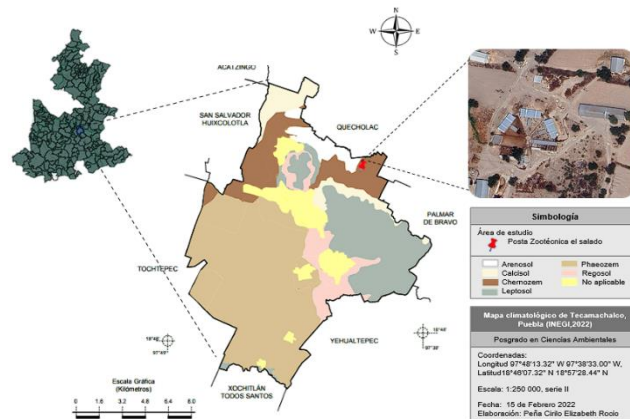
Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3 (2022)

Figura 5. Mapa climatológico de Tecamachalco, el clima presente en la región es templado subhúmedo representado por las áreas verdes, así como las regiones donde se presentan variaciones en la temperatura °C y precipitaciones en mm simbolizadas por una línea roja y línea discontinua azul respectivamente. La simbología indica el área de estudio marcado con un punto rojo estado ubicado en el clima templado subhúmedo.

Edafología

Suelo dominante: Phaeozem (38.79%), Leptosol (19.95%), Chernozem (10.18%), Regosol (5.79%), Calcisol (5.40%) y Arenosol (3.15%) ver figura 6.

Figura 6 Tipos de suelo en Tecamachalco



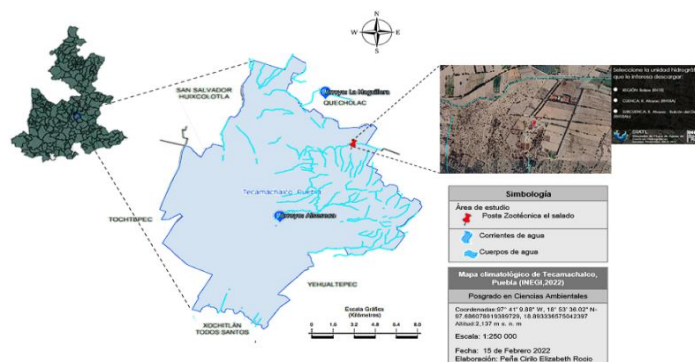
Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3 (2022)

Figura 6. Mapa de la composición edafológica de Tecamachalco, constituida por seis tipos de suelos con una distribución en diversas zonas siendo identificados por Phaeozem, Leptosol, Chernozem, Regosol, Calcisol y Arenosol los cuales se indican en la simbología por escala de colores así mismo se marcan las zonas urbanas que hacen uso del espacio. En el área de estudio ubicada con un punto rojo predomina suelo Chernozem.

Hidrografía

Región hidrológica, Cuenca Subcuenca Corrientes de agua, Cuerpos de agua, Balsas (100%) R. Atoyac (100%) R. Atoyac-Balcón del Diablo (100%) Ver figura 7.

Figura 7 Fuentes hidrológicas en Tecamachalco



Fuente: SIATL (2022), versión 4 y Mapa digital de México V6 – INEGI

Figura 7. Mapa hidrográfico de Tecamachalco se presenta la red hidrográfica de los principales cuerpos de agua se destaca la ubicación de la zona de estudio con un punto rojo así mismo en la parte superior derecha se muestra la imagen satelital del lugar de estudio en la que con una línea azul se representa el cuerpo de agua cercano a las instalaciones de la posta zootécnica, siendo la cuenca principal Atoyac y la subcuenca con número de zona RH18AB.

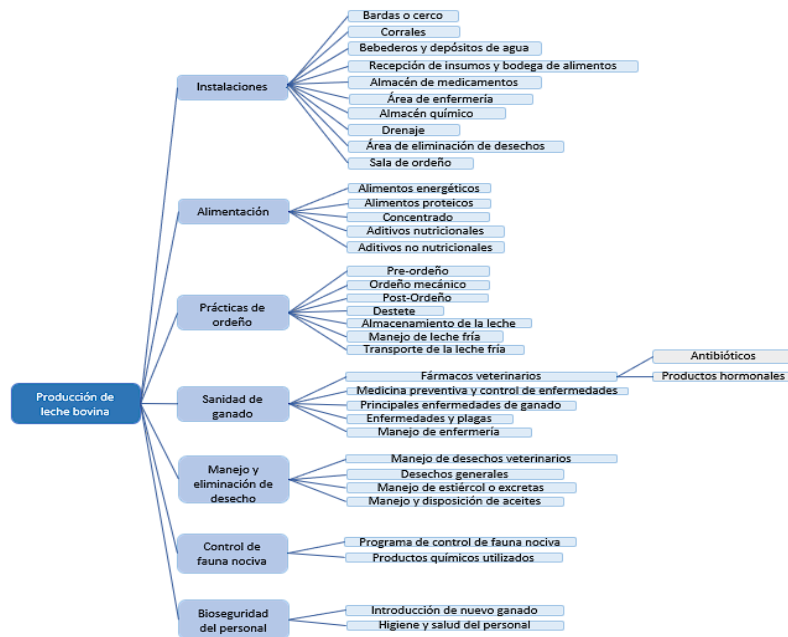
8.2 Fase de campo

La presente investigación tiene el propósito principal de identificar y evaluar la contaminación ambiental derivada de los sistemas de producción intensiva de leche en la que se establecieron cuatro objetivos específicos de los cuales se planteó la descripción del sistema de producción intensivo de leche, la identificación las fuentes de contaminación ambiental así como la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero además de la cuantificación de residuos sólidos con su respectiva clasificación, por lo tanto, a continuación se escribe la metodología a seguir para cada uno de los objetivos mencionados.

Objetivo 1: Describir el sistema de producción intensivo de leche de la posta zootécnica en Tecamachalco, Puebla.

Este proceso se basa en el enfoque cualitativo tomando como referencia el modelo de sistema de producción de leche bovina de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) atreves de manuales los cuales describen las características de las instalaciones y sus áreas de proceso con sus respectivas actividades ver figura 8. así mismo se realiza una evaluación del lugar por lista de chequeo ver anexo 1.

Figura 8 Estructura del manual del sistema de producción intensiva de leche bovina



Fuente: Elaboración propia con datos de (SENASICA, 2019).

Figura 8. El diagrama presenta las áreas que conforman el sistema de producción intensiva de leche bovina, así como las actividades involucradas en cada área de producción que

abarcen desde las instalaciones, alimentación del ganado, prácticas del ordeño, sanidad de ganado, manejo de desechos y protocolos de bioseguridad.

Objetivo 2. Identificar las fuentes de contaminación ambiental del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.

Se describirá el sistema de producción lechera partiendo de las características que presenta de haciéndose uso de listas de verificación y recopilando información de acuerdo con los componentes estructurales del establo, así como de la raza de ganado y de las condiciones de vida y producción en las que se identificaron las fuentes de contaminación de cada etapa de la producción, del proceso preliminar para la recopilación de información. Se utilizará la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental en Aire, Agua y Suelo, ERFCA (Weitzenfeld, 1989), y el documento Emisiones procedentes de las operaciones de alimentación animal (US EPA,2006) en donde se realizó lo siguiente:

- Identificación de las fuentes de contaminación: Una vez establecidos los factores ambientales afectados, se identificará la fuente de contaminación, y el tipo de fuente (fijas, puntuales o móviles).

Objetivo 3. Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en la unidad de producción lechera de la posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla.

Para la estimación de los gases de efecto invernadero generados por la actividad de producción lechera, se usará la metodología de las directrices 2006 del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para inventarios nacionales, la cual es diseñada para ser la más sencilla; las ecuaciones y los valores paramétricos por defecto son suministrados por estas directrices anexo 2. De acuerdo con ellos se tomaron en cuenta las prácticas agrícolas de fermentación entérica, proceso que produce metano como un derivado del proceso digestivo normal del ganado y de la gestión de estiércol, donde producto de las condiciones anaeróbicas propiciadas, se generan productos finales como el metano y el dióxido de carbono.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo de metano por fermentación entérica son las siguientes:

Ecuación 1 Energía neta para mantenimiento

$$NE_m = Cf_i \cdot (Peso)^{0.75}$$

Donde:

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día-1

Cf_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales MJ día-1 kg-1

Peso = peso vivo del animal, kg.

Ecuación 2 Energía neta para actividad

$$NE_a = C_a \cdot NE_m$$

Donde:

NE_a =Energía neta para la actividad animal, MJ día-1

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento MJ día-1

Ecuación 3 Energía neta para crecimiento

$$NE_g = 22.02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0.75} \cdot WG^{1.097}$$

Donde:

NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹

BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg

C = es un coeficiente con un valor de 0.8 para hembras, 1.0 para castrados y 1.2 para toros

MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg

WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹

Ecuación 4 Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

$$REM = \left[1123 - (4092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{25.4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Ecuación 5 Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

$$REG = \left[1164 - (5160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{37.4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REG = relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Ecuación 6 Energía bruta para vacunos

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_1 + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g}{REG} \right)}{DE\%} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal MJ día⁻¹

NE₁ = energía neta para lactancia MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo MJ día⁻¹

NE_a = energía neta requerida para la preñez MJ día⁻¹

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

NE_a = energía neta para el crecimiento MJ día⁻¹

REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Ecuación 7 Energía neta para la lactancia

$$NE_1 = Leche \cdot (1.47 + 0.40 \cdot Grasa)$$

Donde:

NE₁ = Energía neta para lactancia, MJ día

Leche = Cantidad de leche producida, kg de leche día

Grasa = Contenido graso de la leche, % por peso

Ecuación 8 Energía Neta para preñez

$$NE_p = C_{preñez} \cdot NE_m$$

NE_p = energía neta para la preñez, MJ día

C_{preñez} = coeficiente de preñez 0.10

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento MJ día

Ecuación 9 Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$Emisiones = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza-año

N_(T) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

T = especie/categoría de ganado

Ecuación 10 Factores de emisión de CH₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55.65} \right]$$

Donde:

EF = factor de emisión, kg CH₄ cabeza-1 año-1

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza-1 día-1

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

El factor 55.65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano.

Ecuación 11 Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol

$$CH_4_{Estiercol} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6}$$

Donde:

CH₄Estiércol = Emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg, CH₄ año

EF_(T) = Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza- año

N_(T) = Cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

T = Especie/categoría de ganado

Ecuación 12 Emisiones directas de N₂O de la gestión de estiércol

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O D(mm) = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año

N_(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

Nex_(T) = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal-1 año

MS_(T,S) = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

EF_{3(S)} = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N₂O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado 44/28 = conversión de emisiones de (N₂O-N)(mm) a emisiones de N₂O(mm)

El nitrógeno que lixivia al suelo y/o que se escurre durante el almacenamiento de sólidos del estiércol a la intemperie o en corrales de engorda

Objetivo 4. Cuantificar la generación de residuos sólidos y residuos líquidos del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.

Se tomaron como base con algunas modificaciones las normas mexicanas NMX-AA-61-1985 Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales - determinación de la generación.

NMX-AA-022-1985 protección al ambiente-contaminación del suelo residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos.

8.3 Variables respuestas:

Alimentación: se llevará un registro de número de veces que es alimentada la vaca al día, el tipo de alimento consumido sea esta pastura, forraje o piensos, así mismo se pesará por medio de báscula en unidades de kilogramos.

Excretas: se pesará por medio de báscula en unidades de gramos y se tomará un registro de la frecuencia de recolección de excretas, así mismo se preguntará la disposición final o si estas son utilizadas de otra manera.

Residuos sólidos urbanos: Realizar un listado de los residuos identificados, siendo categorizados por sus características orgánicas e inorgánicas por tipo de material.

Lixiviados: Realizar un control de los litros obtenidos por día.

Fermentación entérica: Se realizó la estimación de los gases emitidos por medio de las ecuaciones determinadas por IPCC.

8.4 Entrevista a informantes claves

Con el objetivo de saber cómo las personas del lugar perciben la contaminación al ambiente por el sistema de producción de la posta, se realizaron entrevistas a dos informantes claves responsables de la Posta.

La entrevista aplicada se consideró como estudio de caso y se siguió la metodología cualitativa de entrevista en profundidad la cual se siguió la metodología propuesta por Young et al (2018), considerado centrarse en conocer en la experiencia subjetiva de los individuos y obtener una comprensión profunda de lo que perciben las personas a entrevistar, llevando a un análisis con mayor detalle a una pequeña población, por lo tanto, con la aplicación de la entrevista siguiendo el método permite obtener información del enfoque y opiniones de los responsables de la posta sobre la contaminación ambiental que se presenta en la Posta la cual se conforma de los siguientes pasos los cuales se observa en la figura 9.

Figura 9 Diagrama de proceso de entrevista a profundidad



Fuente: Elaboración con información de Young et al. (2018).

En la primera etapa se identificaron las preguntas a aplicar con el fin de conocer la visión individual de las personas que se encuentran en la posta sobre los efectos de las fuentes de contaminación por el sistema de producción y crianza de ganado bovino en la posta, de manera que se consideró obtener información correspondiente a sus conocimientos sobre el ganado bovino y la contaminación, el bienestar de las personas sobre el desarrollo de sus actividades, así mismo el conocimiento de técnicas de desarrollo sustentable y los cambios en el entorno de biodiversidad. En la segunda etapa se eligió la entrevista de tipo semiestructurado en la que se realizó una lista de preguntas que se enfocaran a conocer sobre los que observan y conocen las personas en la posta sobre el sistema de producción y la contaminación al ambiente. En la tercera etapa se

diseñaron las preguntas formadas por cuatro apartados y posteriormente en la etapa cuatro se seleccionó la técnica de muestreo de informantes clave, dirigida a los responsables de la posta, los cuales conocen el desarrollo de las actividades en las instalaciones de la posta y cuidado del ganado. En la quinta etapa, las preguntas fueron revisadas y validadas por dos expertos. En la sexta etapa, se aplicó la entrevista a los dos encargados de la posta.

Para realizar el análisis de la información de las entrevistas, se llevó a cabo un proceso de codificación de preguntas en la cual se describe con etiquetas a las unidades de información descriptiva obtenida durante el estudio de la Posta, a las cuales son asignadas palabras individuales, para ayudar a la interpretación del significado de acuerdo con la siguiente tabla 1.

Tabla 1 Codificación de preguntas

Categorías	Códigos	Descripción
Percepción del impacto ambiental	PA1	Familiarizado con la contaminación ambiental generada por el ganado bovino
	PA2	Conoce algunos de los efectos de contaminación
	PA3	Desconoce sobre los efectos de contaminación
	PA4	Considera que el ganado vacuno no contamina
Conocimiento de prácticas y medidas	CPM1	Conoce medidas para reducir el impacto ambiental del estiércol
	CPM2	Ha implementado alguna estrategia de aprovechamiento del estiércol
	CPM3	Está familiarizado con diferentes formas de manejar el estiércol
Biodiversidad y ecosistema	BE1	Ha percibido alteraciones en el crecimiento de plantas
	BE2	Ha observado cambios en la presencia de especies invasoras
	BE3	Se han implementado medidas para proteger la flora y fauna
Bienestar del personal ganadero	BG1	Considera que la exposición prolongada afecta la salud
	BG2	Ha percibido problemas de salud en el personal
	BG3	Se realiza monitoreo periódico de salud

Elaboración propia Peña Cirilo E R, (2024)

A continuación, se muestra la estructura de la entrevista y preguntas realizadas. Dicha entrevista fue validada por un panel de expertos

Entrevista aplicada a informantes clave

Objetivo: Conocer la percepción de las personas claves sobre la contaminación ambiental, generada por la intensificación en los sistemas de ganado bovino lechero en Tecamachalco Puebla. (Posta Zootécnica)

Nombre: _____

Ocupación: _____

Cuestionario: impacto ambiental de la ganadería bovina

1. ¿Está familiarizado con la contaminación ambiental que genera la crianza y cuidado de ganado bovino?

- Sí, estoy al tanto de cuáles son los efectos al ambiente y como contaminan
- Conozco algunos de los efectos de contaminación
- No, desconozco sobre los efectos de contaminación
- Considero que el ganado vacuno no contamina

2. ¿Conoce los efectos negativos que tiene la producción intensiva ganadera al medio ambiente?

- Sí, Se genera una mayor cantidad de residuos que afectan al agua, suelo y aire
- Considero que el estiércol es el único residuo que afecta al ambiente
- No, considero que no afecta al ambiente
- Desconozco sobre los efectos de contaminación que genera la producción intensiva ganadera

3. De los siguientes problemas de contaminación ambiental ,¿cuáles consideran que son ocasionados por la crianza y cuidado de la ganadería bovina?

- Perdida de biodiversidad y deforestación para producir alimentos
- Emisiones de gases de efecto invernadero
- Contaminación del agua por estiércol y orina
- Contaminación del suelo por nitratos y fosfatos
- Efectos a la salud humana
- Todas las anteriores

4. ¿Considera que es un problema grave la contaminación ambiental generada por la crianza y cuidado de ganado vacuno?

- Sí, la generación de desechos del ganado pueden contaminar el agua, aire y suelo.
- No, se hace uso de prácticas agrícolas sostenibles y eficiencia de producción para reducir su impacto ambiental
- No estoy seguro, requiero más información para dar una perspectiva sobre le tema
- Considero que contamina en menor cantidad en comparación con la industria y el transporte

5. ¿Qué opina sobre las prácticas actuales de crianza y cuidado del ganado bovino lechero?

- Son prácticas sostenibles y no generan un impacto ambiental significativo
- Necesitan mejorar para reducir su impacto ambiental
- Deben ser reemplazadas por alternativas más sostenibles
- Las prácticas realizadas son adecuadas y no requieren cambios

6. ¿Qué tipo de soluciones cree que podrían ayudar a mitigar la contaminación ambiental generada por la intensificación en el cuidado y crianza del ganado bovino lechero?

7. ¿Ha participado en algún taller o curso sobre prácticas ganaderas sostenibles?

8. ¿Cuáles son los principales obstáculos que impiden la implementación de prácticas más sostenibles en la Posta?

Bienestar del personal ganadero

9. ¿Considera que la exposición prolongada en el manejo y cuidado del ganado vacuno puede tener afectaciones a su salud?

10. ¿Ha percibido algún problema de salud en el personal que trabaja en el rancho?

11. ¿Se llevan a cabo capacitaciones regulares sobre temas de salud y seguridad en el trabajo?

12. ¿Cuales son las medidas que se llevan a cabo para la protección de la salud del personal de la granja?

13. ¿Considera que las condiciones laborales en las granjas son adecuadas y seguras?

Prácticas y medidas actuales de control de contaminación

14. ¿Qué medidas cree que se podrían tomar para reducir el impacto ambiental del estiércol ganadero?

15. ¿Se ha implementado alguna estrategia de aprovechamiento de estiércol para su uso en otras actividades dentro de la Posta?

16. ¿Está familiarizado con las diferentes formas de manejar y tratar el estiércol ganadero?

17. ¿Conoce que son los purines y los usos que estos tienen?

Cambios sobre la biodiversidad y el ecosistema

18. ¿Ha percibido alguna alteración en el crecimiento o desarrollo de las plantas cercanas a la Posta?

19. ¿Ha observado cambios en la presencia de especies invasoras o animales salvajes dentro de la Posta?

20. ¿Se ha implementado alguna medida para proteger la flora y fauna nativa cercana a la Posta?

Se elaboró la entrevista conformada por 20 preguntas divididas en 4 secciones, la primera sección consta de conocer el impacto ambiental de la ganadería bovina, así mismo los siguientes apartados se aborda el bienestar del personal ganadero, los conocimientos de prácticas y medidas actuales de control de contaminación, además del apartado de los efectos sobre la biodiversidad y el ecosistema.

Se realizó un acercamiento con las dos personas claves que asumen el cargo de principales coordinadores en el desarrollo de actividades y acciones dentro de la Posta en el cuidado y crianza del ganado bovino. En el que se aplicaron las encuestas de manera individual en las oficinas correspondientes de cada encargado; Así mismo se realizaron las preguntas por apartado para la primera sección correspondientes a las preguntas cerradas del apartado de percepción del impacto ambiental a la ganadería bovina. Se leyeron las preguntas y opciones a los encuestados.

IX. RESULTADOS

Objetivo 1: Describir el sistema de producción intensivo de leche de la posta zootécnica en Tecamachalco, Puebla.

9.1 Sistema de producción intensivo de leche de la posta zootécnica en Tecamachalco

Etapa de caracterización de la zona de estudio

El trabajo se desarrolló en la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FMVZ/BUAP), ubicada en el municipio de Tecamachalco.

La posta zootécnica está ubicada en la zona conocida como “El Salado” con una extensión de terreno de 40 hectáreas de las culés se encuentran divididas en salones de enseñanza, dormitorio, áreas de cultivo y módulos de crianza ganadera que se encuentra conformada por los módulos para bovinos productores de leche y carne, equinos, ovinos, conejos, aves y abejas de los cuales se trabaja en el módulo de leche bovina. Señalado en la figura 10.

En el lugar se observó estar separado de terrenos de cultivos ajenos a la posta, de manera que se delimita el área por medio de cercas perimetrales, las culés cuenta con accesos que facilitan el ingreso y salida de insumos, así mismo cuenta con áreas de abastecimiento de agua contando con cisterna de agua comunal y tanque de captación de agua de lluvia además de contar con corrales, bebederos al igual que las áreas de bodega de alimentos y sala de ordeño mecanizada dichas consideraciones consienten en un entorno que permita el bienestar de los bovinos.

Figura 10 Localización de la Posta Zootécnica en Tecamachalco



Fuente: Mapa digital de México V6 – INEGI (2023)

Figura 10. Vista aérea de la Posta Zootécnica. Se muestra una imagen satelital de las instalaciones del módulo de leche mostrando la ubicación y distribución correspondiente a los corrales, comederos, bebederos, terneras lactantes, sala de ordeño y taller de lácteos.

9.1.1 Diseño de las instalaciones

Las instalaciones del módulo de leche cuentan con características de alojamiento que permiten el bienestar animal, además de estar acondicionada de acuerdo con las características ambientales de la región conforme a los modelos de instalación ganadera y características de instalación.

Zona de alojamiento

En el lugar, las instalaciones cuentan con sombreados posicionados de manera adecuada, permitiendo el paso de rayos solares colocados en forma de abanico, de manera que se tiene una mayor libertad de movimiento para los bovinos, además de que se considera la distancia que recorrerán a la zona de ordeño el cual se encuentra en el centro y la distancia recorrida sea la misma para las vacas ver figura 11.

Figura 11 Áreas de alojamiento de los bovinos



Fuente: Foto izquierda: Mapa digital de México V6 (2023) – INEGI, Foto derecha: obtención propia Peña E (13/05/2023)

Figura 11. Vista aérea del conjunto de corrales para ganado bovino en la primera imagen se muestra las instalaciones correspondientes a los corrales construidas con techo de lámina con un diseño en el sombreado en posición de abanico que cubren al ganado bovino, en la segunda imagen se muestran un corral individual con bebederos, comederos y echaderos, mostrando la posición de las sombras.

Área de descanso

Los cuales son conocidos como echaderos que son de forma individual con una cama de arena, así mismo entre los echaderos y comederos se cuenta con un pasillo de circulación el cual se encuentra pavimentado, lo que permite también contener las excretas de vaca facilitando el proceso de limpieza a través de la remoción de las excretas por una cuchara de excavadora agrícola ver figura 12.

Figura 12 Área de echaderos bovinos



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 12. Área de echaderos bovinos. En la primera imagen se muestra el espacio destinado al descanso de bovinos que cuenta con una estructura techada la cual protege del clima y brinda sombra, así mismo se delimitan los espacios individuales de echaderos los cuales están construidos con acero inoxidable. En la segunda imagen se muestra el conjunto de echaderos que cuentan con arena para brindar comodidad de los bovinos y el pasillo de circulación, el cual facilita la limpieza del área.

Comederos y bebederos

En un costado de los comederos se encuentra los bebederos, los cuales pueden ser compartidos y cuentan con un flotador para su llenado automático, lo que permite tener agua fresca con libre consumo para las vacas, además de contar con bebederos independientes que se encuentran dentro de los corrales colocados de un extremo para que las vacas puedan utilizar toda el área dispuesta véase figura 13.

Figura 13 Comederos y bebederos de las vacas



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 13. Comedero y bebedero En la primera imagen se muestra un comedero construido con concreto en el que se deposita el alimento. En la segunda imagen se muestra una vaca de la raza Holstein haciendo uso del comedero en la tercera imagen se muestra el bebedero el cual cuenta con un sistema de flotación en la parte central se encuentra una rejilla que protege el flotador que sirve como medio para el suministro automático y constante de agua para los bebederos. Ambos espacios se limpian diariamente para prevenir la proliferación de bacterias.

Espacios con iluminación

En las instalaciones de la Posta se cuenta con corrales con iluminación, los cuales tiene lámparas largas de luz led instaladas en el techo, los corrales de los cuales solo se encuentran en el espacio de cunero, así como en los corrales de lactantes 1 y 2 además de los corrales de destete 3,4,5, corral de crecimiento 6 y 7 y en exterior e interior de la sala de ordeño ver figura 14.

Figura 14 Espacios y corrales con iluminación



Fuente: obtención propia Peña. E (18/11/2023)

Figura 14. Iluminación de espacios y corrales. Las imágenes muestran diferentes áreas de una granja lechera, donde cuenta con un sistema de iluminación artificial para mejorar las condiciones de bienestar de las vacas en la primera imagen se muestra el corral correspondiente

Figura 16. Área de farmacia es un espacio destinado al almacenamiento y control de medicamentos veterinarios. En la primera imagen se observa el área de almacenamiento de medicamentos en el que se almacenan los medicamentos y soluciones para el bienestar de los bovinos en la segunda imagen se presenta el control de medicamentos en existencia, así como los que deben ser nuevamente solicitados.

9.1.2 Proceso de alimentación

En este proceso la posta procura mantener una buena alimentación, además de esta ser de calidad, la alimentación para los vacunos constituye de dos recursos, el primer recurso es la producción de forrajes y la adquisición de concentrados, además de la incorporación de paja como alternativa de alimento, el cual se da en conjunto.

Cultivo de forrajes

En la posta son destinados parte de los terrenos para la siembra de maíz una vez al año, de los cuales se prepara el terreno con ayuda de los tractores, el cual se cultiva en temporada de lluvia para el aprovechamiento de esta agua, así mismo cuentan con sistema de riego por medio de riego por aspersión ver figura 17.

Figura 17 Sistema de aspersión y cultivo de maíz



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023) y (02/09/2023)

Figura 17. Sistema de riego y cultivo de maíz. En la primera imagen se muestra el sistema de aspersión de los cultivos, en la segunda imagen se muestra el cultivo de maíz que se cultiva en la Posta.

Se lleva un control de plagas y enfermedades de los cultivos, así como de malezas de los cuales son controlados por herbicidas, una vez teniendo la siembra libre de enfermedades se adiciona foliares de crecimiento hasta la madurez de las plantas y finalmente se cosecha la siembra con ayuda de la ensiladora para posteriormente ser llevada a los silos ver figura 18.

Figura 18 Área de cultivo



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 18. Espacio de cultivo. La primera imagen muestra una vista panorámica del campo, donde se observa un cultivo en crecimiento el cual es uno de los espacios utilizados para la siembra de maíz, la segunda imagen se observa un ensilado de maíz de posteriores siembras y en la tercera imagen se muestra una paca de alfalfa los cuales forman parte de la alimentación.

Alimentación

Se basa en tres medios de alimentación la cual consta de forrajes de alfalfa proporcionados de acuerdo con el tres por ciento del peso corporal por animal siendo administrado durante el día en cuatro raciones por cabeza de ganado así mismo se considera la proporción de alimento correspondiente a la etapa de producción y la cantidad láctea por día de cada vaca.

Alimento de concentrado

El concentrado es uno de los complementos alimenticios que se compone de remolacha de maíz, sales, minerales, sorgo y avena que adquieren por semana de 4.5 a 5 toneladas. Ver figura 19. El hato bovino se encuentra dividido en tres etapas de producción láctea, la cual, de acuerdo con su dieta de cuatro porciones al día, consumen las siguientes cantidades Altas productoras consumen 10 kg de concentrado, Medianas productoras consumen 8 kg de concentrado y Bajas productoras consumen 6 kg de concentrado.

Figura 19 Concentrado de vacunos



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 19. Alimento concentrado para bovinos donde se muestran dos empaques de concentrado utilizados en la alimentación se muestra en la primera imagen bultos de alimento concentrado correspondiente a la dieta para novillas en la segunda imagen se muestra el bulto correspondiente a la dieta de vacas adultas estos alimentos concentrados proporcionan nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las vacas.

Conservación en silo de planta de maíz

La conservación de forraje por silos es empleada para obtener forrajes de calidad de forma que conserven su valor nutritivo, de manera que se aproveche toda la planta de maíz y no se pierda alimentos. Preparación del silo se seleccionan las milpas de maíz y con ayuda de la ensiladora se recolectan para ser picada y triturada obteniendo un concentrado fino el cual con ayuda de la pala mecánica se traslada al silo para ser almacenado y con parte de aprovechar el suero obtenido en el taller de lácteos se le adiciona suero de leche obtenido en el taller de lácteos o piña aplicado sobre el maíz picado posteriormente se pisa para eliminar el aire concentrado finalmente se cubre con plástico negro por un periodo de 25 días de manera que ayude a la producción de ácidos que permitan la conservación del silo y este no se pudra posteriormente después de ese tiempo es repartido al ganado ver figura 20.

Figura 20 Silo de planta de maíz de la posta



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 20. Ensilado de maíz se muestra la conservación de forraje donde la planta de maíz se fermenta en condiciones anaeróbicas para su posterior utilización como alimento para el ganado. En la primera imagen se muestra la pila de ensilado de maíz, donde se puede observar la textura y el color del ensilaje fermentado. En la segunda imagen el silo el cual tiene sus paredes revocadas y se encuentran inclinadas en dirección al centro, estas no son totalmente verticales y su piso también se encuentra pavimentado con solo una entrada el cual es paso para la excavadora agrícola.

9.1.3 Características de ganado

Se cuenta con un número de cabezas de ganado de 180, de los cuales 60 vacas se encuentran en producción, de las razas de ganado que se encuentran en los corrales son jersey, Holstein, ver figura 21.

Los cuales están divididos por vacas productoras, de las que se subdividen en altas productoras, medianas productoras y bajas productoras, de los cuales se cuenta con 35 vacas altas productoras, 14 vacas medianas productoras y 11 vacas bajas productoras.

Así mismo se clasifican por categoría de ganado correspondiente a la etapa de crecimiento y reproducción, de los cuales están constituidos por lactantes, becerro al destete, vacas en crecimiento, vacas en desarrollo, vaquillas gestantes, vacas de parto y recién paridas además de vacas secas. Se encuentran ubicadas en diferentes corrales de acuerdo con su categoría, por lo tanto, conforme a su crecimiento son ubicadas a los corrales que les corresponden.

De acuerdo con lo anterior en cuanto a las Becerras en lactancia que se encuentran ubicadas en un módulo de lactancia que con el paso en que van creciendo las vaquillas estas pasan a ser vacas de remplazo las cuales son encaminadas de forma artificial del cual continúan con su proceso reproductivo al término de esta etapa pasan a ser vacas secas.

Figura 21 Cabezas de ganado que se encuentran en la posta



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 21. Ganado bovino presente en las instalaciones de la Posta, en la primera imagen se muestran los ejemplares de bovinos lecheros correspondientes a vacas adultas, en la segunda imagen se muestra ejemplares de becerros ubicados en el área de lactantes.

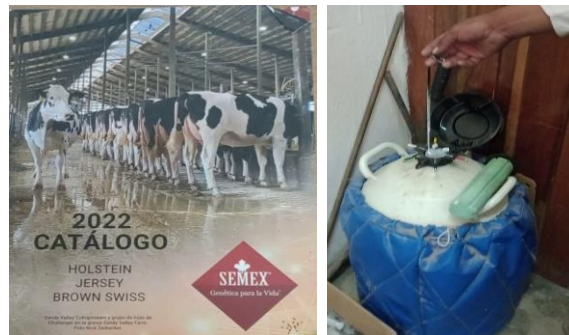
Se realizó la evaluación del lugar de acuerdo con los formatos de buenas prácticas pecuarias, las cuales se pueden observar en el anexo I

9.1.4 Reproducción bovina

La reproducción bovina en la posta es por medio de inseminación artificial la cual es una técnica en la que se introduce semen de semental al útero en la etapa de celo de manera que se preñe la vaca sin la necesidad de la monta natural la selección del semen es realizada a través de catálogos que cuenta con características que son consideradas apropiadas para el mejoramiento genético del ganado así mismo la tras la adquisición este es almacenado en un contenedor de enfriamiento con nitrógeno líquido para su conservación.

La selección de este proceso se debe a las ventajas que se obtiene como es el mejoramiento genético para la mayor producción de leche el transmitir rasgos deseables a la próxima generación así mismo el reducir el riesgo de transmisión de enfermedades venéreas entre animales también el eliminar el costo de mantener un toro en el hato. Así mismo se desarrolla un registro de planificación de partos y ciclos estrales para desarrollar un buen manejo reproductivo del hato que se encuentra en la posta, ver figura 22.

Figura 22 Catálogo y Contenedor de material genético



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 21. Material genético adquirido para la reproducción de bovinos. En la primera imagen se presenta el catálogo de sementales con las características físicas y producción entre otras especificaciones que permiten determinar el material genético adecuado al mejoramiento de generaciones de bovinos en la segunda imagen se muestra un contenedor de enfriamiento utilizado para almacenar material genético de semen de semental a bajas temperaturas siendo conservado con nitrógeno líquido para posteriormente ser utilizado para la inseminación y preñez de vacas.

Etapas de la reproducción bovina

Previo a la inseminación se realiza un seguimiento al comportamiento de las vacas para la detención del celo de la cual en la posta los médicos veterinarios zootecnista se encargan de identificar signos y comportamientos de la vaca de manera que determinan si se encuentran en celo de la cual los veterinarios determinan un tiempo de espera voluntaria alrededor de 45-60 días postparto, pudiendo servirla por primera vez, teniendo como límite 120 días postparto. En

cuanto al Intervalo entre partos más largos, se poseen un efecto negativo en la vida productiva de la vaca. Así mismo, en posta se tiene un registro de las vacas en celo y fechas de servicio, de manera que se tiene un mejor control de los periodos de inseminación de manera apropiada sin afectar el ciclo reproductivo de las vacas.

Posterior a la inseminación

Los médicos veterinarios se encargan de dar seguimiento a la etapa de preñez de la vaca a través de un diagnóstico en la que realizan una palpación rectal en la que se identifica el tamaño del útero asimetría de los cuernos uterinos, palpación del feto entre otras características atómicas de vaca posteriormente el médico veterinario confirmara la gestación se continúa con observaciones para descartar abortos así mismo los médicos realizan una búsqueda de placentas o fetos.

Parto y cuidado del ternero

La labor de parto lleva un tiempo de dos a tres horas en vacas adultas, en el caso de novillas el tiempo es de cuatro a seis horas, en este paso los médicos veterinarios observan una dilatación del cérvix y la presión de la bolsa de agua.

Nacimiento del ternero, en esta etapa el ternero transcurre el canal de parto posterior a que la cabeza ha pasado el canal del parto, el resto del cuerpo demanda menor esfuerzo extra para ser

Cuidado posterior al parto

Los médicos veterinarios mantienen en observación a la vaca, siendo esta aislada en un corral en estado más limpio y seco para prevenir infecciones, así mismo en caso de presentarse dificultades de parto se tiene un protocolo de medidas de higiene para procurar el bienestar de las vacas.

9.1.5 Proceso de ordeño

En el módulo lechero se cuenta con 181 cabezas de bovinos, de las cuales 60 vacas se encuentran en etapa de producción de leche y están, son ordeñadas dos veces al día, teniendo una ordeña por la mañana a partir de las 4:00 am y su segunda ordeña por la tarde a las 4:00 pm siguiendo el protocolo de ordeño el cual consiste en ordeñar correctamente a las vacas, para evitar lesiones, estrés, golpes y riesgos para el ordeñador además de que se encuentre en condiciones limpias.

Procedimiento para el arreador

A continuación, se enlistan las actividades que desempeñan el arreador ver figura 23.

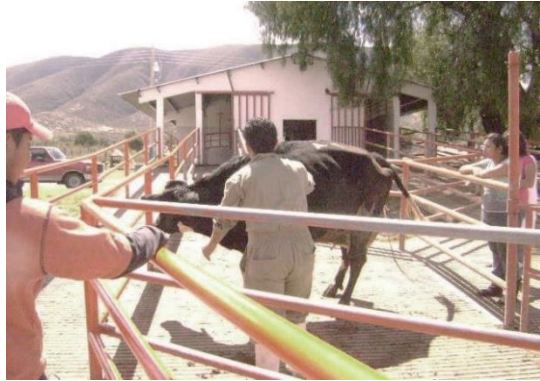
Se sacan las vacas del corral de manera tranquila, sin gritos, silbidos o ruidos fuertes, con la finalidad de que las vacas no se estresen

Se dirigen a la sala de ordeño por las rampas

Seguido del orden de los corrales, las cuales se inicia por las vacas altas productoras y finaliza con las vacas bajas productoras, para el caso de contar con vacas que fueron detectadas con mastitis se ordeñan al final y se desecha.

Al terminar la ordeña regresar les vacas a sus corrales correspondientes.

Figura 23 Encargado de arrear las vacas



Fuente: Foto tomada por José Luis Gallardos Flores

Figura 23. Arreo de vacas en la imagen se muestra a una persona encargada de arrear las vacas a la sala de ordeño pasando de los corrales al pasillo con barras metálicas en dirección a la sala de ordeño siendo un espacio seguro y controlado en donde se guía a la vaca de forma tranquila para posteriormente ser ordeñadas.

Preparación previa al ordeño

Para el ordeño se establece un orden el cual es el siguiente, primero se ordeñan las vacas altas productoras respetando el orden de los corrales, finalizando con las vacas bajas productoras ver figura 22. Para el ordeño se cuenta con dos ordeñadores repartidos en el horario de la mañana y otra persona por la tarde.

El ordeñador asignado para llevar a cabo la ordeña de la hora previamente se lava las manos, sigue el protocolo de ordeño el cual se conforma con los siguientes pasos, como primera acción se realiza una limpieza del pezón, se seca con un papel y se desecha para evitar contagios de mastitis posteriormente se realiza el presellado el cual se debe limpiar el pezón y se aplica el líquido de presellado que cuenta con yodo ver figura 24.

Despuntar el pezón: se sacará uno o dos chorros de leche para observar alguna alteración en la leche, esto a través de una prueba de mastitis de la cual una vez realizada se debe reportar vacas con mastitis para ser las vacas ordeñadas al final.

Figura 24 Galón y paleta para prueba de leche y recipiente de presellado



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 24. Análisis de leche y presellado En la primera imagen se muestra un galón de reactivo para muestra de viscosidad de leche y una pala, siendo utilizados en el análisis de la calidad de la leche. En la segunda imagen se muestra un recipiente con presello.

Posteriormente, se limpia con papel de estraza y se da masaje en la punta del pezón.
Se colocan las pezoneras de la unidad de ordeño inmediatamente después del masaje
Colocadas las pezoneras se procede encender el equipo e iniciar el ordeño
Se verifica que se está ordeñando de manera correcta observando el flujo de leche que pasa por los conductos de la ordeñadora
Cuando el flujo de leche cesa, se retiran las pezoneras y se desinfectan con solución de yodo para posteriormente ser colocadas a la siguiente vaca.
Al término del ordeño a la vaca se le aplica un sellador a base de yodo u otros.
Se registrará la producción diaria en hojas y formatos diarios de producción.
Finalmente, se proporciona alimento a las vacas para que permanezcan de pie y favorecer el cierre del esfínter del pezón Ver figura 25.

Figura 25 Vaca preparada para el ordeño



Fuente: Foto tomada por MVZ José Luis Gallardos Flores encargado de la posta

Figura 25. Vaca ordeñada de manera mecánica en la primera imagen se muestra una vaca posicionada en el espacio de ordeño posteriormente es preparada para iniciar el ordeño, en la segunda imagen se observa la pezonera colocada en las ubres de la vaca las cuales se encargarán de extraer la leche de manera mecánica.

Diseño de la sala de ordeño

Posterior al arreo, las vacas pasan por la rampa de manera ordenada a la sala de ordeño que cuenta con dos niveles y un pasillo en la parte central, además tiene capacidad para cuatro vacas en las que se colocan en jaulas que se encuentran en paralelo con dos vacas por cada lateral así mismo las jaulas tiene puertas de entrada y de salida, que permite un ordeño individual la cual es mecaniza ver figura 26.

Figura 26 Sala de ordeño de la posta.



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 26. Sala de ordeño, en la primera imagen se muestra la vista de la sala mostrando las áreas de ordeño individuales para cada vaca y el área de trabajo del ordeñador, así mismo el modelo de sala de ordeño es tándem de acuerdo con (Gómez, 2008) que se encuentra conformada por las jaulas y pezoneras. La segunda imagen se puede observar los elementos del sistema de ordeño mecánico como son las pezoneras, la tubería de succión y la computadora del equipo de ordeñado.

Las partes con las que cuenta la máquina ordeñadora son:

1. Pezonera de hule sintético o de Silicón.
2. Tubo o copa de acero inoxidable.
3. Cámara de pulsación. Se encuentra entre la pezonera y la copa.
4. Salida de la leche. Esta línea se mantiene bajo vacío.
5. Tubo de pulsación. Esta línea se encuentra alternamente conectada con la presión atmosférica y con el vacío.
6. Fase de descanso. El tubo de pulsación está conectado con el vacío. La pezonera se abre, permitiendo la abertura del pezón. El vacío en la línea de salida succiona la leche, que luego es transportada por la línea de salida
7. Fase de masaje. El tubo de pulsación está conectado a la atmósfera. El aire entra en la cámara de pulsación y hace apretar la pezonera. Esta se pliega dando masaje al pezón, este masaje estimula la circulación de la sangre por el mismo. Después de la fase de masaje, se inicia otra vez la fase de descanso. La leche es transportada por la línea de la leche hacia el jarro colector y de aquí al tanque enfriador donde se almacena hasta su venta Ver figura 27.

Figura 27 Equipo de ordeño mecánico



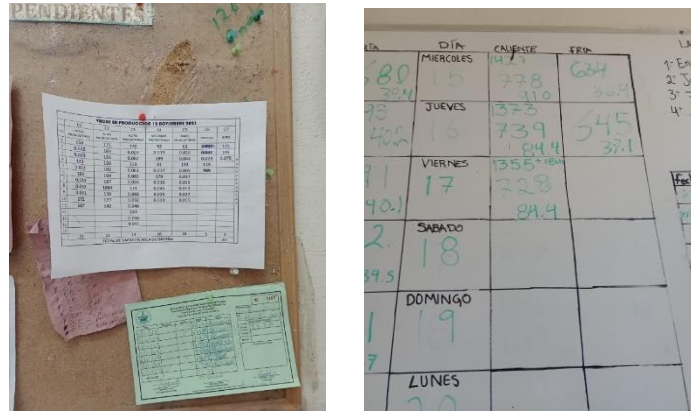
Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 27. Sistema de ordeño mecánico. Se muestran los componentes del equipo de ordeño, en la primera imagen se observa las pezoneras las cuales se encargan de extraer la leche de las ubres de las vacas, en la segunda imagen se observa la bomba de vacío y depósito medidor de leche en la tercera imagen se muestra el tanque de enfriamiento donde la leche recién ordeñada es almacenada en el contenedor la cual es enfriada para su conservación.

Iniciada la ordeña, se enciende el motor del ordeñador y se prenden los controles así mismo se enciende la bomba del tanque recolector al tanque de la leche posteriormente se colocan las pezoneras al pezón de la vaca y comenzar la extracción de la leche que pasa por medio de una tubería que está conectada al contenedor a la bomba de vacío que lo conduce y almacena en el

termo en donde la leche es refrigerada. Al finalizar la ordeña se apaga el termo, para medir la leche y obtener los litros de la leche obtenidos en el día, los cuales se apunta en el pizarrón, en donde se anota la producción de la mañana, tarde, además de que se anota los litros de leche solicitados para el taller de lácteos ver figura 28.

Figura 28 Control de producción de leche



Fuente: obtención propia Peña. E (17/11/2023)

Figura 28. Registro de producción de leche en la primera imagen se puede observar el control de vacas productoras de leche por corral en conjunto con un formato del control semanal de leche, en la imagen segunda imagen se observa el control de litros de leche, producidos al día, así como los litros de leche destinados en la elaboración de lácteos siendo anotados en el pizarrón

Lavado de la sala de ordeño

Terminada la ordeña se realiza el lavado de la sala, así como la desinfección de pezoneras, se realiza el lavado de las instalaciones haciendo uso de Jabón y agua del cual se tallan los pisos de manera que se retire el lodo o estiércol que se presente en el lugar ver figura 29.

Figura 29 Personal encargado del lavado de la sala de ordeño



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023)

Figura 29. Limpieza de la sala de ordeño, en la primera imagen se muestra a una persona encargada del lavado con jabón y agua de los pasillos y rejas siendo tallados con escoba, en la segunda imagen se muestra el producto vitasal el cual es utilizado para el lavado del ordeñador mecánico.

Lavado del equipo de ordeño conformado por las mangueras y pezoneras se hace uso de 80 a 90 litros de agua de la cual se enjuaga la tubería de manera que no queden restos de leche por

medio de agua caliente se llena la tubería de agua y se lava con detergente alcalino clorado (vital) 0.5 a 1.5 kg de producto (ver figura 24) el cual se diluye en 100 litros de agua limpia y caliente por 10 minutos así mismo se aplica detergente líquido preventivo (AMIDET LC-34) 16.5 a 24.7 ml/L de agua, recirculando durante un máximo de 20 minutos, usando una temperatura máxima de limpieza de 60 °C (140 °F) el cual se aplica cada 15 días para no desgastar mangueras y coplees de plástico finalmente se enjuaga con agua tibia o temperatura ambiente.

Lavado del termo

Posterior a la recolección de leche por parte de la empresa externa, se enjuaga con agua caliente el termo, posteriormente se lava con jabón y se enjuaga, como siguiente paso se añade peracético aplicado con un atomizador y finalmente se enjuaga el termo.

Posterior al lavado de la sala de ordeño, la salida del agua residual del lavado pasa por coladeras y canaletas de agua que tienen salida en dirección a los terrenos, pero en el trayecto el agua es absorbida por el suelo, ver figura 30.

Figura 30 Canal de salida de la sala de ordeña



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023)

Figura 30. Canal de agua residual con desecho en la primera imagen se muestra el canal de salida de la sala de ordeño, el cual es la salida del agua residual que puede contener detergente líquido, vital, restos de estiércol que puede arrastrar las vacas en sus pesuñas y que llega a la sala de ordeño. En la segunda imagen se muestra el flujo del líquido hacia el punto que desemboca y acumula el agua residual.

9.1.6 Destino de leche producida

La leche obtenida es refrigerada y entregada a un productor de encargado de la elaboración de queso y cremas, el cual se encarga de recolectar la leche diariamente, ver figura 31.

Figura 31 Recolección de leche por un productor externo



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023)

Figura 31 Productor externo recolectando la leche ordeñada del día en la imagen se muestra una la camioneta enviada por la empresa equipada con contenedores para el almacenamiento y traslado de leche siendo recolectada diariamente con ayuda de una manguera conectada del tanque de enfriamiento que pasa a los contenedores de plásticos para su posterior procesamiento y distribución. Parte de la leche producida en la posta es destinada para la elaboración de quesos, de la cual de los litros obtenidos al día se destinan 60 litros de leche para el taller de lácteos, un espacio en el que se enseña a estudiantes en el proceso de elaboración de quesos y yogur el cual solo se asigna al taller de lácteos los cuales son vendidos entre la comunidad de la región, así como estudiantil ver figura 32.

Figura 32 Equipo del taller de lácteos



Fuente: obtención propia Peña. E (13/05/2023)

Figura 32. Área procesamiento de leche en las imágenes se muestra parte de las instalaciones del taller de lácteos en la primera imagen se observa la promoción de talleres y venta de productos lácteos en la segunda imagen se muestra un espacio de conservación de los productos elaborados en el taller que consta de un refrigerador en los que se almacenan leche y quesos en la tercera imagen se observa el contenedor para el separado de leche y suero en la cuarta imagen se muestra el espacio de mesas y herramientas para dar forma a los quesos.

9.1.7 Manejo de desechos

En la posta tiene un manejo de los desechos sólidos los cuales son los residuos de RPBI los cuales cuentan con un proveedor que se llevan los residuos que recolectan y en su mayor parte punzo cortantes lo que son agujas y algunos residuos patógenos Ver figura 33.

Figura 33 Residuos Peligrosos Biológico Infeccioso



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023)

Figura 33. Residuo Peligroso Biológico Infeccioso en la imagen se muestra un contenedor de objetos punzo cortantes donde se depositan las agujas, siendo el desecho generado por la aplicación de vitaminas y vacunación.

Los residuos sólidos urbanos en su totalidad son costales papeles de estraza y alambre, así como excretas los cuales se recolectan y se almacenan en un estercolero en del cual después de limpiar los establos se acumulan y se mantiene entre 20 días a 1 mes después es pasado a otro espacio del cual se utiliza para abonar los campos de ver figura 34.

Figura 34 Residuos sólidos urbanos



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023)

Figura 34. Residuos generados en la posta se presentan los residuos producto de las diversas áreas del sistema de producción dentro de las instalaciones en la primera imagen se muestran los residuos de papel de estraza del área de sala de ordeño, en la segunda y tercera imagen se presenta los contenedores colocados en Posta para el depósito de residuos de plásticos, envoltorios entre otros desechos y en la cuarta imagen se muestran uno de los tres estercoleros que se encuentran en el lugar.

9.1.8 Tractores y equipo de siembra

En la posta se cuenta con tractores, picadora, ensiladora y arado además de la presencia de vehículos para la carga de alimento los cuales son vehículos que representan una fuente de contaminación móvil procedente de los procesos de combustión de diésel de los cuales se genera y emiten gases como es el monóxido de carbono (CO).

Los vehículos ya mencionados son utilizados de manera cotidiana y se impulsan con diésel

Tractores: se cuentan con dos tractores los cuales son utilizados para la carga de costales de concentrando, así como de las pacas de alfalfa y ensilado además de ser utilizado en para los trabajos de siembra de la cual se le adapta el arador para la preparación del terreno y siembra de maíz por temporada, así mismo se puede adaptar a la picadora para la molienda de Zacate, avena y alfalfa utilizada cuatro días a la semana por un tiempo de trabajo de cuatro horas por día. Otra de las actividades con el tractor es la adaptación de la ensiladora que es utilizada una vez al año en temporada de siembra, para el desarrollo de estas actividades se suministran 100 litros de diésel por tractor en un periodo de 2 semanas, ver figura 35.

Figura 35 Vehículos de posta y maquinaria agrícola



Fuente: obtención propia Peña. E (15/08/2023) y (17/11/2023)

Figura 35. Medios de transporte y maquinaria agrícola se observa en las imágenes los diferentes tipos de vehículos que son utilizados en la Posta para el desempeño de las actividades de siembra y carga de alimento y residuos que se generan en los corrales en la primera imagen se muestra un tractor que es utilizado para el transporte de alimento así mismo se adaptan diferentes herramientas con las que se desarrollan otras actividades como es la remoción de estiércol de los corrales, el arado de terreno, trituración de zacate y ensilado en la segunda imagen se muestra un equipo de arado utilizado para las áreas destinadas para la siembra, la tercera imagen se presenta el equipo triturado de zacate, la cuarta imagen corresponde a un equipo de ensilado y por último la quinta imagen se muestra un camión de carga utilizado para el traslado de estiércol al estercolero de maduración así como del traslado del abono para los terrenos de siembra.

9.1.9 Control de fauna nociva

En la posta se cuenta con un control de plagas y fauna nociva de las que se identificaron ratones, ardillas y moscas los cuales se presentan en los corrales de vacas, sala de ordeño, comederos y almacén de alimentos lo que representan un riesgo a la salud de los bovinos reproductores debido a que se pueden transmitir enfermedades por lo que para el control de estas plagas se colocan trampas para disminuir la presencia de ratones y ardillas los cuales se centran en comer el alimento de las vacas para el control de moscas y otros insectos se aplica en las paredes, bigas y esquinas Acatán CE siendo un insecticida que elimina las moscas y cucarachas ver figura 36.

Figura 36 Insecticida para el control de fauna nociva



Fuente: obtención propia Peña. E (16/08/2023)

Figura 36. Producto químico para control de fauna nociva se muestra en la imagen el contenedor del producto Acatán CE el cual es aplicado en las instalaciones de la posta para la disminución de presencia de moscas

9.1.10 Recursos humanos

Para el desarrollo de las actividades de cada área y cuidado del ganado bovino se cuenta con personas que se dedica por mantener en buenas condiciones las instalaciones, de manera que el ganado bovino se encuentre en bienestar, tengan un buen desarrollo así mismo el personal cuenta con un control de vacunación además en las instalaciones se cuenta con un reglamento de actividades permitidas a desempeñar en cada área de la posta y restricciones además de establecer la vestimenta correspondiente a un overol y botas de hule para poder laborar en las instalaciones así como en el desempeño de actividades de aprendizaje para los estudiantes.

El equipo de trabajo que se encuentra organizado en la posta consta de vaquero, encargado de posta, ordeñadores, veterinarios, estudiantes y practicantes, de servicio social.

Previo al desempeño de las actividades, el personal debe estar capacitado y conocer las actividades que debe desempeñar de acuerdo con las áreas asignadas.

Para los ordeñadores se asignan 1 o 2 personas, los cuales son los responsables del ordeño

Alimentadores: el personal encargado le corresponde administrar el concentrado y forraje, así como las descargas de forraje y labores de campo y limpieza.

Veladores: son los encargados de vigilar el rancho por las noches, reportar lo sucedido en la noche y el llenado de cisterna de agua.

Encargado de la Posta corresponde al Médico Veterinario y Zootecnista quien se encarga de atender y tratar a las vacas, así como la dirección de personal que se encuentra en la Posta, ver figura 37.

Figura 37 Personal encargado del ganado bovino



Fuente: obtención propia Peña. E (16/08/2023)

Figura 37. Responsables del cuidado de ganado bovino y el desarrollo de actividades de la Posta. En la primera imagen se observa a una médico encargada de la aplicación de vitaminas, en la segunda imagen se observa a personal encargado de limpieza y transporte de estiércol de los corrales a los estercoleros.

9.1.11 Recursos hídricos

Los recursos hídricos con las que cuenta la posta es un tanque de almacenamiento de agua lluvia además de contar con una cisterna de agua que es procedente de un pozo profundo la cual es distribuida en diversas actividades dentro de la posta el primero es la hidratación del ganado bovino del cual no se limita el suministro de agua otra de las actividades es para el lavado de sala de ordeño y el riego de cultivos ver figura 38.

Figura 38 Depósito de agua de la posta



Fuente: obtención propia Peña. E (16/08/2023)

Figura 38. Recurso hídrico se muestra en la imagen el depósito de agua que se encuentra ubicado cercano a las áreas destinadas de cultivo y la distribución de agua para las demás actividades de la posta.

Para una mejor comprensión del sistema de producción se plantea en un diagrama ver anexo 2

9.1.12 Actividades de reutilización desempeñadas en la posta

En la posta desempeñan el aprovechamiento de desechos que se generan en las diferentes áreas del proceso esto con el objetivo de generar un menor impacto al ambiente, así como tener una reducción en costos y generar un ingreso por la venta de desechos como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Aprovechamiento de residuos en la posta

Producto de desecho	Destino y disposición
Costales	Venta de costales Reutilización de costales como bolsas de basura
Alambre	Venta de alambre
Suero de leche	Aplicado al preparado de silo de maíz
Estiércol	Abono para las tierras de cultivo

Fuente: Elaboración propia Peña Cirilo E R, (2023)

Objetivo 2. Identificar las fuentes de contaminación ambiental del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.

9.2 Identificación de fuentes de contaminación

Realizada la descripción del sistema de producción se continuó con la metodología basada en la Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental en Aire, Agua y Suelo, ERFCA directriz de la FAO (Weitzenfeld,1988) la selección de este método permito identificar las fuentes de emisión y fuentes de contaminantes de forma rápida sin requerir muestreos extensos siendo una opción económica y de fácil uso porque cuenta con una recopilación de datos estadísticos, censos e informes de actividades de manera que se puede obtener un inventario de contaminantes presentes en el aire, agua y suelo así mismo retomo información del documento a las Emisiones Procedentes de las Operaciones de Alimentación Animal (USEPA, 2006) como parte de la revisión para la identificación de fuentes de contaminación en la Posta.

Para el desarrollo de la técnica ERFCA comprendió de los siguientes pasos:

I. Definición del área de estudio en este primer punto se estableció el lugar de estudio seleccionando la Posta Zootécnica de Tecamachalco como área de estudio, así mismo se delimitó el área de estudio enfocado en la producción de leche bovina como un sistema intensivo.

II. Recolección de datos.

Se caracterizó el sistema de producción a través de la observación por medio del recorrido a las instalaciones en donde se caracterizaron los desechos que se generan y emiten posteriormente se identificó de acuerdo con el catálogo ERFCA las cargas de contaminantes de efluentes catalogadas de acuerdo con el código 1110 g correspondiente a granjas lecheras así mismo se considerando las cabezas de ganado vacuno de cada extracto de población de esta producción (Weitzenfeld, 1989).

Así mismo se realizó una encuesta semiestructurada aplicada a los encargados de la posta con el objetivo de conocer su percepción y opinión sobre los efectos de contaminación generados por las etapas de producción lechera, así como los efectos que considera afectan al ganado y su salud.

En continuación con la metodología ERFCA. Se determinó que los factores ambientales de agua, suelo y aire, los cuales son afectados por diferentes tipos de contaminantes, siendo clasificados en fuentes puntuales, móviles y naturales

Factor ambiental Agua

Fuentes Puntuales

- Generación de estiércol producido por el ganado bovino que al estar a la intemperie puede generar lixiviados que pueden infiltrarse en aguas superficiales o subterráneas que al entrar en contacto con el agua se produce una alteración en las características físicas del agua debido a que se presenta una demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5),
- Aguas residuales por lavado de la sala de ordeño y equipo de ordeño del cual se pueden presentar residuos de productos utilizados para la limpieza y residuos de leche.
- Taller de lácteos en esta área se considera la generación de residuos procedentes de la elaboración de quesos de los cuales se generan el suero de leche del cual al no tener un buen manejo puede provocar efectos en las características físicas del cuerpo de agua como son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), Sólidos suspendidos (SS) y Sólidos disueltos totales (SDT).

Factor ambiental suelo

Fuentes Puntuales

- Generación de estiércol producido por el ganado bovino almacenado en los estereros y estos al estar a la intemperie de los cuales se concentran grandes cantidades de nitrógeno y fósforo lo que puede generar eutrofización de cuerpos de agua cercanos además de la generación de parásitos, bacterias y virus y la presencia de lixiviados que se filtran al suelo
- Aplicación de fertilizantes procedentes del área de cultivos provocando infiltración al suelo.
- Derrames de productos químicos utilizados para el control de plagas nocivas
- Alambre oxidado es un residuo generado del proceso de alimentación que al ser retirado de las pacas y al quedar a la intemperie esta se oxida, lo que genera infiltrar en menores cantidades de metales pesados

Fuentes Móviles:

- Compactación del suelo por los vehículos utilizados en las actividades de la posta, además de causar erosión.

Factor ambiental atmosfera

Fuentes naturales:

- Ganado lechero de la Posta se considera una fuente natural de contaminación debido a las emisiones procedentes de la de fermentación entérica que se llevan a cabo dentro del rumen del animal del cual se producen gases de efecto invernadero, siendo estos el metano (CH₄) y óxido nitroso (NO₂)

Fuentes puntuales:

- Estercoleros es una fuente de contaminación de los cuales se presentan malos olores y problemas respiratorios, así mismo al estar a la intemperie puede emitir compuestos de nitrógeno (NO_x), compuestos de azufre (SO_x), metano (CH₄), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y material particulado (PM).

Fuentes Móviles:

- Vehículos de transporte y tractores los cuales emiten grandes cantidades de monóxido de carbono (CO), compuestos de nitrógeno (NO_x) y algunos otros compuestos como partículas, dióxido de azufre (SO₂), e hidrocarburos (HC) siendo vehículos utilizados en el transporte de alimento, insumos, estiércol y en el sembrado de áreas de cultivo de manera que contribuyen a la contaminación del aire.

En el sistema de producción de leche tras un recorrido en las instalaciones se realizó la identificación de las áreas del proceso que constan de fuentes de contaminación al ambiente de manera que se clasifican en fuentes de contaminación móviles y Puntuales en las que se identifica la generación de desechos de estiércol los cuales pueden afectar los medios de agua a través de los vertidos, además de la concentración de los residuos en el suelo y las emisiones en la atmosfera por lo que se describen las fuentes de contaminación de acuerdo al medio y tipo de contaminante generado por cada etapa del proceso como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3 Caracterización de fuentes de contaminación

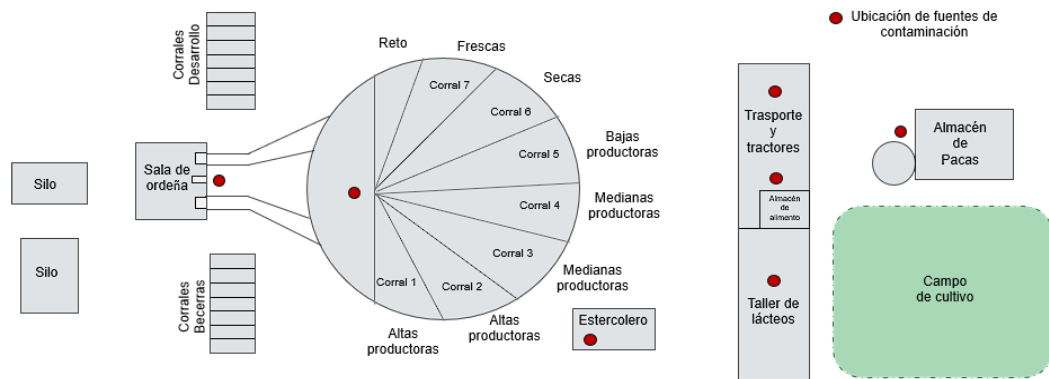
Factor Ambiental	Tipo de Fuente	Fuente de Contaminación	Contaminante Generado	Posibles Consecuencias
Agua	Puntual	Estiércol bovino, sala de ordeño, taller de lácteos	DBO ₅ , SS, SDT, residuos de limpieza, suero de leche	Eutrofización, disminución de oxígeno disuelto, proliferación de algas, toxicidad para la vida acuática, enfermedades transmitidas por el agua.
Suelo	Puntual	Estiércol bovino Fertilizantes Alambre oxidado	Nitrógeno, fósforo, parásitos, bacterias, virus, metales pesados	Eutrofización, contaminación de acuíferos, pérdida de fertilidad del suelo, toxicidad para la flora y fauna del suelo.
	Móvil	Vehículos	Compactación y erosión	Pérdida de fertilidad, aumento de la escorrentía, sedimentación en cuerpos de agua.
Atmósfera	Natural	Ganado bovino	Metano (CH ₄), óxido nítrico (NO ₂)	Efecto invernadero, cambio climático.
	Puntual	Estercoleros	Compuestos de nitrógeno (NO _x), compuestos de azufre (SO _x), metano (CH ₄), COVs, material particulado (PM)	Problemas respiratorios, olores desagradables
	Móvil	Vehículos	Monóxido de carbono (CO), compuestos de nitrógeno (NO _x), partículas, dióxido de azufre (SO ₂), hidrocarburos (HC)	Smog, lluvia ácida, problemas respiratorios, cambio climático.

Fuente: Elaboración propia Peña Cirilo E R 2022

9.2.1 Fuentes de contaminación

En el sistema de producción de leche tras un recorrido en las instalaciones se realizó la identificación de las áreas del proceso que constan de fuentes de contaminación al ambiente de manera que se clasifican en fuentes de contaminación móviles y fijas en las que se identifica la generación de desechos de estiércol los cuales pueden afectar los medios de agua a través de los vertidos, la concentración de los residuos en el suelo y las emisiones en la atmosfera por lo que se describen las fuentes de contaminación de acuerdo al medio y tipo de contaminante generado por cada etapa del proceso ver figura 39.

Figura 39 Identificación de fuentes de contaminación en las instalaciones de la Posta



Fuente: obtención propia Peña E R.(2023)

Figura 39. Se muestra el mapa de las instalaciones de la Posta en la que se identifican en puntos rojos las áreas que representan una fuente de contaminación.

En la descripción del sistema se puede identificar como fuentes de contaminación móviles a los tractores, camiones, camionetas y animales, mientras que las fuentes de contaminación fijas las constituyen la sala de ordeña, el área de elaboración y almacenamiento de alimentos para el ganado, la picadora y moledora de forraje y los estercoleros. La contaminación derivada de cada fuente tiene relación con el uso de recursos, el proceso, la generación del producto y los residuos no reutilizables. De esta manera en la sala de ordeño se contamina por concepto del lavado de la sala y del lavado y secado de la ubre de las vacas y otros componentes. Aquí se generan contaminantes que impactan las fuentes de agua (principalmente por residuos de líquidos con presencia de sales, jabón, desechos de estiércol y residuos de papel estraza).

Otros desechos en el sistema son los residuos sólidos constituidos por alambres, costales, cartones, cubetas rotas, etc.

El ganado bovino también es una fuente de contaminación ya que genera emisiones de gases por fermentación entérica (metano) y derivado del estiércol apilado (el estercolero es una fuente fija en el que por proceso de descomposición de la materia almacenada se emiten los GEI).

Por su parte, los vehículos son una fuente móvil que por su proceso de combustión de diésel y gasolina se emiten gases como es el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxido nítrico (NO), material particulado e hidrocarburos.

9.2.2 Resultados de la entrevista

Para el desarrollo de la entrevista se considera la población presente en la Posta Zootécnica, en la que solo se consideró encuestar a los dos responsables del área de bovinos, los cuales son personas claves que se encargan de administrar lugar y conocen de la operación del área de estudio. La selección de la población dentro del área de estudio y el número de personas correspondió a las personas que cuentan con un conocimiento profundo de las actividades, de manera que se conocieran las perspectivas y opiniones sobre los impactos al ambiente conforme a su perspectiva.

El cuestionario fue viable ya que se llegó a criterio de expertos (dos).

se aplicaron encuestas semiestructuradas, así mismo debido a que solo se realizaron dos encuestas con preguntas abiertas y cerradas a dos personas, se consideró como un estudio de caso.

Se determinó como caso de estudio debido a que con ella se pueden conocer el enfoque y perspectivas de los dos individuos, analizando en profundidad los roles que desempeñan y experiencias específicas en el control del lugar.

Durante el desarrollo del recorrido a las instalaciones y al observar el origen de las fuentes de contaminación se consideraron las medidas a realizar para mitigar o controlar los efectos de las emisiones así como de la generación de residuos por lo cual se contempló la elaboración de preguntas de tipo opinión y descriptiva así mismo se diseñaron las preguntas con opciones de respuestas, así como preguntas abiertas con el fin de conocer las opiniones y percepciones de las diferentes características que se presentan en el ambiente por la contaminación ganadera.

Resultados por apartado:

Impacto ambiental

Pregunta 1: ¿Está familiarizado con la contaminación ambiental que genera la crianza y cuidado de ganado bovino?

Persona 1: No desconozco sobre los efectos de contaminación.

Persona 2: Conozco algunos de los efectos de contaminación.

De acuerdo con las respuestas, las dos personas se determinaron que la primera persona no conoce ampliamente sobre el tema de contaminación ambiental generada por la ganadería bovina, en cuanto a la persona dos se considera que tiene un conocimiento parcial sobre el tema.

Pregunta 2: ¿Conoce los efectos negativos que tiene la producción intensiva ganadera al medio ambiente?

Persona 1: Considero que el estiércol es el único residuo que afecta al ambiente.

Persona 2: Considero que el estiércol es el único residuo que afecta al ambiente.

En esta pregunta para ambas personas encuestadas se observó que consideran el estiércol como único residuo que afecta al medio ambiente debido a las grandes cantidades que se generan en el rancho, sin embargo, también se generan otros residuos que impactan al ambiente y que son producto de las actividades dentro del rancho por mencionar algunos la orina, los gases de efecto invernadero y los productos químicos utilizados en la agricultura lo que nos lleva a considerar informar al personal de las formas de contaminación que se presentan en cada etapa del proceso de producción.

Pregunta 3: De los siguientes problemas de contaminación, ¿cuáles consideran que son ocasionados por la crianza y cuidado de la ganadería bovina?

Persona 1: Contaminación del agua por estiércol y orina.

Persona 2: Emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con las respuestas de la pregunta se observó que la primera persona solo considera que la generación de residuos de estiércol y orina que se acumula en el rancho es un problema del cual no se ha aprovechado en su totalidad en cuanto a la segunda persona considera que la acumulación del estiércol producida en el rancho se acumula en grandes cantidades a lo que identifica que se emiten gases de efecto invernadero del cual considera como otro problema.

Pregunta 4: ¿Considera que es un problema grave la contaminación ambiental generada por la crianza y cuidado de ganado vacuno?

Persona 1: Sí, la generación de desechos del ganado puede contaminar el agua, aire y suelo.

Persona 2: Sí, la generación de desechos del ganado puede contaminar el agua, aire y suelo.

Como resultado de esta pregunta se obtuvo que ambas personas consideran que el cuidado y crianza del ganado pueden contaminar al ambiente por la generación de los desechos de bovinos, lo que nos permite determinar que las dos personas contemplan los posibles daños que pueden generar al ambiente.

Pregunta 5: ¿Qué opina sobre las prácticas actuales de crianza y cuidado del ganado bovino lechero?

Persona 1: Deben ser reemplazadas por alternativas más sostenibles.

Persona 2: Necesitan mejorar para reducir su impacto ambiental.

En la última pregunta de la sección se obtuvo las siguientes respuestas la primera persona considera que se deben reemplazar algunas actividades que se desempeñan en la Posta para que sean más sostenibles así mismo la segunda persona contempla que las prácticas que se desempeñan en la Posta aún pueden mejorarse para que se disminuya la contaminación al ambiente. Por tanto, ambas personas creen que las prácticas que se desempeñan en la Posta deben ser modificadas para reducir el impacto ambiental que se producen en el lugar y así procurar el bienestar de los bovinos, estudiantes y personal de la Posta.

Se puede concluir que las preguntas del apartado de percepción del impacto ambiental de la ganadería bovina se obtienen que ambas personas encuestadas conocen moderadamente los efectos de contaminación que se generan en el sistema de producción intensivo así mismo consideran que las técnicas actuales de crianza deben de ser mejoradas con el uso de tecnologías y practicas más sustentables demostrando que las personas reconocen que existe un problema que afecta interna y externamente a lo que consideran el necesario tomar medidas para reducir el impacto al ambiente.

Posterior a las preguntas del primer apartado se aplicaron las preguntas correspondientes a los apartados de salud y bienestar del personal ganadero, conocimientos de prácticas y medidas actuales de control de contaminación y biodiversidad y ecosistema la cual se conformó por 12 preguntas abiertas desarrolladas con el objetivo de recabar información sobre las perspectivas y opiniones de los actores claves en relación con los efectos de la contaminación ambiental que se genera en la posta de los cuales se obtuvo las opiniones y se obtuvieron las siguientes conclusiones

Bienestar del personal ganadero

Los resultados obtenidos de ambas encuestas establecen que el personal que se encuentra en la posta no presenta problemas a la salud por factores provenientes de la crianza y cuidado del ganado bovino, ya que en la posta se cuenta con un control preventivo de salud para el personal con la aplicación de vacunas, así como del uso adecuado de equipo de protección personal y equipo en el desempeño de cada actividad

Prácticas y medidas actuales de control de contaminación

Los resultados de ambas encuestas se mencionan que se conocen algunas prácticas de control de contaminación en un estercolero en el cual después de limpiar los establos se acumulan de las cuales consideran que tendría un buen aprovechamiento del estiércol así mismo existe la posibilidad de dar a conocer otras prácticas que permitan aprovechar los residuos orgánicos.

Efectos sobre la biodiversidad y ecosistema

Los resultados de ambas encuestas se informan que solo han percibido la disminución del crecimiento de algunas plantas nativas de la región y que no se han implementado medidas, pero están considerando tomar acción para disminuir estos efectos.

Objetivo 3. Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en la unidad de producción lechera de la posta zootécnica de Tecamachalco, Puebla.

Para realizar la estimación de los gases de efecto invernadero del objetivo 3 y los residuos generados objetivo 4 se toma en consideración a los cuadernos de trabajo de la técnica ERFCA. cabe mencionar que esta técnica al ser una evaluación rápida no es muy precisa, por lo que se complementan los cálculos con las fórmulas establecidas por el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2006) para las estimaciones de las emisiones de metano (CH₄) y óxidos nitrosos (N₂O) del hato lechero. Así mismo se utilizó el modelo de evaluación ambiental de la ganadería mundial (GLEAM,2014), para el contexto Latino Americano el cual proporciona una herramienta en su plataforma <https://gleami.apps.fao.org/input> (recuperado el 13 de octubre del 2023) mediante el cual uno puede evaluar GEI, Producción de proteína y consumo de alimento por el ganado.

En cuanto a la organización de resultados la información recopilada se registró en hoja de cálculo Excel para evaluar el inventario de desechos y contaminantes en los sistemas de producción de leche.

9.3 Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero IPCC

Para la estimación de los gases de efecto invernadero generados por la actividad de producción lechera se siguió la metodología de las directrices 2006 del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2006) para inventarios nacionales en la que se establecen las ecuaciones y los valores paramétricos que son establecidos por las directrices.

Las estimaciones de los contaminantes consideraron los métodos de Nivel 1 y Nivel 2 de acuerdo con lo establecido por (IPCC, 2006), los cuales consisten en:

Nivel 1: Es un método simplificado que hace uso de factores de emisión por defecto obtenidos de la bibliografía o calculados utilizando una metodología basada en datos generales de la población de ganado.

Nivel 2: Es un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país referido a ingesta de energía bruta y factores de conversión en metano y óxido nitroso para categorías específicas de ganado.

Para seleccionar el factor de emisión se identificó la región y se consideraron las características del ganado bovino presente en el hato de estudio, considerando la situación alimentaria, peso y producción de leche, siendo los parámetros considerados por (IPCC, 2006) para desarrollar los factores de emisión de gases.

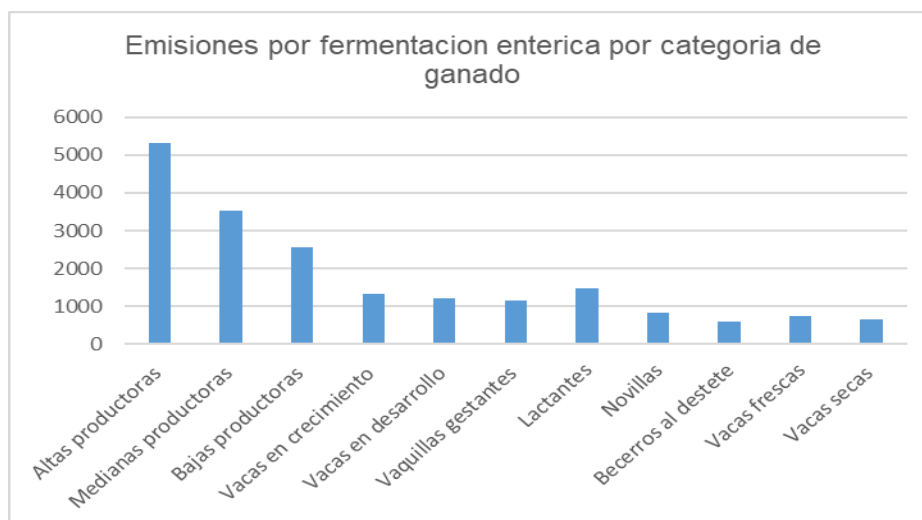
La primera estimación de acuerdo con el IPCC para el ganado por emisión por fermentación entérica se consideran los factores de emisión por categoría de ganado para bovinos lecheros con 63 kg CH₄ /cabeza-año y otros bovinos 56 kg CH₄ /cabeza-año se estimaron las emisiones de metano por fermentación entérica (ver tabla 4). La información proporcionada en la tabla 4 se refiere a las emisiones de metano (CH₄) generadas por diferentes categorías de ganado en diferentes etapas de producción de las vacas lecheras, de la cual las emisiones varían por la alimentación.

Tabla 4 Estimación de la emisión de CH₄ entérico del ganado

Categoría de ganado	Categoría de ganado para América Latina (IPCC, 2006)	Factor de emisión CH ₄ para población	Emisiones de CH ₄ entérico
		Kg CH ₄ cabeza -año	
Altas productoras	63	9.62	5304.44
Medianas productoras	63	9.33	3528.90
Bajas productoras	63	9.04	2563.78
Vacas en crecimiento	56	8.01	1339.01
Vacas en desarrollo	56	7.75	1220.16
Vaquillas gestantes	56	7.75	1143.90
Lactantes	63	7.22	1479.50
Novillas	56	7.11	839.64
Becerros al destete	56	5.34	578.16
Vacas frescas	56	7.39	726.44
Vacas secas	56	7.22	639.44

Fuente: Peña Cirilo E R, (2023) a partir de datos del IPCC (2006) por segunda columna y datos de la explotación para la tercera y cuarta columna obtenidos por medio de las ecuaciones 1 y 2.

Grafica 1. Emisiones por fermentación entérica por categoría de ganado



Fuente: Peña Cirilo E R, (2023)

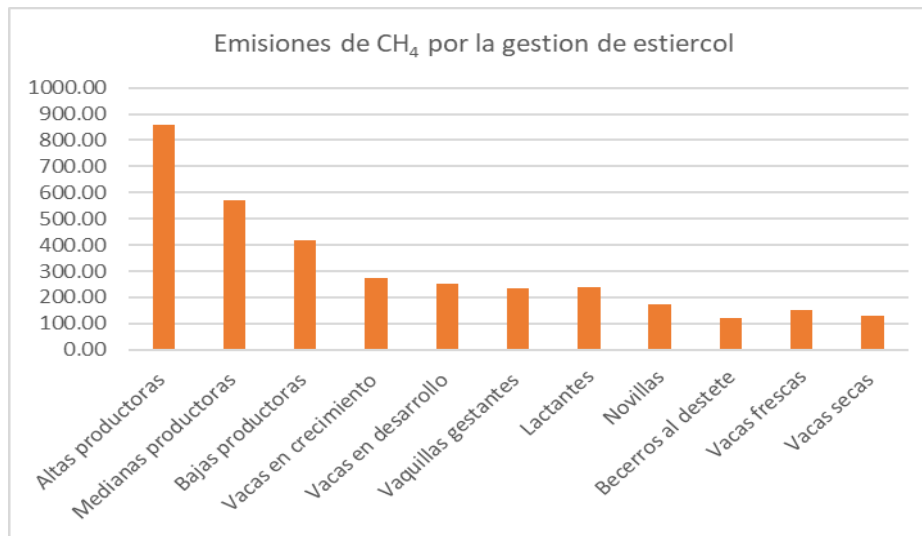
La información proporcionada en la tabla 5 muestra las emisiones de metano (CH₄) generadas por diferentes categorías de ganado en diferentes etapas de producción de las vacas lecheras, de la cual presentan diferencias respecto al consumo de alimento, los periodos de alimentación, dieta y cantidad de estiércol generado por desecho.

Tabla 5 Emisiones de CH₄ por la gestión de estiércol

Categoría de ganado	Categoría de ganado para América Latina	Factor de emisión CH ₄ para población	Emisiones de CH ₄ por la gestión de estiércol
		Kg CH ₄ cabeza -año	Gg CH ₄ año
Altas productoras	63	9.62	860.68
Medianas productoras	63	9.33	572.59
Bajas productoras	63	9.04	415.99
Vacas en crecimiento	56	8.01	274.97
Vacas en desarrollo	56	7.75	250.57
Vaquillas gestantes	56	7.75	234.91
Lactantes	63	7.22	240.06
Novillas	56	7.11	172.42
Becerros al destete	56	5.34	118.73
Vacas frescas	56	7.39	149.18
Vacas secas	56	7.22	131.31

Fuente: Peña Cirilo E R, (2023) a partir de datos del IPCC (2006) en la segunda columna y datos de la explotación para la tercera y cuarta columna obtenidos por medio de las ecuaciones 3 y 4.

Grafica 2. Emisiones de CH₄ por la gestión de estiércol



Fuente: Peña Cirilo E R, (2023)

Los resultados obtenidos en la tabla 6 muestra las emisiones de N₂O generadas en la gestión de estiércol por las categorías de ganado en diferentes etapas de producción de las vacas lecheras, tiene el mismo factor de emisión de N₂O debido a la selección del sistema de gestión de estiércol de almacenaje de sólidos determinado por el IPCC (2006) de la cual presentan diferencias respecto a la cantidad de estiércol generado por desecho. Los resultados obtenidos se pueden observar a detalle en el anexo 3.

Tabla 6 Estimación de emisiones de N₂O del sistema de gestión de estiércol

categoría de ganado	Factor de emisión de N ₂ O del sistema de gestión de estiércol	Emisiones directas de N ₂ O del sistema de gestión de estiércol
	Kg N ₂ O-N/ N Kg	Kg N ₂ O año
Altas productoras	0.005	2827.71
Medianas productoras	0.005	1939.00
Bajas productoras	0.005	1454.25
Vacas en crecimiento	0.005	1220.85
Vacas en desarrollo	0.005	1149.04
Vaquillas gestantes	0.005	1077.22
Lactantes	0.005	1050.29
Novillas	0.005	861.78
Becerros al destete	0.005	789.96
Vacas frescas	0.005	718.15
Vacas secas	0.005	646.33

Fuente: Peña Cirilo E R, (2023) a partir de datos del IPCC (2006) para segunda columna y datos de la explotación para la tercera y cuarta columna obtenidos por medio de las ecuaciones 5

Los resultados obtenidos de cada categoría de ganado presente en la posta zootécnica muestra que para la categoría de vacas altas productores se obtiene una mayor generación de gases de efecto invernadero de metano entérico, metano por gestión de estiércol y óxido nitroso seguido de las vacas medianas productor vacas bajas productoras dichos resultados deben a peso de las vacas como la dieta de forraje, ensilado de maíz, alfalfa y concentrados así como los periodos de alimentación que conllevan a un tener una mayor uso energético de emisión que en comparación con las vacas de las otras categorías que la emisión es menor debido al peso y un consumo de alimento menor correspondiente a la etapa de desarrollo

De acuerdo al estudio realizado por (Zúñiga,2016) el cual muestra un promedio de emisión para categoría de ganado con un porcentaje de emisión por gestión de estiércol de 2308.40 Gg CH₄ al año el cual es un estudio en sistema de producción intensivo representa un valor de emisión para la posta ser un promedio que tiene una variabilidad en las emisiones de metano y el factor de conversión lo que nos permite identificar que los valores cuentan con un factor diferente como es la alimentación de los bovinos

Objetivo 4. Cuantificar la generación de residuos sólidos y residuos líquidos del sistema de producción lechera de la posta zootecnia de Tecamachalco, Puebla.

9.4 Generación de residuos

Mediante el uso de una báscula de gancho, se determinó el peso de pacas de costales vacíos conformados cada paca con 50 costales, siendo clasificados por color en rojos, blancos y verdes, ver figura 40. Los resultados de estos pesajes se presentan en la Tabla 7.

Además, se identificaron y pesaron otros residuos como papel, cartón, agujas, alambre y frascos de medicamentos, ver Figura 41. Se estimó la cantidad anual de estos residuos, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 8.

Figura 40 Peso de pacas de costales



Fuente: obtención propia Peña. E R, (15/08/2023)

Figura 40. Imágenes de los tres tipos de costales y presentaciones de concentrado de alimento correspondientes a los tipos de dieta que dan a los bovinos de los cuales son recolectados una vez vacíos y empaquetados en la primera imagen se observa una paca de costales identificados por el color rojo de los cuales son costales reforzados siendo este un material más rígido en la segunda imagen se muestra la paca de costales identificada como blancos siendo estos de un material más ligero y flexible, en la tercera imagen se muestra la paca de costales identificados como de color verde los cuales son de un material menos reforzado y parcialmente rígido.

Tabla 7 Medición de peso de las pacas de costales vacíos

Pacas de costal	Peso en Kg	Nuero de pacas contadas	Peso total
Rojo	3.340	5	16.700
Blanco	4.940	28	138.320
Verde	5.120	20	102.400

Fuente: Elaboración propia Peña Cirilo E R, (2023)

Figura 41 Residuos generados en la Posta



Fuente: obtención propia Peña. E R, (15/08/2023)

Figura 41. Imágenes de los residuos identificados en cada etapa del sistema de producción en la primera imagen se muestra un costal con papel de estraza los cuales son los residuos generados en la sala de ordeño en la segunda imagen se observa envolturas de papel que se generan en el área de almacén de alimentos en la tercera imagen se muestra el contenedor de RPBI con agujas siendo un residuo generado del cuidado de los bovinos en la cuarta imagen se presenta una pila de alambre generado de las pacas de zacate en la última imagen se muestran frascos de medicamentos residuos generados en la farmacia.

Tabla 8 Medición de pesos de todos los residuos encontrados en la Posta

Subproductos	Peso en Kg	Tiempo	Kg mensuales	Kg/año
Paca de costales 1	138.320	semanal	553.28	6639.4
Paca de costales 2	102.400	semanal	409.6	4915.2
Paca de costales 3	16.700	semanal	66.8	801.6
Papel de estraza	10.52	semanal	42.08	505.0
Papel	6.270	semanal	25.08	301.0
Agujas	3	mensual	3	36
Alambre	10	semanal	32.64	391.7
Vidrio transparente	5	semanal	20	240

Fuente: Elaboración propia Peña Cirilo E R, (2023)

En las etapas del proceso de producción se observó la generación de productos de desecho como son costales, papel de estraza, agujas, envases de medicamentos, alambres, los cuales se pesaron y estimaron por año ver tabla 9.

Tabla 9 Generación de desechos en las unidades de producción

Producto de desecho	Área de proceso	Kg/año
Costales	Almacén de alimentos	639
Papel de estraza	Sala de ordeña	504
Agujas desechables	Cuidado veterinario	36
Envase de medicamento	Cuidado veterinario	60
Alambre	Alimentación	39

Fuente: Peña, Cirilo E R, (2023)

9.4.1 Estimación de residuos ERFCa

Con base a la técnica se ERFCa se hizo uso del cuadro de trabajo 1.2 correspondiente al cálculo de cargas de contaminación de aire provenientes de fuentes de combustión móviles para el cálculo se consideraron los vehículos presentes en la posta, así como el tipo de motor y combustible utilizados siendo estimado el consumo de Diesel en toneladas al año obteniendo la generación de partículas, de hidrocarburos, SO₂, NO y CO ver tabla 10.

Tabla 10 Cálculo de fuentes de contaminación móviles del rancho

Tipo de vehículo	Ton de combustible consumido	partículas	Hidrocarburo	SO ₂	NO	CO
		Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año
Coches y camiones con motor de diésel	4.8	11.52	12	91.2	52.8	208.8

Fuente: Peña Cirilo E R, (2023). De la técnica ERFCa (1989) se utilizó el cuadro 1.2 para el cálculo de cargas de contaminación de aire provenientes de fuentes de combustión móviles.

Para la estimación de los residuos industriales líquidos (RILes) correspondientes a la producción lechera para la elaboración de derivados de la leche como son la variedad de quesos y yogurt se hizo uso del cuadro 2.3 en la que indica los factores de desechos líquidos cuando las cantidades de subproductos se desconocen así mismo se realizó un registro del volumen de leche y volumen de desecho siendo considerando el suero de leche como residuo y del cual se estima la DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno en un periodo de 5 día), SS (sólidos suspendidos) y SDT (sólidos disueltos totales) el resultado obtenido se presenta en la tabla 11.

Tabla 11 Cálculo de cargas de desecho por residuos líquidos

Industria y proceso		Ton de leche	Volumen de desecho	DBO ₅	SS	SDT
Procesamiento de alimentos			m ³ /año	Ton/año	Ton/año	Ton/año
3.1.1.2	Productos lácteos	0.58	1.40	3.09	1.28	1.92

Fuente: Peña Cirilo E R, (2023). De la técnica ERFCA (1989) se utilizó y el cuadro 2.1 con el título de cuadro de trabajo para el cálculo de cargas de desechos y contaminación del agua provenientes de efluentes industriales considerando los factores preliminares del cuadro de trabajo 2.3 factores de desechos líquidos y contaminación para procesos industriales utilizándose la categoría 3.1.1.2 para productos lácteos y el código 1110g para granjas lecheras

9.4.2 Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM)

En las siguientes imágenes se muestran los resultados obtenidos de la herramienta Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM, 2015), para el contexto latinoamericano obteniendo las estimaciones de emisiones de GEI, producción de proteínas y consumo de alimento ver figura 42.

Figura 42 Captura de resultados GLEAM



Fuente: obtención propia Peña. E

Resultados GLEAM

De acuerdo con los resultados obtenidos en la plataforma GLEAM se presenta en las primeras tablas de emisiones de GEI, producción de proteína y consumo de alimento.

Las emisiones de GEI para un sistema de producción intensiva en promedio emite 7.600 millones de kg de CO₂-eq. En cuanto a los resultados obtenidos, para la posta se reporta que emite 1.200 millones de kg de CO₂-eq

Producción de proteínas se estima que para un sistema intensivo se producen 177,6 millones de kg. Los resultados calculados para la posta son de 6.881 kg.

Consumo de alimento: se estima que para un sistema intensivo se consumen 9.000 millones de kg de materia seca (DM). En cuanto al consumo por la posta es de 1.500 millones de kg de DM. Los resultados muestran que en la Posta presenta la menor emisión de GEI, producción de proteínas y el menor consumo de alimento, esto sugiere que el sistema es una opción más sostenible para la producción.

En la siguiente imagen muestra los gráficos que muestran las emisiones de GEI

En el primer gráfico se muestra la intensidad de las emisiones de GEI por kilogramo de proteína producida, así mismo muestra como las emisiones ha disminuido con el tiempo, lo que indica que la producción de proteínas se ha vuelto más eficiente.

El segundo gráfico muestra la producción de proteínas en Centroamérica, la cual ha aumentado con el tiempo, lo que representa un crecimiento en la demanda de proteínas.

Tercer gráfico muestra las emisiones totales que han aumentado con el tiempo, lo que representa que el sector agrícola está contribuyendo cada vez más al cambio climático.

Cuarta gráfica en este gráfico muestra la distribución de las emisiones de GEI por tipo de gas. El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero emitido por México, seguido del metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Quinta gráfica muestra las emisiones de GEI de diferentes sectores de la economía mexicana. Los sectores que más emisiones generan son la energía (36%), la industria (24%) y el transporte (22%).

9.5 Conclusiones

1.El presente trabajo se compara la hipótesis planteada de en la cual se identifican los componentes del sistema de producción presentes en la Posta Zootecnia los que constan de la raza de vacas, alimento, Instalaciones y manejo de residuos así mismo se identificaron los residuos generados que son los Gases de efecto invernadero, residuos sólidos y líquidos.

2.De acuerdo con el enfoque de las ciencias ambientales y para contar con una comprensión integral en la investigación se requiere estrategias de gestión de sistemas naturales y antrópicos que conlleven al estudio de los sistemas complejos con el fin de abarcar la totalidad de sus componentes y las interacciones entre ellos de manera que se logre profundizar en la gestión y desarrollo de actividades en los que se intervienen la relación de la sociedad y la naturaleza.

3.El sistema de producción lechera presente en la Posta consta de un sistema intensivo de los cuales se conforman por instalaciones de estabulación, reproducción por inseminación artificial, control de alimentación y vacunación, así como ordeño mecanizado siendo características de la sistema así mismo en el lugar se conforma por espacios de cultivo, farmacia, corrales que son controladas por Médicos veterinarios Zootecnistas que se encargan del monitorio y cuidado del ganado así como el funcionamiento del rancho además de ser un espacio de enseñanza para estudiantes.

4. Los resultados obtenidos de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo con las diferentes categorías de ganado de las que se considera el metano (CH_4) generado por la fermentación entérica, metano emitido por la gestión del estiércol y óxido nitroso (N_2O) generado por el sistema de gestión del estiércol se observó que las vacas Holstein como altas productoras de leche generan mayores emisiones de metano entérico debido a su consumo de alimentación que al estar basada en ensilado, concentrado y zacate se produce metano, y la digestión de concentrados aumenta las emisiones de metano entérico, por lo tanto, en el sistema de producción lechero estudiado, los contaminantes más representativos fueron el metano y óxido nitroso, lo cual abre posibilidades de disminuir su impacto como GEI implementando otras estrategias de alimentación.

5. Se destacan también los contaminantes por residuos sólidos como el cartón, papel, estraza, envases de medicamentos, alambres, jeringas desechables y residuos industriales líquidos, los cuales se descargan al suelo y al drenaje lo cual exige buenas prácticas de manejo.

De acuerdo con lo anterior se necesita de comprender y abordar los contaminantes ambientales generados en los sistemas de producción intensiva de leche bovina, con el objetivo de mitigar su impacto en el medio ambiente.

6. Se identificó que la producción de leche, especialmente en sistemas intensivos, genera una significativa cantidad de gases de efecto invernadero, principalmente metano y óxido nitroso, derivados de la fermentación entérica y la gestión del estiércol. Además, se detectó una generación considerable de residuos sólidos y líquidos, que, si no son manejados adecuadamente, pueden contaminar suelos y cuerpos de agua. Lo que conlleva a implementar prácticas sostenibles en toda la cadena de producción considerando la implementación de dietas más eficientes hasta la gestión adecuada de los residuos de manera que se minimice el impacto al ambiente y garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción a largo plazo así mismo

es fundamental continuar investigando y desarrollando tecnologías que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la gestión de los residuos en este sector.

9.6 Recomendaciones

Como se ha mencionado la ganadería es considerada una de las principales fuentes de contaminación en el mundo atribuido por la emisión de gases de efecto invernadero, sin embargo, el proceso de producción de manera intensiva en cada etapa del proceso representa también un impacto al entorno producto de la generación de desechos líquidos y sólidos que contaminan el agua y el suelo así como el aumento en las emisiones de GEI producto de residuos y procesos entéricos a lo cual se proponen mejoras que permitan disminuir los contaminantes generados por los procesos de cuidado y producción de la ganadería que se mencionan a continuación.

Mejorar la eficiencia de cada etapa de producción: Implementar prácticas que optimicen el uso de recursos como el agua, la energía y los alimentos.

Uso de alimentos con menor índice de GEI y adquisición de alimentos: el cambiar el concentrado de alimento que tenga un valor nutricional además de que este cuente con un valor mínimo de GEI además de buscar la adquisición de productos más cercanos al lugar o reduciría las distancias de transporte de manera que sea menor las emisiones de los automóviles que lo transportan.

Reducir el uso de fertilizantes nitrogenados en el área de cultivo: Implementar prácticas de manejo del suelo que favorezcan la fijación natural de nitrógeno.

Tratamiento de aguas residuales: Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales para eliminar los contaminantes antes de que se liberen al medio ambiente.

Implementar sistemas de biodigestión para capturar el metano del estiércol de las vacas y utilizarlo como fuente de energía.

Se propone sensibilizar y educar a los productores, consumidores y autoridades sobre la importancia de adoptar prácticas más sostenibles en la producción ganadera.

Utilización de los excrementos y purines como fertilizante: continuar con la aplicación de estiércol de animal como fertilizante orgánico después de un tratamiento adecuado para evitar la contaminación del suelo para conocer más a detalle el desarrollo de esta recomendación ver anexo 4.

X. ANEXOS

Anexo 1

BUENAS PRÁCTICAS PECUARIAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE LECHE BOVINA

Dirección						Fecha	
Km 7.5 Carretera Cañada Morelos, El Salado, Tecamachalco, Puebla						2022	
Estado	Puebla	Municipio	Tecamachalco	localidad	El salado	CP	75470
Teléfono			Correo Electrónico				

Sistema de producción	Intensiva	No. de cabezas de ganado	181 cabezas de ganado	Litros de ordeña al día	
-----------------------	-----------	--------------------------	-----------------------	-------------------------	--

UBICACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
1	La unidad de producción se encuentra alejada de zonas expuestas a contaminación física, química o microbiológica, tales como basureros, canales de aguas residuales, industrias u otros.	X			
2	La unidad de producción cuenta con barda o cerco perimetral que la rodee completamente e impida el ingreso de personal y/o vehículos ajenos a la unidad de producción, animales silvestres y fauna nociva.***Describa las características de la misma (material, altura)	X			
3	Las instalaciones incluyendo comederos y bebederos se encuentran limpias y en orden	X			
4	Las instalaciones (corrales, camas, comederos, bebederos) están diseñadas a fin de satisfacer el bienestar animal	X			
5	El diseño de los corrales facilita su limpieza e impide la acumulación de desechos orgánicos, tales como excretas.	X			
6	Los accesos y pasillos facilitan la entrada y salida de insumos y movilización del ganado	X			
7	La unidad de producción cuenta con área de cuarentena.	X			
8	Los drenajes son adecuados para el manejo de aguas residuales	X			
9	Las instalaciones y el equipo de la sala de ordeña y el de refrigeración, denota limpieza y buen estado	X			
10	La limpieza de las instalaciones se realiza periódicamente	X			
11	Los corrales permiten proteger al ganado de condiciones climáticas extremas	X			
12	Cuenta con áreas de descanso	X			
13	Las instalaciones cuentan con un correcto declive para evitar encharcamientos	X			
14	Cuenta con iluminación suficiente para realizar las labores	X			
15	Cuenta con una rampa para facilitar la carga y descarga del ganado	X			
16	El cercado de la sala de ordeño es adecuado, evita el dolor, estrés de los animales, y accidentes	X			
17	Cuenta con área de recepción de insumos o bodega de alimentos	X			
18	Cuenta con un almacén de medicamentos	X			
19	Se cuenta con un almacén de productos de limpieza	X			
20	Cuenta con un área de eliminación de desechos	X			

ALIMENTACION					
21	Cuenta con registros de recepción de materias primas y alimentos	X			
22	El equipo utilizado para alimentar el ganado es de uso exclusivo para este fin	X			
23	Se cuenta con un programa de limpieza (POES) en la elaboración de raciones y el equipo utilizado en esta actividad	X			
24	Cuenta con equipo exclusivo para la alimentación en el área de cuarentena, separado del ganado sano	X			
25	Los aditivos, premezcla y alimentos balanceados que se utilizan en la alimentación cuentan con registro.	X			
26	La unidad de producción cuenta con evidencia documental de las buenas prácticas de manufactura de cada lote adquirido de ingredientes, por parte de sus proveedores (certificado de control de calidad, garantía)		X		
27	La cantidad y calidad del alimento ofrecido a los animales en función de la edad, peso, estado de lactación, nivel de producción.	X			
28	En caso de contar con planta de alimentos de autoconsumo (dentro de la unidad de producción) se presenta el Aviso de Funcionamiento SENASICA-01-018 modalidad A (anexar copia)		X		
29	En caso de producir sus propios forrajes y granos, la UPP utiliza insumos fitosanitarios con Registro Sanitario Coordinado otorgado por la COFEPRIS.	X			
30	En caso de usar ensilados, estos se manejan y protegen de forma correcta	X			
31	Se cuenta con un programa de control de plagas y fauna nociva en el almacén de alimentos.	X			
AGUA					
32	La unidad de producción garantiza el abasto suficiente de agua para consumo de los animales	X			
33	Se realiza el monitoreo fisicoquímico (anual) y microbiológico (semestral).		X		
34	Los suministros de agua están protegidos de fauna nociva o contaminación, limpios y libres de desperdicios.	X			
35	Se cuenta con un programa de limpieza y desinfección de los bebederos.	X			
36	Los bebederos denotan limpieza.	X			
ORDEÑO DEL GANADO- MANEJO DEL ORDEÑO					
37	La unidad de producción cuenta con un programa de mantenimiento y limpieza de los depósitos de agua.	X			
38	La sala de ordeño se encuentra delimitada de otras áreas de la unidad de producción	X			
39	La sala de ordeño cuenta con diseño sanitario que facilite su limpieza y desinfección	Z			
40	La sala de ordeño denota orden y limpieza	X			
41	Se cuenta con un programa o procedimiento de mantenimiento del equipo de ordeño		X		
42	El equipo de ordeño está en condiciones adecuadas de limpieza y estado general	X			
43	Se cuenta con la cantidad suficiente de agua para las actividades de lavado del equipo, utensilios, así como para el lavado de ubre.	X			

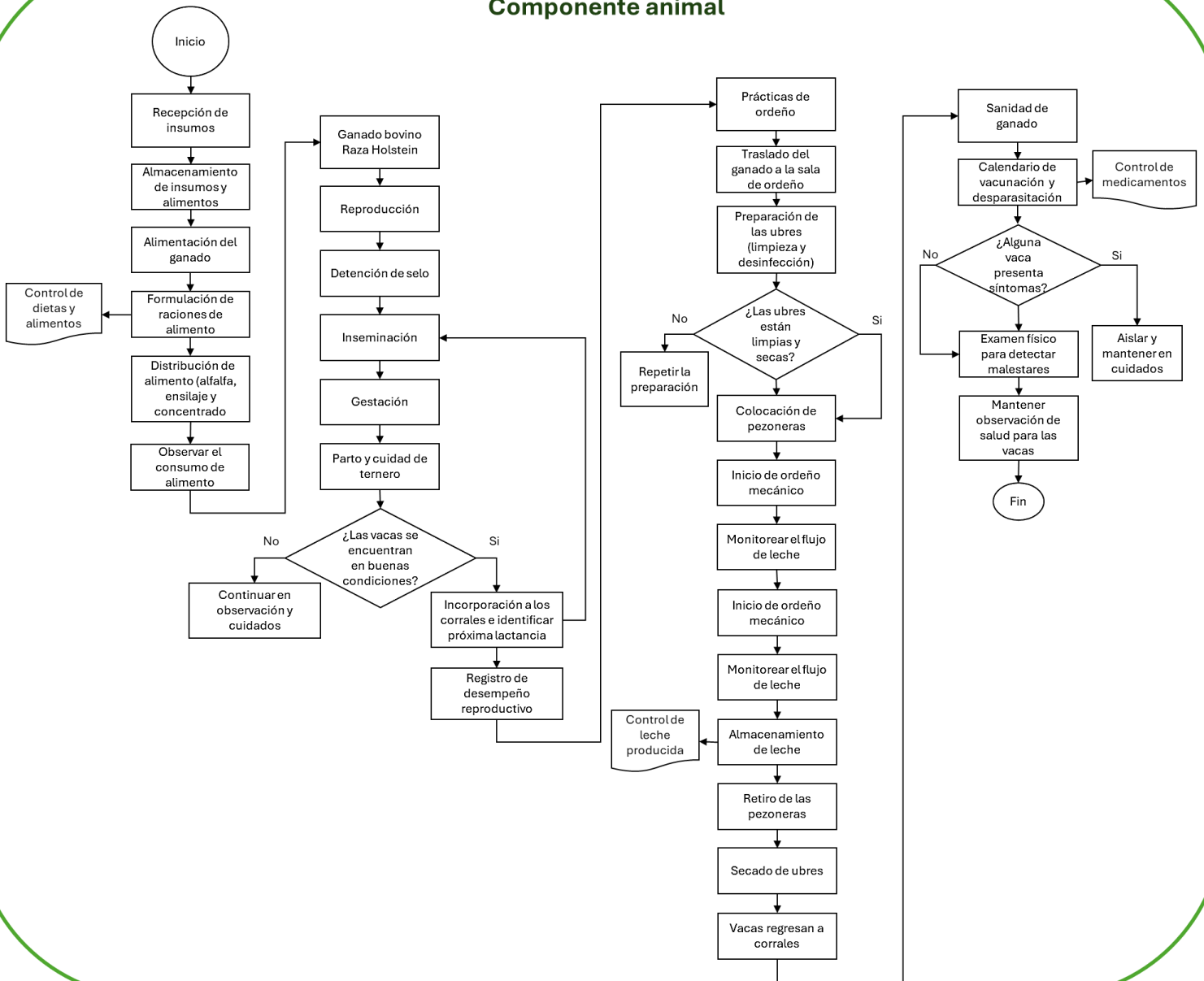
EVALUACIÓN ANTES DE LA ORDEÑA				
44	La leche se almacena de manera separada físicamente de otras áreas	X		
45	La leche se almacena en recipientes de acero inoxidable u otro material grado alimenticio	X		
46	Los equipos y utensilios antes de iniciar la ordeña se encuentran limpios y desinfectados	X		
47	El personal realiza correctamente el lavado de manos antes de iniciar	X		
48	El personal tiene las uñas limpias y recortadas y su aspecto denota higiene personal no usa algún tipo de adorno o joyería.	X		
49	El personal no tiene heridas, o infecciones aparentes en la piel y esta aparentemente sano.	X		
50	El personal usa vestimenta adecuada, limpia y exclusiva para llevar a cabo la ordeña	X		
51	Se realiza enjuagado y lavado de los pezones con agua potable	X		
52	Se realiza el despunte sobre tazón de fondo oscuro y se detectan posibles alteraciones en la leche y ubres	X		
53	Se usa y aplica correctamente el pre-sello	X		
54	Se secan los pezones con toallas individuales	X		
55	En caso de usar tanques enfriadores, estos son de acero inoxidable grado alimenticio	X		
56	Si cuenta con tanques de enfriamiento, se monitorea la temperatura y se registra	X		
57	El ordeño se realiza correctamente. ***Describa el método de ordeño	X		
58	Se ordeña primero a las recién paridas (siete días posteriores al parto) y después las vacas adultas	X		
EVALUACIÓN DESPUES DE LA ORDEÑA				
59	Las vacas en tratamiento médico se ordeñan por separado y al final	X		
60	Las ordeñadoras son de retiro automático o en caso contrario se cierra el vacío antes de retirarlas	X		
61	Concluida la ordeña, se usa y aplica correctamente el sellador	X		
62	Se enjuagan y sumergen las unidades de ordeño en solución sanitizante indicada para esta tarea antes de ser colocadas en el siguiente animal	X		
63	Se realiza periódicamente el recambio de la solución desinfectante, de acuerdo al proveedor del mismo.	X		
64	Cuenta con procedimientos diarios de limpieza y desinfección del equipo de ordeño	X		
65	Se lleva a cabo el mantenimiento del equipo de ordeño periódicamente por el proveedor o en su caso por personal de la unidad de producción	X		
66	La leche se almacena en áreas y recipientes específicos para tal fin.	X		

SANIDAD DEL GANADO					
67	La unidad de producción cuenta con Médico Veterinario Zootecnista responsable de la misma.	X			
68	Participa en campañas o tiene constancia de hato libre de Brúcela y Tuberculosis	X			
69	El Médico Veterinario capacita al personal sobre la forma correcta de aplicar los medicamentos	X			
70	El Médico Veterinario utiliza recetas médicas cuantificadas autorizadas por la SAGARPA para recetar medicamentos del Grupo I y recetas simples para otros tratamientos	X			
71	Los fármacos se encuentran en un lugar específico y bajo supervisión de un MVZ	X			
72	Los productos biológicos se almacenan en refrigeración a temperatura sugerida por el proveedor	X			
73	Se registra la administración de fármacos o tratamientos de enfermería en bitácoras	X			
74	Se cuenta con calendarios de vacunación, desparasitación y sincronización del ganado	X			
75	Se verifica la caducidad de cualquier fármaco	X			
76	Se utiliza y verifica que el material para la aplicación de productos inyectables sea nuevo y estéril	X			
77	Se vigila el tiempo de retiro, supervisa la dosificación e interacción de los medicamentos y biológicos utilizados en la unidad de producción	X			
78	Se desecha de manera segura el material infeccioso y punzocortante	X			
79	La leche proveniente de vacas en tratamiento no se destina para consumo humano	X			
CONTROL Y ELIMINACIÓN DE DESECHOS					
80	La unidad de producción tiene un protocolo para dar aviso a las autoridades competentes de alguna enfermedad y plagas de reporte obligatorio	X			
81	Las áreas de eliminación de basura y estiércol están alejadas de abastos de agua potable, comederos, bebederos, bodega de alimento y de la sala de ordeño	X			
82	Las descargas o tratamientos de aguas residuales, son separados de los urbanos	X			
83	Se lleva a cabo una revisión periódica en los corrales para la detección de animales muertos	X			
84	Cuenta con depósitos suficientes y adecuados para desechos veterinarios orgánicos e inorgánicos	X			
85	Cuenta con un área y programa adecuado para la eliminación de animales muertos, fetos y placentas	X			
86	Se tiene un manejo de eliminación adecuado o en su caso aprovechamiento de excretas	X			
87	Se cuenta con el registro de la eliminación de desechos	X			
PROGRAMA DE CONTROL DE FAUNA NOCIVA					
88	Se cuenta con un programa integral para el control de fauna nociva en toda la UP, con sus respectivos registros de verificación		X		
89	El control de Fauna Nociva se realiza con productos autorizados, trampeo o empresas que cuentan con y licencia sanitaria		X		
90	Se evita la presencia de huecos, grietas, basura, fierros, tablas, etc. a fin de evitar la proliferación de fauna nociva	X			
91	Conoce la ubicación de los cebos o trampas mediante un croquis y están numeradas	X			
92	Si se cuenta con perros de guardia, estos están confinados en un solo lugar y se lleva un control sanitario, así como un procedimiento de retiro de excretas		X		

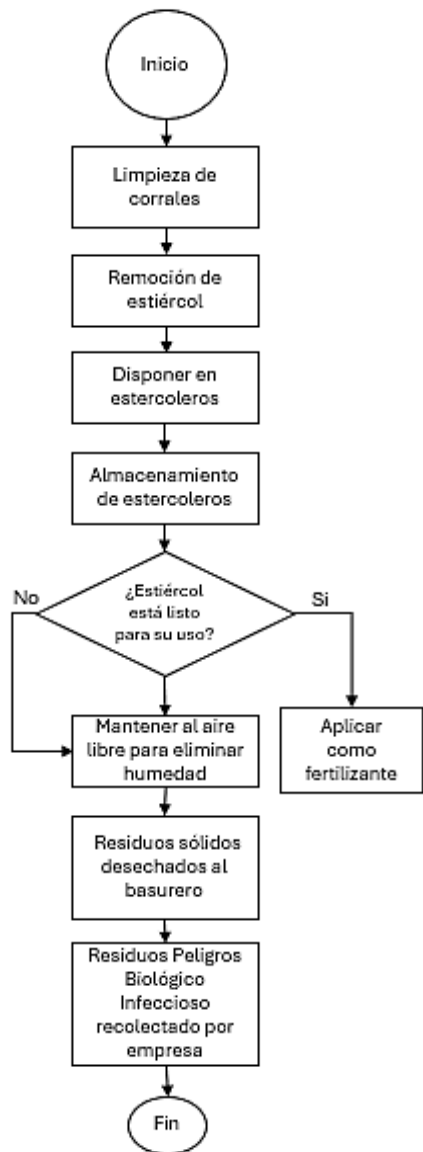
BIOSEGURIDAD				
93	El ganado de nuevo ingreso cuenta con certificado de hato libre de brucelosis y tuberculosis o constancia negativa.	X		
94	El ganado permanece en corral de cuarentena por lo menos 15 días antes de ingresar a los corrales de producción.	X		
95	Las personas que ingresan a la unidad de producción se les presenta o informa del protocolo de bioseguridad antes de ingresar.	X		
96	Se cuenta con tapetes sanitarios en funcionamiento y se lleva una bitácora de recambio de solución desinfectante.	X		
97	Se proporciona al personal uniforme limpio de uso exclusivo dentro de las instalaciones de la unidad de producción.	X		
98	Solo se permite el ingreso a vehículos en caso de que sea indispensable y se lleva registro	X		
99	Se utiliza algún medio de sanitización para el ingreso de personal y visitantes y vehículos a la unidad de producción.	X		
CAPACITACIÓN, SALUD E HIGIENE DEL PERSONAL				
100	Las reglas de higiene del personal se encuentran a la vista de los trabajadores	X		
101	Se cuentan con áreas específicas para que los trabajadores consuman alimentos	X		
102	Se monitorea periódicamente la salud, higiene y limpieza de los trabajadores.	X		
103	La empresa ofrece a su personal capacitación de acuerdo a las actividades que realiza la unidad de producción.	X		
104	Los sanitarios son suficientes y están equipados con papel, estación de lavado, jabón, toallas desechables.	X		
105	El personal hace uso correcto de las instalaciones sanitarias	X		
POES				
106	La unidad de producción cuenta con registros de limpieza para cada área.	X		
107	Se cuenta e implementa un procedimiento de lavado de manos, el cual se documenta.	X		
IDENTIFICACIÓN, TRAZABILIDAD Y RETIRO				
108	Se cuenta con un sistema de identificación individual para el ganado, legible y eficiente	X		
109	La identificación se realiza al momento de ingresar o al nacer ganado a la UP	X		
110	Los animales están lotificados según su etapa productiva	X		
111	Se cuenta con registros y manejos de enfermería	X		
112	Se cuenta con registro de proveedores de materias primas e insumos.	X		
BIENESTAR ANIMAL				
113	El manejo del ganado es el adecuado evitando estrés	X		
114	Se le brinda al ganado alimento y agua según su etapa productiva, y aseguran su calidad y abastecimiento.	X		
115	Se vigila la salud de los animales, para asegurar su óptimo desarrollo productivo	X		
116	Describir que mecanismos se utilizan en la unidad de producción para mejorar el bienestar animal	X		

Anexo 2 Diagrama de sistema de producción

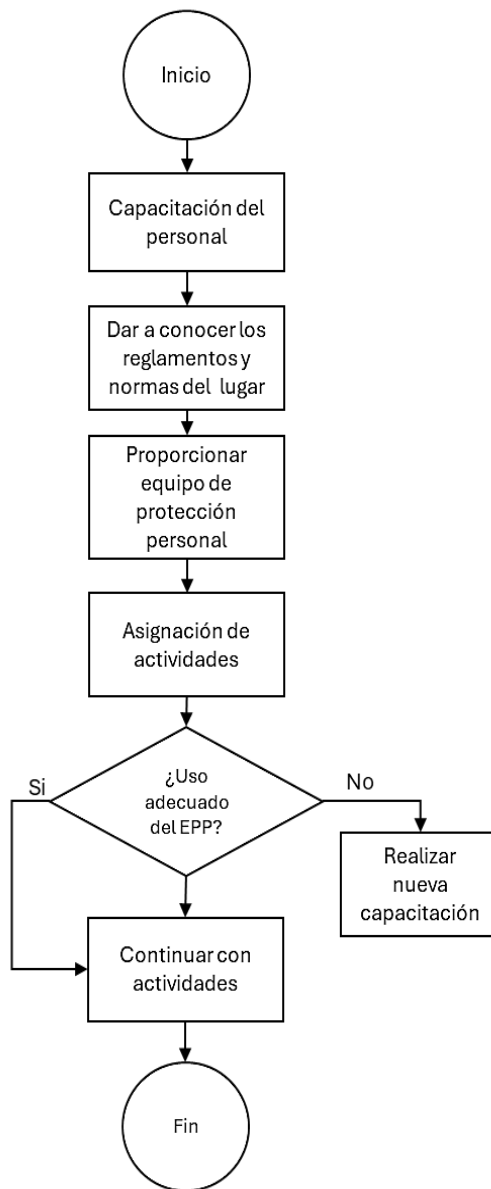
Componente animal



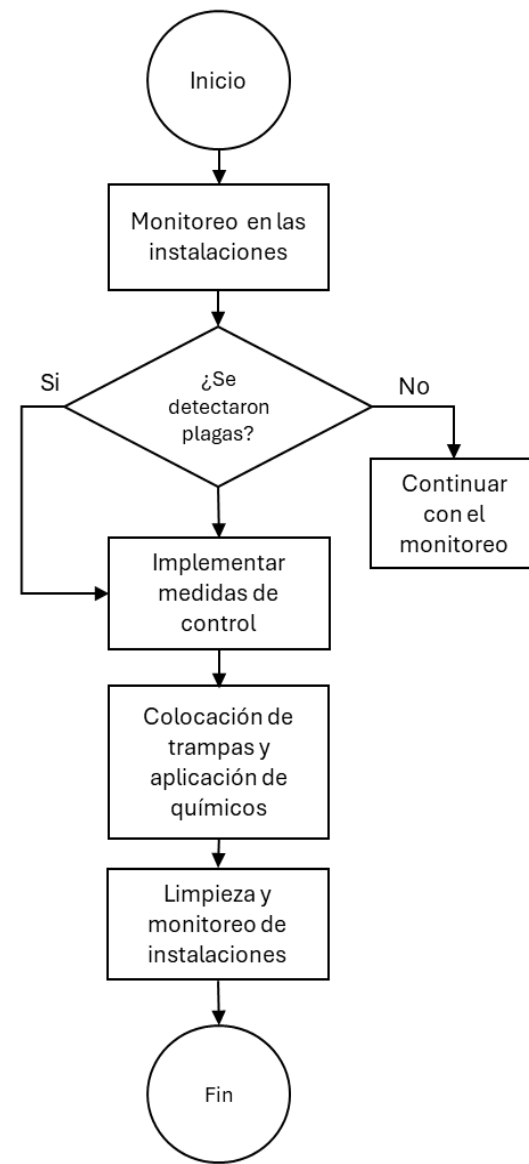
Manejo y eliminación de desechos



Bioseguridad



Control de fauna nociva



Anexo 3

DATOS REFERENTES A LAS VARIABLES PARA FORMULAS

Variables formulas IPCC	
	peso corporal vivo promedio kg
	peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg
	ingesta de materia seca, kg/día
	cantidad de cabezas de ganado de la especie
	cantidad de leche producida, kg de leche día
	contenido graso de la leche, % por peso
	aumento de peso, de ganado, kg/día
	Tipo de alimento consumido Kg/día

Variables GLEAM	
NCOWS	Número total de bovinos
Ckg	peso vivo de los terneros al nacer
Afkg	peso vivo de vacas adultas
DR1	Tasa de mortalidad de terneras
DR1M	Tasa de mortalidad de terneros machos
FR	Tasa de fertilidad de hembras adultas
FRRF	Tasa de hembras fértiles de remplazo
FRR	Remplazo de vacas adultas
AFC	Edad a primer parto
AF	Hembras adultas, productoras de leche y terneras
RF	hembras para remplazar hembras adultas sacrificadas y muertas
AM	Machos adultos utilizados para la reproducción
DWGF	Promedio de ganancias diaria de peso de las hembras desde la cría hasta el peso adulto
DWGM	Promedio de ganancia diario de peso de animales machos desde ternero hasta peso adulto
ASF	Edad al sacrificio de hembras no engordadas
ASM	edad al sacrificio de machos no destinados al engorde
AFD	hembras adultas de hatos lecheros

Cálculos de ecuaciones

Ecuaciones	Parametro	Descripcion	Unidad	Altas productoras	Medianas productoras	Bajas productoras	Vacas en crecimiento	Vacas en desarrollo	Vaquillas gestantes	Lactantes	Novillas	Becerras al destete	Vacas Frescas	Vacas Secas
Ecuacion 1	Nem	Energia neta para mantenimiento	MJ dia-kg Megajulios	52.53	49.69	46.80	36.57	34.05	34.05	28.80	27.71	10.18	30.41	28.80
Ecuacion 2	Nea	Energia neta para actividad	MJ/ dia	8.93	8.45	7.96	6.22	5.79	5.79	4.90	4.71	1.73	5.17	4.90
Ecuacion 3	Neg	Energia neta para el crecimiento	MJ/ dia	1.1154E-242	1.2052E-105	1.135E-105	1.0633E-105	9.8996E-106	9.8996E-106	8.3741E-106	8.058E-106	2.9607E-106	8.8408E-106	8.3741E-106
Ecuacion 4	REM	Relacion entre la energia disponible en una dieta para mantenimiento y la energia digerible consumida	-	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57	1074.57
Ecuacion 5	REG	Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida	-	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17	1093.17
Ecuacion 6	GE	Energia bruta	MJ/ dia	18.86	18.30	17.73	15.70	15.20	15.20	14.16	13.95	10.48	14.48	14.16
Ecuacion 7	Emisiones	Emisiones por fermentacion enterica de una categoria de ganado	CH4 cabeza por año	5304.44	3528.90	2563.78	1339.01	1220.16	1143.90	1479.50	839.64	578.16	726.44	639.44
Ecuacion 8	EF	Factor de emision de CH4 por fermentacion enterica de una categoria de ganado	Kg CH4/Cabeza año 1,0	9.62	9.33	9.04	8.01	7.75	7.75	7.22	7.11	5.34	7.39	7.22
Ecuacion 9	CH4 estiercol	Emisiones de CH4 por la gestion de estiercol	Gg (giga)gramos CH4/año	8.75	6.00	4.50	3.78	3.56	2.63	2.57	2.11	1.93	1.76	1.58
Ecuacion 10	N2O Dmm	Emisiones directas de N2O de la gestion de estiercol	Kg N2O año	860.68	572.59	415.99	274.97	250.57	234.91	240.06	172.42	118.73	149.18	131.31
Ecuacion 11	Nep	Energia Neta para la Preñez	MJ/ dia	4.68										
Ecuacion 12	NE1	Energia neta para la lactancia	MJ/ dia	45.3										

Anexo 4

Propuesta aprovechamiento de estiércol como purín

Un purín es un subproducto líquido de las explotaciones ganaderas, compuesto principalmente por orina y excrementos de animales, mezclado con agua, el purín tiene un gran potencial como fertilizante natural, ya que es rico en nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos, como nitrógeno, fósforo y potasio (Guilcaso, 2023).

En el área de estadio se observó que la generación de estiércol es producía en grandes cantidades de las cuales no se aprovecha en su totalidad por lo cual se propone hacer uso del estiércol y transformarlo como fertilizante conocido por Purines para ello se consideró medir el porcentaje de N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio) haciendo uso de un sensor NPK del Suelo medidor de nutrientes.

Se realizaron mediciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en muestras de heces de vaca con el objetivo de evaluar su potencial como fertilizante en purines. Los resultados obtenidos nos permitirán determinar si la composición nutricional de las heces de bovinos es la adecuada para enriquecer el suelo y promover el crecimiento de las plantas con el fin de determinar la viabilidad de utilizar heces de vaca como fuente de nutrientes en la elaboración de purines, se llevó a cabo un análisis exhaustivo en estiércol en las diferentes etapas de exposición a la intemperie de su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Por ello se empleó un sensor específico para estos elementos, se cuantificaron los niveles de NPK presentes en las muestras. Los datos obtenidos serán fundamentales para evaluar si la composición nutricional de las heces cumple con los requerimientos necesarios para el desarrollo óptimo de los cultivos.

Parte del recorrido se determinaron 4 puntos de muestreo en los que se consideraron el estercolero de maduración así mismo se contemplaron los dos estercoleros ubicados cerca de los corrales de los cuales se nombraron primer estercolero y segundo estercolero para la identificación del muestreo además del punto de canal de salida de agua residual del área de la sala de ordeño. Proceso de muestreo: Se determinaron los puntos de medición los cuales se ubicaron en las áreas de los estercoleros para la toma de muestra se utilizó una pala con la cual se escarbó y se realizó un hoyo de 25 cm posterior se introdujo el sensor NPK los resultados obtenidos fueron registrados en la computadora y estimados en una hoja de cálculo Excel.

Punto de muestreo 1. Estercolero de maduración

Se realiza la medición en el estercolero de maduración el cual se encuentra retirado de los corrales del ganado bovino en dicho estercolero se concentra el estiércol recopilado de la limpieza de los corrales del ganado que previamente se acumularon en los dos estercoleros pequeños por de los cuales se mantienen por un mes para que estos pierdan algo de humedad o estén parcialmente secos cumplido el tiempo de secado son transportados con un camión de carga al estercolero de maduración en el que se mantienen a la intemperie para que el estiércol termine de perder su humedad y este pase a ser abono que es utilizado para el área de cultivo de la Posta ver figura 43.

Figura 43 Puntos de muestreo 1 estercolero de maduración



Fuente: obtención propia Peña. E R (2024)

Figura 43. Primer punto de muestreo se muestra en la primera imagen el estercolero de maduración con estiércol acumulado por un año en la segunda imagen se muestra el punto escarbado en la tercera imagen se muestran el momento cuando se introdujo el sensor para la medición en la cuarta imagen se muestra el sensor utilizado para la medición de nutrientes.

Punto de muestreo 2. Primer estercolero

Se continuó con la segunda medición en el estercolero nombrado primer estercolero ubicado en la parte frontal de los corrales 2 y 3 donde se encuentran las vacas altas productoras y medianas productoras respectivamente en dichos corrales se realiza la limpieza y remoción de estiércol de los corrales con la cuchara adaptada de tractor, así como la limpieza manual con pala y carretilla de los corrales de becerros y los corrales 1,2,3 y 4 de los cuales posteriormente es acumula en el estercolero por 22 días o un mes permaneciendo al aire libre ver figura 44.

Figura 44 Puntos de muestreo 2 Primer estercolero



Fuente: obtención propia Peña. E R (2024)

Figura 43 Segundo punto de muestreo se muestra en la primera imagen el estercolero identificado como primer estercolero ubicado al frente de los corrales de vacas altas productoras y medianas productoras en la segunda imagen se muestra el punto escarbado para la medición en la tercera imagen se muestran el momento cuando se introdujo el sensor para la medición.

Punto de muestreo 3. Segundo estercolero

La tercera medición se realizó en el estercolero denominado como segundo estercolero ubicado en la parte frontal entre el corral 6 de vacas consideradas en etapa reproductiva fresca y corral 7 de las vacas en etapa seca de los cuales se acumula el estiércol producto del mismo proceso de limpieza que se lleva en el primer estercolero que abarcan los corrales 5,6,7, corral de vacas en reto y corral de vacas en desarrollo siendo acumulado el estiércol por un periodo de 22 días a un mes a la intemperie ver figura 45.

Figura 45 Puntos de muestreo 3 Segundo estercolero



Fuente: obtención propia Peña. E R (2024)

Figura 45. Tercer punto de muestreo se muestra en la primera imagen el estercolero identificado como segundo estercolero ubicado entre los corrales de vacas en etapa reproductiva fresca y secas en la segunda imagen se muestra el punto escarbado, en la tercera imagen se muestran el momento cuando se introdujo el sensor para la medición.

Punto de muestreo 4. Canal de salida de sala de ordeño

El último punto de muestreo se realizó en el canal de salida de la sala de ordeño considerado por ser un punto donde se descarga en un canal agua residual que se conforma de residuos de jabón, sales y estiércol el cual por su composición se cataloga como un rife producto del proceso de limpieza y lavado de equipos dentro de la sala se cuenta con la ordeñadora mecánica además del contenedor de leche los cuales son lavados dos veces al día con productos especiales para su limpieza y agua caliente así mismo se realiza el lavado de piso para la remoción de estiércol que se concentra al momento de ser trasladadas la vacas para ser ordeñadas ver figura 46.

Figura 46 Puntos de muestreo 4 Canal de salida sala de ordeña



Fuente: obtención propia Peña. E R (2024)

Figura 46. Cuarto punto de muestreo se muestra en la primera imagen la zona donde se concentra el agua residual procedente de la sala de ordeño en la segunda imagen se muestra el punto escarbado el cual se consideró la medición en el área de suelo húmedo en la tercera imagen se muestran el momento cuando se introdujo el sensor para la medición.

Resultados de los puntos de muestreo

Posterior a la toma de muestras y almacenamiento de datos de procedió a colocar la información en una hoja de cálculo Excel en el que se plasma la hora de toma de muestra la temperatura promedio al momento de la toma de muestras además de los parámetros y valores obtenidos por punto de muestra ver tabla 12.

Tabla 12 Medición de nutrientes en los puntos de muestreo

Hora	°C	Parámetro	Muestra 1
			Estiércol seco
01:25 p. m.	31		mg/kg
		Nitrógeno	106
		Fosforo	145
		Potasio	108
Hora	°C	Parámetro	Muestra 2
			Estiércol parcialmente seco
01:55 p. m.	31		mg/kg
		Nitrógeno	160
		Fosforo	52
		Potasio	167
Hora	°C	Parámetro	Muestra 3
			Estiércol fresco
02:25 p. m.	32		mg/kg
		Nitrógeno	237
		Fosforo	137
		Potasio	178
Hora	°C	Parámetro	Muestra 4
			Salida de lavado de sala de ordeña
02:58 p. m.	32		mg/kg
		Nitrógeno	90
		Fosforo	22
		Potasio	97

Fuente: obtención propia Peña. E R,

En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos de la medición de nutrientes en el suelo de los diferentes puntos de muestreo tanto de los estercoleros y sala de ordeño. Se han medido los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en cada muestra, así como la temperatura la cual se considera puede afectar la tasa de descomposición del estiércol y la disponibilidad de los nutrientes a largo plazo y hora de toma la muestra.

Se identificaron variaciones en los nutrientes de acuerdo con la composición del estiércol de acuerdo con la cantidad de humedad que presento de manera que los niveles de nitrógeno son más altos en el estiércol fresco y disminuyen en el estiércol seco y parcialmente seco estos resultados se deben a que el nitrógeno puede volatilizarse con la exposición al aire y la luz solar. En cuanto a los resultados de fósforo no se presentan una tendencia promedio en la medición del nutriente entre los diferentes tipos de estiércol. Se observo niveles más altos de potasio en el estiércol parcialmente seco y fresco, y más bajos en el estiércol seco y la salida de lavado.

Finalmente se identificó que en la salida de lavado de la sala de ordeña presenta los niveles más bajos de nutrientes, lo que indica que una parte significativa de los nutrientes del estiércol se está perdiendo con el lavado.

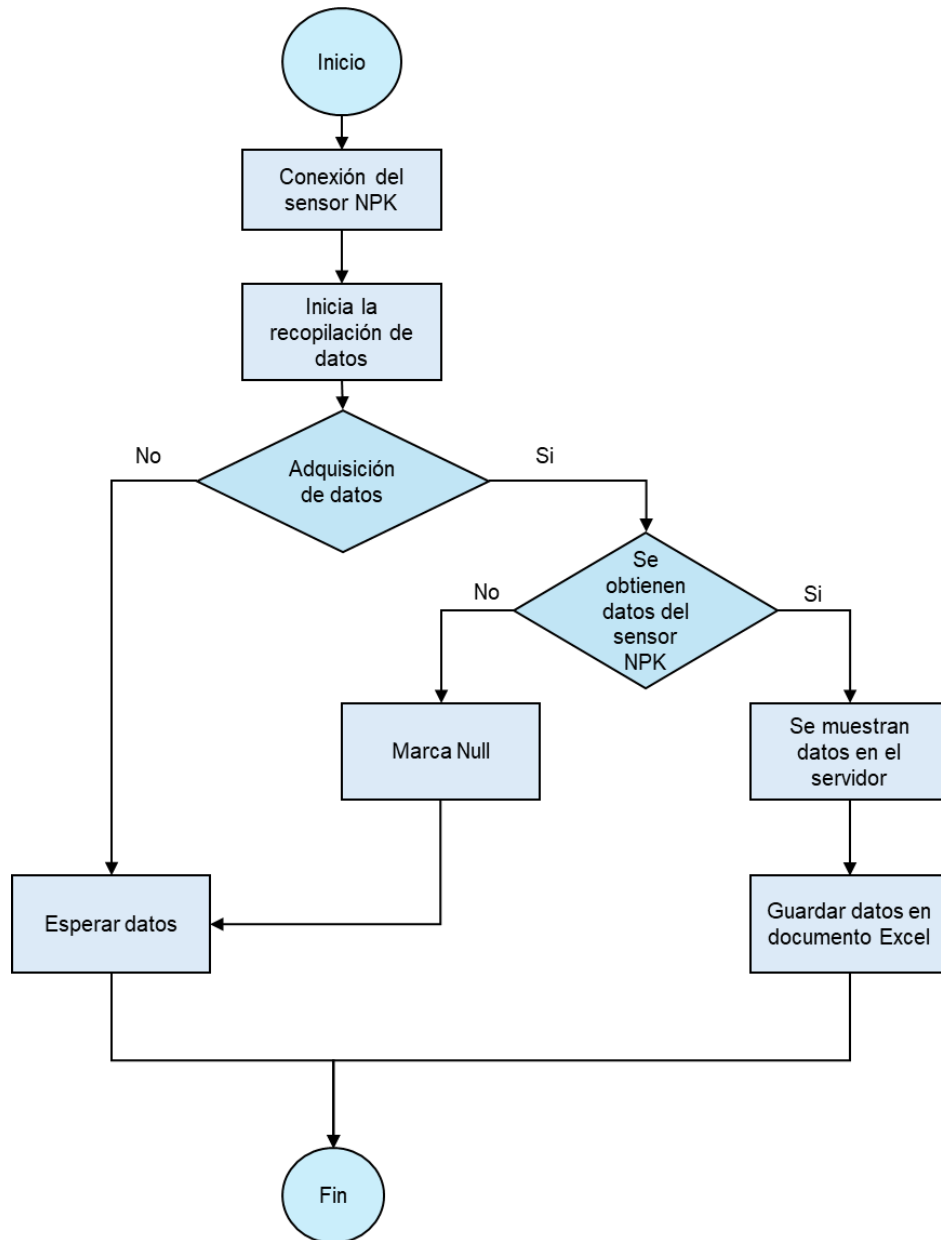
Los resultados obtenidos de la medición de nutrientes presentes en el suelo de los estercoleros nos muestran que puede ser aprovechado como purín, los valores se deben a la dieta y las condiciones de almacenamiento del concentrado y silo de maíz.

El purín se puede utilizar para fertilizar una amplia variedad de cultivos, pero es importante aplicarlo en las cantidades correctas para evitar la contaminación del suelo y del agua.

Los resultados del análisis indican que las heces de vaca frescas presentan un mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en comparación con otras tres muestras. Lo que representa que las heces frescas son la mejor opción para ser utilizadas para producir y transformarlos en purines debido al alto potencial fertilizante que esta tiene, lo que permitirá enriquecer los suelos agrícolas del posta así mismo puede ser un producto que se pueda utilizar en otras áreas de cultivo de familias que habitan cerca de la zona de la Posta Zootécnica

Datos obtenidos del sensor NPK

Esta figura se muestra un diagrama que representa un proceso automatizado de monitoreo y registro de datos provenientes de un sensor NPK. El sistema se encarga adquirir los datos de los niveles de NPK en la tierra o muestra a considerar, además de almacenarlos, tanto para su visualización en tiempo real como para su análisis posterior. Este sensor se ha configurado una condición para su exportación a Excel.



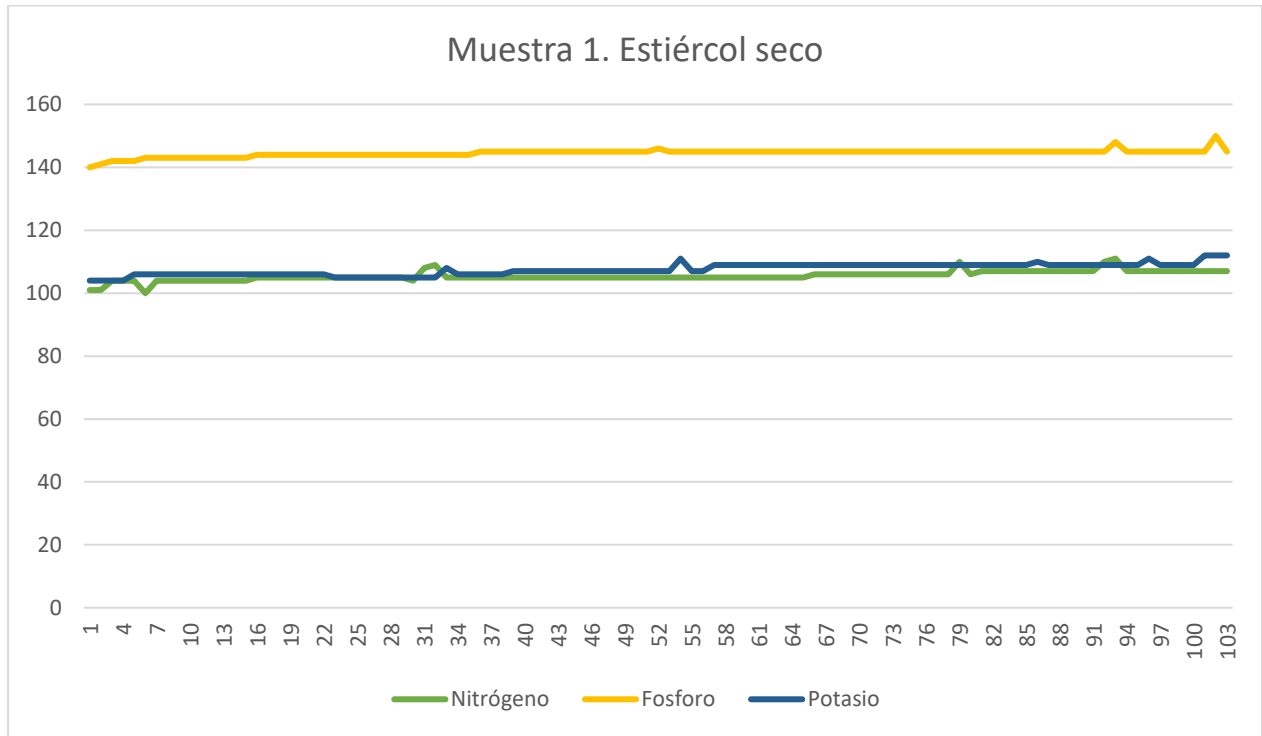
Fuente: Elaboración propia con información de (Guilcaso,2023)

Resultados de medición de los puntos de muestreo

Los datos de la tabla presentados son la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio varía entre la muestra, la muestra del estiércol seco muestra una concentración media de nitrógeno es de 106 mg/kg, la concentración media de fósforo es de 145 mg/kg y la concentración media de potasio es de 108 mg/kg. Es decir, las concentraciones de nitrógeno, fósforo o potasio son datos que permiten comprender la composición del estiércol seco y para determinar su uso como fertilizante. El estiércol seco es una fuente rica de nutrientes para las plantas, pero es importante tener en cuenta que la concentración de nutrientes puede variar entre las muestras.

Muestra 1 Estiércol seco						
No. Dato	Parámetros					
	Nitrógeno		Fosforo		Potasio	
1	101	mg/kg	140	mg/kg	104	mg/kg
2	101	mg/kg	141	mg/kg	104	mg/kg
3	104	mg/kg	142	mg/kg	104	mg/kg
4	104	mg/kg	142	mg/kg	104	mg/kg
5	104	mg/kg	142	mg/kg	106	mg/kg
6	100	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
7	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
8	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
9	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
10	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
11	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
12	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
13	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
14	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
15	104	mg/kg	143	mg/kg	106	mg/kg
16	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
17	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
18	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
19	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
20	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
21	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
22	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
23	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
24	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
25	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
26	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
27	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
28	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
29	105	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
30	104	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
31	108	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
32	109	mg/kg	144	mg/kg	105	mg/kg
33	105	mg/kg	144	mg/kg	108	mg/kg
34	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
35	105	mg/kg	144	mg/kg	106	mg/kg
36	105	mg/kg	145	mg/kg	106	mg/kg
37	105	mg/kg	145	mg/kg	106	mg/kg
38	105	mg/kg	145	mg/kg	106	mg/kg
39	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
40	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
41	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
42	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
43	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
44	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
45	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg

46	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
47	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
48	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
49	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
50	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
51	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
52	105	mg/kg	146	mg/kg	107	mg/kg
53	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
54	105	mg/kg	145	mg/kg	111	mg/kg
55	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
56	105	mg/kg	145	mg/kg	107	mg/kg
57	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
58	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
59	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
60	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
61	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
62	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
63	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
64	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
65	105	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
66	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
67	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
68	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
69	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
70	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
71	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
72	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
73	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
74	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
75	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
76	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
77	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
78	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
79	110	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
80	106	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
81	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
82	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
83	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
84	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
85	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
86	107	mg/kg	145	mg/kg	110	mg/kg
87	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
88	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
89	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
90	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
91	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
92	110	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
93	111	mg/kg	148	mg/kg	109	mg/kg
94	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
95	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
96	107	mg/kg	145	mg/kg	111	mg/kg
97	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
98	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
99	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
100	107	mg/kg	145	mg/kg	109	mg/kg
101	107	mg/kg	145	mg/kg	112	mg/kg
102	107	mg/kg	150	mg/kg	112	mg/kg
103	107	mg/kg	145	mg/kg	112	mg/kg
PROMEDIO	106	mg/kg	145	mg/kg	108	mg/kg



Fuente: obtención propia Peña. E R

Segundo punto de muestreo

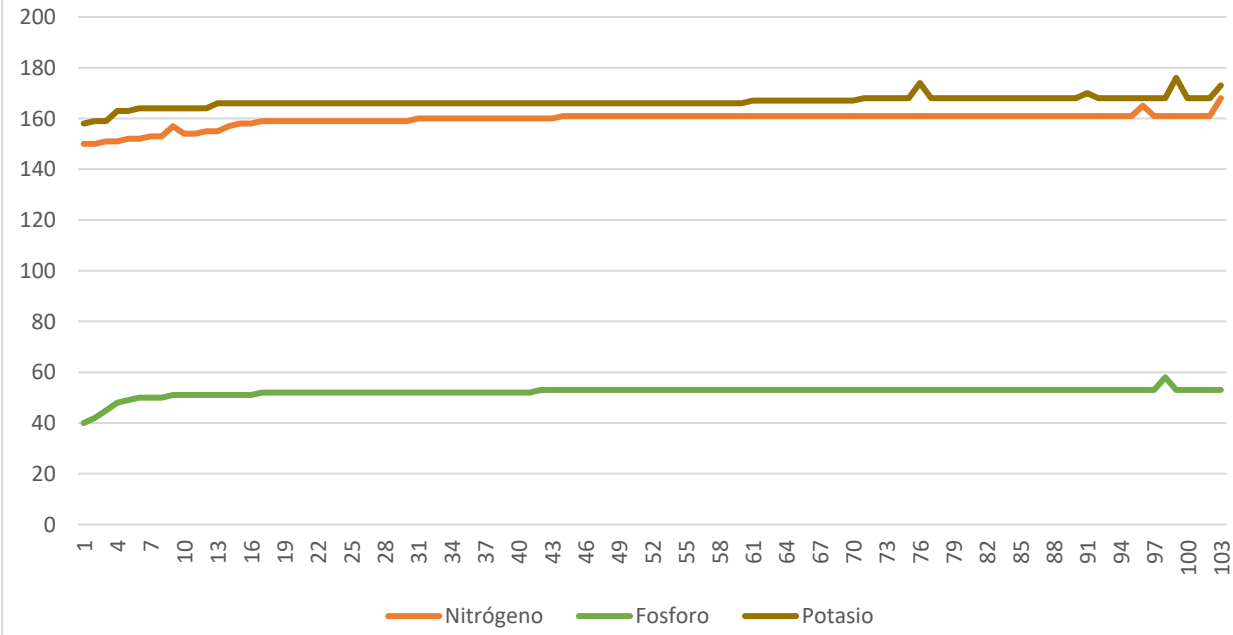
La tabla del muestreo dos se muestran los datos correspondientes a una muestra de estiércol parcialmente seco. Esta muestra ha sido analizada para determinar los niveles de tres nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Estos nutrientes son comúnmente conocidos como NPK y son fundamentales para el desarrollo de los cultivos.

Muestra 2 Estiércol parcialmente seco						
No. Dato	Parámetros					
	Nitrógeno		Fosforo		Potasio	
1	150	mg/kg	40	mg/kg	158	mg/kg
2	150	mg/kg	42	mg/kg	159	mg/kg
3	151	mg/kg	45	mg/kg	159	mg/kg
4	151	mg/kg	48	mg/kg	163	mg/kg
5	152	mg/kg	49	mg/kg	163	mg/kg
6	152	mg/kg	50	mg/kg	164	mg/kg
7	153	mg/kg	50	mg/kg	164	mg/kg
8	153	mg/kg	50	mg/kg	164	mg/kg
9	157	mg/kg	51	mg/kg	164	mg/kg
10	154	mg/kg	51	mg/kg	164	mg/kg
11	154	mg/kg	51	mg/kg	164	mg/kg
12	155	mg/kg	51	mg/kg	164	mg/kg
13	155	mg/kg	51	mg/kg	166	mg/kg
14	157	mg/kg	51	mg/kg	166	mg/kg
15	158	mg/kg	51	mg/kg	166	mg/kg
16	158	mg/kg	51	mg/kg	166	mg/kg
17	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
18	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
19	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
20	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
21	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
22	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
23	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
24	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
25	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
26	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
27	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
28	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
29	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
30	159	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
31	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
32	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
33	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
34	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
35	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
36	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
37	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
38	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
39	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
40	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
41	160	mg/kg	52	mg/kg	166	mg/kg
42	160	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
43	160	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
44	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
45	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
46	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
47	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg

48	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
49	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
50	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
51	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
52	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
53	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
54	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
55	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
56	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
57	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
58	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
59	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
60	161	mg/kg	53	mg/kg	166	mg/kg
61	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
62	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
63	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
64	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
65	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
66	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
67	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
68	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
69	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
70	161	mg/kg	53	mg/kg	167	mg/kg
71	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
72	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
73	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
74	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
75	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
76	161	mg/kg	53	mg/kg	174	mg/kg
77	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
78	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
79	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
80	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
81	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
82	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
83	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
84	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
85	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
86	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
87	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
88	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
89	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
90	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
91	161	mg/kg	53	mg/kg	170	mg/kg
92	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
93	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
94	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
95	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
96	165	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
97	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
98	161	mg/kg	58	mg/kg	168	mg/kg
99	161	mg/kg	53	mg/kg	176	mg/kg
100	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
101	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
102	161	mg/kg	53	mg/kg	168	mg/kg
103	168	mg/kg	53	mg/kg	173	mg/kg
PROMEDIO	160	mg/kg	52	mg/kg	167	mg/kg

Fuente: obtención propia Peña. E R

Muestra 2. Estiércol parcialmente seco



Fuente: obtención propia Peña. E R

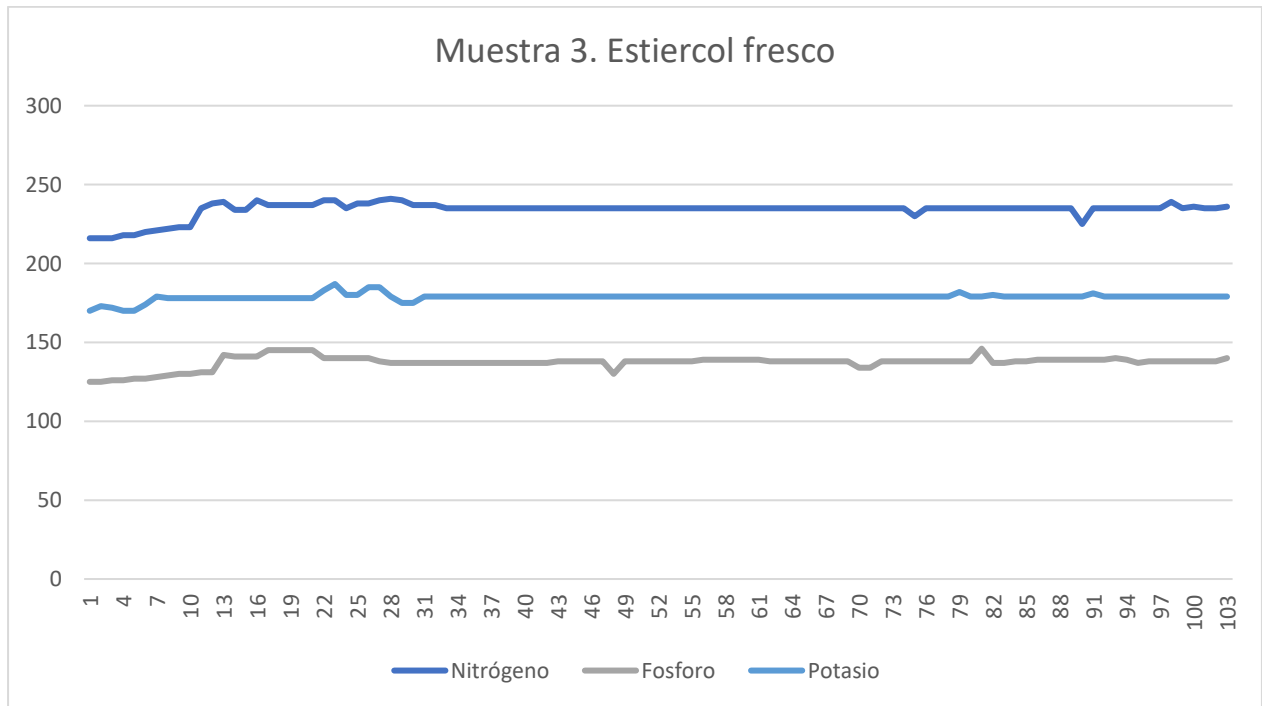
Tercer punto de muestreo

De acuerdo con la tabla se muestran los datos correspondientes a un análisis de nutrientes en una muestra de estiércol fresco se presentaron lo siguiente 234 mg/kg Nitrógeno (N), 137 mg/kg Fósforo (P) y 179 mg/kg Potasio (K) lo que fue en esta muestra se presentaron mayores concentrados de NPK, es decir entra un mayor concentrado de NPK en un fertilizante o abono ofrece varias ventajas para el crecimiento y desarrollo de las plantas

Muestra 3 Estiércol fresco						
No. Dato	Parámetros					
	Nitrógeno		Fosforo		Potasio	
1	216	mg/kg	125	mg/kg	170	mg/kg
2	216	mg/kg	125	mg/kg	173	mg/kg
3	216	mg/kg	126	mg/kg	172	mg/kg
4	218	mg/kg	126	mg/kg	170	mg/kg
5	218	mg/kg	127	mg/kg	170	mg/kg
6	220	mg/kg	127	mg/kg	174	mg/kg
7	221	mg/kg	128	mg/kg	179	mg/kg
8	222	mg/kg	129	mg/kg	178	mg/kg
9	223	mg/kg	130	mg/kg	178	mg/kg
10	223	mg/kg	130	mg/kg	178	mg/kg
11	235	mg/kg	131	mg/kg	178	mg/kg
12	238	mg/kg	131	mg/kg	178	mg/kg
13	239	mg/kg	142	mg/kg	178	mg/kg
14	234	mg/kg	141	mg/kg	178	mg/kg
15	234	mg/kg	141	mg/kg	178	mg/kg
16	240	mg/kg	141	mg/kg	178	mg/kg
17	237	mg/kg	145	mg/kg	178	mg/kg
18	237	mg/kg	145	mg/kg	178	mg/kg
19	237	mg/kg	145	mg/kg	178	mg/kg
20	237	mg/kg	145	mg/kg	178	mg/kg
21	237	mg/kg	145	mg/kg	178	mg/kg
22	240	mg/kg	140	mg/kg	183	mg/kg
23	240	mg/kg	140	mg/kg	187	mg/kg
24	235	mg/kg	140	mg/kg	180	mg/kg
25	238	mg/kg	140	mg/kg	180	mg/kg
26	238	mg/kg	140	mg/kg	185	mg/kg
27	240	mg/kg	138	mg/kg	185	mg/kg
28	241	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
29	240	mg/kg	137	mg/kg	175	mg/kg
30	237	mg/kg	137	mg/kg	175	mg/kg
31	237	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
32	237	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
33	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
34	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
35	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
36	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
37	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
38	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
39	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
40	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
41	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
42	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
43	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
44	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
45	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
46	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
47	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg

48	235	mg/kg	130	mg/kg	179	mg/kg
49	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
50	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
51	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
52	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
53	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
54	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
55	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
56	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
57	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
58	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
59	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
60	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
61	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
62	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
63	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
64	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
65	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
66	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
67	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
68	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
69	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
70	235	mg/kg	134	mg/kg	179	mg/kg
71	235	mg/kg	134	mg/kg	179	mg/kg
72	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
73	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
74	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
75	230	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
76	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
77	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
78	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
79	235	mg/kg	138	mg/kg	182	mg/kg
80	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
81	235	mg/kg	146	mg/kg	179	mg/kg
82	235	mg/kg	137	mg/kg	180	mg/kg
83	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
84	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
85	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
86	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
87	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
88	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
89	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
90	225	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
91	235	mg/kg	139	mg/kg	181	mg/kg
92	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
93	235	mg/kg	140	mg/kg	179	mg/kg
94	235	mg/kg	139	mg/kg	179	mg/kg
95	235	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg
96	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
97	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
98	239	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
99	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
100	236	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
101	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
102	235	mg/kg	138	mg/kg	179	mg/kg
103	236	mg/kg	140	mg/kg	179	mg/kg
PROMEDIO	234	mg/kg	137	mg/kg	179	mg/kg

Fuente: obtención propia Peña. E R



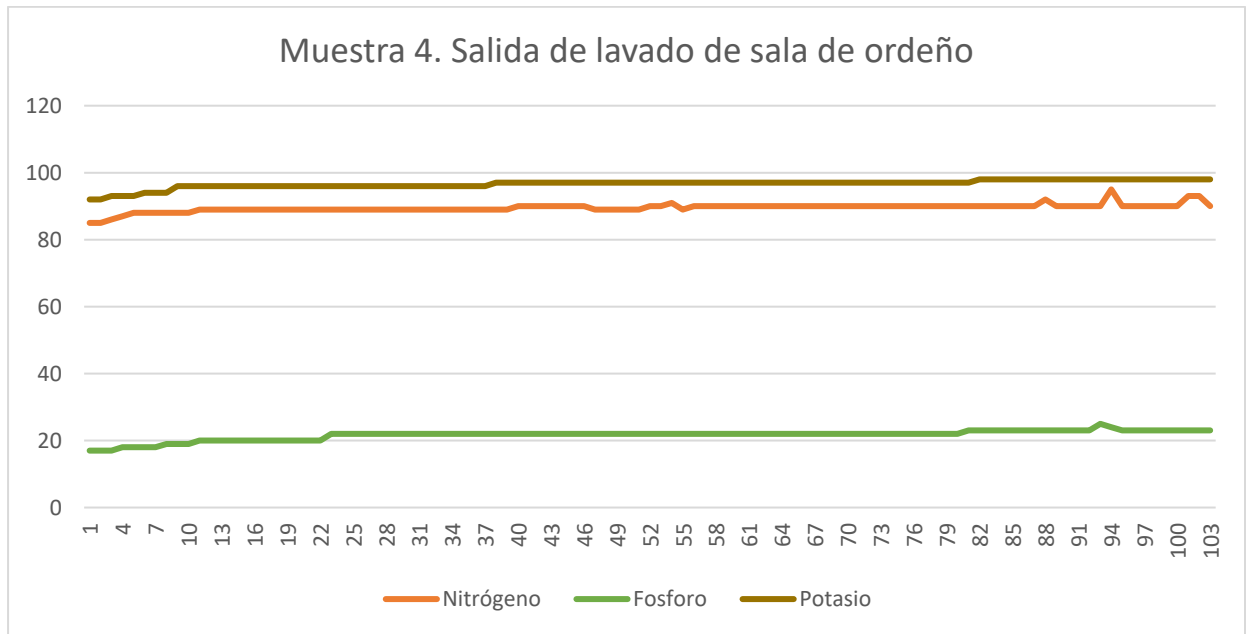
Fuente: obtención propia Peña. E R

Cuarto punto de muestreo

Muestra 4 Salida de lavado de sala de ordeño						
No. Dato	Parámetros					
	Nitrógeno		Fosforo		Potasio	
1	85	mg/kg	17	mg/kg	92	mg/kg
2	85	mg/kg	17	mg/kg	92	mg/kg
3	86	mg/kg	17	mg/kg	93	mg/kg
4	87	mg/kg	18	mg/kg	93	mg/kg
5	88	mg/kg	18	mg/kg	93	mg/kg
6	88	mg/kg	18	mg/kg	94	mg/kg
7	88	mg/kg	18	mg/kg	94	mg/kg
8	88	mg/kg	19	mg/kg	94	mg/kg
9	88	mg/kg	19	mg/kg	96	mg/kg
10	88	mg/kg	19	mg/kg	96	mg/kg
11	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
12	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
13	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
14	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
15	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
16	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
17	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
18	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
19	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
20	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
21	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
22	89	mg/kg	20	mg/kg	96	mg/kg
23	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
24	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
25	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
26	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
27	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
28	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
29	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
30	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
31	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
32	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
33	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
34	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
35	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
36	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
37	89	mg/kg	22	mg/kg	96	mg/kg
38	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
39	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
40	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
41	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
42	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
43	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
44	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
45	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
46	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
47	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
48	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
49	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
50	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
51	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
52	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
53	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
54	91	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg

55	89	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
56	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
57	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
58	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
59	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
60	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
61	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
62	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
63	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
64	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
65	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
66	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
67	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
68	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
69	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
70	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
71	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
72	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
73	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
74	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
75	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
76	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
77	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
78	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
79	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
80	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg
81	90	mg/kg	23	mg/kg	97	mg/kg
82	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
83	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
84	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
85	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
86	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
87	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
88	92	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
89	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
90	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
91	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
92	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
93	90	mg/kg	25	mg/kg	98	mg/kg
94	95	mg/kg	24	mg/kg	98	mg/kg
95	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
96	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
97	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
98	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
99	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
100	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
101	93	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
102	93	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
103	90	mg/kg	23	mg/kg	98	mg/kg
PROMEDIO	90	mg/kg	22	mg/kg	97	mg/kg

Fuente: obtención propia Peña. E R



Fuente: obtención propia Peña. E R

XI. LITERATURA CITADA

- Abarca Monge, S., Soto Blanco, R., & Villanueva Najarro, C. (2 de 4 de 2018). emisión de metano por fermentación entérica en vacas bajo pastoreo de lechería tropical.
- Bonilla Cárdenasa, J. A., & Lemus Flores, C. (2012). Obtenido de Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio. Revisión. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v3n2/v3n2a6.pdf>
- Daniel Javier Bonilla-Sandí, L. N.-J.-M.-G. (2020). Metanogénesis microbiana en animales poligástricos. *Nutrición Animal Tropical* , 1-14.
- Dong , H., Mangino, J., McAllister, T., Hatfield, J., Johnson, D., Lassey, K., Martin, Jr, J. (2006.). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 10 Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Roma , Italia: FAO.
- EPA. (14 de Junio de 2022). Descripción general de los gases de efecto invernadero. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- FAO. (2001). Sistemas de producción. Obtenido de <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/production-systems/es/>
- FAO. (2006). La Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de La ganadería produce más gases contaminantes que el transporte: <https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>
- FAO. (2010). Obtenido de Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: <http://www.unionvegana.org/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-del-sector-lacteo/>
- FAO. (2015). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM): <https://www.fao.org/gleam/results/es/>
- FAO. (s.f., rev. 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de La ganadería y el medio ambiente: <https://www.fao.org/livestock-environment/es>
- FAO. (s.f., rev. 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de Producción lechera: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- FAO. (2018). Soluciones ganaderas para el cambio climático.. Obtenido de <https://www.fao.org/3/l8098ES/i8098es.pdf>
- FAO. (2023). Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM). versión 3.0 basado en datos del 2015. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de <https://www.fao.org/gleam/es/>
- García, R. (2006). *Sistemas complejos*. Barcelona, España : Gedisa, S.A.

- Gómez, R. G. (2008). Enciclopedia Bovina . Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Robelo, D. (2018). Estimación de la contaminación ambiental derivada de los sistemas de producción lechera de pequeña escala en Ocoyucan, Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/7452>
- Guilcaso Tipan K ,(2023), sistema de monitoreo de variables químicas con tecnología iot de los suelos agrícolas para la cosecha de productos en agro pujilí. Edu.ec. Recuperado el 30 de enero de 2024, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38498/1/t2293ec.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991). Metodología de la investigación. México : McGRAW-HIL.
- INECC. (16 de diciembre de 2015). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático . Obtenido de Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/estrategia-nacional-de-cambio-climatico-vision-10-20-40>
- Manahan, S. E. (2006). Introducción a la química ambiental. España: Reverté.
- Martínez-González, J., Castillo-Rodríguez, S., Villalobos-Cortés, A., & Hernández-Meléndez, J. (2017). SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON RUMIANTES EN MÉXICO. Ciencia Agropecuaria, (26), 132-152.
- Moreno Jiménez , J. M., Aguarón Joven, J., & Escobar Urmeneta, M. T. (2001). Metodología científica en valoración y selección ambiental. Revista Pesquisa Operacional, págs. Vol. 21, núm. 1. Págs. 1-16.
- Montelongo Pérez, H. D. (21 de 5 de 2020). Determinación de factores de emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino en las regiones de clima seco de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/110260>
- OCDE. (2020). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos . Obtenido de OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/8b675a1a-es/index.html?itemId=/content/component/8b675a1a-es#section-d1e21360>
- OCDE-FAO . (13 de octubre de 2020). Perspectivas Agrícolas 2020-2029. Obtenido de [https://www.oecd-ilibrary.org/sites/8b675a1a-es/index.html?itemId=/content/component/8b675a1a-es#:~:text=7.1.,-Situaci%C3%B3n%20del%20mercado&text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20leche,millones%20de%20toneladas%20\(Mt\).](https://www.oecd-ilibrary.org/sites/8b675a1a-es/index.html?itemId=/content/component/8b675a1a-es#:~:text=7.1.,-Situaci%C3%B3n%20del%20mercado&text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20leche,millones%20de%20toneladas%20(Mt).)
- Padrón, J. (2007). Tendencias Epistemológicas de la Investigación Científica en el Siglo XXI . págs. 1-28.

- Ramírez, J. F., Posada Ochoa, S., & Noguera, R. (2014). Metanogénesis ruminal y estrategias para su mitigación. *CES medicina veterinaria y zootecnia*, 9(2), 307–323. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072014000200014
- Romero, J. E. (2021, noviembre 22). *¿Las vacas influyen en el calentamiento global?* infobae. <https://www.infobae.com/america/perrosygatos/2021/11/22/las-vacas-influyen-en-el-calentamiento-global/>
- SAGARPA. (30 de mayo de 2018). Crece la producción de leche en México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es>
- Sampieri Hernández, Collado Fernández, B. L. (2014). Metodología de la investigación 6ta edición (6ta ed.).
- SEMARNAT (2003). Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-083-SEMARNAT-2003, Ciudad de México.
- SEMARNAT (2002). Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 y Secretaría de Salud (SSA). Ciudad de México.
- SEMARNAT. (10 de Noviembre de 2021). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . Obtenido de Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/programa-especial-de-cambio-climatico-2021-2024>
- SENASICA. (2019). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Leche Bovina. México : Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones. (s.f.,rev,2023). *Fermentacion entérica en bovino lechero*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-3a11_100401_ferment-enterica-bovino-leche_tcm30-530024.pdf
- SIAP. (2021). Leche de bovino. México.
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Panorama Agroalimentario 2021: https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- SIAP. (16 de mayo de 2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732714/Leche_de_Bovino_Abril.pdf

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. (2009). La larga sombra de la ganadería: problemas ambientales y opiniones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Vargas, J. (8 de junio de 2015). Emisión de metano entérico en sistemas pastoriles: Estrategias de reducción con potencial práctico. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262015000200015&script=sci_arttext
- Weitzenfeld H. 1989. Documentos para el curso básico sobre evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental en aire agua y suelo (ERFCA). Cuaderno de trabajo (traducción de OMS, publicación no. 62).
- Young, J. C., Rose, D. C., Mumby, H. S., Benitez-Capistros, F., Derrick, C. J., Finch, T., Garcia, C., Home, C., Marwaha, E., Morgans, C., Parkinson, S., Shah, J., Wilson, K. A., & Mukherjee, N. (2018). A methodological guide to using and reporting on interviews in conservation science research. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 10–19. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12828>
- Zaparolli, Y. V. (2022). Por una ganadería con menos carbono. Sao Paulo: Revista Pesquisa FAPESP.
- Zúñiga, N (2016). Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano (pag.116-170).