

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE
TECNOLOGÍA



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Maestría en Planeación Estratégica y Dirección
de Tecnología

Análisis de la producción de gas metano en un biodigestor anaeróbico para
la depuración de sangre animal

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

PRESENTA

Daniel Antonio Aguilar Ruiz

Directora:

Dra. Genoveva Rosano Ortega

Codirectores:

Dr. Alfredo Toriz Palacios

Dr. Juan Carlos Pérez García

Puebla, 2018



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.1 Antecedentes	3
1.2 Propósito de la investigación	4
1.3 Planteamiento de hipótesis	5
1.4 Objetivo general	5
1.5 Objetivos específicos	5
1.6 Justificación	6
1.7 Alcances y limitaciones	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Innovación e Innovación Tecnológica	11
2.2 Tipos y niveles de Innovación	14
2.3 Modelos de innovación	16
2.4 Modelo de cadena Eslabón Kline	18
2.5 Desarrollo sustentable	20
2.6 Modelos de desarrollo sustentable	21
2.7 Corrientes actuales de innovación y desarrollo sustentable	23
2.8 Referente teórico de modelo propuesto	23

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

CAPÍTULO 3. CASO DE ESTUDIO, RESIDUO DE SANGRE ANIMAL	25
3.1 Origen y disposición final de la sangre	26
3.2 Composición de la sangre	27
3.3 Potencial de aplicación de la investigación	32
3.4 Ley ganadera de la región centro del país.	34
CAPÍTULO 4. METODOLOGIA	38
4.1 Diagrama de proceso para la elaboración del trabajo de campo	39
4.2 Diseño de Biodigestor a escala de laboratorio	40
4.2.1 Instalación del agitador del efluente	41
4.2.2 Instalación del sistema de circulación de calefacción para el efluente	41
4.3 Sellado y puesta en marcha de prueba de biotratabilidad con inóculo inicial	42
4.4 Instalación de sensor de gas metano	42
4.5 Sensado de variables “in situ”	43
4.5.1 Determinación de temperatura y tiempo de retención	45
4.6 Carga de materia orgánica del sistema anaerobio a escala piloto	46
4.6.1 Análisis de la generación de metano.	47
4.6.2 Análisis de biotratabilidad a escala industrial	47
4.7 Selección de herramienta estadística Anova	49
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	52
5.1 Biodigestor anaeróbico en funcionamiento	53
5.2 Pruebas de biotratabilidad	53
5.3 Sensado de variables in situ	55
5.4 Recopilación y análisis de resultados de CH ₄	60
5.5 Interpretación de Resultados	62

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1 Del primer objetivo específico.	65
6.2 Del segundo objetivo específico.	65
6.3 Del tercer objetivo específico.	65
6.4 Del tercer objetivo específico.	65
6.5 Recomendaciones	66
Referencias	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tipos de rastros y distribución
Tabla 1.2: Propósito de investigación
Tabla 3.1: Animales sacrificados para consumo humano
Tabla 3.2: Cantidad de sangre por especie Animal
Tabla 3.3: Componentes de la Sangre
Tabla 3.4: Caracterización de la sangre animal
Tabla 3.5: Composición química aproximada de sangre (g/100 g porción).
Tabla 3.6: Grupos de proteínas como solutos presentes en la sangre bovina.
Tabla 3.7: Composición química de la sangre.
Tabla 3.8: Cuadro comparativo entre el agua cruda de rastro, la sangre y excretas bovinas.
Tabla 4.1 Listado de material para construcción de biodigestor
Tabla 5.1: Temperatura del sistema
Tabla 5.2: Tiempo de retención del sistema
Tabla 5.3: Tiempo de descomposición de la materia
Tabla 5.4: Recolección de datos de dos factores con varias muestras en los grupos.
Tabla 5.5: Análisis de varianza de 2 factores por grupo.
Tabla 5.6: Análisis de desviación estándar.
Tabla 6.1: Precio de Gas Natural

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Porcentaje de gases de efecto invernadero

Figura 1.2: Biodigestor 20 L.

Figura 1.3: Biodigestor 20,000 L.

Figura 2.1: Evolución de los modelos de innovación.

Figura 2.2: Modelo de Kline de enlaces de cadena.

Figura 2.3: Áreas principales de sustentabilidad

Figura 2.4: Áreas principales de sustentabilidad

Figura 3.1: Sangre vertida a cuerpos de agua

Figura 3.2: Sangre vertida a cuerpos de agua de Río Atenco

Figura 4.1: Diagrama de proceso

Figura 4.2: Material para construcción de Biodigestor

Figura 4.3: Componentes y localización del agitador

Figura 4.4: Bomba de agua sumergible 15W/ Termostato 50W.

Figura 4.5: Llenado inicial del biodigestor

Figura 4.6: Sensor, P.L.C. pantalla con escala

Figura 4.7: Biodigestor en función con prueba piloto

Figura 4.8: Sustancia Buffer / PC18 Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura.

Figura 4.9: PC18 Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura

Figura 4.10: Toma de muestras de temperatura

Figura 4.11: Biobolsa de 20,000L

Figura 4.12: Biobolsa de 20,000L.

Figura 5.1: Biodigestor a escala laboratorio

Figura 5.2: Sangre en estado sólido.

Figura 5.3 Alimentación de biodigestor con sangre en estado líquido.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Figura 5.4: Toma de muestras de pH insitu

Figura 5.5 Test Kit NPK

Figura 5.6 Test Kit Amoniaco

Figura 5.7: Factor de corrección para el tiempo de retención

Figura 5.8: Ubicación de estadística de prueba para toma de decisión

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber concluido un paso más en mi vida, a mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional; a mi padre por sus enseñanzas y regaños que me dieron una formación firme, a mi esposa e hijos que por ustedes sigo y seguiré adelante para darles el mejor ejemplo posible; a mi hermano y sobrina que siempre estamos juntos en las buenas y en las malas; gracias a todas las personas que me apoyaron de manera directa e indirecta a la realización de este proyecto.

DANIEL ANTONIO AGUILAR RUIZ

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la población humana va en aumento y esto genera necesidades alimentarias muy grandes, la mayoría está basada en consumo de carne de origen animal (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, 2010).

En la actualidad la sociedad mexicana incrementa constantemente la demanda de productos cárnicos ya que desde el punto de vista nutricional son una fuente habitual de proteínas, grasas y minerales en la dieta humana.

La carne es el producto más significativo de un rastro; de todos los alimentos que se obtienen de los animales esta es la de mayor valoración y apreciación en los mercados.

Este proyecto de tesis tiene el propósito de analizar la operación del correcto funcionamiento de un biodigestor bajo condiciones anaeróbicas alimentado en su totalidad por sangre animal; lo que lo hace novedoso ya que hasta el momento no se valoriza a la sangre animal, por lo que es considerada como un desecho, es por eso que al no tener ningún valor para nadie es fácil su obtención a un precio prácticamente nulo.

El producto atípico a degradar es la sangre, residuo producto de la matanza de bovinos, porcinos, ovinos y equinos que por volumen y características fisicoquímicas es la que más contamina al medio ambiente en general, pero que al mismo tiempo tiene mayor potencial energético debido a su alto contenido de materia orgánica, lo que lo convierte en una fuente alternativa de energía.

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La matanza animal para consumo humano se lleva principalmente en tres tipos de rastros, que son los oficiales como los de inspección federal (TIF), mataderos municipales y rastros clandestinos; donde se generan productos y subproductos; dentro de los productos lo principal o más importante es la carne y lo restante se considera como subproductos que están compuestos de materiales comestibles, los cuales son utilizados directamente o indirectamente para el consumo humano y animal. Los subproductos incluyen además de las vísceras, el pelo, los pellejos, las pezuñas, los cuernos, las pieles y la sangre (Rocha 2006).

En la tabla 1.1 se muestra la distribución del lugar y cantidad donde se sacrifican animales.

TIPOS DE RASTROS	DISTRIBUCIÓN DE ANIMALES SACRIFICADOS
RASTRO TIPO INSPECCIÓN FEDERAL (TIF)	20%
RASTROS Y MATADEROS MUNICIPALES	50%
RASTROS CLANDESTINOS	30%

Tabla 1.1: Tipos de rastros y distribución
Fuente (Live Stock México-FAO, 2003).

La mayoría de los rastros no cuentan con las medidas higiénicas necesarias, existen malas prácticas en las diferentes etapas del proceso de matanza (Rocha, 2006).

1.1.1 Antecedentes

Debido a que no existen registros de tratamiento directo de la disposición final de la sangre animal, se propone el siguiente proyecto para poder abatir esas malas prácticas, considerando la utilización de biodigestores anaeróbicos para este fin.

A nivel mundial la mayor parte de la sangre obtenida como subproducto no es aprovechada, ya que es vertida en ríos, lagos, predios, drenajes, etc., provocando problemas de contaminación del aire, agua y suelo, incrementando el efecto invernadero, la proliferación de fauna nociva que afecta directamente a la población y otros serios problemas. Si la sangre animal producto de la matanza es vertida junto con el agua sanitaria, su tratamiento resulta más costoso que el implementar medidas para evitar que ésta vaya al drenaje y emplearla como materia prima en algún proceso (*Bonilla, 2007*).

El descubrimiento del proceso anaerobio a través del tiempo se remonta al estudio inicial de la materia orgánica ya que en diferentes áreas donde interviene la biología existe el estudio de la materia orgánica y por tanto se presenta su descomposición generando biogás debido a la acción de microorganismos y la ausencia de oxígeno, a lo anterior se le conoce como procesos anaerobios, este es un fenómeno intrínseco en la naturaleza por lo que su estudio ha ido evolucionando con el paso del tiempo dando como consecuencia el conocimiento de las condiciones básicas para la generación de biogás; algunas de las cuales se utilizaron en la generación de este trabajo.

1.2 Propósito de la investigación

En la Tabla 1.2 se muestran las respuestas a las preguntas que justifican esta investigación:

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

¿Qué hacer?	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de la producción de gas metano en un biodigestor anaeróbico para la depuración de sangre animal
¿Para qué?	<ul style="list-style-type: none">• Valorización de la sangre• Disminución de la contaminación ambiental• Generación continua de biogás utilizándolo como fuente de alternativa de energía
¿Cómo hacerlo?	<ul style="list-style-type: none">• Mediante: Análisis estadístico de datos adaptación de tecnología, investigación aplicada.

Tabla 1.2: Propósito de investigación.
Fuente (diseño propio).

De acuerdo a las respuestas establecidas se puede observar que el análisis de la producción de gas metano en biodigestor anaeróbico, proporcionará información para una generación continua de biogás con alta carga de metano.

1.3 Planteamiento de hipótesis

El principal propósito de esta investigación se basa en encontrar la respuesta de si existe una relación significativa en la cantidad de gas metano producida en relación con el tipo de alimentación del biodigestor anaeróbico y para lo cual se establecen las dos siguientes hipótesis.

Ho: La producción de gas metano en el biodigestor anaeróbico alimentado con sangre animal e inoculado con estiércol de bovino, es menor a la del gas metano producido con estiércol de bovino

H1: La producción de gas metano en el biodigestor anaeróbico alimentado con sangre animal e inoculado con estiércol de bovino, es mayor a la del gas metano producido con estiércol de bovino.

1.4 Objetivo general

Analizar la producción de gas metano en biodigestor anaeróbico alimentado con diferentes sustratos a través de análisis estadístico de datos, adaptación de tecnología e investigación aplicada.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar las diferencias entre la alimentación de biodigestores con sangre animal y otros residuos de materia orgánica.
- Producción – Beneficio económico directo.
- Evaluar los factores medioambientales que influyen en la producción del biogás.

1.6 Justificación

La NOM-009-Z00-1994 (SAGARPA, 1994) establece la disposición final sobre animales muertos para su aprovechamiento como harina de carne y/o desnaturalización e incineración. Para el caso de vísceras y cabezas, establece que deberán enviarse a una planta de rendimiento o a un horno incinerado. En general, la NORMA OFICIAL MEXICANA indica que cualquier instalación que genere carne o subproductos cárnicos no aptos para consumo humano deberá contar con un incinerador, enviar el material a una planta de rendimiento o en su defecto, pensar en alguna forma de industrialización (Iñiguez, 2001).

La presente tesis plantea la realización de un análisis de la producción de gas metano en biodigestor anaeróbico alimentado con diferentes sustratos para valorizar la sangre impactando positivamente en las siguientes áreas:

▪ **Impacto social.** La gran mayoría de los rastros y mataderos oficiales, además incluidos los clandestinos como ya se mencionó anteriormente desechan la sangre arrojándola en su mayoría directamente al drenaje lo que provoca un latente foco de infestaciones en fauna nociva convirtiéndose en vectores biológicos y mecánicos ya que pueden transportar patógenos además de la contaminación ambiental; provocando posteriormente enfermedades en los humanos. Estos vectores son detonantes para la diseminación de bacterias transmisoras de graves enfermedades, tales como: Salmonelosis, Tifoidea, disentería basilar (Aparato digestivo), infecciones de la garganta, bronquios y pulmón (Aparato respiratorio), e intoxicaciones graves por estafilococo, afectando nariz y garganta (Signorini, 2008).

Logrando la revaloración de la sangre animal se evitará la proliferación de vectores (fauna nociva), lo cual repercute positivamente en la sociedad en general.

• **Impacto ambiental.** La sangre vertida directamente a las aguas residuales o en terrenos provoca contaminación ambiental que se va directamente a la atmósfera incrementando fuertemente al efecto invernadero.

Los gases de efecto invernadero (GEI) están integrados principalmente por el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). En la figura 1.1 se muestra el porcentaje de los principales componentes y la participación de cada uno de los GEI a nivel global.

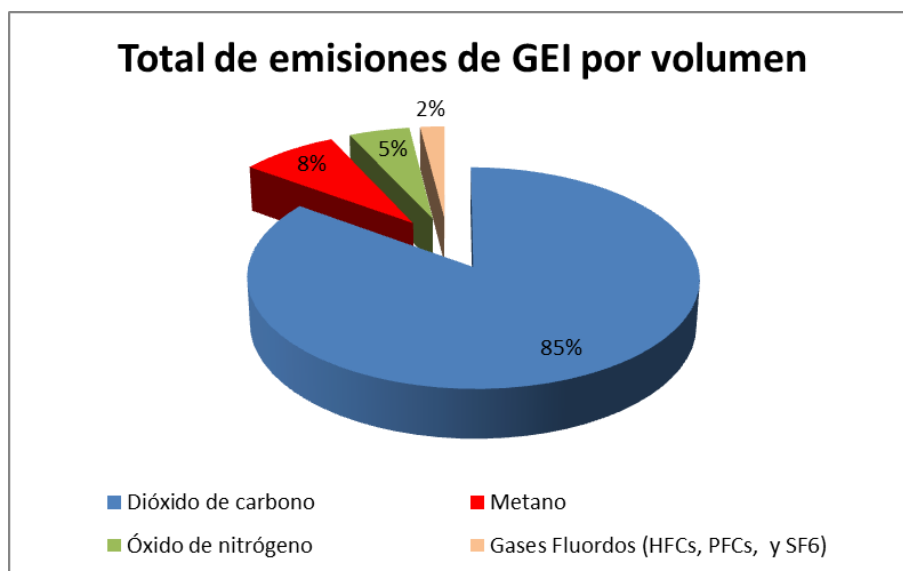


Figura 1.1: Porcentaje de gases de efecto invernadero
Fuente (Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 2008, EPA)

Como se puede observar la cantidad de CO_2 ha comenzado a ser un problema seguida por el CH_4 pero cabe hacer una mención muy importante que aunque en comparación del 85% que ocupa el CO_2 y el 8% del CH_4 existe una situación que muy pocos conocen y es que una molécula de Metano añade 24 veces más calor a la atmósfera que una de CO_2 , lo que lo convierte en una amenaza muy grande al medio ambiente ya que si transformáramos ese 8% de CH_4 por las 24 veces más absorbente de calor estaríamos hablando de un 192% de CH_4 que supera a todos los gases juntos y como se demuestra en esta tesis la producción de metano por efecto de la descomposición de la sangre animal es muy grande y al generar dicho gas capturándolo para utilizarlo como fuente alternativa de energía, estaríamos ayudando de manera muy significativa a la sociedad disminuyendo el crecimiento de GEI y el nivel de

riesgos sanitario que tienen los rastros, el cual en México es muy alto y representa un peligro latente para las poblaciones.

- **Impacto económico.** El CH₄ independientemente del método de su obtención que mayormente hasta el momento está enfocada en la extracción de yacimientos petrolíferos; siempre se ha utilizado como fuente de energía como la calorífica, energía mecánica, energía eléctrica, etc.

El producto de la utilización de la sangre animal para la alimentación de biodigestores es la obtención de biogás el cual a su vez contiene CH₄ lo que da como resultado la obtención de una fuente de energía alternativa de bajo costo ofreciendo beneficios directos como el reemplazo de combustibles fósiles y la disminución en el uso de fertilizantes sintéticos por el contenido de nutrientes del material digerido (*Sosa, 2011*).

Por tanto al adoptar prácticas para separar la sangre y recolectarla le otorga un valor energético que a su vez se convierte en monetario el cual hasta el momento en ningún lugar se le ha dado, además promueve resolver los problemas sanitarios por la mala disposición final de la sangre producto de la matanza de animales.

- **Impacto tecnológico.** En el biodigestor donde se realizaron las pruebas piloto para esta tesis cabe hacer mención que se han adaptado sistemas nuevos para el buen funcionamiento, para una producción continua de biogás; dichos sistemas generan por ejemplo una continua agitación del sustrato y la materia a tratar por medio mecánico mediante aspas, además que la alimentación del biodigestor sea de sangre en estado líquido ya que los coágulos de sangre retardan el tiempo de retención de la materia orgánica en el sistema por lo que mediante medios mecánicos se vuelve a la sangre al estado líquido.

1.7 Alcances y limitaciones

ALCANCES

Existe la posibilidad de aplicación del análisis en empresas que produzcan residuos orgánicos provenientes de la matanza de animales a mediano plazo, que puede

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

hacer que las empresas generen planes de sustentabilidad energética que ayudaría a disminuir las emisiones negativas al medio ambiente provenientes de la sangre animal mediante la creación de un biodigestor que pueda degradar sangre diariamente.

LIMITACIONES

Solo se aplicará el modelo creado en el biodigestor de 20 litros de creación propia como prueba piloto como se muestra en la figura 1.2 y en un biodigestor de 20,000 litros mostrado en la figura 1.3.



Figura 1.2: Biodigestor 20 L.
Fuente (propia)

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE
TECNOLOGÍA



Figura 1.3: Biodigestor 20,000 L.
Fuente (propia)

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El objetivo del capítulo dos es presentar el marco teórico que es el fundamento para el trabajo de investigación y se encuentra dividido en dos partes:

1. Innovación tecnológica, los tipos y niveles de innovación, así como los modelos de innovación más reconocidos con sus factores correspondientes.
2. Desarrollo sustentable, sus antecedentes, los modelos teóricos y empresariales, dimensiones e indicadores.

2.1 Innovación e innovación tecnológica

La innovación siempre ha incidido, en mayor o menor grado, en todos los aspectos de la sociedad actual y en la vida cotidiana, e incluso en los sistemas de competitividad se le considera un eje sustantivo para generar ventajas competitivas (Sarmiento, 2012), de aquí

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

nace la importancia de que su desarrollo vaya al mismo ritmo que los avances de la tecnología. En este sentido, Villarreal (2007) establece:

En la nueva era del conocimiento y de la globalización, ya no se compite empresa versus empresa, sino empresa - cluster - polo regional - gobierno - país versus empresa - cluster - polo regional - gobierno - país, bajo un esquema de competitividad sistémica para generar economías de aglomeración y crear valor agregado mediante la innovación. (p. 05)

Como primer punto, es pertinente definir el concepto de innovación. A continuación se presentan algunas definiciones:

- "Innovación es la introducción de un producto o proceso, nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas" (Manual Oslo, 2006, p. 47).
- "La innovación es la utilización de conocimiento nuevo para ofrecer un nuevo producto o servicio que desean los clientes" (Afuah, 2002, p. 01).
- "Innovación significa rehacer o renovar. Es la acción empresarial que introduce nuevas combinaciones de factores para asegurar una mayor eficiencia productiva" (Galindo, 2008, p. 47).
- "La innovación es todo cambio basado en conocimiento que genera valor a la empresa". (Mulet, 2005, p. 21).
- "Proceso de creación de valor económico mediante el cual ciertos productos o procesos productivos, desarrollados en base a nuevos conocimientos o a la combinación novedosa de conocimiento preexistente, son introducidos eficazmente en los mercados y en la vida social" (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, [CONICYT], 2008, p. 29).
- "Se define como la transformación de una idea en un producto o equipo vendible, nuevo o mejorado". (Escobar, 2000, p. 03)

De las definiciones anteriores y a través de un análisis de los conceptos, se identificaron los siguientes aspectos que se relacionan con la valorización de la sangre:

- La introducción de un producto nuevo o mejorado.
- La generación de nuevos conocimientos.
- La implementación de mejoras en los productos o servicios.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

- La generación de valor.

Sin embargo, el proceso de innovación no se puede apartar del contexto estratégico y competitivo de una empresa ya que el nuevo conocimiento puede ser tecnológico, como el conocimiento de componentes, vinculaciones entre componentes, métodos, procesos y técnicas que son parte de un producto o servicio. El conocimiento de mercado es conocimiento de canales de distribución, aplicaciones del producto y expectativas, preferencias, necesidades y deseos del cliente. El producto o servicio es nuevo si su costo es inferior, si sus atributos son mejorados, si ahora tiene nuevos atributos que antes no tuvo, o nunca existió en ese mercado. A menudo, el propio producto o servicio nuevo se conoce como una innovación, reflejando el hecho de que eso es la creación de nuevo conocimiento tecnológico o de mercado. Por lo tanto, en la medida que las innovaciones técnicas utilizan nuevo conocimiento tecnológico o de mercado a fin de ofrecer nuevos productos o servicios para los clientes se llegará al punto de desarrollar innovación tecnológica (Afuah, 2002).

Cuando se habla propiamente de innovación, se hace referencia a todo cambio, basado en conocimiento de cualquier tipo, siempre que genere valor y que tenga consecuencias económicas directas. Evidentemente, entre ellas están las innovaciones tecnológicas, que son las más estudiadas y también las más arriesgadas. Muchos estudios han demostrado que son las que generan más beneficios porque no solamente son causa de mejores prestaciones en la oferta de la empresa sino que son más difícilmente imitables y por lo tanto se mantienen en el mercado mayor tiempo como novedad (Mulet, 2005).

Con base en lo anterior, se presentan algunas definiciones de innovación tecnológica.

- "La innovación tecnológica es un conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados" (Fundación Española de Ciencia y Tecnología, [FECYT], 2002, p. 19).
- "Es un proceso multi-etapa, con variaciones significativas en las actividades iniciales, así como en los aspectos de gestión en sus etapas. Se realiza mediante esfuerzos

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

técnicos, en el contexto de una organización, involucrando interacciones con el entorno tecnológico y el mercado" (Institución Universitaria de Envigado, [IUE], s.f., p. 01).

- "Es un proceso orientado a la resolución de problemas, que tiene su ocurrencia primaria en el mercado; es interactivo, de aprendizaje y diversificado que implica el conocimiento tácito y explícito" (Hidalgo, Vizán y Torres, 2008, p. 20).
- "Innovación tecnológica es toda la actividad que desarrolla o financia la empresa para crear conocimiento científico y tecnológico y convertirlo en productos, servicios o procesos que coloca en el mercado" (Mulet, 2005, p. 23).
- "Innovación tecnológica es un proceso que conjuga una oportunidad de mercado con una necesidad y/o una invención tecnológica que tiene por objetivo la producción, comercialización de un nuevo proceso, producto, actividad comercial, modelo de negocio o servicio al cliente" (Puga, González y Negrete, 2012, p. 08).
- "La innovación tecnológica es el conjunto de actividades científicas, tecnológicas, financieras y comerciales que permiten introducir productos o servicios nuevos o mejorados". (Escobar, 2000, p. 03).

Esto nos da a entender que la fuerza fundamental, que mueve la producción capitalista, y al sistema como un todo, la causante de sus procesos de transformación constante, en una palabra, de su desarrollo económico, es el fenómeno tecnológico y con él, el proceso de innovación tecnológica (Schumpeter, 1996, citado en Montoya, 2004). En consecuencia, Porter (2003), afirma que la competitividad de una nación depende de la capacidad de la industria para innovar y mejorar. Las empresas logran ventaja competitiva mediante actos de innovación. Enfocan la innovación en su sentido más amplio, que comprende tanto nuevas tecnologías como nuevos modos de hacer las cosas.

2.2 Tipos y niveles de innovación

En el Manual de Oslo (2006), se establece que la innovación puede ser de los siguientes tipos:

- **Innovación de producto:** Es la introducción de un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en sus características o en sus usos posibles. Este tipo de innovación incluye mejoras significativas en las especificaciones técnicas, los

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

componentes o materiales, el software incorporado, la ergonomía u otras características funcionales. Las innovaciones de productos en servicios pueden incluir mejoras en las operaciones de suministro (por ejemplo, en términos de su eficiencia o velocidad), la adición de nuevas funciones o características a servicios existentes, o la introducción de servicios completamente nuevos.

- **Innovación de proceso:** Es la introducción de un método de producción o de distribución nuevo o perfeccionado que incluye mejoras significativas en técnicas, equipo o software. Puede tener como objetivo disminuir costes unitarios de producción o de distribución, aumentar la calidad, o producir o distribuir productos nuevos o mejorados.
- **Innovación comercial:** Es la introducción de un nuevo método de comercialización que entrañe importantes mejoras en el diseño o presentación del producto, en su posicionamiento, en su promoción o en su precio. Su objetivo es satisfacer mejor las necesidades de los clientes, abrir nuevos mercados, o reposicionar un producto de la empresa en el mercado para incrementar sus ventas.
- **Innovación organizativa:** Es la introducción de un nuevo método de organización aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas de la empresa. Su objetivo es mejorar los resultados de la empresa a través de la reducción de costes administrativos o de transacción, mejorar la satisfacción en el trabajo (y por lo tanto la productividad laboral), conseguir acceso a activos no comercializables (como conocimiento externo no codificado) o reducir costes de abastecimiento.

Hidalgo, Vizán y Torres (2008), también consideran que los tipos de innovación se pueden desarrollar en dos niveles de acuerdo con las necesidades de las empresas, los cuales son:

- **Innovación radical:** Innovación que hace referencia a aplicaciones fundamentales nuevas de una tecnología o a una combinación original de tecnologías conocidas que dan lugar a productos, servicios o procesos productivos.
- **Innovación incremental:** Se refieren a las mejoras que se realizan en un producto, servicio o proceso productivo existente con la finalidad de incrementar sus prestaciones. A este tipo de innovación se accede fácilmente a través de lo que se

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

conoce como imitación creativa, cuyo objetivo principal es copiar la esencia de una tecnología para mejorarla funcionalmente.

Sin embargo, Gianella (2009), en el Programa de modernización tecnológica, investigación, desarrollo e innovación, clasifica a la innovación por niveles:

- Nivel bajo: Incorpora tecnología desarrollada por terceros para reemplazar procesos que eran manuales. No hay innovación en productos y procedimientos más allá de la que aporta la incorporación de la tecnología en sí misma.
- Medio bajo: Incorpora tecnología desarrollada por terceros para reemplazar procesos que ya poseían cierto grado de tecnología. Es posible encontrar algún nivel de innovación en procedimientos y productos por el impacto del cambio tecnológico.
- Medio: Se incorpora y modifica tecnología para adaptarla a los procedimientos de la empresa. Se modifican los procesos en función del impacto y las posibilidades que brindó la tecnología incorporada. Se mejoran productos y procesos.
- Medio alto: Se produce I+D para alcanzar alguna innovación. La capacidad para adaptar la tecnología, los procesos y los procedimientos pudo ser propia y tercerizada e impactar en una o más áreas de la empresa. Se pueden generar productos y procesos nuevos.
- Alto: Se produce I+D con un resultado de clara innovación. La capacidad para adaptar la tecnología, los procesos y los procedimientos es de la propia empresa e impactó consistentemente en todas las áreas de la empresa produciendo una mejora. Se crean nuevos productos.

De la misma forma, Gianella (2009) considera que la innovación se puede clasificar de acuerdo con sus mecanismos de aplicación, que pueden ser los siguientes:

- Por la incorporación de software empaquetado.
- Incorporación de software a medida.
- Incorporación de equipamiento.
- Por la modificación de su infraestructura.
- Por el uso de servicios de asesoramiento y/o consultoría.
- Por su capacitación y entrenamiento.

Finalmente, Gianella (2009) concluye que la innovación tecnológica es, por lo tanto, un proceso que abarca diversas fases orientadas a introducir en forma de productos o servicios los resultados de un proceso de investigación. El objetivo principal es encontrar una idea motivadora que oriente la posible dirección para realizar un esfuerzo técnico, concentrado y enfocado hacia la investigación y desarrollo.

2.3 Modelos de innovación

Para definir un modelo de innovación hay que tener en cuenta varios parámetros que pueden influir en las definiciones, como por ejemplo, los límites temporales que en muchas ocasiones pueden ser difusos al no conocer cuándo terminan las fases o cuándo comienza una nueva, o la interacción entre variables, que muchas veces son desconocidas y que pueden afectar el éxito del producto o servicio. Para comprender mejor lo anterior, se requiere conocer los inicios de los modelos de innovación, desde la primera idea propuesta por Joseph Schumpeter (1883-1950) en la que expone un modelo de desarrollo económico en el que muestra la importancia que éste atribuye a la innovación, como un elemento fundamental que no se da espontáneamente sino que es promovido activamente dentro de un sistema capitalista por el llamado empresario innovador (Montoya, 2004), pasando por las generaciones de Rotwell (1994), los modelos estáticos, dinámicos, corporativos, los sistemas nacionales y regionales hasta llegar a los modelos de innovación del siglo XXI, lo que nos lleva a la necesidad de conocer cómo dichos modelos han evolucionado a través de los años y así, identificar sus fortalezas y debilidades. Para un mejor análisis, los modelos de innovación se clasificaron en cinco etapas de evolución, las cuales, se presentan en la Figura 2.1, tomando como referencia a los modelos más representativos.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

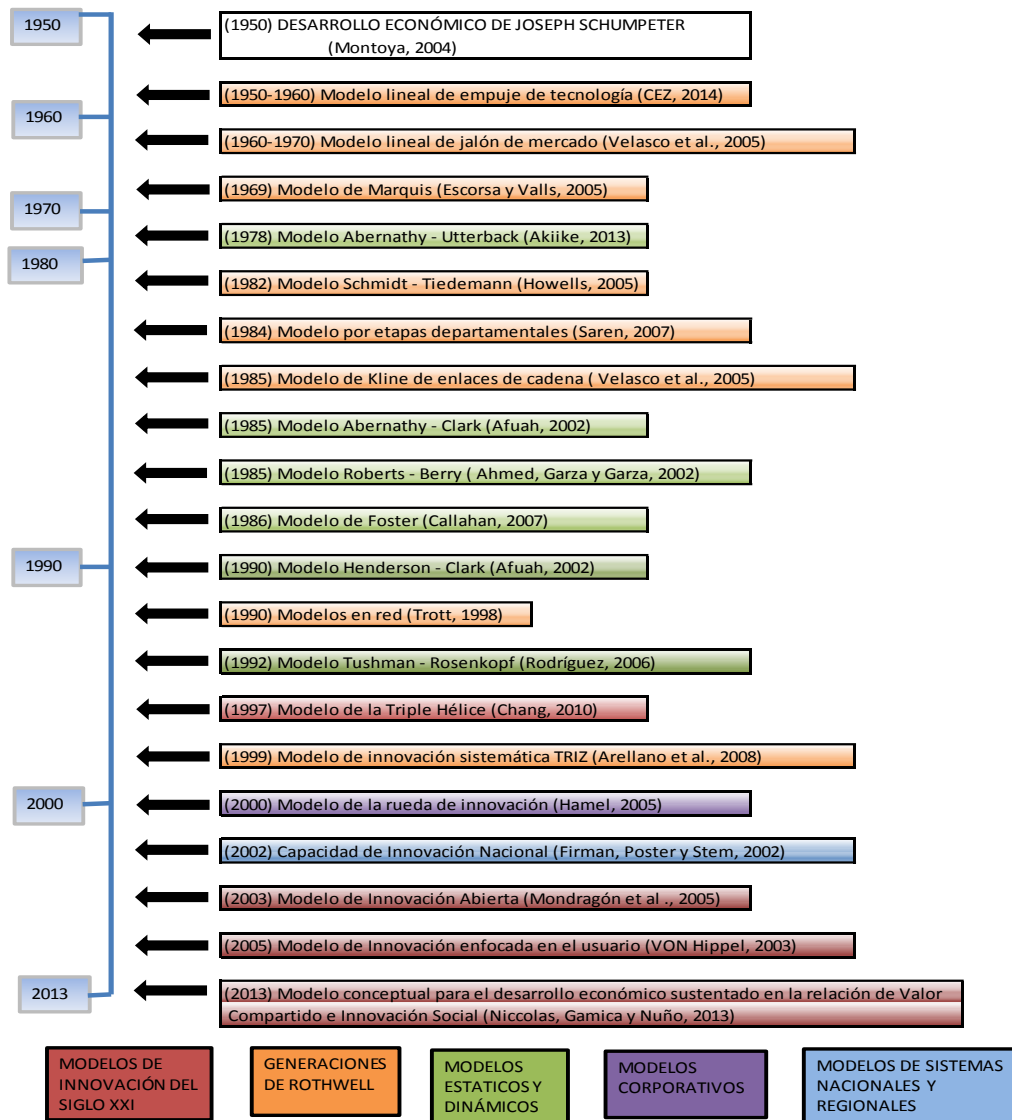


Figura 2.1: Evolución de los modelos de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2.1 se muestra como el concepto de innovación se promueve con base en la propuesta de Desarrollo Económico de Schumpeter, la cual, se fundamenta en dos conceptos que han tenido un enorme impacto en su evolución: la innovación como causa de desarrollo y el empresario innovador como propiciador de los procesos de innovación.

Con el paso de los años, los modelos de innovación progresaron, agregando gradualmente nuevas características que los fueron identificando en cada momento de la historia. A

continuación, se presenta una descripción de las etapas más representativas de acuerdo con las teorías de diversos autores.

2.4 Modelo Cadena Eslabón de Kline

Otro modelo importante de esta generación es el modelo de enlaces en cadena o modelo cadena-eslabón de Kline (1985). Este modelo intenta representar la complejidad e incertidumbre que implica un proceso de investigación-desarrollo-innovación (I+D+i), y la relación entre la innovación y las actividades de investigación y desarrollo (Velasco *et al.*, 2005). Las actividades de I+D+i son complicadas de medir y se requiere una buena coordinación entre los conocimientos requeridos y las necesidades del mercado, para resolver simultáneamente las obligaciones económicas, tecnológicas y de todo tipo que impone este proceso (CEZ, 2014). La innovación en este modelo se considera como un conjunto de actividades relacionadas las unas con las otras y cuyos resultados son frecuentemente inciertos. A causa de esta incertidumbre no hay progresión lineal entre las actividades del proceso y existe retroalimentación en todas las etapas del desarrollo, en la figura 2.2 se visualizan las posibles fuentes de mejora entra cada etapa y la investigación.

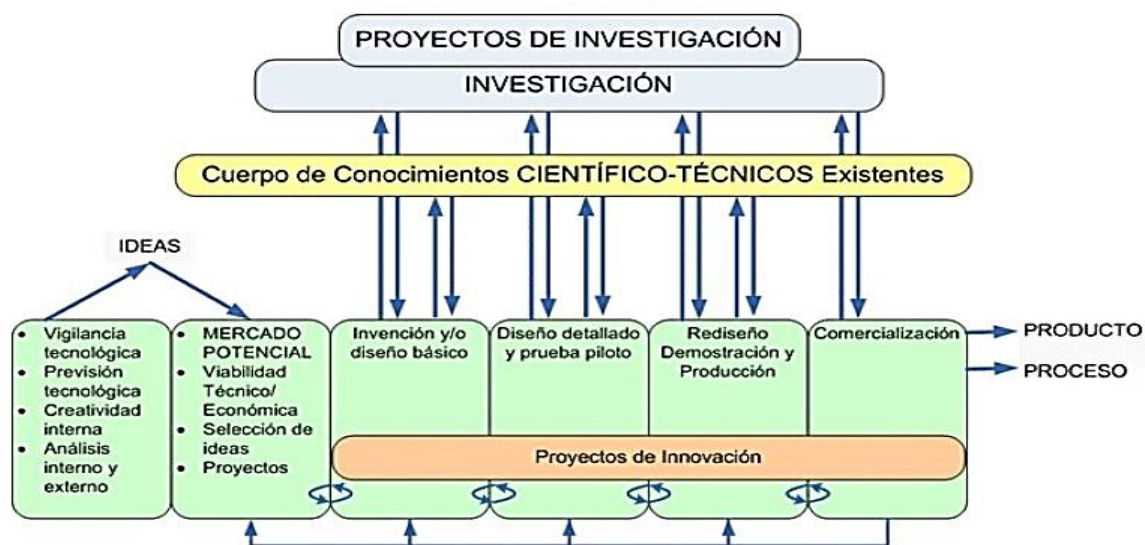


Figura 2.2: Modelo de Kline de enlaces de cadena.
Fuente: Velasco et al., (2005), citado en CEZ, (2014).

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

En la Figura anterior se observa que el trayecto principal pasa por la cadena central de la innovación, comenzando con una idea que se materializa en un invento y/o diseño analítico que responde a una necesidad del mercado. Un segundo trayecto se desarrolla como una serie de retroalimentaciones, en donde, un círculo pequeño de retroalimentación conecta cada fase de la cadena central con su fase previa. El círculo representado por las flechas ofrece información sobre las necesidades del mercado a las fases previas del proceso de innovación y lo hace desde la comercialización del producto final hasta el mercado potencial.

El tercer trayecto está constituido por el eslabón entre el conocimiento y la investigación con la cadena central de innovación constituida por los proyectos de innovación.

El cuarto trayecto es la conexión entre la investigación y la invención. La relación es bidireccional, porque la ciencia puede crear oportunidades para nuevos productos.

Finalmente existen conexiones directas entre el mercado y la investigación, aunque algunos resultados del proceso de innovación también pueden ser utilizados para fortalecer la investigación. Se observa con claridad que una de las diferencias más sobresalientes entre el modelo de Kline y los modelos lineales es la relación de los conocimientos científicos y técnicos existentes en todas las etapas y no solamente al principio.

En resumen, la innovación en este modelo se considera como un conjunto de actividades relacionadas las unas con las otras y cuyos resultados son frecuentemente inciertos. A causa de la incertidumbre no hay progresión lineal entre las actividades del proceso existiendo retroalimentación en todas las etapas de desarrollo, así como posibles fuentes de mejora entre cada etapa y la investigación. Se observa también que la I+D no es una fuente de invenciones, sino una herramienta que se utiliza para resolver los problemas que aparecen en cualquier fase del proceso, además, la investigación aborda los problemas que no se pueden resolver con los conocimientos existentes, para así ampliar la base de conocimientos, por lo que la empresa dispone de una extensa base a la que acude cuando se encuentra con problemas que requieren nuevos planes de innovación.

Este modelo promueve una cultura de la innovación en toda la empresa, y sirve para empresas de cualquier actividad y tamaño, por lo que para muchos autores es el más completo.

2.5 Desarrollo sustentable

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

El desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad establecer compromisos y adoptar responsabilidades en la aplicación de un modelo económico, político, ambiental y social, así como los patrones de consumo que determinan la calidad de vida. De la misma forma, es una megatendencia emergente de la cual, muchas empresas la visualizan como un desafío que puede afectar su competitividad al no percibir su carácter estratégico (Lubin y Esty, 2010), entendiendo como megatendencia a un movimiento de las variables del entorno (sociales, económicas, políticas y tecnológicas) que cambian radicalmente el futuro y pueden describirse en escenarios probables; es decir, todo indica que si no se dan cambios radicales, el escenario no se presentará (Palacios, 2005).

El alcanzar un crecimiento económico que conserve y enriquezca en vez de destruir las bases naturales en las que inevitablemente se asienta la actividad humana, constituye un parámetro y objetivo esencial de una estrategia consistente de desarrollo sustentable, el cual, es un imperativo de nuestros días (Calva, 2007). Por lo que para entender mejor este concepto, a continuación, se presentan algunas definiciones de desarrollo sustentable con base en diversos autores u organismos.

- "Desarrollo sustentable es la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras" (Informe *Brundtland*, 1987, p. 41).
- "Se define como el abastecer las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de cubrir las suyas" (McManus, 2009, p. 10).
- "Es el diseño de sistemas humanos e industriales que aseguren que el uso que hace la humanidad de los recursos naturales no lleven a disminuir la calidad de vida, por el impacto en las condiciones sociales, la salud humana y el medio ambiente" (Mihelcic & Zimmerman, 2012, p. 04).
- "Desarrollo sustentable significa desarrollo que puede ser continuado, sea indefinidamente o por el periodo de tiempo que se considere" (Foladori & Tomassino, 2001, p. 02).
- "Es la integración y armonización de mejoras económicas, sociales y ambientales" (Labandeira, 2007, p. 39).

2.6 Modelos de desarrollo sustentable

En la década de 1990, el concepto de desarrollo sustentable alcanzó su mayor difusión, constituyéndose en una moda. A fines del siglo XX su popularidad implicó que su presencia se distinguiera en todas las estructuras discursivas, desde discursos políticos en todas sus tendencias pasando por organizaciones sociales, sindicales y académicas, como una fórmula mágica que sin duda, nos llevaría a alcanzar una mejor calidad de vida. Sin embargo, este proceso se ha desgastado; se recurre con insistencia a la sustentabilidad pero difícilmente se le define como un concepto destinado a la acción colectiva en un grupo social, de ahí nace la necesidad de identificar y establecer indicadores que sirvan para medir la distancia y el sentido de la variación de un modelo entre el estado inicial y el estado de transición, enfocado hacia un escenario sustentable de desempeño de la sociedad. De esta forma, la comisión *Brundtland* en 1991 reconoció que el concepto de desarrollo sustentable debe ir más allá que sólo el aspecto ambiental, también debe considerar el bienestar humano, el bienestar ecológico y sus interacciones, tal como se muestra en la Figura 2.3.

Este concepto habla de un enfoque integrado del desempeño económico y ambiental, conformando un área de factibilidad, donde el crecimiento económico debería ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y paralelamente sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además tanto la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras.

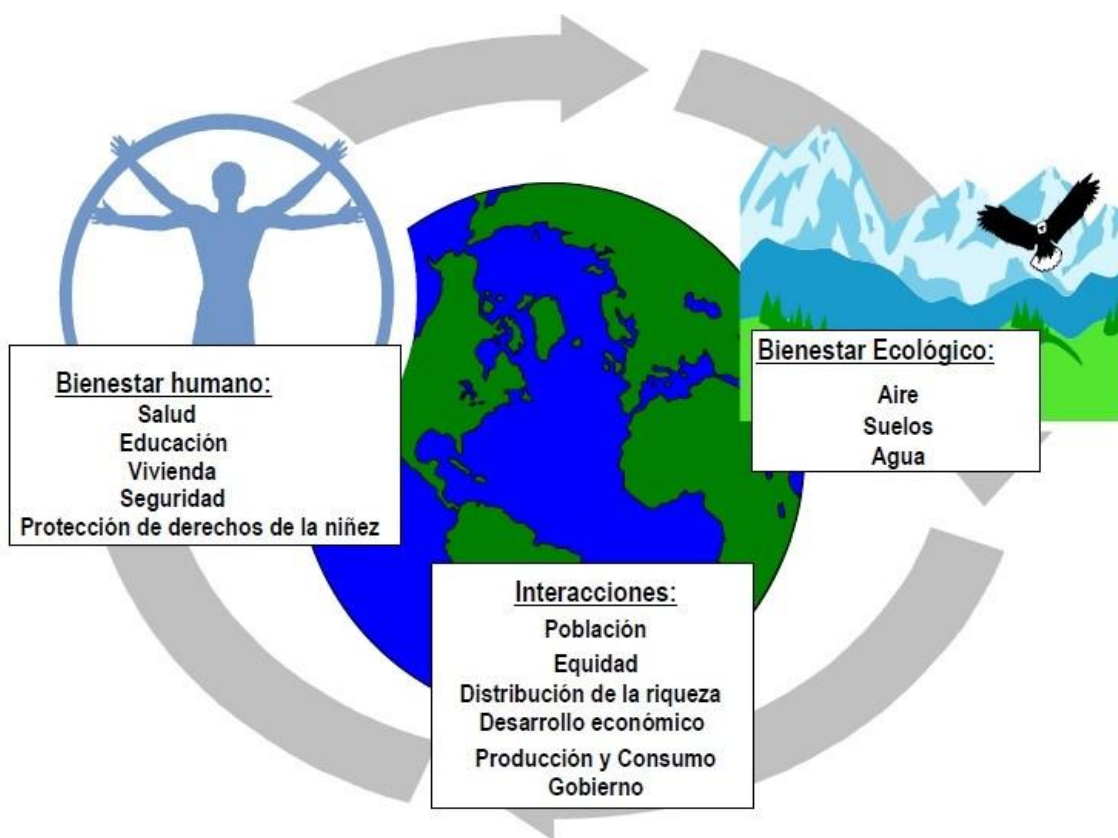


Figura 2.3: Áreas principales de sustentabilidad
Fuente: Informe Brundtland (1991) citado en INEGI/INE, (2000).

Bajo este enfoque, se observó que la sustentabilidad requiere integrar tres factores de línea triple principal que son el medio ambiente, la economía y la sociedad (Barber y Zapata, 2009; Mihelcic & Zimmerman, 2013). Con este principio la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible creó un programa de trabajo que tuvo como objetivo la elaboración de indicadores de desarrollo sustentable. Este trabajo dio lugar a la publicación de llamado "Libro Azul" en el que se presentaron cuatro dimensiones de sustentabilidad: económica, social, ambiental e institucional (Durán, 2000; Suárez 2013).

2.7 Corrientes actuales de innovación y desarrollo sustentable

El mundo se enfrenta actualmente a graves problemas medioambientales tales como el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales o la pérdida de biodiversidad, por

lo que son necesarios nuevos modelos y tecnologías sociales y económicas para lograr beneficios claros y apreciables para el medio ambiente.

2.8 Referente teórico de modelo propuesto

Basado en el modelo de Kline se propuso un nuevo modelo que se muestra en la figura 2.4 la cual indica el proceso de innovación seguido para el análisis de la producción de gas metano en un biodigestor anaeróbico para la depuración de sangre animal.



Figura 2.4: Áreas principales de sustentabilidad
Fuente: Propia

En el modelo propuesto se muestran las diferentes etapas que se realizaron, basadas en la innovación comenzando con la investigación para materializar una idea que llevo al diseño del biodigestor de acuerdo a una necesidad que es poder valorizar la sangre para producir gas metano.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

La relación entre cada uno de los puntos establecidos en el diagrama es unidireccional ya que al completar cada fase los llevo al desarrollo de la siguiente.

CAPÍTULO 3. CASO DE ESTUDIO, RESIDUO DE SANGRE ANIMAL

3.1 Origen y disposición final de la sangre

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

A nivel mundial la población humana va en aumento y esto genera necesidades alimentarias muy grandes, la mayoría está basada en consumo de carne de origen animal (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, 2010).

En la tabla 3.1 se muestra la cifra anual de animales que se sacrifican mundialmente para consumo humano según los datos de la FAO 2012.

CANTIDAD ANUAL DE ANIMALES SACRIFICADOS PARA CONSUMO HUMANO	
•	50.000 millones de pollos
•	2.715 millones de patos
•	1.388 millones de cerdos
•	1.169 millones de conejos
•	648 millones de gallinas
•	635 millones de pavos
•	564 millones de ovejas
•	402 millones de cabras
•	301 millones de bovinos
•	57 millones otras aves
•	23 millones de búfalos
•	10 millones de perros
•	5 millones de caballos
•	1.5 millones de camelos

Tabla 3.1: Animales sacrificados para consumo humano
Fuente: (FAO 2012).

La cantidad de sangre contenida en un animal para consumo humano, maduro, sano y con plan de nutrición adecuado se muestra en la tabla 3.2:

CANTIDAD DE SANGRE CONTENIDA POR ESPECIE ANIMAL
--

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Bovino	60 mL/kg
Ovino	70 mL/kg
Equino	75 mL/kg
Porcino	65 mL/kg

Tabla 3.2: Cantidad de sangre por especie Animal
Fuente: Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes 5ta. edición pág. 105.

Del sacrificio animal para el consumo humano el 13% del peso total del animal está compuesto por sangre y viseras de los cuales el 1.3% es aprovechado y el 11.7% restante se desecha como ya se ha comentado a drenajes, ríos, mantos freáticos, subsuelo y finalmente cuando se descompone toda esta materia orgánica contamina el aire (Rocha, 20016).

La contaminación generada provoca el crecimiento de fauna nociva como los roedores, mosquitos y diferentes tipos de bacterias totalmente perjudiciales para los seres humanos.

3.2 Composición de la sangre

Aunque la sangre es un elemento constante en los organismos, su composición química varía en función de diversos factores , como son: La raza ya que dependiendo de su genética es la carga de materia orgánica y sus características en la sangre; la edad es otro factor dado que dependiendo de la edad también depende de la cantidad de componentes que contiene la sangre ya que a mayor edad algunos componentes empiezan a disminuir su cantidad y en algunos casos hay carencia total de ellos; el estado fisiológico influye en gran parte a la composición ya que en condiciones óptimas se considera una composición estándar de la sangre pero en caso de variaciones por enfermedad existen deficiencias en dicha composición; otro factor es la alimentación ya que una adecuada ingesta alimenticia provoca que los nutrientes adecuados pasen a formar los principales componentes de la sangre en un porcentaje adecuado en el estándar pero en una deficiencia alimenticia o mal balanceada provoca faltas en los componentes o ausencia definitiva de compuestos básicos en la sangre. Como medida estándar bajo condiciones normales la sangre tiene una composición media de:

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

- 80% agua
- 18% de proteínas
- 2% de hidratos de carbono, lípidos y sales minerales.

En la tabla 3.3, se muestra más específicamente los componentes de la sangre:

COMPONENTES	SANGRE	PLASMA (60%)	PAQUE CELULAR (40%)
AGUA	80-85	90-92	70-78
PROTEÍNAS	15-18	6 a 8	25-29
LÍPIDOS	0.15	0.5-1	0.2
HIDRATOS DE CARBONO	0.1	0.08-0.12	
SALES MINERALES	1	0.8-0.9	TRAZAS
OTRAS SUSTANCIAS	0.55	0.2-0.3	
MATERIA SECA	15-20	08 a 10	22-30

Tabla 3.3: Componentes de la Sangre
Fuente (Rocha 2006)

La caracterización de la sangre animal se muestra en la tabla 3.4, la cual fue utilizada en pruebas de biotratabilidad:

Parámetro	Unidad	Método de prueba	Valor
pH	adimensional	NMX-AA-008-SCFI-2000	7.4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	g/L	NMX-AA-030-SCFI-2000	460
Sólidos Totales (ST)	g/L	NMX-AA-034-SCFI-2001	124.288 (100%)
Sólidos Totales Fijos (STF)	g/L	NMX-AA-034-SCFI-2001	10.407 (8%)
Sólidos Totales Volátiles (STV)	g/L	NMX-AA-034-SCFI-2001	113.881 (92%)
Densidad	g/ml	-	1.056

Tabla 3.4: Caracterización de la sangre animal
Fuente (Reporte técnico UPAEP-CONACYT, 2012.)

Los datos obtenidos de los estudios de la biodigestión anaeróbica establecen una buena viabilidad en la producción de gas metano a partir de la descomposición de sangre animal ya que contiene gran cantidad de materia orgánica que finalmente resulta ser una fuente de producción de biogás útil para la cogeneración de energía; para obtener una alta eficiencia es

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

necesario tener control en las siguientes variables: sangre en estado líquido (no coagulada), T, pH, alta carga orgánica expresada en mg DQO/L. ((Reporte técnico UPAEP-CONACYT, 2012.)

La sangre es el residuo que generan los rastros con más impacto negativo ambiental, tanto por volumen como por capacidad contaminante, ya que esta presenta un alto contenido de nitrógeno total el cual supera al límite máximo permisible (60 mg/L) en caso de una descarga a un cuerpo de agua federal según la NOM-001.SEMARNAT-1996. Además el elevado contenido de materia orgánica expresada como DBO₅ (150 000 a 200 000 mg/L) y DQO (Signorini, 2008; Ahmad & Ansari, 2012), provoca el desarrollo de moscas, mosquitos, larvas, cucarachas, ratas, etc., capaces de incubar y multiplicar microorganismos que, posteriormente, podrían ser la causa de enfermedades en el humano, siendo así, vectores biológicos. Cabe mencionar que el tratamiento de las aguas residuales con altos volúmenes de sangre resulta ser más costoso que el implementar medidas para evitar que ésta vaya al drenaje y emplearla como materia prima en algún proceso (COFEPRIS, 2007). Figura 3.1 observación de la sangre desechada sin tratamiento previo.



Figura 3.1: Sangre vertida a cuerpos de agua
Fuente: Diseño propio.

En las Tablas (3.5, 3.6, 3.7, 3.8) se observa la composición química de la sangre, en donde los mayores porcentajes están representados por agua y proteínas. Los compuestos

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

nitrogenados de bajo peso molecular presentes en la sangre bovina son: urea y en menor concentración aminoácidos, ácido úrico, creatina, y creatinina (Belitz, 1997).

Tabla 3.5 Composición química aproximada de sangre (g/100 g porción).

	Agua	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Energía (KJ)
Sangre (Bovina)	80.5	17.3	0.13	0.065	335

Fuente: (Belitz, 1997).

Tabla 3.6 Grupos de proteínas como solutos presentes en la sangre bovina.

	Globulinas	albúminas	hemoglobinas
Sangre (Bovina)	1.2 g	2.3 g	13.8 g

Fuente: (Belitz, 1997).

Tabla 3.7 Composición química de la sangre.

	DQO	Nitrógeno total	Fosforo total	Sodio	Carbón como Bicarbonatos (C-HCO₃⁻)
Sangre (Bovina)	7 %	19 %	4 %	8 %	24-32%

Fuente; Belitz y Grosch, 1997

Tabla 3.8 Cuadro comparativo entre el agua cruda de rastro, la sangre y excretas bovinas.

Parámetro	Sangre	Agua Cruda de Rastro	Excretas bovinas
DQO (mg/L)	393600	11748	40500
SST (mg/L)	84100	1600	8059
Nitrógeno inorgánico (mg/L)	239.32	750	443
pH (U. de pH)	7.23	7.6	6.5-6.7

Fuente: Abundis, 2014 y Laines, 2013

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

En la digestión anaerobia la metanogénesis es la etapa limitante del proceso y la fase industrialmente interesante, porque se relaciona a la cantidad de la producción de biogás. Por esta razón, varios estudios han evaluado la estructura de las comunidades metanógenas durante este proceso. Actualmente, es evidente que la carga y la diversidad metanogénica dependen de la alimentación, características y las condiciones del proceso (variables operacionales), sin embargo estos datos aún no están disponibles (Traversi, et al; 2011). Con base a la literatura revisada, la operación en general de los biodigestores se realiza de forma empírica sin el sustento que relacione las variables operacionales con el consorcio microbiano presente, lo que facilitaría el arranque, estabilización y proceso de tratamiento maximizando el contenido de metano en el biogás y reduciendo así los costos del sistema de depuración anaerobia (biodigestión). Cabe enfatizar que al no tener un fundamento científico de las variables operacionales que fomenten el crecimiento de microorganismos específicos productores de metano cualquier contaminante, cambio operacional o condición externa ambiental ocasiona la muerte de biomasa metanogénica provocando baja eficiencia en el tratamiento del agua residual y producción de biogás (metano).

La diversidad metanogénica en el reactor se encuentra ampliamente influenciada por el tipo de materia orgánica en la alimentación (Traversi, et al; 2011). El crecimiento de metanógenos impulsa la generación de metano cuando los sustratos solubles se encuentran fácilmente disponibles (por ejemplo alta concentración de COT) y la alta generación de metano dependerá de la gran población de metanógenos (Bareither, et al; 2013).

Es importante la caracterización y cuantificación de las comunidades microbianas presentes en un biodigestor, ya que las poblaciones microbianas y la abundancia de metanogénicas se encuentran vinculados a los cambios temporales en la química de los lixiviados (pH, demanda bioquímica de oxígeno y reacciones oxido-reducción) y la generación de biogás (Bareither, et al; 2013).

3.3 Potencial de aplicación de la investigación

Dentro de los resultados de este análisis se pretende crear conciencia de los beneficios para el medio ambiente, se podría lograr que los generadores principales de este problema se interesen por la utilización de un biodigestor anaeróbico alimentado en su totalidad con sangre animal, incluso se puede hacer que la sociedad en general y empresas se vean interesadas en este proyecto pues la sangre podría llegar a ser valorizada ya que al generar gas natural es posible usarla como fuente alterna de energía.

A nivel nacional aproximadamente 1/4 parte de los rastros y mataderos municipales vierte sus desechos en canales o arroyos cercanos, más del 50% al drenaje público y solamente el 20% de los rastros y el 10% de los mataderos poseen tanques de tratamientos de aguas residuales en funcionamiento, (Signorini, 2007). En la figura 3.2 se muestran los residuos de sangre vertidos directamente al río Atenco, siendo que el rastro más cercano a esta locación esta al menos a 15 kilómetros de distancia.



Figura 3.2: Sangre vertida a cuerpos de agua de Río Atenco.
Fuente: Diseño propio.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

La Región Centro ocupa el tercer lugar del país como productor de carne en canal y aglutina uno de cada cinco centros de sacrificio (191), de los cuales 143 son municipales, 34 privados y 14 de tipo inspección federal (TIF); el Estado de México sobresale por poseer uno de cada tres rastros en el área. (Sagarpa, 2011)

En las tablas 3.9 y 3.10 se muestran la cantidad de rastros en las regiones de Puebla y Tlaxcala sondeadas en el año 2016.

Estado: PUEBLA				Año: 2016	
No.	NOMBRE DEL RASTRO	MUNICIPIO/LOCALIDAD	TIPO DE RASTRO	CABEZAS SACRIFICADAS POR MES	DOMICILIO
1	Municipal de Teziutlán	Teziutlán	Municipal	130	Calle del Salto # 5 Sección 18, Barrio de Francia, Teziutlán, Puebla.
2	Municipal de Zacapoaxtla	Zacapoaxtla	Municipal	100	Conocido en calle el Fortín S/N Col. Centro, Zacapoaxtla, Puebla.
3	Municipal de Hueytamalco	Hueytamalco	Municipal	25	Calle Independencia S/N Col. Centro, Hueytamalco, Puebla.
4	Municipal de Cuetzalan	Cuetzalan	Municipal	62	Calle Lic. Carlos García # 20, Cuetzalan, Puebla.
5	Municipal de Huauchinango	Huauchinango	Municipal	150	Rafael Cravioto S/N, Col. Santa Cruz, Huauchinango, Puebla.
6	Municipal de Xicotepec	Xicotepec/El Zoquitlan	Municipal	80	Conocido El Zoquitlan, Xicotepec, Puebla.
7	Municipal de Fco. Z. Mena	Fco. Z. Mena	Municipal	30	Conocido Fco. Z. Mena, Puebla.
8	Municipal Zacatlan-Chignahuapan	Zacatlan-Chignahuapan	Municipal	140	Carretera Federal Puebla-Huauchinango, Tomatlan, Zacatlán, Puebla.
9	Industrial de Abastos Puebla	Puebla	Municipal TIF 591 Bovinos y Porcinos	10,000 porcinos 0 bovinos	Km 6.5 Carretera Federal Puebla-Tlaxcala San Gerónimo Caleras, Puebla.
10	Municipal de San Martín Texmelucan	San Martín Texmelucan	Municipal	390	Carril San Francisco Tepeyac, San Martín Texmelucan, Puebla.
11	Rastro Municipal de Cholula	San Pedro Cholula	Municipal	156	Avenida Miguel Alemán 2905, San Pedro Cholula, Puebla.
12	Municipal de Izúcar de Matamoros	Izúcar de Matamoros	Municipal	200	Carretera Internacional a Oaxaca Km. 35 C.P. 74570. Barrio Sto. Tomas, Izúcar de Matamoros, Puebla.
13	Municipal de Tecamachalco	Tecamachalco	Municipal	180	Carretera Federal Tecamachalco - Cañada Km 1.3. Barrio de San José, Tecamachalco, Puebla.
14	Municipal de Tehuacan	Tehuacan	Municipal	750	Calle 4 Sur, esquina 7 Pte. C.P 75700, Tehuacán, Puebla.
15	Municipal de Atlixco	Atlixco	Municipal	630	Calle Río Sonora S/N Col. Alta Vista, Atlixco, Puebla.
16	Rastro y Frigorífico de Tehuacán, S.A. de C.V.	Tepanco de López	TIF 210 (Porcinos)	10,000	Km. 105 carretera Federal Puebla - Tehuacan
17	Bachoco, S.A. de C.V.	Tecamachalco	TIF A-326 (Aves)	2,523,537	Carretera Federal Puebla - Tehuacan, Km. 53, San Juan
18	Productos Agropecuarios de Tehuacan, S.A. de C.V.	Santiago Miahuatlan	TIF 364 (Aves)	2,800,000	Km. 4.5 carretera Federal Tehuacan - Orizaba, colonia San Isidro Vista Hermosa
19	Procesadora de Aves y sus Derivados de Tehuacan, S.A. de C.V.	Tepanco de López	TIF 489 (Aves)	8,420	Km 109 carretera Federal Puebla - Tehuacán s/n Francisco I. Madero Tepanco de López
20	Nutri Carne, S.P. R. de R.L. de C.V.	Santa María Zacatepec	TIF 573 (Porcinos)	2,880	Camino a Capurrabia s/n, Santa María Zacatepec, Juan C. Bonilla

Figura 4.1: Cantidad de rastros en el Edo. de Puebla.
Fuente: Sagarpa 2016

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Estado: TLAXCALA

Año: 2016

No.	NOMBRE DEL RASTRO	MUNICIPIO/LOCALIDAD	TIPO DE RASTRO	CABEZAS SACRIFICADAS POR MES	DOMICILIO
1	RASTRO CALPULALPAN	CALPULALPAN	MUNICIPAL	220	DOM. CONOCIDO CARRETERA MEXICO-VERACRUZ KM. 63, CALPULALPAN, TLAX.
2	RASTRO APIZACO	APIZACO	MUNICIPAL	350	AV. LIBERTAD S/N, COLONIA MORELOS, APIZACO TLAX.
3	RASTRO HUAMANTLA	HUAMANTLA	MUNICIPAL	68	CALLE BRAVO NORTE S/N, COL. CENTRO, HUAMANTLA TLAX.
4	RASTRO TLAXCO	TLAXCO	MUNICIPAL	50	CALLE EMILIANO ZAPATA S/N, COL. CENTRO, TLAXCO TLAX.
5	RASTRO DE NANACAMILPA	NANACAMILPA	MUNICIPAL	60	CALLE OCAMPO S/N, COL. OBREGÓN, NANACAMILPA DE MARIANO ARISTA TLAX.
6	RASTRO DE TLAXCALA	TLAXCALA	MUNICIPAL	190	CARRETERA A LA TRINIDAD TEPEHITEC S/N, TLAXCALA, TLAX.

Figura 4.1: Cantidad de rastros en el Edo. de Tlaxcala.

Fuente: Sagarpa 2016

La entidad de Puebla cuenta con 217 municipios dentro de los cuales apenas existen funcionando un aproximado de 16 rastros por lo que es un aspecto preocupante por la cantidad y calidad de carne necesaria consumida por los poblanos, eso significa que posiblemente existan otros rastros o una cantidad considerable de rastros clandestinos para abastecer la gran cantidad de productos cárnicos en la región lo que hace pensar que al ser clandestinos no cumplen con las normas de sanidad establecidas, por lo que seguramente los residuos de sangre son vertidos directamente a drenajes o predios sin cuidado alguno. (Sagarpa, 2017)

3.4 Ley ganadera de la región centro del país.

Dentro de los estados que conforman a la región centro existen artículos específicos en los estados de Puebla y Tlaxcala para lo que es la matanza y manejo de animales destinados para consumo humano; dentro de los más importantes son los siguientes:

ARTÍCULO 107.- Sólo podrá hacerse el sacrificio de ganado y aves, en los lugares debidamente acondicionados y legalmente autorizados, siendo indispensable la previa comprobación de la propiedad y del buen estado de salud de los animales cuyo sacrificio se pretenda.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

ARTÍCULO 108.- El funcionamiento de los rastros lo autorizarán los Presidentes Municipales, previo acuerdo de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Estado. La propia Autoridad Municipal cuidará de que se observen los Reglamentos Sanitarios vigentes y autorizados por la S.S.A. y las demás disposiciones legales aplicables a esta clase de establecimientos.

ARTÍCULO 109.- En todo rastro habrá un Administrador o Encargado, que será nombrado por la Autoridad Municipal de la jurisdicción oyendo la opinión de la Asociación Ganadera Local respectiva. En los poblados donde no sea necesario, debido al poco consumo de carnes hacer designación de Administrador o Encargado del Rastro, el nombramiento podrá recaer en un miembro de la Asociación ganadera que corresponda, quien tendrá el carácter de honorario.

ARTÍCULO 110.- Los Administradores o encargados de los rastros deberán llenar los mismos requisitos que los Inspectores de Ganadería.

ARTICULO 111.- Los Administradores o Encargados de rastros, serán personalmente responsables de la legalidad de los sacrificios que realicen en los establecimientos a su cargo; y de que se cubran precisamente los impuestos o derechos respectivos; estando obligados a llevar un registro en el que por orden y fecha, anotarán la entrada de los animales al registro, los nombres del vendedor y del comprador, la fecha del sacrificio y el impuesto o derecho que pagaron, reservando una columna para la anotación de circunstancias imprevistas que llegaren a presentarse. Si por omisión, contravención o alteración de los registros anteriores, se sacrificasen ilegalmente algún animal, o dejaren de pagarse los impuestos o derechos correspondientes, se presumirá que el Administrador o Encargado, del Rastro es copartícipe en la comisión de los delitos de robo de ganado o fraude al fisco, según el caso, a cuyo efecto la autoridad competente hará al Ministerio Público la consignación respectiva.

ARTICULO 112.- Los registros de los rastros podrán ser revisados, en cualquier tiempo, por los Inspectores de Ganadería; por la Policía Judicial del Estado; por los Representantes de los Organismos Ganaderos y por las Autoridades Administrativas, pudiendo hacer, cualquiera de ellos, las gestiones que procedan para remediar las irregularidades que se descubran o denunciarlas a quien corresponda para la corrección y castigo de quien o quienes resulten responsables.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

ARTICULO 113.- Los Administradores o Encargados de Rastros, reportarán periódicamente en la forma que lo acuerde la Dirección de Agricultura y Ganadería del Estado, a la Autoridad Municipal respectiva, el movimiento del ganado y sacrificios registrados, con expresión de los impuestos o derechos pagados; el reporte se hará por triplicado, para que la Autoridad Municipal envíe el original a la Dirección de Agricultura y Ganadería y copia a la Asociación Ganadera Local correspondiente, sancionado con su visto bueno; de encontrar irregularidades, previamente, hará las investigaciones que juzgue pertinentes de acuerdo con las facultades que le confiere esta Ley. Los empleados fiscales dependientes de la Tesorería General del Estado, reportarán dentro del período en que rindan sus informes los revisores de los Rastros, a la Dirección de Agricultura, la cantidad de cabezas de ganado respecto de las cuales se cubrieron los impuestos o derechos.

ARTÍCULO 114.- La revisión del ganado y aves que vayan a sacrificarse, la harán personalmente, los Administradores o Encargados de los Rastros, previamente al sacrificio. La revisión consiste en la identificación de los animales destinados al sacrificio, de acuerdo con los documentos probatorios de la propiedad.

ARTÍCULO 115.- El sacrificio de hembras se sujetará a las disposiciones que, para el efecto dicte el Gobierno del Estado, por conducto de la Dirección de Agricultura y Ganadería.

ARTICULO 116.- Cuando hubiere necesidad de sacrificar reses para la alimentación de los vaqueros, se hará por disposición del dueño del rancho o de su representante autorizado; pero en todos los casos, conservarán las orejas de los animales unidas a la piel, sin que pueda disponerse de una u otra hasta que sean revisadas por el Inspector de Ganadería o por las Autoridades competentes de su jurisdicción, quienes inutilizarán las orejas en presencia de los interesados o de sus representantes.

ARTÍCULO 117.- La infracción a esta disposición se castigará con multa de quinientos a mil pesos, concediéndose una participación del 50% a la persona que denuncie la infracción antes de que la Autoridad intervenga. Previamente deberá recabarse permiso por escrito del Delegado o Subdelegado Municipal del lugar, quedando estos obligados a hacerlo del conocimiento de la Presidencia Municipal y de la Asociación Ganadera Local de su jurisdicción; consumado el sacrificio deberán presentar, a la propia autoridad las pieles y

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

orejas de los animales sacrificados; y a la persona que los sacrificó o mandó hacerlo, justificará su derecho a disponer de aquellos.

ARTÍCULO 118.- Todo el que sacrifique ganado sin justificar su legal adquisición, se presumirá que lo robó y será consignado al Ministerio Público.

CAPÍTULO 4. METODOLOGIA

4.1 Diagrama de proceso para la elaboración del trabajo de campo

Dentro de la investigación que se realizó se generaron diferentes etapas que van desde el diseño, armado y puesta en marcha para poder llegar a la obtención de datos; todo lo anterior se muestra en la figura 4.1 que es un diagrama del proceso lógico del trabajo de campo.

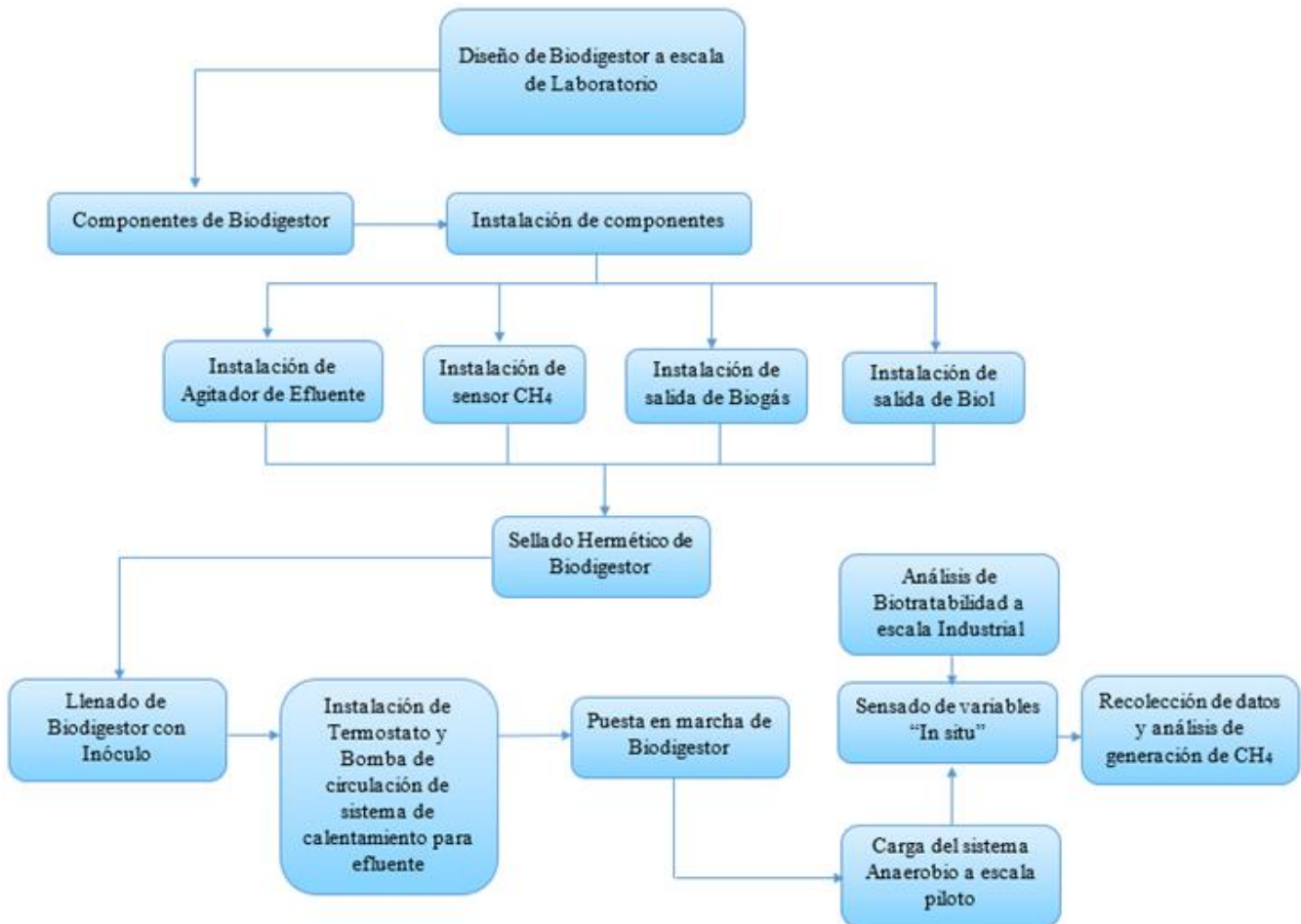


Figura 4.1: Diagrama de proceso
Fuente: Diseño propio.

4.2 Diseño de Biodigestor a escala de laboratorio

Se llevó a cabo el diseño de un biodigestor anaerobio, realizado en un contenedor plástico de 20 L. a diferencia de otros biodigestores éste cuenta con un agitador para mantener en continuo movimiento el inóculo para poder realizar pruebas de biotratabilidad en el reactor anaerobio. En la figura 4.2 se muestran los materiales a usar y en la tabla 4.1 el listado del material que se utilizó en la elaboración.



Figura 4.2: Material para construcción de Biodigestor
Fuente: Diseño propio.

Materia prima para construcción de biodigestor

1. Tubos y contenedores de PVC $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$
2. Llaves de paso de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada
3. Cubeta plástica de 19 litros con tapa y sello
4. Botella de refresco de 3 litros.
5. Motor eléctrico de 6rpm.
6. Módulo de detector de gas metano sensor MQ-4
7. Controlador lógico programable(PLC)
8. Manguera $\frac{1}{2}$ pulgada
9. Caja de unicef
10. Termómetro industrial análogo
11. Termostato 100watts
12. Bomba sumergible 5 watts
13. Tiras para medir pH

Tabla 4.1: Listado de material para construcción de biodigestor
Fuente: Diseño propio.

4.2.1 Instalación del agitador del efluente

Para garantizar el movimiento continuo del efluente dentro del biodigestor y de esta manera las bacterias metanogénicas puedan tener acceso al alimento que se les proporciona que es la sangre animal, se instaló un aspa en la parte más baja del reactor movida por un motor eléctrico de 10W de potencia y que proporciona 5rpm, los cuales son suficientes para mantener el movimiento constante. En la figura 4.3 se pueden apreciar los componentes y localización final del agitador.

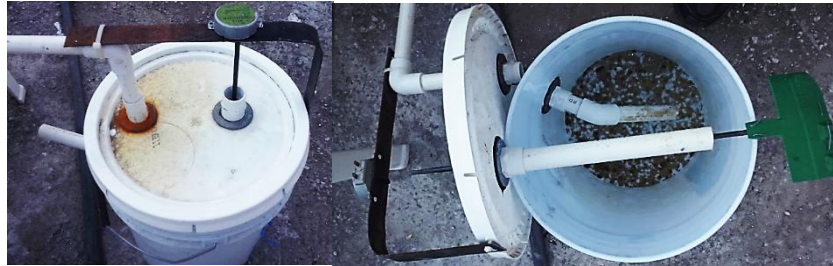


Figura 4.3: Componentes y localización del agitador
Fuente: Propia

4.2.2 Instalación del sistema de circulación de calefacción para el efluente

Para mantener la temperatura constante del efluente dentro del biodigestor se diseñó un sistema de circulación de agua mediante una bomba sumergible de 15W localizada en la parte exterior del biodigestor donde el agua es calentada por un termostato de 50W graduable con una desviación de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ marca Tetra. En la figura 4.4 se muestra la imagen de la bomba sumergible y el termostato.



Figura 4.4: Bomba de agua sumergible 15W/ Termostato 50W.
Fuente: Propia

4.3 Sellado y puesta en marcha de prueba de biotratabilidad con inóculo inicial

Después del armado del biodigestor, inició la preparación de la prueba de biotratabilidad, la cantidad de sustrato preparado para el llenado fue de 8 litros, conformados con 5 kilos de estiércol de bovino disueltos en 4 litros de agua; 25 días después se inició con la alimentación continua de sangre animal; en la figura 4.5 se muestra el llenado inicial del biodigestor con el sustrato inicial, para la eliminación del oxígeno, se colocó una vela encendida suspendida en el espacio restante y se selló, lo anterior fue para que mientras la vela estuviera encendida consumiría todo el oxígeno contenido dejando el ambiente adecuado para las bacterias metanogénicas.



Figura 4.5: Llenado inicial del biodigestor
Fuente: Diseño propio.

4.4 Instalación de sensor de gas metano

Para la toma de datos se utilizó un sensor MQ-4 que es un sensor de gas metano usado para la detección de concentración de gas CH_4 , es un sensor muy fácil de usar para gas natural comprimido el cual debe estar compuesto en su mayor parte por gas metano en el aire; el MQ4 puede detectar concentraciones desde 300 hasta 10,000 P.P.M. Este sensor es de alta sensibilidad y con un tiempo de respuesta rápido, su salida es una resistencia analógica; el funcionamiento fue realizado mediante el uso de un controlador lógico programable (PLC) pudiendo ser programado con ayuda del RSLogix500, este permite crear y editar un nuevo programa de control en lenguaje de programación de PLC's LADDER (lógica de escalera). Dichos datos reflejaron en la computadora la cantidad medida en partes por millón (P.P.M.) con una escala de 6,500 a 10,000 P.P.M.; la escala anterior fue ajustado en ese rango donde la concentración de gas metano se vuelve inflamable; la figura 4.6 muestra al sensor, P.L.C. y pantalla con escala de medición.



Figura 4.6: Sensor, P.L.C. pantalla con escala
Fuente: Propia

Una vez diseñado, armado, y sellado el biodigestor de 20 litros, se inició con la prueba de biotratabilidad para poder estabilizar la producción de biogás bajo condiciones controladas, dejando como variables dos temperaturas diferentes y dos tipos de alimentación del biodigestor, una con 17°C y la otra con 30°C con una variación de $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ con una duración de 4 meses de cada prueba en el biodigestor; los dos tipos de alimentación fue con excretas de animales y la otra fue con sangre animal obtenida de rastros municipales; en la figura 4.7 se muestra el biodigestor armado y ya funcionando.



Figura 4.7: Biodigestor en función con prueba piloto
Fuente: Propia

4.5 Sensado de variables “in situ”

Una vez iniciada la fase de degradación de la materia orgánica con la que se alimentó al biodigestor a escala laboratorio, se mantuvo una continua vigilancia de las variables más importantes que afectan directamente la producción del gas natural, las cuales fueron la temperatura y pH.

Se probó con dos temperaturas diferentes y alimentando con los dos sustratos antes mencionados obteniendo las corridas de datos que se utilizaron en el presente trabajo, cabe hacer mención que para la selección de las muestras fue utilizado el método aleatorio simple; el cual se basa en tomar muestras aleatorias, donde todas tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas en todo el universo de datos existentes; la toma de muestras tanto de temperatura como de pH fue realizada diariamente de dos a tres veces al día procurando que se tomaran a la misma hora durante un periodo de cuatro meses, que dio inicio en Abril del 2016 y finalizó en Agosto del mismo año; para la toma de muestras se consideraron dos

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

temperaturas; la variación de las temperaturas provoca cambios en el metabolismo de las bacterias; de ahí el estricto control de que se mantuviera la temperatura constante en las pruebas realizadas.

Las bacterias metanogénicas viven en un ambiente neutro, es decir, el pH debe encontrarse entre 6.6 a 7.6 ya que si este llega a 6.5 la digestión comienza a inhibirse impidiendo el crecimiento de las metanógenas (Carrillo, 2003); lo que provoca la acumulación de ácido acético y H_2 . El aumento parcial del H_2 , las bacterias que degradan el ácido propiónico serán severamente inhibidas, causando una excesiva acumulación de ácidos grasos volátiles de alto peso molecular, particularmente ácidos propiónico y butírico, los cual disminuirá la producción de ácido acético, generando una disminución del pH ocasionando la muerte de biomasa metanogénica , (Varnero, 2011).

El pH de la sangre del ganado se encuentra entre 7.35 y 7.45 y gracias a sustancias como la hemoglobina, las proteínas séricas y el sistema bicarbonato-ácido carbónico, se mantiene prácticamente constante, aún en condiciones patológicas (López, 2013)

Las dos variables anteriores se mantuvieron en observación mediante un sensor de tipo PC18 que tiene la capacidad de obtención de datos tanto de pH como de temperatura; en cada toma de datos el sensor se calibra mediante una solución buffer de fosfatos de sodio y potasio que a $25^{\circ}C$ nos da un pH de 7.00 ± 0.01 ; La imagen 4.8 muestra la sustancia buffer y el resultado de la toma de la muestra de pH después de ser calibrado.



Figura 4.8: Sustancia Buffer / PC18 Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura.

Fuente: Propia

En la figura 4.9 se ilustra el sensor utilizado para la toma de muestras de temperatura y pH con un sensor PC18 Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura. Tiene una precisión para el pH de ± 0.02 pH y en la temperatura de $\pm 1^{\circ}C$.



Figura 4.9: PC18 Medidor portátil de pH, conductividad y temperatura
Fuente: <http://www.conductronic.com/producto/pc18/>

En la figura 4.10 se muestra la toma de la temperatura haciendo mención que fue controlada constantemente con un termostato de 50W. el cual no permitía la variación de la temperatura del efluente, teniendo un rango de variación de $\pm 0.7^{\circ}C$.



Figura 4.10: Toma de muestras de temperatura
Fuente: Propia

4.5.1 Determinación de temperatura y tiempo de retención

Estos dos parámetros en el biodigestor dan como resultado el tiempo en el que las bacterias realizan la digestión anaerobia; es decir, el tiempo de retención (Olaya y González, 2009). Dado que se manejaron dos temperaturas para el manejo del biodigestor, significa que el tiempo de retención sería diferente en cada caso; A continuación se mencionan los rangos de fermentación en los que se encuentra cada temperatura.

- Fermentación psicrófila, para un rango de temperatura entre 10 y 20°C y más de 100 días de retención.
- Fermentación mesófila, para un rango de temperatura entre 20 y 35°C y aproximadamente 30 a 40 días de retención.

4.6 Carga de materia orgánica del sistema anaerobio a escala piloto

Para poder identificar la biodegradabilidad de la materia orgánica es importante basarse en la DBO₅ y la DQO.

La DQO es la demanda química de oxígeno; la cual es la cantidad de materia orgánica e inorgánica en una muestra y que es susceptible a la oxidación por medio de un oxidante fuerte; este parámetro da una referencia de la cantidad de materia orgánica e inorgánica presente en la muestra; su cuantificación es necesaria ya que la capacidad de carga que puede soportar un sistema anaerobio tiene que guardar ciertas proporciones de DQO que no sobresaturen el sistema, la demanda bioquímica de oxígeno determinada a los 5 días (DBO₅) es una estimación de carácter biológico que da una referencia de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana para oxidar la materia orgánica presente en un cuerpo a analizar durante un periodo de 5 días; este método se basa en la medición del oxígeno consumido por dicha población microbiana en condiciones donde se inhiban los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno con las condiciones que favorezcan su crecimiento; a diferencia de la DQO la DBO₅ solo estima la cantidad de materia orgánica, lo que con la relación de la DQO se sabrá la proporción de materia orgánica contra inorgánica.

El consumo de estos productos está relacionado con el contenido de materia orgánica de las aguas. La relación DBO₅/DQO se denomina índice de biodegradabilidad, cuanto menor es este índice, mayor es la fracción de componentes difícilmente biodegradable. En general, valores por debajo de 0.2 se consideran poco biodegradables, mientras que superiores a 0.4 se corresponden con una buena biodegradabilidad. (Area, et al., 2010).

En este caso el sustrato (sangre de animal) tiene una DBO₅ de 200,000 mg/L. Las aguas residuales generadas en un rastro, poseen una elevada carga contaminante sobre todo de materia orgánica y grasa. Los parámetros más significativos de las aguas residuales de un rastro podrían ser los siguientes (García Terán, 2011):

- DBO₅: 1800 – 2500 mg/L
- DQO: 4000 – 6000 mg/L

Cuando en la relación C/N, la proporción de carbono es alta, el nitrógeno será consumido rápidamente por las arqueas metanogénicas para formar proteínas y no reaccionará con la materia restante, por tanto la producción de gas será alta. De lo contrario, si dicha relación es muy baja, es decir, donde el nitrógeno sea abundante, el nitrógeno será liberado y acumulado en forma de amoníaco, el cual incrementará el pH de la carga en el digestor anaerobio.

4.6.1 Análisis de la generación de metano.

El biodigestor a escala piloto tiene una capacidad de 20L, con un tiempo de retención de 4 meses. Cabe resaltar que se usó como sustrato la sangre animal y como inóculo estiércol diluido en agua a una proporción de 5:2. Esto con el fin de determinar las variables operacionales idóneas (pH, trH, volumen de generación de biogás y carga orgánica) para la degradación de la sangre animal (sustrato). El biodigestor fue llenado a tres cuartas partes de su capacidad total para dejar un espacio del biodigestor para la fase gaseosa. Con base a lo anterior se colocó una mezcla homogénea a régimen turbulento con agitación mecánica (5rpm) con un volumen inicial (V0) de 15L. a una concentración inicial (C0) de sustrato: inóculo (3:7), es decir, a una relación de sangre 30%: estiércol 20% y agua 50%.

Una vez concluidas las pruebas con los dos tipos de alimentación, estos anteriores se tomaron como factores, los cuales fueron recolectados en condiciones diferentes de temperatura que se consideran como grupos; toda esta información servirá para la realización del análisis de la varianza y así determinar la desviación estándar para poder aceptar o rechazar las hipótesis.

4.6.2 Análisis de biotratabilidad a escala industrial

Se permitió el uso de un biodigestor con capacidad de 20,000L, este biodigestor es un sistema que recibe diariamente estiércol de granja como alimento principal, el cual permite obtener energía renovable en un corto plazo y bien estar social al reutilizar el estiércol de los animales; sus características consisten en tener una zanja o muro de retención para el espacio de contención de la biobolsa, la cual es una membrana compuesta de polietileno de alta densidad (PEAD) de forma cilíndrica con solo tres accesos a su interior mediante tuberías de diferente diámetro, el acceso con mayor diámetro se encuentra en un extremo de la membrana cilíndrica, esta es para la alimentación del mismo sistema; dicha alimentación tiene una consistencia pastosa debido a que es una mezcla de estiércol semisólido con agua; para evitar el escape de los gases generados dentro de la biobolsa por este acceso se cuenta con un sello líquido que funciona por gravedad, que impide el escape de los gases de la biobolsa; en el otro extremo se encuentra una salida de menor diámetro con el mismo tipo de sello que solo permite el egreso por gravedad de un líquido llamado biol que es un excelente fertilizante resultante de la degradación de la materia orgánica con la que se alimentó al sistema.

El tercer acceso y de menor diámetro de la biobolsa se encuentra en la parte central superior, que es por donde sale el biogás generado después de pasar por el proceso de biodigestión; por esta tubería se llega a una válvula de alivio que permite el escape de la presión excesiva en caso de haberla, el siguiente proceso es la depuración de ácido sulfhídrico mediante un filtro compuesto de óxido ferroso, el cual se debe cambiar al menos 5 veces al año ya que esta parte es la encargada de atrapar al ácido antes mencionado que puede ser dañino para los artículos donde se utilice la combustión del gas obtenido; finalmente pasa a

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

una trampa de agua donde se condensa y captura el agua obteniendo solo gas natural listo para su almacenaje o utilización.

El biodigestor a nivel industrial tenía ya un tiempo de seis meses funcionando alimentado exclusivamente con estiércol de bovino; en la figura 4.11 se muestra la dimensión de la biobolsa en funcionamiento.



Figura 4.11: Biobolsa de 20,000L
Fuente: Propia

La producción de gas metano con estiércol de bovino es continua mientras se alimente diariamente con una cantidad de 60kg de estiércol y 180L. de agua, la proporción para su disolución es de 1:3 es decir, una cantidad de estiércol por tres de agua que no necesariamente debe ser potable en el caso de excremento de bovino. En la figura 4.12 se muestra la producción de gas metano de la biobolsa alimentada con estiércol de bobino.

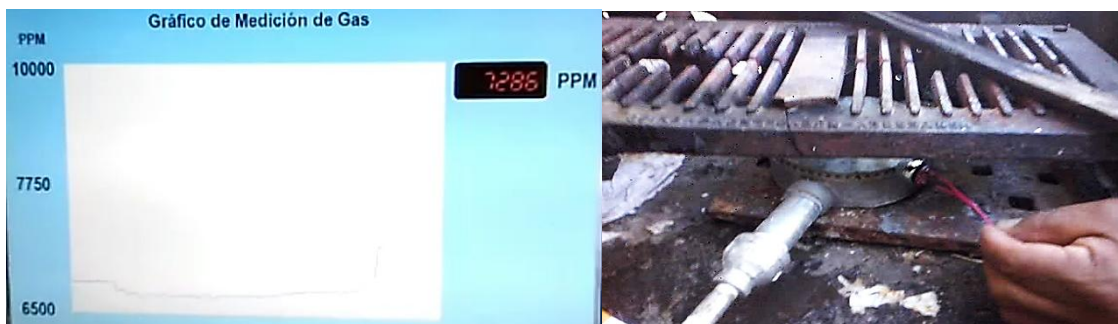


Figura 4.12: Biobolsa de 20,000L.
Fuente: Propia

Después de verificar la existencia del gas metano con el sensor en la biobolsa se permitió la alimentación de la misma con 60L de sangre diaria, cabe hacer mención que la sangre fue alimentada en estado líquido y para lograr esto los coágulos de la sangre fueron tratados mediante medios mecánicos para la disolución de los mismos.

4.7 Selección de herramienta estadística Anova

Este tipo de herramienta se utiliza para comparar los resultados de dos o más tratamientos, es decir si existe relación entre el tipo de alimentación, el análisis se realiza en base a dos características o factores, en este caso en específico el tipo de factor primario es el tipo de alimentación de biodigestor y el factor secundario sería el tipo de temperatura para que finalmente se interprete la interacción que hay entre los dos factores de acuerdo a las Hipótesis establecidas.

El análisis de varianza de dos factores también conocido como ANOVA nos permite estudiar simultáneamente los efectos de dos fuentes de variación. En un ANOVA de dos vías se clasifica a las variables de acuerdo a dos factores o vías para estudiar simultáneamente sus efectos.

ANOVA trata de determinar si los niveles de factores pueden conllevar diferencias en la respuesta en los distintos grupos o poblaciones, contrastando la igualdad de medias de la variable dependiente en dichos grupos. Para poder finalmente determinar la aceptación o rechazo de las hipótesis establecidas; para lo cual se utilizan las siguientes fórmulas que al final nos dan los valores de F de Fisher y así compararla con el valor crítico de F para finalmente aceptar o rechazar las hipótesis establecidas.

$$\text{Factor SC} = \sum_i n_i (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$$

$$\text{Error SC} = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$\text{SC Total} = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$$

Notación

Término	Description
\bar{y}_i	media de observaciones en el i ^{ésimo} nivel del factor
$\bar{y}_{..}$	media de todas las observaciones
y_{ij}	valor de la j ^{ésima} observación al i ^{ésimo} nivel del factor

Cuadrados medios (CM)

Fórmula	Notación	
El cálculo del cuadrado medio del factor sigue:	Término	Description
$\text{Factor CM} = \frac{\text{Factor SC}}{\text{Factor GL}}$	CM	Cuadrado medio
	SC	Suma de los cuadrados
El cálculo del cuadrado medio del error sigue:	GL	Grados de libertad
$\text{Error CM} = \frac{\text{Error SC}}{\text{Error GL}}$		

Valor F

Fórmula

$$F = \frac{\text{CM (Factor)}}{\text{CM (Error)}}$$

Los grados de libertad del numerador son $r - 1$. Los grados de libertad del denominador son $n_T - r$.

Notación

Término	Description
n_T	número total de observaciones
r	número de niveles del factor

Grados de libertad (GL)

Fórmula

Indica el número de elementos independientes en la suma de cuadrados. Los grados de libertad para cada componente del modelo son:

- (Factor) $GL = r - 1$
- Error $GL = n_T - r$
- Total $= n_T - 1$

Notación

Término	Description
n_T	número total de observaciones
r	Número de niveles de factor

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Biodigestor anaeróbico en funcionamiento

De acuerdo al diseño y armado del biodigestor anaeróbico a escala laboratorio mencionado en el capítulo anterior, se inició con el sellado para posteriormente emprender la inoculación con la primera carga de bacterias obtenidas directamente del contenido del estómago de bovinos. Para poder iniciar el control y estabilización del sistema. En la figura 5.1 se muestra el biodigestor a escala laboratorio totalmente armado incluyendo válvula de alivio, salida para toma de muestra de gas natural y salida de biol.



Figura 5.1: Biodigestor a escala laboratorio
Fuente: Propia

5.2 Pruebas de biotratabilidad

Las pruebas de biotratabilidad se realizaron en un biodigestor prototipo de diseño propio de un volumen máximo de 20L con un tiempo de retención celular de 30 días; esto quiere decir, que la edad de los lodos fue de 30 días mencionando que mediante el agitador diseñado para este biodigestor se mantuvo en constante movimiento a los lodos con la finalidad de tener una muestra homogénea dentro del biodigestor de todo el inoculo, para que

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

todas las bacterias metanogénicas tuvieran acceso a la materia orgánica con la que se alimentó durante toda la prueba, utilizando únicamente sangre animal para este fin.

De acuerdo a Martí (2006), las condiciones de una agitación constante y una adecuada mezcla para la degradación de materia orgánica en el biodigestor, propicia su estabilización teniendo un incremento en la generación de biogás. Para el caso de la carga orgánica es imprescindible la disponibilidad de esta, ya que como menciona Varnero (2011) la materia orgánica debe tener una relación de C/N (25-30) para tener una buena generación de biogás, ya que son la fuente principal de alimentación de las arqueas metanogénicas, ya que el carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno les permite la generación de nuevas células.

Después del sellado hermético, el inóculo fue integrado por agua y desechos obtenidos directamente del estómago de un bovino, debido a su gran concentración de bacterias metanogénicas contenidas; dejándolo estabilizarse durante 5 días manteniendo la constante vigilancia de su pH y temperatura, después de corroborar que el pH encontrando se mantenía en un rango de 7.0 a 7.03 se inició con la alimentación gradual; es decir, se comenzó con la ingesta de 25 mL diarios a una temperatura de 19°C durante 5 días, observándose que no hubo cambios en el pH; debido a esto se continuó incrementando la cantidad de sangre cada 5 días hasta llegar 200 mL diarios.

En la figura 5.2 se puede apreciar como la sangre después de salir de los cuerpos de animales sacrificados a los pocos minutos pasa del estado líquido al estado sólido con una consistencia muy parecida a la gelatina.



Figura 5.2: Sangre en estado sólido.
Fuente: Propia

En la figura 5.3 se muestra la alimentación del biodigestor con sangre animal en su cantidad máxima, 200 mL, además de que se puede observar que se encuentra en estado líquido debido a que los coágulos fueron disueltos de manera mecánica para poder alimentar al biodigestor.

La sangre con la que se alimenta al biodigestor se agrega en estado líquido debido a que es más fácil para las bacterias alimentarse, es por eso que se deben disolver todos los coágulos utilizando medios físicos para lograr este fin.



Figura 5.3: Alimentación de biodigestor con sangre en estado líquido.

Fuente: Propia

5.3 Sensado de variables in situ

Una vez arrancada la prueba piloto del biodigestor, ya estando en la etapa de alimentación continua con la carga máxima se mantuvo el sensado de las variables de pH y temperatura de 2 a 3 veces al día procurando la toma de los valores a las mismas horas.

Dentro del sensado del pH se mantuvo un énfasis en el control debido ya que para mantener viva a la colonia de bacterias, el pH debe oscilar entre un valor de 6.9 y 7.6; de acuerdo a Carrillo (2003), para que los microorganismos productores de biogás realicen una buena generación de este, el pH debe encontrarse entre 6.6 a 7.6 ya que si éste llega a 6.5 la digestión comienza a inhibirse impidiendo el crecimiento de los metanógenos. El proceso de

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

variación en la degradación de materia orgánica según Saucedo, et al (2007), si el pH baja del valor de 6.5 se presenta la muerte de biomasa metanogénica, debido a la acumulación de ácidos grasos volátiles (ácidos propiónico y butírico) que ocasiona la disminución de la producción de ácido acético, inhibiendo la metanogénesis. A medida que ocurre la degradación del sustrato la relación C/N disminuye ocasionando una pérdida considerable de nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3) y por tanto se alcaliniza el sistema. Con base a lo anterior, se concluye que la adición de sustrato mantiene el pH en torno a la neutralidad del sistema evitando su alcalinidad, esto muestra ser favorable para los sistemas biológicos (NMX-AA008-SCFI-2011) ya que es un indicador que el biodigestor está estabilizado.

En la figura 5.4 se observa la toma de muestra para medición de pH insitu apreciando que se encuentra dentro del rango establecido.



Figura 5.4: Toma de muestras de pH insitu
Fuente: Alcayaga et al.1999

Torres & Follari s.f., y Guevara 1996, sugieren controlar la temperatura, para aumentar la eficiencia, usando serpentines de agua caliente dentro del digestor, con el objetivo de aumentar la temperatura del efluente; en la tabla 5.1 se muestran los rangos de temperatura para cada ambiente de las bacterias.

● 0-20°C psicofílico
● 20-45°C mesofílico
● 45-97°C termofílico

Tabla 5.1: Temperatura del sistema.
Fuente: Alcayaga et al.1999

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Como ya se mencionó en el punto anterior, el periodo de tiempo que permanece la materia orgánica dentro del sistema para alcanzar la degradación, está directamente relacionado con la temperatura ambiente y en condiciones óptimas del proceso, en este caso se manejaron dos temperaturas para el sistema una de 17°C y otra de 30°C pero en ambos casos caen en el rango mesofílico que tiene un periodo de retención entre 10 y 40 días para la degradación de la materia orgánica; en la tabla 5.2 se muestra el tiempo de retención en días.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Psicofílico > 40• Mesofílico 10 - 40• Termofílico < 10 |
|--|

Tabla 5.2: Tiempo de retención en días
Fuente: Olaya 2006

Las condiciones óptimas del proceso también incluyen los dos puntos siguientes que a diferencia de las variables de Temperatura y pH en estas no fue necesario realizar un control debido a que no presentaron ningún cambio significativo dentro de todo el proceso.

- **Relación C/N:** La relación C/N influye sobre la producción de biogás, siendo la relación adecuada entre 20:1 y 30:1 [Alcayaga et al. 1999].

En este caso para la medición del Nitrógeno se utilizó Test el Kit NPK de la marca HANNA INSTRUMENTS con el cual se puede obtener mediante un reactivo químico que suministra el Kit el resultado en una solución coloreada que se compara con la tabla de referencia incluida a fin de determinar la concentración de la sustancia. El método químico utilizado para esta prueba es NED. En la figura 5.5 se muestra el kit que se utilizó para llevar el control.



Figura 5.5: Test Kit NPK
Fuente: HANNA instruments

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

- **Amoniac:** Para un correcto funcionamiento del biodigestor, los niveles dentro del sistema deben mantenerse por debajo de los 2000 mg/l [Álvarez et al., sf].

El amoniac favorece el crecimiento de las bacterias metanogenicas por otro lado en concentraciones altas puede ser toxico para las mismas (Convirtiéndose en un inhibidor). El amoniac puede estar presente en el bio-reactor, como amoniac libre o ión amonio. En el primer caso se ha encontrado que inhibe más que el ión amonio (Nursen&Coautores, 2004). Sin embargo la población microbiana coexiste en el biodigestor manteniendo un apropiado pH durante la fermentación.

Para el control del amoniac dentro de esta fase experimental se realizó mediante un Test Kit para amoniac de la marca HANNA INSTRUMENTS con unas referencias de medición de 0.0 a 3.0 mg/L 100 test basado en el método Nessler. En la figura 5.6 se muestra el Kit de medición utilizado:



Figura 5.6: Test Kit amoniac
Fuente: HANNA instruments

Dado el análisis y control de todos los parámetros antes mencionados y tomado en cuenta la temperatura promedio anual mínima y máxima en la región que es de 14°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 25°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 1.5°C en el mes de enero (cuentame.inegi.org.mx).

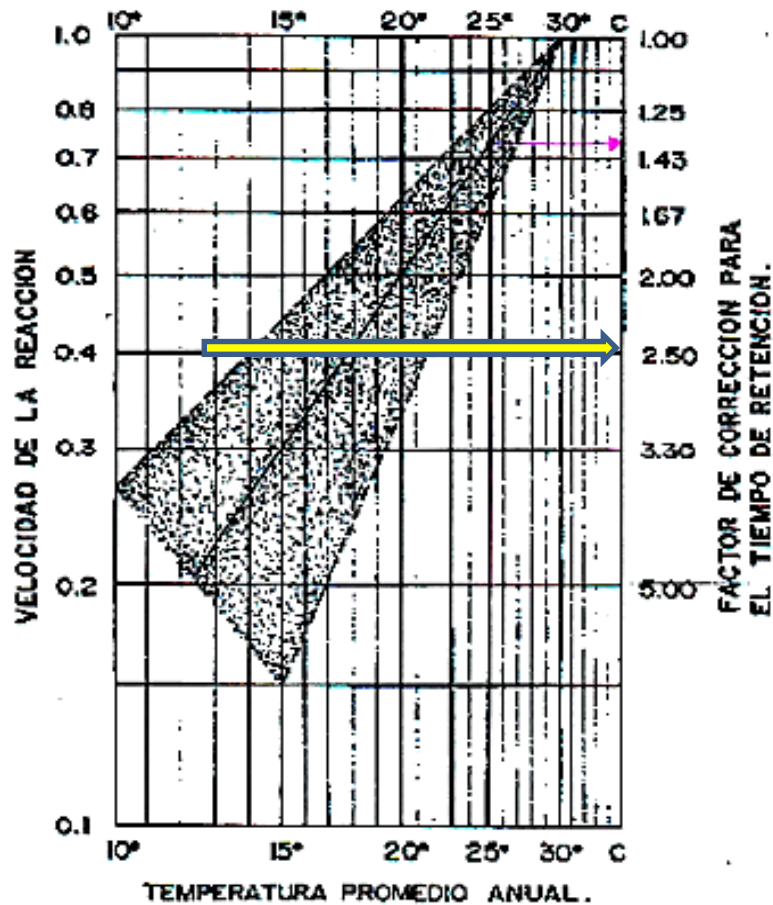


Figura 5.7: Factor de corrección para el tiempo de retención
Fuente: Vargas 1999.

Tomando la información de la figura 5.7 de la velocidad de la reacción que nos da el factor de corrección para el tiempo de retención donde la línea amarilla nos muestra el factor a utilizar y tomando como tiempo de retención ideal el de 20 días (Olaya 2006). Quedaría el cálculo del tiempo de descomposición de la materia orgánica como se muestra en la tabla 5.3.

<p>Tiempo de retención ideal = 20 días [Olaya 2006] Temperatura promedio Tlaxcala 14°C Factor de corrección = 2.50 $Tr = 20 \times \text{Factor de corrección}$ $Tr = 20 \times 2.50 = 50 \text{ días}$</p>

Tabla 5.3: Tiempo de descomposición de la materia
Fuente: Propia

De acuerdo al resultado obtenido del cálculo del tiempo de retención ideal, fue de 50 días con la temperatura promedio de 14°C mencionando que en nuestro caso de estudio se pudo controlar la variable temperatura haciendo 2 corridas con temperaturas diferentes una fue con 17°C y otra con 30°C lo que reduce ampliamente el tiempo de retención de la materia orgánica a un promedio de 30 días; esto significa que la degradación de la materia orgánica con la que se alimenta exclusivamente al biodigestor anaeróbico que es sangre animal, a los 30 días en promedio genera gas natural de manera constante siempre y cuando se mantenga estable y constante todas las variables controlables.

5.4 Recopilación y análisis de resultados de CH₄

Una vez que el sistema funciono de la manera adecuada y comenzó a dar resultados, se empezó con la recolección de los datos, recordando que fueron dos pruebas con diferentes temperaturas, una con 17°C y la otra con 30°C; la recolección de los datos totales para cada corrida fue de 180 datos de los cuales se seleccionó mediante el método aleatorio simple la muestra necesaria para realizar su análisis estadístico y comprobar las hipótesis establecidas al inicio de esta investigación.

El método estadístico utilizado fue ANOVA que se basa en el análisis de la varianza de los datos muestrales cómo se mencionó en el capítulo anterior

El resultado de ANOVA indica el valor estadístico de F en los dos tipos de temperatura para así poder establecer si existe diferencia; concluido lo anterior se realiza el análisis de interacción entre todos los factores. En la tabla 5.4 muestra la información recabada de acuerdo a los factores y grupos respectivos de la colecta de datos utilizando el método aleatorio simple para la selección de muestras.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE
TECNOLOGÍA

RESULTADOS DE CORRIDAS DE VARIABLE TEMPERATURA EN BIODIGESTOR

	TEMP.1	TEMP.2
MEDICION GAS METANO PPM X 1000 SANGRE ANIMAL	7034	7246
	7002	7438
	6932	7407
	6899	7149
	7123	7504
	6987	7487
	7003	7367
	6974	7512
	6894	7345
	6831	7187
MEDICION GAS METANO PPM X 1000 ESCRETAS BOVINOS	5098	6789
	4997	6345
	5890	6234
	5768	6123
	5678	6543
	5784	6457
	6008	6534
	5765	6563
	5987	6134
	6058	6578

Tabla 5.4: Recolección de datos de dos factores con varias muestras en los grupos.
Fuente: Propia

En la tabla 5.4 anterior se cuenta con dos factores el primero es la sangre animal y el segundo las excretas y dos grupos; cada grupo contiene una cantidad de 10 muestras, esos grupos están denotados por la temperatura 1 y 2; en la tabla 5.5 se muestran los resultados del análisis de varianza de 2 factores por varias muestras por grupo.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	TEMP.1	TEMP.2	Total			
<i>MEDICION GAS METANO PPM X 1000 SANGRE ANIMAL</i>						
Cuenta	10	10	20			
Suma	67274	73284	140558			
Promedio	6727.4	7328.4	7027.9			
Varianza	30460.93333	31655.6	124476.5158			
<i>MEDICION GAS METANO PPM X 1000 ESCRETAS BOVINOS</i>						
Cuenta	10	10	20			
Suma	61946	69490	131436			
Promedio	6194.6	6949	6571.8			
Varianza	42288.48889	47303.55556	192206.5895			
<i>Total</i>						
Cuenta	20	20				
Suma	129220	142774				
Promedio	6461	7138.7				
Varianza	109164.4211	75281.8				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Temperaturas	2080272.1	1	2080272.1	54.849162	9.7006E-09	4.113165277
Alimentación	4592772.9	1	4592772.9	121.09461	4.5342E-13	4.113165277
Interacción	58828.9	1	58828.9	1.5511028	0.22101823	4.113165277
Dentro del grupo	1365377.2	36	37927.14444			
Total	8097251.1	39				

Tabla 5.5: Análisis de varianza de 2 factores por grupo.
Fuente: Propia

5.5 Interpretación de Resultados

De acuerdo a los datos encontrados en el análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo, se puede observar en la tabla 5.5 en color verde y amarillo, el resultado obtenido de F en las Temperaturas y tipos de Alimentación, en la figura 5.8 se muestran las áreas respectivas que corresponden a la interpretación de los resultados.

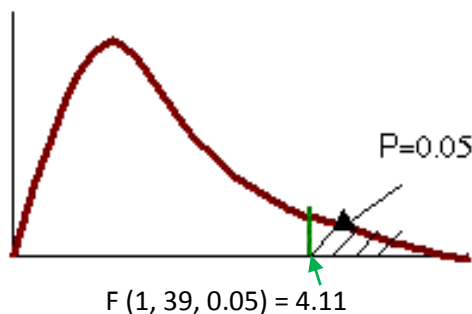


Figura 5.8: Ubicación de estadística de prueba para toma de decisión
Fuente: Propia.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Los valores obtenidos son mayores que el valor crítico de F obtenido de la tabla respectiva con un nivel de confianza del 95%; lo que significa que cae dentro del área de rechazo en ambos valores.

Decisión: H1: La producción de gas metano en el biodigestor anaeróbico alimentado con sangre animal e inoculado con estiércol de bovino, es mayor a la del gas metano producido con estiércol de bovino.

Lo que significa que con la alimentación del biodigestor con sangre animal a la temperatura más alta nos da como resultado una mayor producción de CH₄ medida en PPM; de los resultados de la Varianza expresados en la tabla 5.5, se utiliza para la obtención y análisis respectivo de la desviación estándar de los datos por grupo como se muestra en la tabla 5.6:

DESVIACION ESTANDAR		
	T1	T2
ALIM. SANGRE	174.53	177.92
ALIM. ESTIERCOL	205.64	217

Tabla 5.6: Análisis de desviación estándar.

Fuente: Propia

De los datos anteriores se puede apreciar que la menor desviación estándar ocurre en el proceso alimentado con sangre animal e inoculado con estiércol de bovino por lo que con esto se apoya la elección de la aceptación de la Hipótesis alternativa.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Del primer objetivo específico

Al analizar las diferencias entre la alimentación de biodigestores con sangre animal y otros residuos de materia orgánica, se encontró que si existe diferencia significativa en cuanto a la generación de gas metano ya que se probaron los dos diferentes tipos de alimentación bajo las mismas condiciones obteniendo una producción mayor de CH₄ con la alimentación de sangre animal.

6.2 Del segundo objetivo específico

Como resultado de la producción de CH₄ indica un beneficio económico directo ya que el gas natural tiene un precio que va variando cada mes y la medida para la venta es en GJ (Giga Joules). En la figura 6.1 se muestra el precio de gas natural actualizado en Enero del 2017 por la empresa BLOWORKS, S.A. de C.V.

Precios Actualizados al sábado, 14 de enero de 2017

	Precio		Poder Calorífico ⁺	Precio Actual		Costo de Generación (a)
	\$	Unidad		\$/GJ	\$/kWh	
GAS NATURAL Doméstico (c)	152.4	\$/GJ	0.03542	152.4	0.55	1.27

Tabla 6.1: Precio de Gas Natural
Fuente: BLOWORKS, S.A. de C.V.

6.3 Del tercer objetivo específico

El tercer objetivo específico se basa en el análisis de los factores medioambientales que influyen en la producción del biogás; encontrándose la temperatura como único factor medioambiental que interviene en el tiempo de retención para la transformación de la materia orgánica a biogás.

6.4 Del objetivo general

Los resultados conseguidos en los objetivos específicos dieron la pauta para la obtención del objetivo general; el cual indica que con la alimentación de sangre animal, hubo una producción 16% mayor que con la alimentación de estiércol, volviendo de esta manera viable la alimentación de biodigestores anaeróbicos con sangre animal.

6.5 Recomendaciones

- Se recomienda que de preferencia los biodigestores anaeróbicos alimentados con sangre animal deben estar en lugares templados o cálidos, esto con la finalidad de reducir la energía utilizada para mantener caliente el sustrato y así llegar a su descomposición, pues el medio ambiente cálido es idóneo para que las bacterias metanogénicas realicen la descomposición de la materia orgánica de manera más eficiente sin necesidad de un calefactor artificial externo.
- El alcance de esta investigación llega hasta la determinación de que sí hay producción de gas metano en el biodigestor alimentado con sangre animal, por lo cual es recomendable continuar con el desarrollo de esta investigación para determinar el porcentaje de gas metano obtenido por tanto de sangre.
- Mostrar lo obtenido a los diferentes tipos de rastros para poder informar de los beneficios energéticos posibles, al utilizar sangre animal como alimento de biodigestores.

Referencias

Acosta G. Y., Gutiérrez E., Ramírez E. (s.f.) Universidad del Zulia, Núcleo Punto Fijo. Venezuela, “Poder Fertilizante de los Lodos Residuales Provenientes del Tratamiento de Aguas Servidas”. Recuperado el día 5 de junio del 2012 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01082e21.pdf>

Argüelles H. Elizabeth (2012) UAPEP “Resultados de Pruebas de Biotratabilidad”.

Bonilla Padilla, Mauricio (Marzo, 2007) Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios COFEPRIS “Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales”, recuperado el 10 de junio del 2012 de: <http://www.cofepris.gob.mx/Documents/TemasInteres/.../GUIA4.PDF>

Centro de Promoción de Tecnología Sostenible-CPTS (Junio, 2009) USAID-Embajada Real de Dinamarca “Guía Técnica de Producción Más Limpia para Mataderos de Bovinos”.

Collazos, Carlos J. (2008) Universidad Nacional de Colombia - Curso: Salud Pública y Saneamiento Ambiental “Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales”.

Guardado Chacón José Antonio, (2006) “Tecnología del Biogás” Manual del usuario, recuperado el día 1 de junio de 2012 de: http://issuu.com/anscha/docs/tecnologia_del_biogas_manual

IMTA (1996) “Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales”.

Noyola Robles, Adalberto (s.f.) Instituto de Ingeniería, UNAM “Diseño, Inoculación y Arranque de Reactores UASB.

Rosado Pech, Carlos Eduardo (s.f.) Universidad Autónoma de Campeche “Generación de biogas con rastros evitando contaminación del suelo y la Tierra” Recuperado el día 30 de enero del 2013 de: <http://www.monografias.com/trabajos94/generacion-biogas-rastros-evitando-contaminacion-del-suelo-y-tierra/generacion-biogas-rastros-evitando-contaminacion-del-suelo-y-tierra.shtml>

Rosano Ortega, Genoveva (2012) UPAEP. Tratamiento del agua para uso, consumo y descarga de la industria “Procesos anaerobios”

SAGARPA-FIRCO (Mayo, 2007) Documento de Trabajo “Aprovechamiento de biogás para la generación de Energía Eléctrica en el Sector Agropecuario.

MAESTRÍA EN PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Sánchez Lazcano, Aranzazú (2012) Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) “Proyecto SENER - CONACYT: Construcción de un sistema biodigestor-generator eléctrico prototipo para sangre animal”

SEMARNAT-FIRCO (Enero, 2010) “Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodegestores en México”.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2011) “Resumen Nacional Producción, Precio, Valor, Animales Sacrificados y Peso 2011” Recuperado el día 20 de agosto del 2012 de:

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=369

Signorini Marcelo (Junio, 2007) Nacameh Vol. 1, Número 2, pg. 118- 141 “Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales” Comisión de Evidencias y Manejo de Riesgos, Comisión Federal para la Protección contra los Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Recuperado el día 12 de agosto de 2012 de:

http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/v1n2/nacameh_v1n2_118Signorini.pdf

Viquez Arias, Joaquín (2010) AGROMECA “Generación eléctrica con biogás” Recuperado el día 7 de septiembre de 2012 de:

<http://www.viogaz.com/downloads/Generacion%20electrica%20con%20biogas%20II.pdf>

COFEPRIS (2007). “GUÍA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN RASTROS Y MATADEROS MUNICIPALES” México, D.F. Recuperado el 6 de Octubre de 2015 de file:///C:/Users/Erika/Downloads/GUIA4%20(1).PDF