



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DEL
BIODIGESTOR ANAERÓBICO DE FLUJO CONTINUO EN LA “GRANJA
PORCINA CARLITOS”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera de Medio Ambiente

Autora:

Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin

Tutor:

Ing. José Antonio Andrade Valencia

Latacunga – Ecuador

Julio 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **BUSTILLOS VITERI YOSELYN JASMIN** declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“Evaluación de la Eficiencia y Funcionamiento del Biodigestor Anaeróbico de Flujo Continuo en la “Granja Porcina Carlitos”**. Siendo el **Ing. Mg. José Antonio Andrade Valencia**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin
CI: 230038884-6

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BUSTILLOS VITERI YOSELYN JASMIN**, identificado con C.I. N°**230038884-6** de estado **SOLTERA** y con domicilio en Santo Domingo de los Colorados , Vía Quinde Km 1 ½ a quien en lo sucesivo se denominarán **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE Es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- (MARZO 2012-AGOSTO 2012 Hasta ABRIL- AGOSTO 2017)

Tutor.- **Ing. Mg. José Antonio Andrade Valencia**

Tema: **“Evaluación de la Eficiencia y Funcionamiento del Biodigestor Anaeróbico de Flujo Continuo en la Granja Porcina Carlitos”**.

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, del mes de Julio del 2017.

Yoselyn Jasmin Bustillos Viteri

EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Evaluación de la Eficiencia y Funcionamiento del Biodigestor Anaeróbico de Flujo Continuo en la Granja Porcina Carlitos”. De **Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin** de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga 19 de Julio del 2017.

.....
ING. Mg. José Antonio Andrade Valencia

C.I.:050252448-1

DIRECTOR DEL PROYECTO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Lectores aprueban el presente Informe de Titulación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente por cuanto, la postulante :

- Yoselyn Jasmin Bustillos Viteri

Con la tesis, cuyo título es: “**Evaluación de la Eficiencia y Funcionamiento del Biodigestor Anaeróbico de Flujo Continuo en la Granja Porcina Carlitos**”.

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Proyecto de Investigación** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 de Julio del 2017.

Para constancia firman:

Lector 1(Presidente)

Mg. Patricio Clavijo Cevallos
CI: 050144458-2

Lector 2

Mg. Cristian Lozano
CI: 060360931-4

Lector 3

Dr. Polivio Moreno
CI: 050104764-1

AGRADECIMIENTO

Primeramente a ti Dios por bendecirme durante todo este camino, para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño tan anhelado.

A mis padres Angel y Guadalupe, por el sacrificio que hicieron día a día para asegurarme un mejor futuro, darme fuerza para superar obstáculos y por la libertad que me han dado toda la vida. Gracias por la confianza que han tenido en mí.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A todos mis profesores y amigos más cercanos por darme su apoyo durante todo este tiempo y sobre todo por brindarme una amistad sincera y leal

DEDICATORIA

A mis padres Angel y Guadalupe, quienes supieron guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, porque a pesar de todas las dificultades que hemos pasado, hemos logrado mantenernos juntos con mucho esmero y sacrificio en toda mi etapa estudiantil.

A todos los individuos que con acciones individuales o colectivas intentan cambiar la realidad del mundo en que vivimos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: Evaluación de la eficiencia y funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo en la granja porcina “Carlitos.”

Autora: Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin

RESUMEN

En la investigación el objetivo principal fue la determinación de la eficiencia y funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo para el tratamiento de los residuos en la “Granja Porcina Carlitos”, ubicada en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se realizó la evaluación de variables ambientales de un biodigestor anaerobio tipo continuo, alimentado con estiércol de ganado porcino y agua. Además se obtuvo la cantidad de estiércol disponible de 158,5 Kg de EP/día de la granja. También se efectuó un muestreo simple analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales que ingresan y salen del biodigestor para el uso de agua para riego. Los resultados de la caracterización físico, química y microbiológica de las aguas residuales, sin tratamiento y después del tratamiento fueron comparados con normativa Ecuatoriana, indican que las muestras analizadas bajo los parámetros de Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos y Potencial de hidrógeno se encuentran dentro de los límites permisibles en los dos puntos de monitoreo, mientras que Nitrógeno Total, Demanda Bioquímica de Oxígeno y coliformes fecales sobrepasan los límites permisibles. A través de estos resultados se ha realizado una propuesta con alternativas para la optimización del funcionamiento del biodigestor actual evitando la acumulación excesiva de estiércol y minimizando el uso el excesivo uso de agua durante las operaciones de limpieza de los corrales y la granja en general.

Palabras Claves: Biodigestor, Variables Ambientales, Aguas residuales, Optimización.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: Evaluation of the efficiency and functioning of the continuous flow anaerobic biodigester in porlina farm Carlitos".

Author: Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin

ABSTRACT

In the investigation the principal objective was the determination of the efficiency and operation of the anaerobic biodigester of continuous flow for the treatment of the residues in the Porcine "Carlitos" Farm, located in Santo Domingo Tsáchilas of Province .of The environmental variables evaluation was made of a continuous type anaerobic biodigester, fed with pig manure and water,. In addition, the amount of available manure of 158 kg of Kg/day of the farm was obtained. A simple sampling was also carried out analyzing physical, chemical and microbiological parameters of the waste water that enters and leaves the biodigester for the use of water for irrigation. The results of the physical, chemical and microbiological characterization of the wastewater, without treatment and after the treatment were compared with Ecuadorian regulations, the same indicate that the samples analyzed under the parameters of Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids and Hydrogen Potential were are within the allowable limits at the two monitoring points, while Total Nitrogen, Biochemical Oxygen Demand and fecal coliforms exceed permissible limits. Through these results a proposal has been made with alternatives to optimize the operation of the current biodigester, avoiding the excessive accumulation of manure and minimizing the use of excessive water use during the cleaning operations of the pens and the farm in general.

Key Words: Biodigester, environmental variables, wastewater, optimize.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	18
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:	19
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	19
3.1. Beneficiarios Directos.	19
3.2. Beneficiarios Indirectos.	20
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	20
5. OBJETIVOS.....	22
5.1. General.....	22
5.2. Específicos.	22
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	23
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO.	25
7.1. Biodigestor.....	25
7.1.1. Clasificación de Biodigestores	25

7.1.2.	Materia Prima – Estiércol.....	26
7.1.3.	Componentes de un Biodigestor Tubular.....	26
7.2.	El Biogás.....	27
7.2.1.	Etapas de la Digestión Anaeróbica.....	28
7.2.2.	Características del Biogás.....	29
7.2.3.	Utilización del Biogás.....	31
7.3.	Factores que Influyen en la Digestión Anaeróbica a Medir.....	31
7.3.1.	Temperatura.....	31
7.3.2.	Potencial de Hidrógeno.....	32
7.3.3.	Potencial Redox.....	32
7.3.4.	Tiempo de Retención.....	32
7.3.5.	Relación Carbono/Nitrógeno.....	33
7.4.	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a ser analizados en laboratorio.....	34
7.4.1.	Físicos:.....	34
7.4.2.	Químicos:.....	35
7.4.3.	Microbiológicos:.....	36
7.5.	Marco Legal.....	36
8.	HIPÓTESIS:.....	43
9.	METODOLOGÍAS.....	43
9.1.	Área de estudio.....	43
9.2.	Tipos de investigación.....	44
9.2.1.	Investigación Descriptiva.....	44
9.2.2.	Investigación Estadística.....	45
9.2.3.	Investigación Analítica.....	45

9.2.4.	Investigación Bibliográfica	45
9.3.	Métodos y Técnicas	45
9.3.1.	Método.....	45
9.3.2.	Técnicas	46
9.4.	Recolección y cuantificación de excretas porcinas.....	47
9.5.	Monitoreo de Factores que influye en la Digestión Anaeróbica del biodigestor.....	49
9.6.	Análisis de laboratorio de la muestra de biogás de la granja porcina “Carlitos”.....	51
9.7.	Análisis de laboratorio de aguas residuales de la granja porcina “Carlitos”	52
10.	DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	55
10.1.	Delimitación del Área de estudio.	55
10.2.	Diagnóstico de la situación actual de la granja porcina “Carlitos”.	56
10.3.	Recolección y cuantificación de excretas porcinas.....	59
10.3.1.	Cantidad promedio de excretas que genera la granja	59
10.3.2.	Volumen disponible de excretas.....	59
10.3.3.	Volumen de sustrato a ingresar en el biodigestor.....	60
10.3.4.	Eficiencia del biodigestor	60
10.4.	Resultado del Monitoreo de Factores que influyen en la Digestión Anaerobia del Biodigestor.....	61
10.4.1.	Temperatura ambiental.	62
10.4.2.	Medición de Potencial de Hidrógeno	62
10.4.3.	Potencial –Redox	63
10.4.4.	Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno.....	63
10.5.	Análisis de Laboratorio de Muestras de Biogás del Biodigestor Anaeróbico.....	66
10.6.	Análisis de laboratorio de aguas residuales de la granja porcina “Carlitos”	70

10.6.1. Interpretación de resultados de los meses de febrero y marzo.	72
10.7. Propuesta	81
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS	88
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	89
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
14. BIBLIOGRAFÍA.....	92
15. ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos del proyecto de investigación.....	19
Tabla 2: Beneficiarios directos del proyecto de investigación.....	20
Tabla 3: Beneficiarios indirectos del proyecto de investigación.....	20
Tabla 4: Actividades en relación a los objetivos planteados.....	23
Tabla 5: Producción de estiércol fresco diario.....	26
Tabla 6: Porcentaje de la composición del biogás.....	29
Tabla 7: Poder Calorífico del Metano.....	30
Tabla 8: Valores que una muestra de biogás puede remplazar a otros tipos de combustibles.....	30
Tabla 9: Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos disponibles en el medio rural.....	33
Tabla 10: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	41
Tabla 11: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.....	42
Tabla 12: Coordenadas de la Comuna Julio Moreno Espinoza.....	43
Tabla 13: Parámetros y Norma de referencia para análisis de aguas residuales.....	55
Tabla 14: Parámetros y Norma de referencia para análisis de muestras de biogás.....	55
Tabla 15: Coordenadas granja porcina “Carlitos”.....	56
Tabla 16: Datos de peso de estiércol en granja porcina “Carlitos”.....	61
Tabla 17: Datos de monitoreo de temperatura ambiental.....	62
Tabla 18: Datos de monitoreo de pH.....	62
Tabla 19: Datos de monitoreo de Potencial-Redox.....	63
Tabla 20: Datos del monitoreo de relación Carbono/Nitrógeno.....	66
Tabla 21: Interpretación de datos de la muestra de biogás en el mes de Febrero.....	67
Tabla 22: Valores del poder calorífico del metano.....	70
Tabla 23: Muestreo de aguas residuales en entrada y salida del biodigestor.....	71
Tabla 24: Situaciones Observadas y alternativas de mejora.....	84
Tabla 25: Presupuesto para la propuesta del proyecto.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Distribución de toma de muestras simples	53
Figura 2: Datos del muestreo de biogás	68
Figura 3: Grafico del análisis de muestreo de biogás en el mes de febrero.	69
Figura 4: Grafico del análisis de muestreo de biogás en el mes de marzo.....	69
Figura 5: Datos de comparación de Conductividad Eléctrica	72
Figura 6: Datos de comparación de Nitrógeno Total	73
Figura 7: Datos de comparación de potencial de Hidrógeno	74
Figura 8: Datos de comparación de Sólidos Disueltos.....	75
Figura 9: Datos de comparación de Turbidez	76
Figura 10: Datos de comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno	77
Figura 11: Datos de comparación de Demanda Química de Oxígeno	78
Figura 12: Datos de comparación de Coliformes Fecales.....	79
Figura 13: Datos de comparación de Coliformes Totales	80

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación Geográfica de la Comuna Julio Moreno Espinoza	44
Mapa 2. Ubicación de la granja porcina “Carlitos”	56

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Evaluación de la eficiencia y funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo en la “granja porcina Carlitos”.

Fecha de inicio: Octubre del 2016

Fecha de finalización: Julio del 2017

Lugar de ejecución: La Granja Porcina Carlitos, Recinto Unión Carchense, kilómetro 12, Parroquia Santo Domingo, perteneciente a la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería de Medio Ambiente.

Equipo de Trabajo:

Bustillos Viteri Yoselyn Jasmin (Investigadora)

Ing. Mg. José Antonio Andrade Valencia (Tutor de Titulación).

Lectores.

- Mg. Patricio Clavijo Cevallos (Lector 1).
- Mg. Cristian Lozano (Lector 2).
- Dr. Polivio Moreno (Lector 3).

Área de Conocimiento:

Ciencia.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Salud, Seguridad y Ambiente

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

La granja porcina Carlitos cuenta con un biodigestor anaeróbico de flujo continuo en donde se realiza la descomposición de excretas porcinas para obtener biogás y abono. Para determinar su funcionamiento y eficiencia se evaluó factores y parámetros físico-químicos. Cabe recalcar que la información que se obtuvo impulsó a la toma de decisiones ambientales debido a que si cumple con cierto porcentaje la eficiencia del biodigestor pero también se planteó alternativas de control que ayuden a corregir ciertos problemas evitando así que se generen pérdidas económicas. La investigación permitió conocer las concentraciones de efluente producido en la granja antes mencionada, para lo cual se aplicó medidas de control para evitar cualquier tipo de contaminación.

El objetivo de la investigación fue un aporte de gran relevancia para el propietario de la granja puesto que el será el beneficiario directo, así como también la población de la comunidad y de la provincia que tiene como propósito evitar la contaminación ambiental que se genera en fuentes de agua dulce ya que existen atractivos turísticos en su alrededor. Puesto que los problemas ambientales ya identificados (descarga de efluentes contaminados), presentan graves impactos ambientales, como: contaminación en cuerpos de agua dulce, muerte de especies acuáticas, proliferación de enfermedades. Al poseer el dueño de la granja un biodigestor obtendrá subproductos como biogás y biol, permitiendo así a contribuir al cuidado del ambiente y una posible inversión económica menor.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

3.1. Beneficiarios Directos.

Tabla 1: Beneficiarios directos del proyecto de investigación.

N°	EMPRESA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
01	Granja porcina “Carlitos “	5 Hab.	1 Hab.	6 Hab.

Fuente: investigador
Elaborado por: Bustillos Y.

Tabla 2: Beneficiarios directos del proyecto de investigación

N°	COMUNIDAD	TOTAL
01	Julio Moreno	6000 Hab.

Fuente: Presidenta de la comunidad
Elaborado por: Bustillos Y.

3.2. Beneficiarios Indirectos.

Tabla 3: Beneficiarios indirectos del proyecto de investigación

N°	PROVINCIA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
01	Santo Domingo de los Tsáchilas	183.058 Hab.	184.955 Hab.	368.013 Hab.

Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Bustillos Y.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción de excretas en gran cantidad generadas en forma mundial en las granjas porcinas han creado problemas debido al depósito y manipulación, incrementándose la contaminación por la materia orgánica e inorgánica desarrollando olores desagradables, presencia de moscas y agentes patógenos que afecta a la higiene de las personas y animales. “los excrementos de los animales domésticos (cerdos, ganado, pollos, cuyes, etc.), se convierten en uno de los desechos más contaminantes y muchas de las técnicas modernas no logran solucionar económicamente este problema. Los biodigestores descontaminan y transforman estos desechos y los convierte en subproductos aprovechables como el bioabono y el biogás.” (Flores, 2012).

Por consiguiente a este hecho las personas expuestas a la limpieza de los corrales se encuentran en peligro de contraer enfermedades. Según, (Ruiz R., 2012), manifiesta que la sociedad actual al no gestionar convenientemente los desechos provoca alteración a la salud del hombre y del

ambiente. En zonas urbano-marginales y rurales el uso de biodigestores permite utilizar el bioabono para aumentar la fertilidad del suelo porque es natural.

Algunos modelos pueden requerir costos altos, dadas las posibles dificultades de su instalación y puesta en marcha. En la actualidad el uso del polietileno en los biodigestores ha permitido una gran expansión por América Latina. Según (Biogás, 2013) manifiesta que en Ecuador la modalidad de usar esta técnica moderna empezó desde 1970, en Imbabura se comenzó a implementar biodigestores tubulares de plástico donde se ha obtenido buenos resultados, en la provincia del Oro a partir del 2010 se ha empleado esta técnica.

La falta de un combustible económico y de fácil acceso en las zonas rurales de nuestro país, es bastante evidente, obligando esto a que los habitantes de estas zonas obtén como mejor opción la quema de madera para realizar tanto la cocción de los alimentos como medio para desarrollar sus actividades económicas, afectando de esta forma al medio ambiente, es por esta razón que se ha optado por desarrollar un biocombustible amigable con el medio ambiente y con la economía que puedan dar uso a este, reutilizando los desechos orgánicos que en algunas zonas del país pueden llegar a ser abundantes.

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas esta técnica poco a poco ha comenzado a introducirse en las zonas rurales como es el caso de la granja porcina “Carlitos” cuenta con un biodigestor de flujo continuo, tiene como objeto la producción de biogás que es usada en el corral de maternidad para calentar a cerdos recién nacidos y eliminar malos olores que emiten las aguas residuales que resulta del lavado de corrales e instalaciones.

El propósito de la investigación es que al evaluar la eficiencia y el funcionamiento que desempeña el biodigestor antes mencionado, permita la obtención de biogás considerada como fuente de energía renovable y bioabono a ser utilizados en las zonas rurales.

5. OBJETIVOS.

5.1. General.

- ❖ Determinar la eficiencia y funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo a través de la evaluación de factores que influyen en la digestión anaerobia y parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el tratamiento de los residuos en la “Granja Porcina Carlitos”, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

5.2. Específicos.

- ❖ Cuantificar el estiércol de ganado porcino para la obtención de la cantidad de sustrato que ingresa al biodigestor.
- ❖ Comparar la eficiencia del biodigestor en su entrada y salida, a través de la normativa Ecuatoriana para utilizar el biol exclusivamente en el cultivo de pasto.
- ❖ Optimizar el funcionamiento del biodigestor Anaeróbico de flujo continuo mediante medidas de control para utilizar el biol exclusivamente en el cultivo de pasto.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 4: Actividades en relación a los objetivos planteados.

Objetivo 1	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Cuantificar el estiércol de ganado porcino para la obtención de la cantidad de sustrato que ingresa al biodigestor.	Peso de la cantidad de estiércol porcino a utilizar en el ingreso del biodigestor en comparación al número de animales.	Determinación de la cantidad de sustrato a ingresar en el biodigestor	Para cuantificar la cantidad de estiércol porcino se utilizará una balanza y cálculos debido a la cantidad de ganado porcino existente.
Objetivo 2	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Comparar la eficiencia del biodigestor en su entrada y salida, a través de la normativa Ecuatoriana para utilizar el biol exclusivamente en el cultivo de pasto.	Monitoreo de factores que influyen en la digestión anaerobia para el funcionamiento del biodigestor.	Obtención de datos del funcionamiento del biodigestor.	Se realizará una visita de campo donde se aplicará la técnica de fichaje y observación directa utilizando fichas previamente elaboradas, para llevar a cabo el monitoreo con la ayuda de los equipos a utilizar.
	Toma de muestras puntuales en la entrada y salida del biodigestor.	Determinación del grado inicial y final de contaminación generada por el uso del biodigestor	Análisis de laboratorio.

	Realizar el análisis físico-químico y microbiológico de laboratorio.	Interpretación de resultados de laboratorio, para obtener el diagnóstico del biodigestor actual.	Utilizando normativa vigente Ecuatoriana y a través de gráficas estadísticas para su interpretación.
Objetivo 3	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Optimizar el funcionamiento del biodigestor Anaeróbico de flujo continuo mediante medidas de control para utilizar el biol exclusivamente en el cultivo de pasto.	Proponer medidas de aprovechamiento a favor de la granja evitando la contaminación para mejorar la calidad de vida	Mejoras en la eficiencia y el funcionamiento del biodigestor actual.	Una vez obtenido los resultados del análisis de laboratorio de las aguas residuales de la entrada y salida del biodigestor y el diagnóstico del funcionamiento del mismo, se diseñará alternativas mediante la ayuda de revisión bibliográfica para la optimización del funcionamiento del biodigestor, esto ayudará a tener un mejor rendimiento productivo a favor de la granja

Elaborado por: Bustillos Y.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO.

7.1. Biodigestor

Según (Mart, 2008), manifiesta que “un biodigestor es un sistema natural que en ausencia del oxígeno las bacterias descomponen el estiércol y lo transforman en biogás y biofertilizante. El biogás es utilizado como combustible que reemplaza a la electricidad y el biofertilizante provee a las familias un fertilizante natural que mejora el rendimiento de las cosechas”.

7.1.1. Clasificación de Biodigestores

Según (Varnero Moreno, 2011), Los digestores se pueden construir enterrados o sobre el suelo, utilizando diferentes materiales de construcción, como por ejemplo, ladrillos o vaciado de cemento.

Los biodigestores varían de acuerdo con su complejidad y utilización. Resulta conveniente clasificarlos según su modo de operación en bases a la alimentación en los siguientes tipos:

- ❖ Continuos: Cuando la alimentación del digestor es un proceso ininterrumpido, el efluente que descarga es igual al afluente o material de carga (que entra al digestor). Son utilizados principalmente para el tratamiento de aguas negras.
- ❖ Semi-continuos: Cuando la primera carga que se introduce al digestor consta de una gran cantidad de materias primas. Posteriormente, se agregan volúmenes de nuevas cargas de materias primas (afluente), en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del digestor. Los diseños más populares son el digestor Indiano y chino.
- ❖ Discontinuos o régimen estacionario: Los digestores se cargan con las materias primas en una sola carga o lote. Después de un cierto período de fermentación, cuando el contenido

de materias primas disminuye y el rendimiento de biogás decae a un bajo nivel, se alimentan de nuevo dando inicio a un nuevo proceso de fermentación (Varnero Moreno, 2011).

7.1.2. Materia Prima – Estiércol

Según (Mart, 2008) , La materia prima para la producción de biogás es el estiércol fresco, ya sea de humano o de animales domésticos genera mayor cantidad de biogás además es más fácil de recoger. De manera general, hay que calcular cuánto estiércol se dispone al día. Se recomienda usar el estiércol necesario para la producción de biogás requerida, y dejar el sobrante para los usos tradicionales de abonado de los cultivos, como se muestra en la tabla N5.

Tabla 5: Producción de estiércol fresco diario

Ganado	Kg de estiércol fresco producido por cada 100 kg de peso del animal
Cerdo	4
Bovino	8
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7
Humano Adulto	0,4 Kg. Por adulto
Humano niño	0,2 Kg. Por niño

Fuente: Mart, J. (2008). Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación. Bolivia.

7.1.3. Componentes de un Biodigestor Tubular

Según (García, Rivas, & Sorto, 2010) , manifiesta que :

Los biodigestores tubulares son considerados en forma de salchicha. Este digestor consiste en una bolsa o balón plástico sellado herméticamente, donde el gas se almacena en la parte superior

ocupando aproximadamente un 25% del volumen total. Para la carga y descarga del sustrato está provista de tubos sujetos a la pared de la bolsa. Su tiempo de vida útil es de 5 años (p.63).

- ❖ Poza de entrada.- Es el lugar donde se realiza la mezcla de estiércol y agua, la cual ingresa al reactor a través de la tubería de entrada. El volumen de la poza de entrada está relacionado con el volumen de carga diaria que necesita el biodigestor.
- ❖ Reactor.- Es el elemento principal del sistema. Consiste en una estructura en forma de tubo, construida por una geomembrana de PVC, con un volumen total promedio de 10 m³. El 75% del volumen contiene la mezcla de agua y estiércol y el 25% restante contiene el biogás.
- ❖ Poza de salida.- Esta estructura permite recibir y almacenar el biol que se obtiene como producto de la carga y descarga diaria del biodigestor; debe estar revestida con cemento para evitar filtraciones.
- ❖ Tubería de conducción de biogás.- Está compuesta por una tubería de PVC, la cual se encarga de llevar el biogás desde el reactor hacia el reservorio, pasando por la válvula de seguridad.
- ❖ Válvula de seguridad.- Es construida en base a una botella plástica transparente conectada a la tubería de conducción de biogás mediante una «T». Su función es dejar escapar parte del biogás cuando hay mucha presión en el reservorio o en el reactor.
- ❖ Techo invernadero.- Es la cubierta superior que se le pone al biodigestor. Su función es mantener una temperatura apropiada y constante para que el reactor y las bacterias que habitan en él tengan un ambiente adecuado para funcionar (Cotrina & Viillanueva, 2013).

7.2. El Biogás

Se da este nombre a la mezcla gaseosa producida por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Según (Corona, 2007) manifiesta que:

La composición típica del biogás en una alta proporción corresponde al metano, un gas combustible que permite la utilización de este producto con fines energéticos. En este sentido, el biogás puede ser de gran utilidad en el campo ya que por su poder calorífico puede reemplazar con cierta ventaja a combustibles tradicionales que cumplen la misma función. Las áreas rurales se caracterizan por disponer grandes cantidades de desechos provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias que ahí se desarrollan. El estiércol de los animales, las cáscaras de las frutas, las hojas, residuos de la cocina, pueden teóricamente, ser convertidos en energía y en abono que retorna a la tierra de donde fue tomado las plantas (p2).

7.2.1. Etapas de la Digestión Anaeróbica

- ❖ Etapa hidrolítica: En esta etapa se encuentra la materia orgánica que contiene compuestos como por ejemplo: hidratos, proteínas entre otros; se realiza un proceso de despolimerización que consiste en disminuir el peso molecular de los polímeros contenidos en los desechos, las bacterias son las encargadas de generar el proceso enzimático.
- ❖ Etapa acidogénica: Se obtiene ácidos grasos los cuales son volátiles, se logra obtener elementos solubles. Algunos ácidos obtenidos a partir de este proceso son: ácidos acéticos, propionico, butírico y valérico.
- ❖ Etapa acetogénica: Los elementos son procesados por unas bacterias conocidas como acetogénicas las mismas que necesitan una baja presión de hidrogeno para así lograr producir cantidades aceptables de metano, aparte de eso se obtiene ácidos, dióxido de carbón e hidrogeno.
- ❖ Etapa metanogénica: Constituye la etapa final del proceso, en el que compuestos como el ácido acético hidrogeno y dióxido de carbono son transformados a CH_4 y CO_2 . Se distinguen dos tipos principales de microorganismos, los que degradan el ácido acético y los que consumen hidrogeno (Castelles, 2012).

El proceso anaeróbico es en general lento: se necesita varias semanas, hasta dos o tres meses, antes de conseguir una producción estable de biogás. Las materias orgánicas que se pueden digerir de forma anaeróbica son varias: estiércol, residuos vegetales, aguas residuales agroindustriales, etc.

7.2.2. Características del Biogás

Según (Narváez & Saltos, 2017), manifiesta que el biogás es un poco más liviano que el aire y posee una temperatura de inflamación de alrededor de los 700 °C. El biogás está compuesto por alrededor de 60 % de metano (CH₄) y 40% de dióxido de carbono (CO₂). El biogás contiene mínimas cantidades de otros gases, entre otros, 1% de ácido sulfhídrico (H₂S). Entre más largo es el tiempo de retención, más alto es el contenido de metano, y con esto el poder calorífico. Con tiempos de retención cortos el contenido de metano puede disminuir hasta en un 50%. Con un contenido de metano mucho menor del 50%, el biogás deja de ser inflamable.

El primer gas de una planta recién cargada contiene muy poco metano, por esa razón el gas producido en los primeros 3 a 5 días se debe dejar escapar sin utilizarlo. El contenido de metano depende de la temperatura de fermentación. Con bajas temperaturas de fermentación se obtiene un alto porcentaje de gas metano, pero las cantidades de gas son menores (Barahona & Adalid, 2010).

Tabla 6: Porcentaje de la composición del biogás

Componente	Porcentaje (%)
CH ₄	54-70
CO ₂	27-45
N ₂	0.3-3
H ₂	01-10
CO	0.1
O ₂	0.1
H ₂ S	Trazas

Fuente: Barahona, O., & Adalid, F. (2010). Evaluación de la producción de biogás y biol a partir de la torta de *Jatropha curcas* L.

Poder calorífico.

Según (Vaca, 2015), manifiesta que el poder calorífico de un gas es la cantidad de energía liberada por un combustible cuando se queme estequiométricamente y los productos de combustión salgan a igual condición de temperatura y presión a la que entran los reactivos, también se lo define como la cantidad de calor que puede entregar un gas en su combustión, o la capacidad de ceder calor de un combustible cuando está ardiendo.

- ❖ **El poder calorífico inferior (PCI).**- Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, sino que se expulsa en forma de vapor.
- ❖ **El poder calorífico superior (PCS).**- Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa del combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado. así pues, se contabiliza el calor desprendido en este cambio de fase. También es llamado poder calórico neto.

Tabla 7: Poder Calorífico del Metano

Valor Calorífico	CH ₄	Tipo De Poder Calorífico
MJ/m ³	35.8	PCI
Kcal/m ³	8600	
BTU / pie ³	965,7	

Fuente: Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual de Biogas. *Manual de Biogas Proyecto CHI/00/G32*, 1–119.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>.

Tabla 8: Valores que una muestra de biogás puede remplazar a otros tipos de combustibles.

1m³ de BIOGÁS equivale a :				
0,5 Kg GLP	0,45 l Gasolina	5,55 l Leña	0,5 l Diésel	5,96 KW/h Electricidad

Fuente: Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual de Biogas. *Manual de Biogas Proyecto CHI/00/G32*, 1–119.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>.

7.2.3. Utilización del Biogás

Según (Schutgens, 2010), manifiesta que generalmente, el biogás puede ser utilizado para reemplazar la necesidad de usar leña o gas natural. Más específicamente, para cafetaleros, el biogás puede ser utilizado para secar el café. Además, otros usos que se han aplicado en Costa Rica, por ejemplo, es el uso de biogás como fuente de energía para producir electricidad. También puede ser utilizado para calentadores de radiación (para la cría de ganado joven: esto es, lechones y pollos), lámparas de biogás, incubadoras, refrigeradoras y motores.

7.3. Factores que Influyen en la Digestión Anaeróbica a Medir

Para el óptimo funcionamiento del biodigestor hay que controlar y monitorear ciertos parámetros, que indican si el biodigestor está operando en rangos óptimos. Como mínimo, se deben monitorear los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Potencial Redox
- Relación C/N

7.3.1. Temperatura

Según (Mart, 2008), manifiesta que los biodigestores pueden operarse en tres rangos de temperatura. Un rango psicrófilico (por debajo de 25°C), mesófilico (entre 25 y 45°C) y otro termófilico (45 - 60°C). Casi todos los digestores, funcionan en forma óptima dentro de los límites

de temperaturas mesófilas entre 35 -37°C. La temperatura afecta el tiempo de retención para la digestión y la degradación del material dentro del digestor.

7.3.2. Potencial de Hidrógeno

Según (Aqualimpia, 2013) , manifiesta que el pH disminuye cuando las bacterias hidrolizables se degradan demasiado rápido en comparación con la velocidad con la que los microorganismos pueden aprovechar estos ácidos para la formación de metano. El pH debe estar entre un rango de 6,5 y 7,5, para obtener una alta degradación de la materia orgánica y una elevada concentración de metano.

7.3.3. Potencial Redox

Para adecuado crecimiento de los anaeróbios obligados el valor del potencial redox se debe mantener entre -220 mV a -350 mV a pH 7.0 de manera de asegurar el ambiente fuertemente reductor que las bacterias metanogénicas necesitan para su óptima actividad (Varnero Moreno, 2011).

7.3.4. Tiempo de Retención

El tiempo de retención es considerado aquel tiempo adecuado o cantidad de días necesarios para que se dé una digestión eficiente de la materia orgánica, o también se interpreta como el tiempo que la materia orgánica o dilución permanece en el biodigestor. Según (Limbania & Orellana, 2006) el tiempo de retención puede ser afectado por diferentes factores como la temperatura, el tipo de dilución usada y el contenido de sustancias inhibidoras.

7.3.5. Relación Carbono/Nitrógeno

(Varnero Moreno, 2011) , manifiesta que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir, C/N = 30/1. Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptimas.

Sobre la base del contenido de carbono y de nitrógeno de cada una de las materias primas, (tabla 9) puede calcularse la relación C/N de la mezcla aplicando la siguiente formula:

$$K = \frac{C1 \cdot Q1 + C2 \cdot Q2 + \dots + Cn \cdot Qn}{N1 \cdot Q1 + N2 \cdot Q2 + \dots + Nn \cdot Qn}$$

- ❖ K = C/N de la mezcla de materias primas.
- ❖ C = % de carbono orgánico contenido en cada materia prima.
- ❖ N = % de nitrógeno orgánico contenido en cada materia prima.
- ❖ Q = Peso fresco de cada materia, expresado en kilos o toneladas.

Tabla 9: Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos disponibles en el medio rural.

MATERIALES	% C	% N	C/N
Residuos animales			
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1
Porcinos	25	1.50	16:1
Caprinos	40	1.00	40:1
Conejos	35	1.50	23:1
Gallinas	35	1.50	23:1
Patos	38	0.80	47:1
Pavos	35	0.70	50:1

Excretas Humanas	2.5	0.85	3:1
Residuos vegetales			
Paja trigo	46	0.53	87:1
Paja cebada	58	0.64	90:1
Paja arroz	42	0.63	67:1
Paja avena	29	0.53	55:1
Tubérculos	30	1.50	20:1
Hojas secas	41	1.00	41:1
Aserrín	44	0.06	730:1

Fuente: (Varnero Moreno, 2011)

La importancia de mantener una relación óptima entre estos dos macronutrientes, se fundamenta en que una fluctuación en el rango establecido de concentración en la composición del influente con respecto al C y N, inhibirá el proceso; por ejemplo, una relación de C: N > 30:1, provocará en el sistema una elevada concentración de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), lo cual ocasionaría la inhibición de las etapas microbiológicas del proceso.

Para un caso diferente, en donde la relación C:N < 20:1, la alta concentración de compuestos nitrogenados en función de los compuestos del carbono, también ocasionaran la inhibición de la producción de biogás. Por lo anterior, y para este tipo de procesos, se considera una relación intermedia entre 20:1 y 30:1, siendo la óptima 25:1.

7.4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a ser analizados en laboratorio.

7.4.1. Físicos:

pH.- Es la medida de la concentración de iones H⁺ en los medios sólidos o líquidos. En el efluente, el pH varía entre 6 y 8, tendiendo a la neutralidad en la medida que las excretas sean más frescas (Peralta, 2005).

Conductividad eléctrica (CE).- Medida de la concentración de sales en un medio líquido o sólido. A mayor concentración salina, mayor es su “conductividad” de electricidad, medida en un conductivímetro. La alcalinidad y conductividad son propiedades más propias del agua de lavado y de bebida, que de la excreta (Guevara, 1996)

Turbidez.- La turbidez de una agua residual de origen ganadero se caracteriza por poseer materia orgánica suspendida por lo que el grado de turbidez de estas aguas se mide por la abundancia de dicho material suspendido, por lo que es un indicador de interés en el control de la eficacia de los procesos de depuración (Jaramillo, 2010)

7.4.2. Químicos:

DB0 (Demanda Biológica de Oxígeno).- Se expresa en unidades de mg/litro de oxígeno disuelto a 5 días, estima el grado de contaminación orgánica de un medio. Es la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos para la degradación de materia orgánica por vía biológica a un tiempo y temperatura específica (Ushñahua, 2011).

DQO (Demanda Química de Oxígeno).- El parámetro de la DQO se utiliza para medir la cantidad de sustancias que puede ser oxidadas por métodos químicos, estas sustancias se encuentran disueltas o en suspensión en el agua de la muestra. (Rodríguez, 2002).

Sólidos Totales.-Es la fracción total de sólidos en un medio líquido; es la suma de los sólidos suspendidos y sólidos disueltos de una muestra. Este tipo de efluentes contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión, los cuales son de digestión lenta (Cervantes, Saldivar, & Yescas, 2007).

Nitrógeno total.- Es indicador Nitrógeno Total, corresponde a la relación entre la suma de los valores de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal muestreados en una estación y el número total de muestreos realizados en la misma (Aznar, 2000)

7.4.3. Microbiológicos:

Coliformes totales.- La calidad microbiológica del efluente, Se puede observar la presencia de coliformes fecales como por ejemplo Escherichia coli. También en ciertos estudios se observa la presencia de Salmonella, el cual es un patógeno entérico capaz de permanecer viable hasta seis meses o más en desechos orgánicos (Peralta, 2005).

Coliformes fecales.- Es la cuenta de las colonias de coliformes. se reproducen en el tracto intestinal del cerdo. Los CF mueren rápidamente cuando quedan expuestas al aire. Las unidades de medida son el número más probable (NMP) de colonias por 100 ml de muestra. (Landín, 2007).

7.5. Marco Legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008

Sección Segunda

Ambiente Sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Art. 238 Obligaciones generales para la producción más limpia.- Todas las instituciones del Estado y las personas naturales, jurídicas, comunidades, pueblos y nacionalidades se obligan, según corresponda a:

- a) Incorporar en sus estructuras administrativas, técnicas y de gestión programas, proyectos y actividades; basándose en la normativa y principios generales relacionados con la

prevención de la contaminación, establecidos en este Libro y demás normativa aplicable; y enmarcados en el respeto de los derechos de la naturaleza y los derechos ambientales de las personas;

- b) Propender a la optimización y eficiencia energética;
- c) Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes, considerando el ciclo de vida del producto;
- d) Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones y descargas; y,
- e) Minimizar y aprovechar los desechos, considerando el principio de la cuna a la cuna, que implica que el residuo de un producto, proceso o servicio es materia prima de otros productos, procesos o servicios.

LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CAPÍTULO IX

Producción Limpia, Consumo Sustentable y Buenas Prácticas Ambientales

Art. 26.- Energías renovables no convencionales.- El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.

RESOLUCIÓN TÉCNICA N° 0217
GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PORCÍCOLAS

CAPÍTULO XII
DEL MANEJO AMBIENTAL

Art. 46 Del Manejo Ambiental.- Para evitar la contaminación de las aguas por escurrimiento, filtración en el suelo o arrastre hacia los mantos superficiales o subterráneos, se debe realizar un manejo, disposición y tratamiento adecuado de las aguas residuales y desechos sólidos provenientes de las explotaciones porcícolas, de acuerdo con la legislación ambiental vigente.

Art. 48 Del Manejo de Desechos Sólidos.- Conocer la composición y fuente de generación de los desechos sólidos es útil para poder definir estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento de la porquinaza, animales muertos, etc., investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo, entre otros.

- a) La granja debe establecer un sistema de separación de los desechos inorgánicos en la fuente, en donde se utilizará los principios de las 4R's (reducir, reusar, reciclar y rechazar) para que luego se realice la correcta disposición final a través de un gestor.
- b) Los desechos orgánicos (restos de vegetales) a través de una adecuada gestión (reciclaje), pueden ser transformados en abonos y/o acondicionadores de suelos mediante criaderos de lombrices y que las convierten finalmente en subproductos como Compost, Humus, Abono líquido.
- c) En el área del proyecto o a sus inmediaciones, está terminantemente prohibida la quema al aire libre o acumulación de desechos sólidos de cualquier composición o característica.
- d) Esto le permitirá demostrar que está realizando una adecuada gestión ambiental al momento de recibir visitas de inspección por parte de la autoridad competente.

**LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL
MINISTERIO DEL AMBIENTE**

ANEXO I

**NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL
RECURSO AGUA**

5.1.3 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la TABLA 3 y la TABLA 4.

Tabla 10: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

TABLA N° 3: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA AGUAS DE USO AGRÍCOLA			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2.0
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	0,01
Coliformes	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásito			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	3
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: TULSMA, Libro VI, Tabla 3 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Además de los criterios indicados, la Autoridad Ambiental Competente utilizará también las guías indicadas en la TABLA 4, para la interpretación de la calidad del agua para riego

Tabla 11: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

TABLA 4: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO				
PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.		
		Ninguno	Ligero – Moderado	Moderado Severo
Salinidad (1): CE				
(2)	Milimhos/cm	0,7	0,7 -3.0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450 -2000	>2000
Infiltración (4):				
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7 -02	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2 – 03	< 0,3
RAS = 6 –		2	1,9- 0,5	< 0,5
RAS = 12 –		2,9	2,9 -1,3	<1,3
30 y CE		5,0	5,0 -2,9	<2,9
Toxicidad por iones específico (5):				
- Sodio:				
Irrigación superficial RAS		3,0	3,0 -9	>9
(6)				
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	>10,0
- Cloruros				
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0 -10	> 3,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
- Boro	mg/l	0,7	0,7 -3.0	
Efectos misceláneos (7):				>30,0
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0 -30,0	> 8,5
- Bicarbonato (HCO3)	meq/l	1,5	1,5 -8,5	
pH	Rango normal	6,5 –8,4		

Fuente: TULSMA, Libro VI, Tabla 4 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

8. HIPÓTESIS:

Hipótesis Alternativa

Ha: ¿Los factores que influyen en la digestión anaerobia y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los resultados de análisis de laboratorio comprueban la eficiencia y el funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo?

9. METODOLOGÍAS

9.1. Área de estudio.

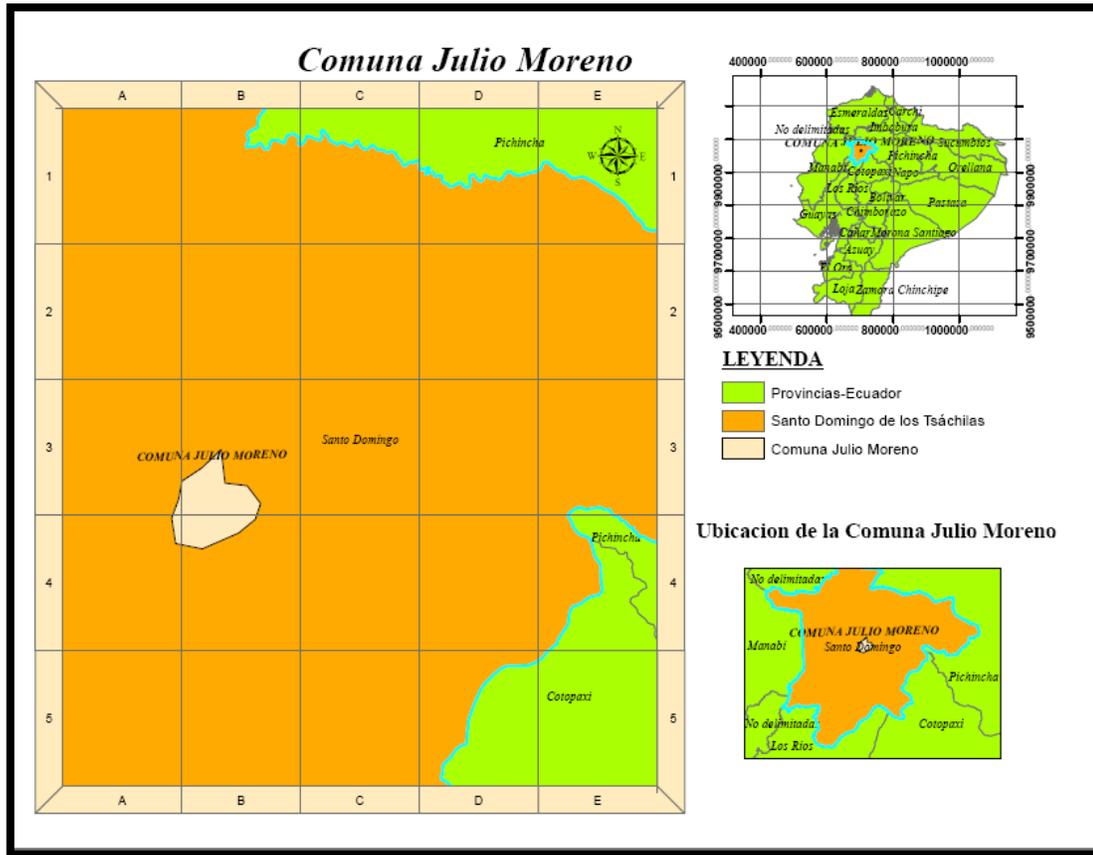
En Santo Domingo de los Tsáchilas, a 12 km del cantón Santo Domingo a 550 m.s.n.m, se encuentra la comuna Julio Moreno Espinosa, es una de las zonas con mayor pluviosidad y riqueza hidrológica del país, como se muestra las coordenadas en la tabla N° 12 y mapa N° 1.

Tabla 12: Coordenadas de la Comuna Julio Moreno Espinoza

Puntos	Coordenadas UTM		
	X	Y	ALTITUD
A	703052	9962638	474.5msnm
B	705497	9963702	474.5msnm
C	706620	9964629	474.5msnm
D	706981	9965694	474.5msnm
E	706075	9966896	474.5msnm
F	704591	9967056	474.5msnm
G	704317	9969315	474.5msnm

Elaborado por: Bustillos Y.

Mapa 1: Ubicación Geográfica de la Comuna Julio Moreno Espinoza



Elaborado por: Bustillos Y.

9.2. Tipos de investigación

9.2.1. Investigación Descriptiva

Se utilizó para obtener el diagnóstico de la granja porcina Carlitos y del biodigestor, a través de una entrevista y de la observación directa.

9.2.2. Investigación Estadística

Se registró el proceso de toma de información, mediante la aplicación del programa Excel y se realizó la tabulación de los datos obtenidos durante la investigación aplicada y así establecer las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

9.2.3. Investigación Analítica

Con esta investigación se pudo realizar una interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio y así comparar con la normativa ambiental vigente.

9.2.4. Investigación Bibliográfica

Recopilación de información bibliográfica para el desarrollo sobre el tema y así para poder dar criterios técnicos y recomendaciones adecuadas de tratamientos.

9.3. Métodos y Técnicas

9.3.1. Método

Método Analítico

Este método permitió evaluar el objeto de estudio a través de los análisis físicos químicos y microbiológicos, para determinar el grado de cumplimiento que facilite establecer un diagnóstico sobre el tratamiento que realiza el biodigestor.

Método de Campo

Se realizó la fase de campo mediante las visitas in situ para llevar a cabo el monitoreo de los factores que influyen en la digestión anaerobia y el muestreo en la entrada y salida del reactor, de tal manera que se identifique las respectivas condiciones actuales del área de estudio para realizar la propuesta.

9.3.2. Técnicas

Entrevistas.

Permitió registrar datos en fichas como características de la granja porcina y del biodigestor.

Observación directa

Esta técnica permitió obtener información directa acerca del objeto de estudio, es decir recopilar toda la información necesaria para realizar el diagnóstico.

Muestreo

Esta técnica permitió obtener muestras en el sitio de estudio basándose en el protocolo establecido por el CICAM - EPN, evaluando los factores que actúan durante el proceso anaeróbico en el biodigestor donde se procedió a tomar 2 puntos como referencia (entrada y salida), así como el análisis de la calidad de agua de la entrada y salida del biodigestor para utilizar el biol en cultivos de pasto.

9.4. Recolección y cuantificación de excretas porcinas.

La recolección y cuantificación de las excretas porcinas fue en el mes de febrero durante una semana del presente año, Para ello se utilizó fórmulas que son las siguientes:

- ❖ Cantidad promedio de excretas que genera la granja

$$ETc = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + E_{c4} + E_{c5} / \#D$$

Dónde:

E_{TG} = Cantidad total de excretas generadas en la granja (kg/día)

E_c = cantidad de excreta generada por el total de cerdos al día (kg/día * animales)

$\#D$ = días de recolección de estiércol disponible en el granja (día)

- ❖ Volumen disponible de excretas porcinas.

$$VEF = \frac{ETc}{D}$$

Dónde:

V_{EF} = volumen disponible de excretas porcinas (m³/día).

E_{Tc} = Cantidad total de excretas generadas en la granja (Kg/día).

D = Densidad del estiércol porcino (Kg/m³).

- ❖ Volumen de sustrato a ingresar en el biodigestor.

Se realiza la relación de las excretas en base a la cantidad total de excretas y la relación 1:1 de agua, de esta manera es la siguiente ecuación:

$$Vs = VEF + \text{agua}$$

Donde:

V_s = Volumen del sustrato ($m^3/día$).

VEF = volumen disponible de excretas porcinas ($m^3/día$).

- ❖ Eficiencia del biodigestor

$$n = \frac{S_0 - S_e}{S_0} * 100$$

Donde:

η = eficiencia en porcentaje (%)

S_0 = DQO inicial (mg/l).

S_e = DQO final (mg/l).

Materiales de campo:

- ❖ Fundas plásticas de 25 lbs.
- ❖ Balanza.
- ❖ Azadón (herramienta para recolección de excretas).
- ❖ Libreta de campo.

- ❖ Equipo de Protección Personal.

9.5. Monitoreo de Factores que influye en la Digestión Anaeróbica del biodigestor.

Para el respectivo monitoreo del biodigestor anaeróbico de flujo continuo, se evaluó los siguientes parámetros:

- Temperatura Ambiental.
- Potencial de Hidrógeno (pH).
- Potencial Redox.
- Relación C/N.

Se realizó durante el mes de febrero hasta abril del 2017, se llevó a cabo 3 monitoreos en diferentes horarios (10h00 am y 15h00 pm) tanto en la entrada como salida del biodigestor, contando con el respectivo equipo de protección personal, equipos y materiales a utilizar. En el anexo N° 4 se encuentra las fichas de campo.

Temperatura ambiental.

Para realizar el monitoreo de la temperatura ambiental se utilizó como equipo un termómetro ambiental, las mediciones se las realizó en el sitio donde se encuentra situado el biodigestor, durante tres meses en distintos horarios.

Potencial de Hidrógeno (pH).

Para realizar el monitoreo del potencial de hidrógeno (pH) se utilizó como equipo un pH-metro, para calibrar dicho equipo se usó un buffer, las mediciones se las realizó en la poza de entrada y salida del biodigestor, durante tres meses en distintos horarios.

Potencial –Redox.

Para realizar el monitoreo del potencial – Redox, se utilizó como equipo un medidor Redox, las mediciones se las realizó en la poza de entrada y salida del biodigestor, durante tres meses en distintos horarios.

Determinación de Carbono/Nitrógeno

Para determinar la relación Carbono/Nitrógeno, se utilizó una balanza, materiales y herramientas para la recolección de la muestra a utilizar, durante tres meses en distintos horarios. Con el objetivo de tener varias mediciones se aplicó la ecuación siguiente:

$$K = \frac{C1 \cdot Q1 + C2 \cdot Q2 + \dots + Cn \cdot Qn}{N1 \cdot Q1 + N2 \cdot Q2 + \dots + Nn \cdot Qn}$$

Donde:

- ❖ K = C/N de la mezcla de materias primas.
- ❖ C = % de carbono orgánico contenido en cada materia prima.

- ❖ N = % de nitrógeno orgánico contenido en cada materia prima.
- ❖ Q = Peso fresco de cada materia, expresado en kilos o toneladas

9.6. Análisis de laboratorio de la muestra de biogás de la granja porcina “Carlitos”

Para la toma de esta muestra se procedió a lo siguiente:

- ❖ Destapar el tapón del tubo de drenaje de la bolsa de recolector de orina de 2000 L.
- ❖ Colocar la válvula del tubo de drenaje del recolector de muestras en el tubo donde se encuentra almacenado el biogás.
- ❖ Abrir la válvula de la bolsa recolectora para la toma de la muestra.
- ❖ Cerrar el tapón del tubo de drenaje.

Equipos y materiales para la obtención de las muestras simples

Equipos

- ❖ GPS

Materiales

- ❖ Bolsa de recolector de orina de 2000 L.
- ❖ Equipo de Protección Personal.
- ❖ Cooler.
- ❖ Refrigerante

9.7. Análisis de laboratorio de aguas residuales de la granja porcina “Carlitos”

El respectivo muestreo se realizó basándose en la Norma INEN 2176:2013 de Agua, Calidad de Agua, Muestreo, Técnicas de Muestreo y el protocolo del laboratorio del CICAM .EPN , la que establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad en aguas residuales para su caracterización.

Equipos y materiales para la obtención de las muestras simples

Equipos

- ❖ GPS
- ❖ Cronómetro

Materiales

- ❖ Recipiente para la recolección con volumen de 10 L.
- ❖ Cooller.
- ❖ Refrigerante.
- ❖ Botellas plásticas de galón.
- ❖ Agua destilada.
- ❖ Equipo de Protección Personal.

Muestra simple o puntual

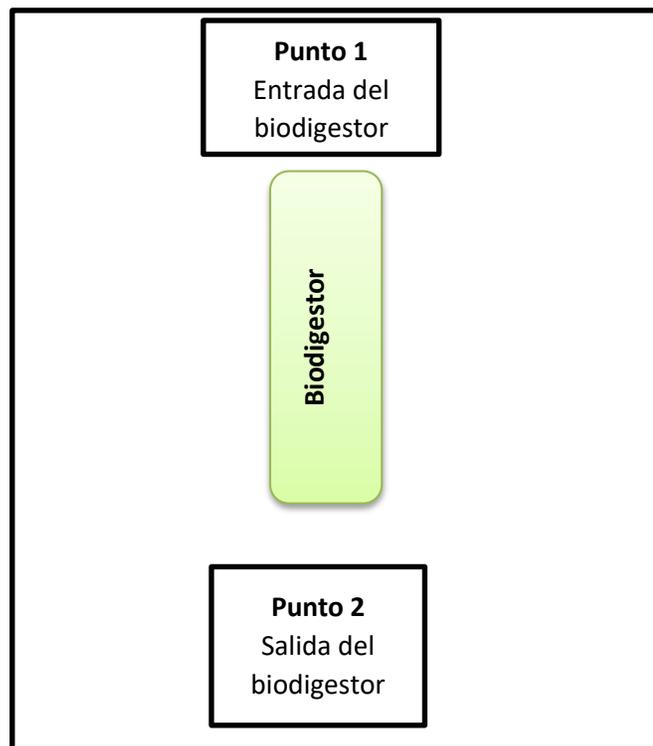
Para toma de esta muestra se procedió a lo siguiente:

1. Colocar bajo la descarga del vertimiento del efluente un recipiente aforado de 10 L.
2. Homogenizar el recipiente de dos a tres veces con porciones de aproximadamente 1L del efluente.
3. Colocar el recipiente bajo la descarga.

4. Se toma las muestras de las aguas residuales en la entrada del biodigestor, con una cantidad de 5 litros.
5. Cronometrar el tiempo del muestreo.
6. Medir el caudal.

El mismo procedimiento se realizó en el punto dos, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 1 : Distribución de toma de muestras simples



Elaborado por. Bustillos Y.

Etiqueta de muestra.

De acuerdo al protocolo establecido de etiquetado por el laboratorio consta de la siguiente información: tipo de muestreo, característica del sitio de muestreo, coordenada, hora, fecha, temperatura y responsable de muestreo. Se realizó tanto para las muestras de aguas residuales como para la de biogás.

Envío de muestras al laboratorio acreditado.

1. Asegurar que los recipientes utilizados estén en óptimas condiciones.
2. Verificar que cada muestra este etiquetada correctamente con material adherible.
3. Colocar las muestras en un cooler para mantener una temperatura adecuada hasta llegar al laboratorio.

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios siguientes:

- El Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional
- Laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional.

Los parámetros que se analizaron en las muestras de agua residuales fueron nueve como se muestra en la tabla N°13.

Tabla 13: Parámetros y Norma de referencia para análisis de aguas residuales

Parámetro	Norma de Referencia
Conductividad	PEE/CICAM/11 (APHA2510 B)
Nitrógeno Total (N)	Procedimiento interno
pH	PEE/CICAM/02 (APHA 4500-H+B Electrometric Method)
Solidos Totales Disueltos	APHA 2540 C
Turbiedad	APHA 2130 B Nefelométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	PEE/CICAM/06 (APHA 5210 B)
Demanda Química de Oxígeno DQO	PEE/CICAM/01 (APHA 5220 B)
Coliformes Fecales	APHA 9222 D
Coliformes Totales	APHA 9222 C

Fuente: Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

El parámetro que se analizó en las muestras de biogás fue una en cada mes, como se muestra en la tabla N°14

Tabla 14: Parámetros y Norma de referencia para análisis de muestras de biogás

Parámetro	Norma de Referencia
Biogás	ASTM D1945-03(2010)

Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional

10. DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

10.1. Delimitación del Área de estudio.

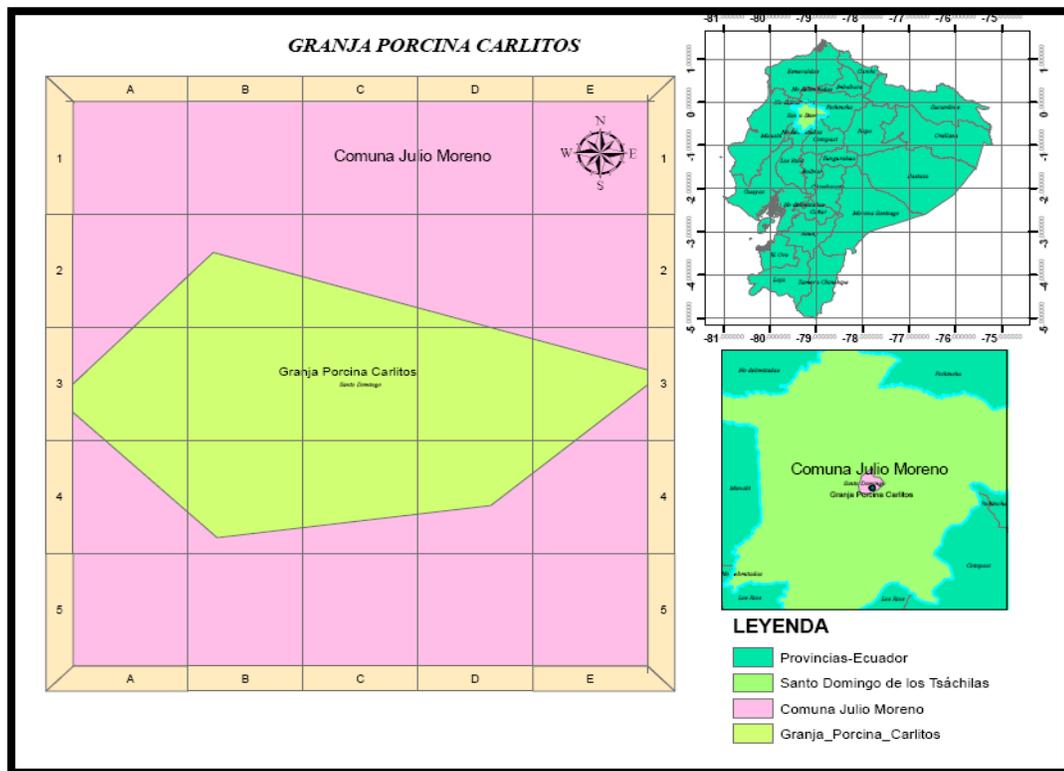
El biodigestor anaeróbico de flujo continuo se encuentra ubicado en la granja porcina Carlitos que posee un área de 5000 m², como se muestra en las coordenadas de la tabla N°15 y mapa N°2.

Tabla 15: Coordenadas granja porcina “Carlitos”

Puntos	Coordenadas UTM		
	X	Y	ALTITUD
A	704362	9964107	474.5msnm
B	704317	9964070	474.5msnm
C	704245	9964061	474.5msnm
D	704203	9964100	474.5msnm
E	704244	9964141	474.5msnm

Elaborado por: Bustillos Y.

Mapa 2. Ubicación de la granja porcina “Carlitos”



Elaborado por: Bustillos Y.

10.2. Diagnóstico de la situación actual de la granja porcina “Carlitos”.

A través de la encuesta realizada en el mes de marzo (Anexo 1) al propietario de la granja porcina “Carlitos” y con la ayuda de fichas de observación (Anexo 4) se obtuvo la suficiente información

para realizar el diagnóstico de la situación actual de dicha granja y del funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo, como se detalla a continuación:

La granja porcina “Carlitos” se encuentra ubicada en la comuna Julio Moreno Espinoza, Recinto Unión Carchense Km 12, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Su propietario es el señor Carlos Ruano e hijos, cuenta con 233 cerdos distribuidos de la siguiente manera:

- Lechones (55 animales)
- Crecimiento (56 animales)
- Engorde (80)
- Hembras de gestación (30 animales)
- Hembras lactante (10 animales)
- Semental (2 animales)

El área total del predio es de 5000 m², las instalaciones de la granja es en un total de 400 m² distribuido de la siguiente manera:

- Área de crecimiento y engorde (40 m x 50 m)
- Área de maternidad y gestación (40 m x 50 m)

La alimentación de los cerdos es el balanceado, sus comederos son automáticos consumen 10 sacos de 40 kilos al día, la raza del ganado porcino con el que cuenta la granja porcina “Carlitos” es de Pietrain con Large White. El consumo de agua para la limpieza de los corrales e instalaciones de la granja es de 4m³ al día, se realiza la limpieza en dos horarios es decir en la mañana se utiliza 2m³ de agua e igual en la tarde.

Biodigestor anaeróbico de flujo continuo.

La granja porcina “Carlitos” debido a la generación de excretas optó por el uso de un biodigestor, el recomendable en las zonas rurales es el biodigestor de tipo bolsa (plástico-polietileno) que es muy empleado, en regiones tropicales y es de contacto anaerobio el cual maneja grandes cantidades de materia prima. Este biodigestor tiene un tiempo de aproximadamente de 1 año de instalación su costo fue de \$5000 dólares Americanos, el área designada para la instalación fue de 12 m x 15 m, y la laguna de recepción del biol es de 6 m x 6 m.

En el biodigestor tipo bolsa (plástico-polietileno) se almacena el biogás, el cual es utilizado cada 2 días en el área de maternidad y gestación. El mantenimiento del biodigestor se lo realizó hace seis meses atrás. Las dimensiones del biodigestor anaeróbico de flujo continuo que se encuentra en la granja son las siguientes:

- Largo: 10 metros
- Altura: 2,10 metros
- Diámetro: 6 metros

La laguna donde se almacena el biol tiene las siguientes dimensiones:

- Ancho: 6 metros
- Largo : 6 metros
- Profundidad: 3,50 metros

10.3. Recolección y cuantificación de excretas porcinas.

10.3.1. Cantidad promedio de excretas que genera la granja

Para determinar la cantidad promedio de excretas porcinas generadas en la granja porcina “Carlitos”, se toma en cuenta el número de ganado porcino total (233cerdos) y los valores de generación de excretas de una semana como se muestra en la tabla N° 16.

Ecuación (1)

$$E_{Tc} = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + E_{c4} + E_{c5} / \#D$$

$$E_{Tr} = 163,23 \text{ Kg} + 149,94 \text{ Kg} + 146,33 \text{ Kg} + 156,61 \text{ Kg} + 176,58 \text{ Kg} / 5 \text{ días}$$

$$E_{Tr} = 792,69 / 5 \text{ días}$$

$$E_{Tr} = 158,5 \text{ Kg} / \text{día.}$$

10.3.2. Volumen disponible de excretas.

Para determinar el volumen de excretas porcinas producidas en la granja se utilizó el valor promedio de excretas generadas (ecuación 1) y el valor de la densidad del estiércol porcino (933Kg/m³).

Ecuación (2)

$$VEF = \frac{E_{Tc}}{D}$$

$$VEF = \frac{158,5 \text{ Kg} / \text{día}}{933 \text{ Kg} / \text{m}^3}$$

$$VEF = 0,169 \text{ m}^3 / \text{día}$$

10.3.3. Volumen de sustrato a ingresar en el biodigestor.

El volumen de sustrato diario a utilizar en la alimentación del biodigestor es igual al volumen disponible de excretas porcinas ($0,169 \text{ m}^3$) por la cantidad de agua a utilizar, existe una relación de 1:1.

Ecuación (3)

$$Vs = VEF + \text{agua}$$

$$Vs = 0,169 \text{ m}^3 + 0,169 \text{ m}^3$$

$$Vs = 0,338 \text{ m}^3/\text{día} \text{ o } 338 \text{ L}/\text{día}$$

10.3.4. Eficiencia del biodigestor

Para determinar la eficiencia de biodigestor en la degradación de la materia orgánica se tomó en cuenta los valores del parámetro Demanda Química de Oxígeno, datos que se obtuvieron del análisis de laboratorio.

Ecuación (4)

$$n = \frac{So - Se}{So} * 100$$

$$n = \frac{11000 \text{ mg/l} - 2170 \text{ mg/l}}{11000 \text{ mg/l}} * 100$$

$$n = 80,27 \%$$

Tabla 16: Datos de peso de estiércol en granja porcina “Carlitos”

Generación diario de estiércol en el corral.				
DIAS	PESO Kg	PESO Lb.	PROMEDIO Kg.	PROMEDIO Lb.
1	163,23	359,86	158,53	349,52
2	149,94	330,56		
3	146,33	322,60		
4	156,61	345,26		
5	176,58	389,29		
	792,69	1747,58		

Elaborado por. Bustillos Y.

Análisis de resultados:

En la tabla N° 16 el promedio total de la generación de estiércol de ganado porcino recolectado durante cinco días en los diecinueve corrales es de 158,53 Kg/ día, el volumen de sustrato diario que ingresa al biodigestor anaeróbico de flujo continuo es de 0,338 m³/día, valor que es fundamental al momento de diseñar un biodigestor. Se determinó mediante la ecuación (3), que la eficiencia del biodigestor anaeróbico de flujo continuo es del 80,27% en la remoción de la materia orgánica llevada a cabo en el interior del biodigestor.

10.4. Resultado del Monitoreo de Factores que influyen en la Digestión Anaerobia del Biodigestor

Durante tres meses se realizó el monitoreo de factores que influyen en la digestión anaerobia del biodigestor para determinar su funcionamiento. Desde el mes de febrero hasta abril se llevó a cabo el registro de datos. A través de la investigación analítica y bibliográfica se comparó los datos obtenidos del monitoreo.

La interpretación de los resultados son los siguientes:

10.4.1. Temperatura ambiental.

Tabla 17: Datos de monitoreo de temperatura ambiental

PÁRAMETRO	MESES		
	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Temperatura Ambiental	30°C	28°C	27°C

Elaborado por. Bustillos Y.

La temperatura ambiental ha sido monitoreada durante los meses de febrero hasta abril del 2017 donde se puede observar que existe una disminución de valores de temperatura como se muestra en la tabla N° 17. La temperatura es un factor muy importante durante el proceso de la digestión anaeróbica en el biodigestor sus rangos de valores estimados son los siguientes:

Según .(Mart, 2008), manifiesta que los biodigestores pueden operarse en tres rangos de temperatura. Un rango psicrófilico (por debajo de 25°C), mesófilico (entre 25 y 45°C) y otro termófilico (45 - 60°C). Por lo tanto se encuentra en una temperatura óptima para su funcionamiento.

10.4.2. Medición de Potencial de Hidrógeno

Tabla 18: Datos de monitoreo de pH

PÁRAMETRO	MESES		
	FEBRERO	MARZO	ABRIL
pH	6.0	6.1	6.0

Elaborado por. Bustillos Y.

El monitoreo acerca de la medición de pH se la realizó entre los meses de febrero y abril del presente año, lo cual presento variaciones de este rango pero mínimas como se muestra en la tabla N° 18. El pH debe estar entre un rango de 6,5 y 7,5, para obtener una alta degradación de la materia orgánica y una elevada concentración de metano. Lo cual se encuentra dentro del rango óptimo.

10.4.3. Potencial –Redox

Tabla 19: Datos de monitoreo de Potencial-Redox

PÁRAMETRO	MESES		
	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Potencial –Redox	-298 mv	-288 mv	-300mv

Elaborado por. Bustillos Y.

El potencial –Redox ha sido monitoreado durante los meses de febrero hasta abril del 2017 donde existe una variación de valores de potenciales como se muestra en la tabla N° 19 .El potencial –Redox es un factor muy importante durante el proceso de la digestión anaeróbica en el biodigestor sus rangos de valores estimados son los siguientes:

Para el adecuado crecimiento de los anaeróbicos el valor del potencial Redox se debe mantener entre -220 mV a -350 mV para su óptima actividad. Por lo cual cumple con el valor de este rango.

10.4.4. Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno

La relación Carbono/Nitrógeno se tomó 4 muestras cada mes, durante los meses de febrero hasta abril para determinar las cantidades óptimas para de los dos macronutrientes.

Para obtener los resultados se aplicó la siguiente fórmula:

$$K = \frac{C1 \cdot Q1 + C2 \cdot Q2 + \dots + Cn \cdot Qn}{N1 \cdot Q1 + N2 \cdot Q2 + \dots + Nn \cdot Qn}$$

Los porcentajes y los valores promedios de la relación Carbono /Nitrógeno se encuentran en la tabla N°9, los cual se utilizó para calcular la relación Carbono /Nitrógeno de materia prima (excretas porcinas).

Cálculos:

Mes Febrero

Datos

- ❖ m1= 7.26 Kg
- ❖ m2= 6,23 Kg
- ❖ m3= 5,78 Kg
- ❖ m4= 6,56 Kg
- ❖ %C= 25
- ❖ %N= 1,50

Desarrollo

$$K = \frac{25(7,26kg)}{1,50(7,26kg)} + \frac{25(6,23kg)}{1,50(6,23kg)} + \frac{25(5,78kg)}{1,50(5,78kg)} + \frac{25(6,56kg)}{1,50(6,56kg)}$$

$$K = 16,6/1$$

Mes Marzo

Datos

- ❖ $m_1 = 6,81 \text{ Kg}$
- ❖ $m_2 = 6,33 \text{ Kg}$
- ❖ $m_3 = 5,90 \text{ Kg}$
- ❖ $m_4 = 6,30 \text{ Kg}$
- ❖ $\%C = 25$
- ❖ $\%N = 1,50$

Desarrollo

$$K = \frac{25(6,81 \text{ kg})}{1,50(6,81 \text{ kg})} + \frac{25(6,33 \text{ kg})}{1,50(6,33 \text{ kg})} + \frac{25(5,90 \text{ kg})}{1,50(5,90 \text{ Kg})} + \frac{25(6,30 \text{ Kg})}{1,50(6,30 \text{ Kg})}$$

$$K = 16,6/1$$

Mes Abril

Datos

- ❖ $m_1 = 7,81 \text{ Kg}$
- ❖ $m_2 = 6,83 \text{ Kg}$
- ❖ $m_3 = 7,69 \text{ Kg}$
- ❖ $m_4 = 8,30 \text{ Kg}$
- ❖ $\%C = 25$
- ❖ $\%N = 1,50$

Desarrollo

$$K = \frac{25(7,81 \text{ kg})}{1,50(7,81 \text{ kg})} + \frac{25(6,83 \text{ kg})}{1,50(6,83 \text{ kg})} + \frac{25(7,69 \text{ kg})}{1,50(7,69 \text{ kg})} + \frac{25(8,30 \text{ kg})}{1,50(8,30 \text{ kg})}$$

$$K = 16,5/1$$

En la siguiente tabla se observan los resultados:

Tabla 20: Datos del monitoreo de relación Carbono/Nitrógeno

PÁRAMETRO	MESES		
	FEBRERO	MARZO	ABRIL
Relación Carbono/Nitrógeno	C/N= 16,6/1	C/N= 16,6/1	C/N= 16,5/1

Elaborado por. Bustillos Y.

Una vez realizado durante los tres meses la determinación de la Relación C/N de las excretas del ganado porcino se pudo comprobar que el cálculo de las muestras obtenidas si cumplen con el rango establecido como se encuentra en la tabla N°20 de valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos disponibles en el medio rural.

10.5. Análisis de Laboratorio de Muestras de Biogás del Biodigestor Anaeróbico

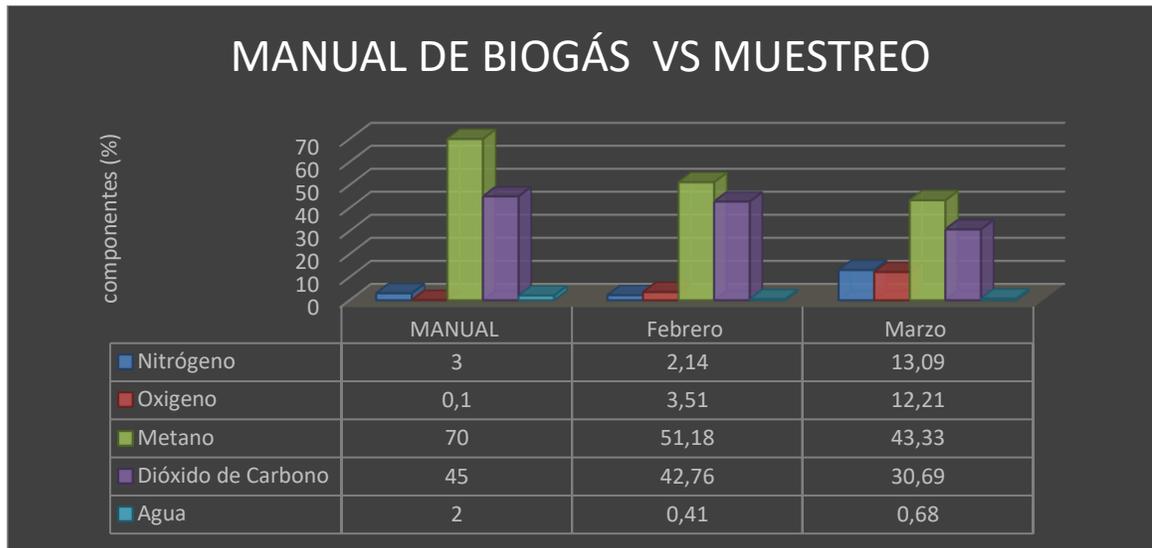
Para determinar la producción de biogás se realizó 2 muestreos durante el mes de febrero y marzo del presente año, se lo realizó en diferentes horarios mañana y tarde (10:00am; 15:00pm), no existe actualmente una normativa vigente para su comparación pero si valores de los componentes del biogás y su respectivo poder calorífico. A continuación se detalla los resultados:

Tabla 21: Interpretación de datos de la muestra de biogás en el mes de Febrero Y Marzo

PARÁMETROS DE LA MUESTRAS						
	CONDICIONES DE TRABAJO		Febrero		Marzo	
Temperatura (°C)	20	Norma de referencia	ASTM D 1945-03 (2010)		ASTM D 1945-03 (2010)	
	RESULTADOS					
COMPOSICIÓN	COMPONENTE		% Peso	%Moles	% Peso	%Moles
	Nitrógeno		2.14	1.75	13.09	10.89
	Oxígeno		3.51	2.50	12.21	8.89
	Metano		51.18	73.03	43.33	63.09
	CO2		42.76	22.19	30.69	16.25
	Agua		0.41	0.53	0.68	0.88
PROPIEDADES	Densidad relativa		0.792		0.81	
	Peso molecular promedio [g/mol]		22.83		23.30	
	Poder calorífico superior a 25°C [BTU/lb]		17426.65		15052.98	
	Poder calorífico superior a 25°C [BTU /pie³]		1033.91		911.21	
	Poder calorífico superior a 25°C [BTU /lb]		15703.78		13564.78	
	Poder calorífico inferior a 25°C [BTU /pie³]		931.70		821.12	

Fuente: laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química de la EPN.

Figura 2: Datos del muestreo de biogás



Elaborado por. Bustillos Y.

Interpretación:

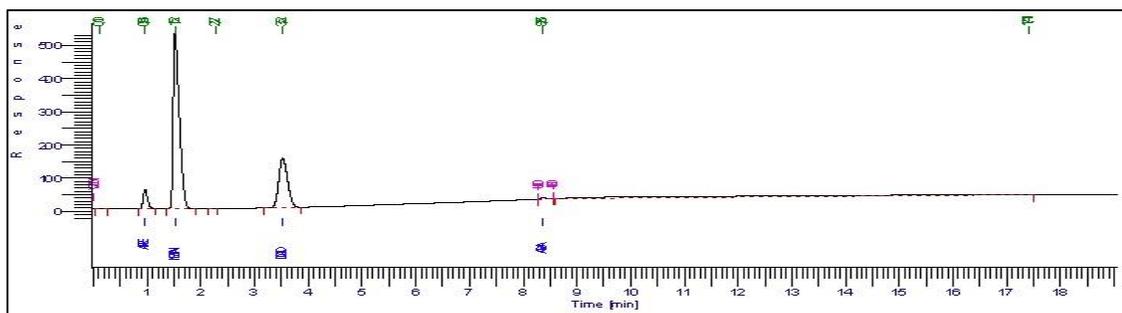
Las condiciones de trabajo para analizar la muestra de biogás tomada en el mes de Febrero y Marzo fue de una temperatura de 20°C, como resultado de los componentes, el Metano en el mes de febrero fue de 51,18% y en marzo fue de 43,33%, el Dióxido de Carbono en el mes de febrero fue de 42,76 % y en marzo fue de 30,60% , el Oxígeno mes de febrero fue de 3,51% y en el mes de marzo fue de 12,21% , el Nitrógeno en el mes de febrero fue de 2,14% mientras que en marzo fue de 13,09 y en Agua se obtuvo un 0,41% en el mes de febrero y el mes de marzo fue de 0,68%.

Análisis:

Los valores obtenidos del muestreo presentan ciertas diferencias ya que algunos componentes han incrementado y disminuido durante el análisis de los 2 meses, los valores de los componentes como el Nitrógeno, Oxígeno y Agua en el mes de marzo han superado los valores establecidos en comparación con el manual de biogás. La causa de esta anomalía es por la presencia alta de oxígeno

lo cual afecta el proceso anaeróbico que ocurre en el biodigestor así obteniendo una cantidad de producción de metano baja. Se puede observar en la figura N°3, el resultado de la muestra de biogás que fue analizado a través de cromatografía de gases, obteniendo como resultado en el primer pico la mezcla de nitrógeno y oxígeno, en el segundo pico la concentración de metano en el tercer pico la concentración de dióxido de carbono y en el cuarto pico la concentración de agua.

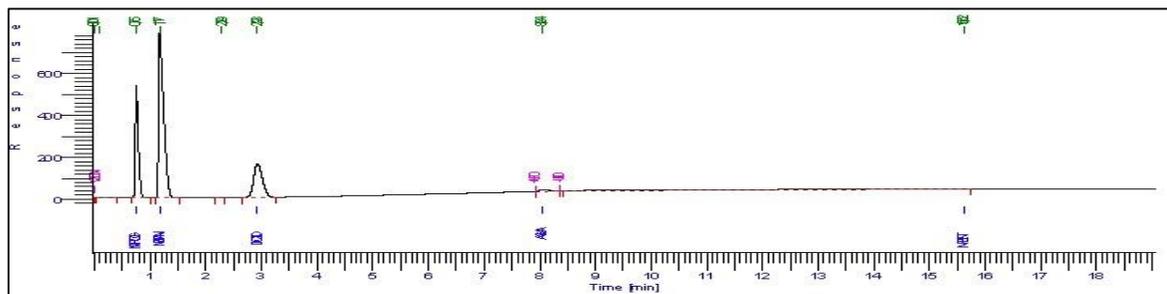
Figura 3: Grafico del análisis de muestreo de biogás en el mes de febrero.



Fuente: laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional

Se puede observar en la figura N°4, el resultado de la muestra de biogás que fue analizado a través de cromatografía de gases. Obteniendo como resultado en el primer pico la mezcla de nitrógeno y oxígeno, en el segundo pico la concentración de metano en el tercer pico la concentración de dióxido de carbono y en el cuarto pico la concentración de agua.

Figura 4: Grafico del análisis de muestreo de biogás en el mes de marzo.



Fuente: laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional

Poder Calorífico:

A través del análisis del laboratorio también se determinó el poder calorífico del metano, lo cual permitió realizar una comparación con el manual de biogás valor que se encuentra en la tabla N° 7. Obtenido los siguientes resultados:

Tabla 22: Valores del poder calorífico del metano

Poder calorífico CH₄	Febrero	Marzo
965,73 BTU/ pie ³	1033.91 BTU/ pie ³	911.21 BTU/ pie ³

Elaborado por. Bustillos Y.

Análisis:

Los valores del poder calorífico de la muestra de biogás del mes de febrero sobrepasan los rangos de los valores que expuestos en el manual de biogás mientras que en el mes de marzo los valores de la muestra de biogás si se encuentran dentro de los rangos del manual, pero en este último caso disminuyo la concentración de metano y aumento la concentración de oxígeno debido a la falta de sustrato que ingresa al biodigestor.

10.6. Análisis de laboratorio de aguas residuales de la granja porcina “Carlitos”

Los siguientes resultados se basan en el estudio realizado durante el período comprendido entre febrero y marzo del 2017. Los límites máximos permisibles, fueron tomados de los valores establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente libro XI, Anexo I, tabla 3 y 4 Calidad de Agua para Riego, Los resultados de los análisis de laboratorio en el punto uno (entrada) y punto dos (salida) del biodigestor que fueron evaluados y comparados con el TULSMA se visualiza en la siguiente tabla:

Crterios de Calidad de Aguas de uso Agrícola o de Riego.

Tabla 23: Muestreo de aguas residuales en entrada y salida del biodigestor

PARÁMETROS	FEBRERO		MARZO		LÍMITES PERMISIBLES TULSMA	CUMPLIMIENTO
	PUNTO DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR	PUNTO DE SALIDA DEL BIODIGESTOR	PUNTO DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR	PUNTO DE SALIDA DEL BIODIGESTOR		
Conductividad	8,02 mS/cm	4,23 mS/cm	4,60 mS/cm	5,14 mS/cm	>3,0 mS/cm	SI
Nitrógeno total (N)	903,9 mg/L	377,4 mg/L	557,1 mg/L	436,3 mg/L	No aplica	-
pH	7,23 N/A	7,06 N/A	7,40 N/A	7,82 N/A	6-9 N/A	SI
Solidos Totales Disueltos	5750 mg/L	1596 mg/L	2716 mg/L	1656 mg/L	>2000 mg/L	SI
Turbidez	3550 NTU	1097 NTU	8820 NTU	680 NTU	No aplica	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	2371 mg/L	526 mg/L	3781 mg/L	267 mg/L	No aplica	-
Demanda Química de Oxígeno DQO	4000 mg/L	1250 mg/L	11000mg/L	2170 mg/L	No aplica	-
Coliformes Fecales	4,6 X 10 ⁶ NMP/100mL	2,8 x 10 ⁶ NMP/100mL	1,5 X 10 ⁵ NMP/100mL	3,5 x 10 ⁵ NMP/100mL	1000 NMP/100ml	NO
Coliformes Totales	2,4 x 10 ⁷ NMP/100mL	4,6 x 10 ⁷ NMP/100mL	1,1 x 10 ⁷ NMP/100mL	1,1 x 10 ⁷ NMP/100mL	No aplica	-

Elaborado por. Bustillos Y

10.6.1. Interpretación de resultados de los meses de febrero y marzo.

Conductividad Eléctrica

En la figura N° 5 se puede observar el comportamiento de la Conductividad Eléctrica en los dos puntos de muestreo (entrada y salida del biodigestor) mediciones tomadas en los meses de Febrero y Marzo. En el mes de Febrero los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de 8,02 mS/cm y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue de 4,23 mS/cm. Mientras que en el mes de Marzo, los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de 4,60 mS/cm y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue de 5,14 mS/cm.

Figura 5: Datos de comparación de Conductividad Eléctrica



Elaborado por. Bustillos Y.

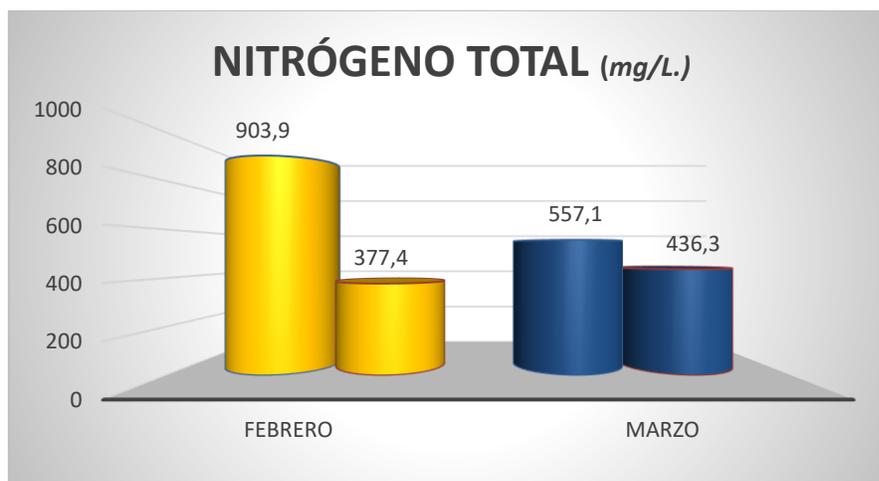
En el punto 2 (efluente del biodigestor) durante el mes de febrero, muestra que la Conductividad Eléctrica ha disminuido debido a que existe una menor concentración de sales, lo cual indica que los microorganismos van consumiendo los compuestos solubles del sustrato. Mientras que en el mes de marzo a incrementado por una mayor concentración de sales. Los valores obtenidos de este

parámetro fueron comparados con el TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4, cumple los límites máximos permisibles para ser utilizada como agua con fines de regadío.

Nitrógeno Total

En la figura N°6 se puede observar que durante el mes de Febrero, los rangos de los valores de Nitrógeno Total en el primer punto (entrada del biodigestor) fue 903,9 mg/L y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue 377,4 mg/L. Mientras que en el mes de Marzo, los rangos de los valores de Nitrógeno Total en el primer punto (entrada del biodigestor) fue 557,9 mg/L y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue 436,4 mg/L.

Figura 6: Datos de comparación de Nitrógeno Total



Elaborado por. Bustillos Y.

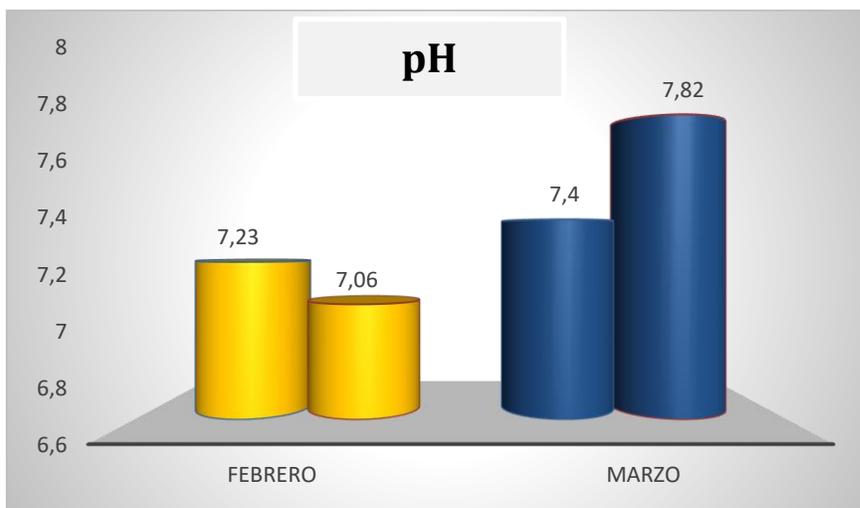
Los datos obtenidos del análisis presentaron una disminución de Nitrógeno Total en el segundo punto durante los meses de Febrero y Marzo debido al proceso de la digestión anaeróbica que ocurre en el biodigestor, ya que es considerado un elemento importante en el crecimiento de los microorganismos, sino existe una cantidad adecuada de nitrógeno puede ocurrir problemas por

deficiencia de nutrientes y si existe altas concentraciones contribuye a la eutrofización de las aguas. El Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 1, tabla 3 y 4, no cuentan con este parámetro en la tabla de agua para riego.

Potencial De Hidrógeno (pH).

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas muestran en la figura N°7 el comportamiento general del pH, el cual se mantuvo entre el rango permisible (entre 6 y 9) para el proceso de la descomposición de materia orgánica. Durante el mes de febrero El punto 1 (entrada del biodigestor) el valor de pH fue de 7,23 y en el punto 2 (salida del biodigestor) fue de 7,06. Mientras que el mes de Marzo en el punto 1 (entrada del biodigestor) el valor de pH fue de 7,40 y en el punto 2 (salida del biodigestor) fue de 7,82.

Figura 7: Datos de comparación de potencial de Hidrógeno



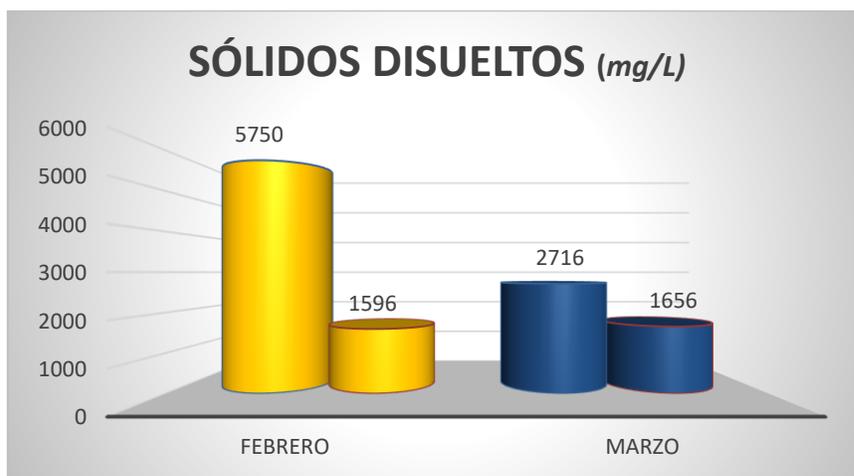
Elaborado por. Bustillos Y.

Se determinó mediante los resultados de los análisis de laboratorio que los valores de pH entre el punto 1 y el punto 2 durante el mes de Febrero y Marzo se mantiene en valores que oscilan entre 6 y 8 valores que tienden acercarse a 7 debido a que las aguas con carga de estiércol tienden a la neutralidad, por lo cual no tiende a presentar deterioro entre las bacterias de la fase acida y metanogénicas. Los valores de este parámetro que si se encuentra dentro de los límites permisibles tanto del TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4, por lo tanto cumple con los límites máximos permisibles para ser utilizada como agua con fines de regadío.

Sólidos Totales Disueltos

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas muestran en la figura N°8, que existe una disminución de sólidos disueltos totales, durante los meses de Febrero y Marzo. El punto 1 (entrada del biodigestor) el valor de Sólidos Disueltos Totales fue de 5750 mg/L y en el punto 2 (salida del biodigestor) fue de 1596 mg/L durante el mes de Febrero. Mientras que en el mes de Marzo El punto 1 (entrada del biodigestor) el valor de Sólidos Disueltos Totales fue de 2716 mg/L y en el punto 2 (salida del biodigestor) fue de 1656 mg/L

Figura 8: Datos de comparación de Sólidos Disueltos



Elaborado por. Bustillos Y.

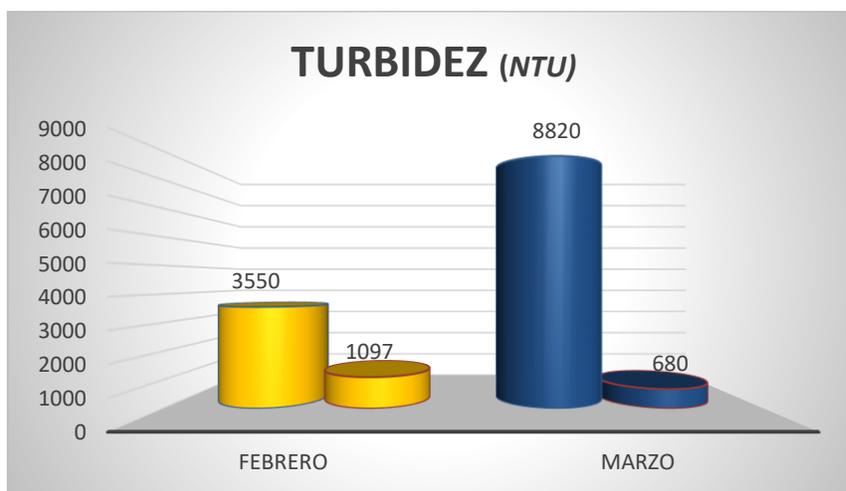
Los datos obtenidos demuestran que los sólidos disueltos totales tanto en el punto 1 y punto 2 durante los meses de Febrero y Marzo si cumple con los límites permisibles del TULSMA del Libro VI, Anexo I, tabla 3 y 4. Lo que permite ser utilizada como agua para regadío.

Debido a encontrarse estos valores en un rango óptimo es beneficioso para la movilidad de las bacterias metanogénicas ya que no es limitado su crecimiento porque no existe un alto contenido de sólidos, así obteniendo una buena eficiencia y producción de gas.

Turbidez

En la figura N°9 se puede observar que durante el mes de Febrero, los rangos de los valores de Turbidez en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de 3550 NTU y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue de 1097 NTU. Mientras que en el mes de Marzo los rangos de los valores de Turbidez en el primer punto (entrada del biodigestor) fue 8820 NTU y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue 680 NTU.

Figura 9: Datos de comparación de Turbidez



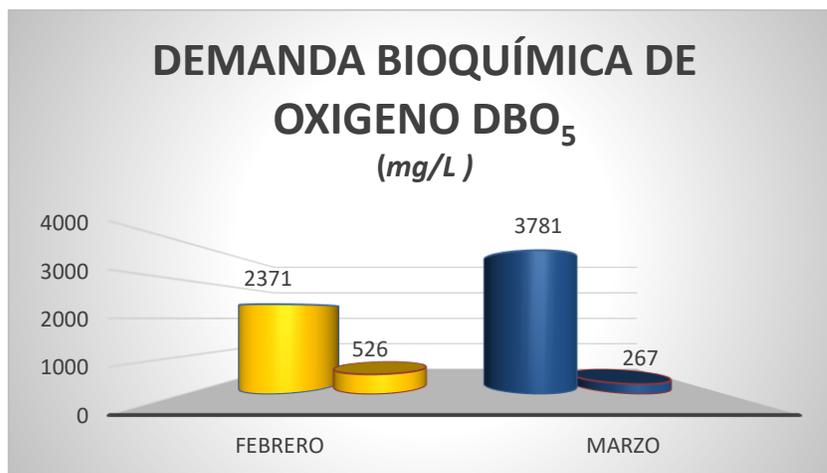
Elaborado por. Bustillos Y.

Este parámetro no ha sido evaluado debido a que no existe en las tablas de agua para riego en el TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4. Por lo que no existen límites permisibles para utilizar como agua para riego. A pesar de no existir este parámetro en las tablas de comparación para ser utilizada como agua de riego se ha presenciado una disminución en ambos meses, esto es debido por la descomposición de la materia orgánica. Los resultados de la turbidez que se obtiene después del proceso anaeróbico que sucede en el biodigestor presenta una disminución de materia orgánica suspendida tiende así a disminuir la contaminación del agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En relación a este parámetro durante el mes de Febrero en el punto 1 (entrada del biodigestor) y punto 2 (salida del biodigestor) presentaron concentraciones de DBO₅ diferentes debido a que existió una disminución de DBO₅ en el punto 2. Los rangos de los valores registrados fueron: en el punto 1 fue de 2371 mg/L y en el punto 2 fue de 526 mg/L. Mientras que en el mes de Marzo los rangos de los valores registrados fueron: en el punto 1 fue de 3781 mg/L y en el punto 2 fue de 267 mg/L (figura N°10).

Figura 10: Datos de comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno



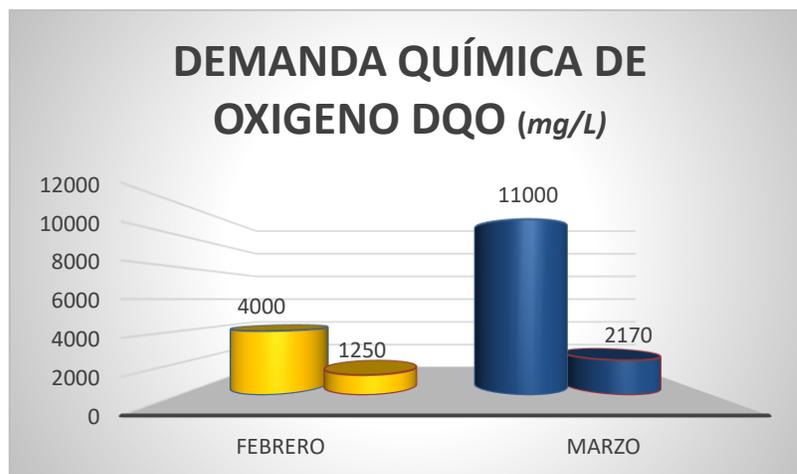
Elaborado por. Bustillos Y.

A través de los resultados de los análisis de laboratorio se puede observar que durante los meses de Febrero y Marzo el DBO₅ del punto 2 (salida del biodigestor) han disminuido notablemente, debido al proceso de degradación de la materia orgánica en tiempo y temperatura específica. . El TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4, no cuenta con este parámetro en la tabla para agua de riego por lo tanto no aplica

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En términos generales se presentó una disminución de valores en el parámetro entre el punto 1 (entrada del biodigestor) y punto 2 (salida del biodigestor) durante el mes de febrero. Los rangos de los valores registrados en el punto 1 fue 4000 mg/L y punto 2 fue 1250 mg/L. Situación parecida durante el mes de Marzo, los rangos de los valores registrados en el punto 1 fue de 11000 mg/L y en el punto 2 fue de 2170 mg/L (Figura N°11).

Figura 11: Datos de comparación de Demanda Química de Oxígeno



Elaborado por. Bustillos Y.

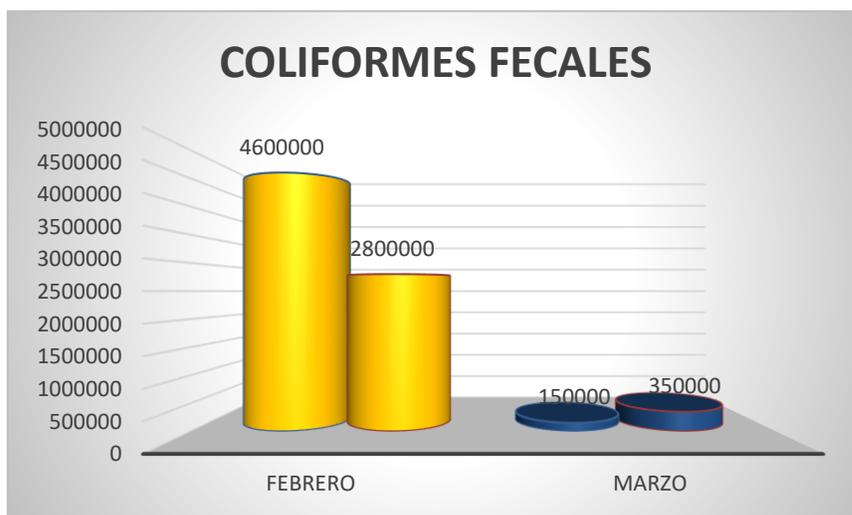
Este parámetro no ha sido evaluado debido a que no existe en las tablas de agua para riego en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 3 y 4, pesar de no existir este parámetro en las tablas de

comparación para ser utilizada como agua de riego se ha presenciado una disminución en ambos meses, esto indica que la actividad de los microorganismos, así como las condiciones del ambiente anaerobio, fueron responsables de la degradación, redujeron su actividad y con ello el consumo de oxígeno

Coliformes Fecales

En la figura N°12 se puede observar los valores obtenidos de coliformes fecales durante los meses de Febrero y Marzo. Los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de $4,6 \times 10^6$ NMP/100mL y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue $2,8 \times 10^6$ NMP/100mL durante el mes de Febrero. Mientras que en el mes de Marzo los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de $1,5 \times 10^5$ NMP/100mL y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue $3,5 \times 10^5$ NMP/100mL.

Figura 12: Datos de comparación de Coliformes Fecales



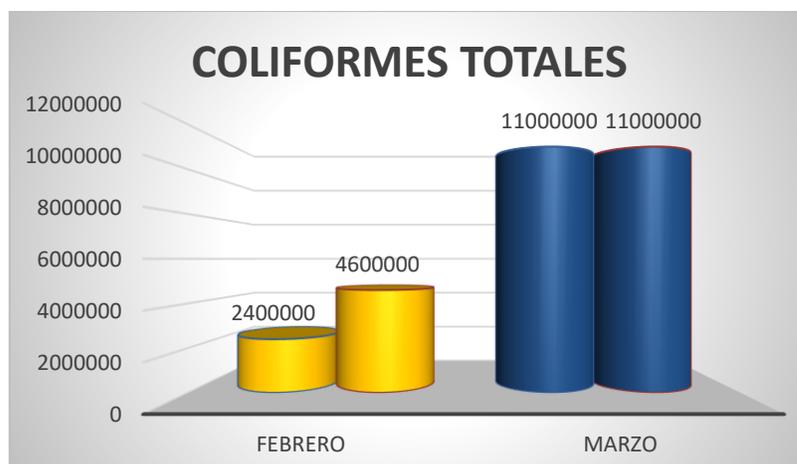
Elaborado por. Bustillos Y.

Los valores obtenidos del análisis de laboratorio demuestran que el efluente analizado es muy contaminado ya que sobrepasa los límites máximos permisibles del TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4, para ser utilizada como agua con fines de riego. Debido a que existe una gran concentración de coliformes fecales en el efluente del biodigestor, ocasionando riesgos ambientales y afectando la salud de los trabajadores provocando como enfermedades infecciosas.

Coliformes Totales

En la figura N° 13 se puede observar los valores obtenidos de coliformes fecales durante los meses de Febrero y Marzo. Los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de $2,4 \times 10^7$ NMP/100mL y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue $4,6 \times 10^7$ NMP/100mL durante el mes de Febrero. Mientras que en el mes de Marzo los rangos de los valores en el primer punto (entrada del biodigestor) fue de $1,1 \times 10^7$ NMP/100mL y en el segundo punto (salida del biodigestor) fue $1,1 \times 10^7$ NMP/100mL.

Figura 13: Datos de comparación de Coliformes Totales



Elaborado por. Bustillos Y.

Este parámetro no ha sido evaluado debido a que no existe en las tablas de agua para riego en el TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 3 y 4. Se pudo observar que durante el mes de Febrero existió un incremento de este parámetro en el punto 2 mientras que en el mes de Marzo no existió ninguna variación ya que el valor se mantuvo.

10.7. Propuesta

Título: Medidas de control para el óptimo funcionamiento del biodigestor Anaeróbico de flujo continuo en la granja porcina “Carlitos”

Introducción:

Una vez considerada la situación de la granja porcina “Carlitos” que fue evaluado el funcionamiento y eficiencia del biodigestor anaeróbico de flujo continuo a través de un monitoreo de factores que influyen en la digestión anaerobia del biodigestor y un muestreo que involucra el recurso agua como factor determinante en el desarrollo de la actividad porcícola se determinó que cierto parámetro (coliformes Fecales) no cumple con la normativa Ambiental vigente para ser utilizada como agua de riego.

Por tal motivo se planteará alternativas con la finalidad de obtener un óptimo funcionamiento de dicho biodigestor y medidas de aprovechamiento a favor de la población, evitando la contaminación para mejorar su calidad de vida. Es necesario apuntar hacia los objetivos del desarrollo sostenible que busca el crecimiento económico del sector y al mismo tiempo elevar la calidad de vida, pero sin agotar los recursos renovables ni deteriorar el medio ambiente. Lo anterior se consigue a través de un desarrollo tecnológico que aplique métodos limpios y con una eficaz y eficiente gestión, tanto en lo productivo como en lo ambiental.

Según (Patience, 2005), las medidas de manejo ambiental deben partir de tres fases importantes: reducción en la fuente, reciclaje y re-uso, y por último tratamiento y disposición final de los residuos.

Justificación:

Las diversas actividades agrícolas, ganaderas, industriales y recreacionales del ser humano han traído como consecuencia la contaminación de las aguas superficiales con sustancias químicas y microbiológicas, además del deterioro de sus características estéticas. Los recursos naturales se ven afectados por la alta contaminación que se genera, uno de los residuos que genera mayor controversia es la excreta porcina debido al volumen generado y a sus características físico-químicas que dificultan su manejo.

Países como Colombia, Perú, Costa Rica, México y otros, han tomado acciones correctivas acerca de la actividad porcícola y su posible impacto ambiental, lo que conduce a los porcicultores a cumplir con la normatividad ambiental vigente, unificando criterios con la autoridad ambiental.

La granja porcina “Carlitos” que cuenta ya con un biodigestor anaeróbico de flujo continuo tipo bolsa (plástico-polietileno), ha contrarrestado este grave problema pero todavía existen ciertos problemas por el mal uso del manejo de excretas y agua, para lo cual se ha planteado una propuesta que tiene como finalidad tener un óptimo funcionamiento del biodigestor actual.

Objetivos.

Objetivo General.

- ❖ Optimizar el funcionamiento del biodigestor Anaeróbico de flujo continuo mediante medidas de control para utilizar el biol exclusivamente en cultivos de pasto.

Objetivos Específicos.

- ❖ Plantear medidas de control en el manejo de los residuos sólidos (estiércol, mortalidad, residuales del área de partos) para disminuir el consumo de agua durante la limpieza en general.
- ❖ Realizar semestralmente análisis de laboratorio para verificar el control de las descargas contaminantes provenientes del biodigestor actual.

Identificación y propuesta de alternativas

Las alternativas que se han planteado tienen como finalidad implementar medidas de control a favor del cuidado del ambiente para prevenir en los procesos y productos que redunden en un mejoramiento continuo de la actividad porcícola. A través del monitoreo de factores que influyen en la digestión anaerobia del biodigestor, del muestreo que involucra el recurso agua y del diagnóstico de la situación actual de la actividad porcícola en la granja porcina “Carlitos” se encontraron situaciones observadas como: la falta de adopción de sistemas de tratamiento y disposición final de residuos; deficiencias en el manejo de sistemas de tratamiento en operación y mantenimiento; y el uso inadecuado de porcinas líquidas (fertilización de pastos), etc.

Como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 24: Situaciones observadas y alternativas de mejora

SITUACIÓN OBSERVADA	ALTERNATIVA DE MANEJO	BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES	BENEFICIOS AMBIENTALES POTENCIALES	INDICADOR
Excesivo consumo de agua durante las operaciones de limpieza de los corrales y la granja en general	Realizar barrido en seco de la porcinaza sólida previo al lavado de corrales.	Adquisición de un material rico en nutrientes para fertilización o enmienda sólida de suelos agrícolas o preparación de concentrados para bovinos y especies menores. Disminución en los costos de operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento	Reducción del consumo de agua en operaciones de lavado. Menor carga orgánica	Cantidad de porcinaza recogida /día.
	Mantenimiento de tuberías y sistemas de bebederos de agua.	Reducción en las pérdidas de agua. Mejor conversión alimenticia y ganancia de peso de los animales.	Disminución en la proliferación de moscas y malos olores al mantener los corrales más secos.	Metros cúbicos de agua ahorrada al mes
	Implementar sistemas de producción en camas blandas o profundas.	Aprovechamiento de material resultante para uso agrícola.	Reducción en el consumo de agua al interior de la granja.	Peso de material acondicionador resultante por camas

Falta de registros de consumos de agua en las diferentes etapas de producción	Implementar un sistema de registro y monitoreo en cuanto a la cantidad de agua que se consume en la actividad	Ahorro en el consumo de agua en las diferentes etapas de producción	Reducción en el consumo del agua Reducción en el volumen de aguas residuales a manejar	Metros cúbicos de agua ahorrada al mes
Generación de Grandes cantidades de residuos sólidos (estiércol, mortalidad, residuales del área de partos, residuos de empaques de medicamentos y concentrados)	Preparación de ensilaje para alimentación de rumiantes con la excreta porcina	Reducción de los costos de tratamiento y disposición final. Venta de subproductos (ensilaje, abonos orgánicos)	Minimización de malos olores. Reducción del residuo sólido generado.	Kilos de ensilaje producido por mes.
Se generan importantes cantidades de excretas	Cuantificar la generación de residuos provenientes de las diferentes etapas de producción	Control y reducción del costo de tratamiento de residuos líquidos y sólidos	Disminución de riesgo de contaminación a cuerpos de agua dulce.	Resultados de laboratorio indicando el cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma ambiental

Elaborado por. Bustillos Y.

Separación Sólida

- ❖ Separadores de criba inclinada estacionaria.

Para el manejo de excretas porcinas es la instalación de separadores es decir tanques de sedimentación generalmente están formadas por varillas trefiladas de borde redondeado colocadas horizontalmente (transversal a la dirección del flujo) , pero debido a los altos costos se puede remplazar por canastas de acero inoxidable cubiertas con mallas plásticas el objetivo es que los residuos se almacenen en estos separadores durante un periodo de 15 a 20 días , para luego ser trasladado al área de secado .Luego de lo que se escurre de las primeras canastas pasa a una segunda canasta con la finalidad de lograr separar un 60% de los sólidos para que luego ingrese al biodigestor.

Ventajas

- ❖ Reducción en el consumo de agua.
- ❖ Puede usarse para alimentación animal o fertilización de suelos.
- ❖ Remueve hasta 40% de sólidos

Debido a la cantidad de ganado porcino que existe en la granja porcina “Carlitos” se construirá 3 canastillas de acero inoxidable y una segunda canasta para la recolección de las aguas residuales que posteriormente ingresaran al biodigestor. Las medidas son las siguientes:

Canastas de acero inoxidable

- ❖ Largo :2 metros
- ❖ Ancho: 2 metros
- ❖ Profundidad: 2 metros.

Los cálculos son los siguientes:

Área

$$A = b * h$$

$$A = 2\text{ m} \times 2\text{ m} = 4\text{ m}^2.$$

Volumen

$$V = A * h$$

$$V = 2\text{ m} * 2\text{ m} * 3\text{ m} = 12\text{ m}^3.$$

Canasta de recolección de aguas residuales

- Largo: 8 metros
- Ancho: 2 metros.
- Profundidad: 2 metros.

Los cálculos son los siguientes:

Área

$$A = b * h$$

$$A = 8\text{ m} \times 2\text{ m} = 16\text{ m}^2.$$

Volumen

$$V = A * h$$

$$V = 16\text{ m}^2 * 2\text{ m} = 32\text{ m}^3.$$

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Técnico:

- ❖ Al llevar a cabo semestralmente una evaluación del funcionamiento y eficiencia del biodigestor situado en la granja minimizará la generación de impactos negativos que afectan al ambiente y una posible inversión económica.

Social:

- ❖ Contribuye en el mejor uso de excretas porcinas evitando la proliferación de enfermedades en la granja y en sus zonas aledañas.
- ❖ Mejorar las condiciones de vida de los beneficiarios tanto de la Granja como los de la comunidad Julio Moreno Espinoza con la utilización de los subproductos.

Ambientales:

- ❖ Ahorro energético al emplear gas metano proveniente de biodigestores en las instalaciones de la Granja así minimizando el uso de energía eléctrica.
- ❖ Disminución de aguas contaminadas por el mal manejo de evacuación de descargas de aguas residuales provenientes de las instalaciones de la Granja porcina “Carlitos”.
- ❖ A través de la fertilización de pastos y cultivos y un mejor desarrollo de estos se fijan mayores cantidades de CO₂ de la atmósfera para producir materia orgánica y por lo tanto reduciendo el efecto invernadero.

Económico:

- ❖ Disminución en costos de mantenimiento.
- ❖ Los costos de la aplicación de esta biodigestores anaeróbicos tubulares en zonas rurales puede llegar hacer más económico que otros tipos de biodigestores aptos para la degradación de la materia orgánica.
- ❖ Disminución en costos de energía eléctrica por la utilización de biogás producido.

12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.

Tabla 25: Presupuesto para la propuesta del proyecto

RESULTADOS ACTIVIDADES		
Separación de Sólidos Separadores de criba inclinada estacionaria.	1er Trimestre	2do Trimestre
Materiales (canastas 1 y 2)		
70 qq de cemento	\$490.00	
40 Tablas de 25cm	\$ 100,00	
16 cuartones	\$26.00	
2 volquetas de grava	\$200.00	
2 volquetas de Arena	\$200.00	
3 volquetas de súbbase	\$270.00	
31 cañas de 6m.	\$62,00	
6 mallas para fundir de 8.8.	\$70.00	
6 mallas para fundir de 5.5	\$60.00	
6 Tubos de PVC 4 "	\$52,00	
4 Ángulos de 6 m	\$42.00	
6 metros de malla plástica	\$180.00	
1 rollo de alambre	\$15,60	
25 Lb. De clavos de 2 ^{1/2}	\$27,50	
6 codos	\$12.00	
Mano de obra del albañil	\$1500,00	
Análisis de laboratorio		\$ 300.00
	\$ 3307,10	\$ 300.00
TOTAL		\$ 3607,10

Elaborado por. Bustillos Y.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Para obtener la cantidad de sustrato que ingresa al biodigestor se cuantificó el estiércol de ganado porcino con la utilización de ecuaciones para el diseño de un biodigestor, en un periodo de cinco días seguidos en diferentes horarios es decir en la mañana y tarde, se obtuvo como resultado, 0,338 m³/día, valor que es fundamental al momento de diseñar un biodigestor.
- Se comparó a través del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3 y 4 que la eficiencia del biodigestor tanto en el afluente como en el efluente, si cumple ciertos parámetros con los límites permisibles para utilizar las aguas residuales con fines agrícolas, que son: la Conductividad Eléctrica con un valor de 5,14 mS/cm, el Potencial de Hidrógeno con un valor de 7,82, los Sólidos Disueltos Totales con un valor de 1656 mg/L. El parámetro de Coliformes Fecales no cumple con los límites permisibles. Mientras que el Nitrógeno Total, Turbidez, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes Totales, parámetros que fueron analizados los cuales no son normados pero son importantes en el proceso interno del biodigestor.
- Una vez obtenidos los resultados, se ha planteado una propuesta con alternativas de control con la finalidad de obtener un óptimo funcionamiento del biodigestor con la implementación de canastillas de recolección de materia orgánica seca para evitar el excesivo consumo de agua.

Recomendaciones

- Evaluar el funcionamiento del biodigestor anaeróbico de flujo continuo semestralmente para una correcta descomposición de excretas porcinas, y generación de subproductos que benefician a la granja porcina “Carlitos” y sus alrededores.
- Realizar un mantenimiento mecánico del biodigestor como: revisión de tuberías, válvulas, lámparas, conexiones eléctricas.
- Realizar semestralmente un análisis de laboratorio del efluente del biodigestor anaeróbico de flujo continuo para ver su estado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente y también realizar un análisis de biogás para verificar si se encuentran dentro de los porcentajes establecidos que conforman dicho gas.
- Sería de gran importancia difundir la información de la implementación de esta tecnología limpia en otros sectores donde se pueda aprovechar materia orgánica, además de ser una buena opción para suplir un consumo energético para la disminución del efecto invernadero.
- Crear conciencia a través de capacitaciones al personal y propietario de la Granja que realizan sus labores cerca de un cuerpo de agua dulce, explicar los impactos ambientales de sus procesos y los daños causados por el desconocimiento.

14. BIBLIOGRAFÍA

Aqualimpia, G. (2013). *Control de proceso en biodigestores*, 10.

Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros Físico-Químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12–19. Retrieved from <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Barahona, O., & Adalid, F. (2010). *Evaluación de la producción de biogás y biol a partir de la torta de Jatropha curcas L.*

Biogás, a. c. (21 de Diciembre de 2013). *Biogás, amigable con la naturaleza*. La Hora, pág. 1.

Castelles, X. E. (2012). *Procesos Biológicos. La Digestión Anaeróbica y el Compostaje*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

Cervantes, J., Saldivar, J., & Yescas, J. (2007). Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura, 3(1), 3–12.

Constitución de la Republica del Ecuador (20 de 10 de 2008). Obtenido de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.PDF

Corona, I. (2007). *Biodigestores*

Cotrina, R., & Villanueva, G. (2013). *Biodigestores tubulares unifamiliares*.

Delgadillo, O. (2010). *Depuración de agua residuales por medio de humedales rtificiales*.

Cochabamba-Bolivia: Nelson Antequera Durán

Flores, Q. C. (2012). *Evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini-biodigestores en Íntag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.*

García, M., RivasS, L., & Sorto, R. (2010). Estudio Del Proceso Bioquímico De Fermentación En Digestores Para La Producción De Biogas Y Biofertilizante a Partir De Residuos Orgánicos Provenientes Del Campus De La Universidad De El Salvador, 201. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/138/1/10136039.pdf>

Guevara, A. (1996). Desempeño, Fundamentos Básicos Para el desempeño de biodigestores anaerobios rurales.

Jaramillo, J. P. F. (2010). *Plan piloto de biodigestores para el aprovechamiento de las heces porcinas obteniendo biogás y biofertilizante.* Universidad de las Américas.

Landín, G. M. (2007). Tratamiento excretas cerdos, 1–9.

Ley De Gestión Ambiental, Codificación 19, . (10 de 09 de 2004). Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

Ley De Prevención-Y Control De La Contaminación Ambiental (10 de 09 de 2004). Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>

Ley Orgánica Del Servicio Público De Energía Eléctrica. (16 de 01 de 2015). Obtenido de http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro_oficial_n_418_ley_organica_del_servicio_publico_de_energia_electrica.pdf

Limbania, L., & Orellana, A. (2006). *utilizando desechos porcícolas de Zamorano Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano*. Zamorano, Honduras.

Mart, J. (2008). *Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación*. Bolivia.

Narváez, Y., & Saltos, A. (2017). Previo a La Obtención Del Título De Ingeniero

OMS. (2003). *Total dissolved solids in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las*. Suiza: Organizacion Mundial de la Salud . Obtenido de WHO/SDE/WSH/03.04/16.

Patience. (2005). Consumo de agua. *3TRES.COM Comunidad Profesional Porcina*.

Peralta, J. (2005). *para la Gestión Ambiental en Recomendaciones Técnicas para la Gestión Ambiental en el Manejo de Purines de la Explotación*. (I. D. I. AGROPECUARIAS & M. DE AGRICULTURA, Eds.). Santiago-Chile.

Quimico Tema : “ Diseño , Construcción Y Puesta En Marcha De Un Biodigestor Tipo Y Bioabono a Partir De La Mezcla De Estiercol Vacuno Y Suero De Queso ” Autores : Yolima Narvaez Guevara Alejandra Saltos Paz Di, 1–144. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1611/1/997.pdf>

Resolución Técnica N° 0217 Guía De Buenas Prácticas Porcícolas. (08 de 02 de 2012).

Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Guia-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas-Porc%C3%ADcolas1.pdf>

Rodríguez, C. (2002). Residuos ganaderos, 1–7.

Ruiz R., A. (2012). *Manual de Instalación de Biodigestores Tubulares: Biodigestores en el parque porcino de Ventanilla, Lima - Perú (Spanish Edition)*. Perú: Editorial Académica Española.

Schutgens, G. (2010). Tratamiento Anaeróbico De Aguas Mieles, 29.

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente . (04 de 05 de 2015).

Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA++R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Tipo Y Bioabono a Partir De La Mezcla De Estiercol Vacuno Y Suero De Queso ” Autores :

Yolima Narvaez Guevara Alejandra Saltos Paz Di, 1–144. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1611/1/997.pdf>

Ushñahua, L. ;Baldeón W. (2011). Desempeño de un biodigestor cargado con lodo séptico y excreta de cuy para la producción de biogás y biol, 12.

Vaca, R. P. (2015). *Generación de energía con biogás de residuos agrícolas en plantas agroindustriales la Libertad-Perú*. Colombia: Cartagena de la India.

Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual de Biogas. *Manual de Biogas Proyecto CHI/00/G32*, 1–119. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>.

15. ANEXOS

Anexo 1: Aval de traducción.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del artículo científico al Idioma Inglés presentado por la señorita: BUSTILLOS VITERI YOSELYN JASMIN , cuyo título versa “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR ANAERÓBICO DE FLUJO CONTINUO EN LA GRANJA PORCINA CARLITOS**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, junio del 2017

Atentamente,

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
OLGA LORENA GONZALEZ ORTIZ
C.C. 1002377271**

Anexo 2: Encuesta

**Encuesta de información previa a la realización del proyecto
de investigación: “Evaluación de la eficiencia y el funcionamiento
del biodigestor anaeróbico de flujo continuo en la
“ granja porcina CARLITOS”**

Datos Personales :

Nombres:

Apellidos:

Edad:

1. Sabe usted, ¿Qué es un biodigestor?

.....

2. ¿Qué beneficios brinda el uso de un biodigestor?

- a) Reducen la contaminación ambiental
- b) produce abono orgánico (bio-abono)
- c) Mejora las condiciones higiénicas de la casa rural y/o unidad de producción }
- d) Contribuyen a reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos

3. ¿Sabía usted que al usar el biodigestor disminuye la contaminación ambiental?

Si:.....

No:.....

4. ¿Usted cree que el biodigestor a través de parámetros físico-químico se debe evaluar?

Si:.....

No:.....

5. ¿Le gustaría conocer más información sobre el uso de biodigestores?

.....

6. ¿Qué cantidad de ganado porcino cuenta la granja?

.....

7. ¿Cada que tiempo realiza la limpieza de los corrales e instalaciones de la granja?

.....

8. ¿Referente a la alimentación del ganado porcino de que nomás consta?

.....

9. ¿Ha existido perdidas después de la introducción del uso del biodigestor a la granja?

.....

10. ¿conoce usted cada que tiempo se debe realizar el respectivo mantenimiento del biodigestor?

11. ¿En qué área o áreas es aprovechado el biogás?

.....

12. ¿En qué área o áreas es aprovechado el bioabono?

.....

13. ¿Desde qué tiempo se encuentra instalado el biodigestor para el tratamiento de aguas residuales que produce la granja?

.....

14. ¿Usted estaría dispuesto invertir económicamente para el óptimo funcionamiento del biodigestor?

.....

Elaborado por. Bustillos Y.

Anexo 3: Instalaciones de biodigestor y laguna de oxidación

Fotografía 1: Tubería que ingresa al biodigestor



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 2: biodigestor de polietileno (Salchicha)



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 3: tubería de salida del biodigestor



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 4: tubería de salida del Biodigestor



Responsable por. Bustillos Y

Anexo 4: Monitoreo, toma de muestra de aguas residuales en entrada y salida de biodigestor y peso de cantidades de estiércol en diferentes corrales.

Fotografía 6: Toma de muestras de agua residual en la entrada del biodigestor.



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 7: Toma de muestra de agua residual en la salida del biodigestor



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 8: Toma de muestra de biogás en el corral de maternidad



Responsable por. Bustillos Y.

Fotografía 9: Peso de estiércol porcino



Responsable por. Bustillos Y.

Anexo 5: Formato de fichas de monitoreo, muestreo y etiqueta para la muestra de aguas residuales y biogás.

FICHAS DE CAMPO DE OBSERVACIÓN

HOJA DE REGISTRO

Fecha:
Ubicación:
Coordenadas:
Tiempo de observación:
Observadora:
Numero:

Hora	Descripción	Interpretación

Elaborado por. Bustillos Y

Ficha de campo para el muestreo de las aguas residuales provenientes de la entrada y salida del biodigestor
FICHA DE CAMPO

Fecha:
Responsable del muestreo:

Hora:

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Número de la muestra:
Tipo de muestra:
Cantidad de muestra:

LOCALIZACIÓN

Coordenadas GPS:

Descripciones de acceso al lugar:

Actividades en la zona cercana al punto de muestreo:

PARÁMETROS DE CAMPO

- pH del agua:
- Potencial Redox:
- temperatura ambiental:

PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

pH
Conductividad Eléctrica
Turbidez
DBO₅
DQO
Nitrógeno Total
Sólidos Disueltos Totales
Coliformes Fecales
Coliformes Totales

HISTORIA DEL LUGAR (TESTIMONIOS)

Fauna y flora:

HERRAMIENTAS DE MUESTREO

Elaborado por. Bustillos Y

Anexo 6. Análisis Físico, Químico y Microbiológico de aguas residuales del biodigestor anaeróbico de flujo continuo de la granja porcina Carlitos.

**Análisis de febrero
Punto 1**



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 16 de febrero de 2017

No. IR17-209

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST17-30

Solicitado por: YOSELYN BUSTILLOS

Atención:

Dirección: Vía Quinindé Km. 1.5

Teléfono: 3791037

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga de granja porcina, al ingreso del biodigestor

Fecha de recolección: 02/02/2017

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-209

Fecha de ingreso al Laboratorio: 03/02/2017

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(a) Conductividad	mS/cm	8,02	03/02/2017	PEE/CICAM/11 (APHA 2510 B)
^(*) Nitrógeno total (N)	mg/L	903,9	03/02/2017	Procedimiento interno
^(a) pH	NA	7,23	06/02/2017	PEE/CICAM/02 (APHA 4500 - H+ B Electrometric Method)
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	5750	07/02/2017	APHA 2540 C
^(*) Turbiedad	NTU	3550	06/02/2017	APHA 2130 B Nefelométrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(a) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

Incertidumbre (U) del método (matriz acuosa)		
Parametro	Rango de trabajo	U (%)
Conductividad (µS/cm)	0,6-15,1	22,53
	15,2-146	3,12
	147 - 1410	3,55
	1410-12800	2,56
pH (unid. pH)	4,00 - 10,00	1,23

Realizado por: Ing. Jairo Jimpikit
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 16 de febrero de 2017

No. IR17-211

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: YOSELYN BUSTILLOS

Atención:

Dirección: Vía Quinindé Km. 1.5

Ref. ST17-31

Teléfono: 3791037

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga de granja porcina, al ingreso del biodigestor

Fecha de recolección: 05/02/2017

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-211

Fecha de ingreso al Laboratorio: 06/02/2017

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANALISIS	PROCEDIMIENTO
(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	$4,6 \times 10^6$	10/02/2017	APHA 9222 D
(*) Coliformes totales	NMP/100mL	$2,4 \times 10^7$	07/02/2017	APHA 9222 C
(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	2371	08/02/2017	PEE-CICAM/06 (APHA 5210 B)
(a) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	4000	07/02/2017	PEE-CICAM/01 (APHA 5220 D)

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

(a) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

Incertidumbre (U) del método (matriz acuosa)		
Parametro	Rango de trabajo	U (%)
DBO (mg/L)	2 - 200	17,3
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10 - 100	22,8
	100 - 1000	4,4
	1000 - 10000	15,9

Realizado por: Ing. Jairo Jimpikit
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

Punto 2



INFORME DE RESULTADOS

Quito, 16 de febrero de 2017

No. IR17-210

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST17-30

Solicitado por: YOSELYN BUSTILLOS

Atención:

Teléfono: 3791037

Dirección: Vía Quinindé Km. 1.5

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga de granja porcina, a la salida del biodigestor

Fecha de recolección: 02/02/2017

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M- 210

Fecha de ingreso al Laboratorio: 03/02/2017

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(a) Conductividad	mS/cm	4,23	03/02/2017	PEE/CICAM/11 (APHA 2510 B)
^(*) Nitrógeno total (N)	mg/L	377,4	03/02/2017	Procedimiento interno
^(a) pH	NA	7,06	06/02/2017	PEE/CICAM/02 (APHA 4500 - H+ B Electrometric Method)
^(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	1596	07/02/2017	APHA 2540 C
^(*) Turbiedad	NTU	1097	06/02/2017	APHA 2130 B Nefelométrico

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(a) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

Incertidumbre (U) del método (matriz acuosa)		
Parametro	Rango de trabajo	U (%)
Conductividad (µS/cm)	0,6-15,1	22,53
	15,2-146	3,12
	147 - 1410	3,55
	1410-12800	2,56
pH (unid. pH)	4,00 - 10,00	1,23

Realizado por: Ing. Jairo Jimpikit
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 16 de febrero de 2017

No. JR17-212

DATOS DE CLIENTE

Ref. ST17-31

Solicitado por: YOSELYN BUSTILLOS

Atención:

Teléfono: 3791037

Dirección: Via Quinindé Km. 1.5

Identificación de la muestra: ninguna

Origen: descarga de granja porcina, a la salida del biodigestor

Fecha de recolección: 05/02/2017

Tipo de muestra: Agua residual

Responsable de toma de muestra: Cliente

Tipo de envase: Plástico

Llegó refrigerada: Si

Se utilizó preservante: No

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-212

Fecha de ingreso al Laboratorio: 06/02/2017

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
^(*) Coliformes fecales	NMP/100mL	2,8 x 10 ⁶	10/02/2017	APHA 9222 D
^(*) Coliformes totales	NMP/100mL	4,6 x 10 ⁷	07/02/2017	APHA 9222 C
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	526	08/02/2017	PEE/CICAM/06 (APHA 5210 B)
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	1250	07/02/2017	PEE/CICAM/01 (APHA 5220 D)

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(a) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012
Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

Incertidumbre (U) del método (matriz acuosa)		
Parametro	Rango de trabajo	U (%)
DBO (mg/L)	2 - 200	17,3
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10-100	22,8
	100-1000	4,4
	1000-10000	15,9

Realizado por: Ing. Jairo Jimpikit
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ordoñana Riquarte" • Calle Ladrón de Guevara E: 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17401-2759 • E-mail: cicamepna@gmail.com
Quito - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 25 de marzo de 2017

DATOS DE CLIENTE

Solicitado por: Angel Bustillos
Atención: Angel Bustillos
Dirección: Via Quinimí Km 1,5
Fecha de recolección: 14 de marzo de 2017
Responsable de muestreo: Cliente

Ref. S117-71 3791037
Teléfono: 3791037
Origen: Entrada al biodigestor; Salida
Tipo de muestra: Otros

Fecha de ingreso al Laboratorio: 15 de marzo de 2017

#	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO		FECHA DE ANALISIS	PROCEDIMIENTO
			***LMP			
1	(*) Coliformes fecales	NMP/100ml	1,5E+05	5,5E+05		APHA 9222 D
2	(*) Coliformes totales	NMP/100ml	≥ 1,1 E+17	1,1E+07		APHA 9222 C
3	(a) Conductividad	mS/cm	4,60	5,14		PECCAM/11 (APHA 2510 B)
4	(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/L	3781	267		PECCAM/06 (APHA 5210 B)
5	(a) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	11000	2170		PECCAM/01 (APHA 5220 D)
6	(*) Nitrogeno total (N)	mg/L	557,1	436,3		Procedimiento interno
7	(a) pH		7,40	7,82		PECCAM/02 (APHA 4500-HF (2009))
8	(*) Sólidos totales disueltos	mg/L	2716	1656		APHA 2540 C
9	(*) Turbiedad	NTU	8820	680		APHA 2130 B (Nefelometría)

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

^(a) Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-012

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación

^(b) Resultados suministrados por NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, que cuenta con acreditación NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

"Los resultados marcados con (***) fueron proporcionados por el laboratorio de Análisis Instrumental de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM (Capítulo 6)

***Límites máximos permisibles de acuerdo a

Parametro	Rango de trabajo	U (%)
DBO (mg/L)	2 - 200	17,3
	200 - 500	14,2
DQO (mg/L)	10-100	22,8
	100-1000	4,4
Conductividad (µS/cm)	0-500	15,9
	500-1000	23,33
	1000-1500	3,53
	1500-2000	2,56
pH (med. nat)	4,00 - 10,00	1,23



[Firma]
Realizado por: Ing. Martín Ortiz
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

Anexo 7. Análisis de muestra de biogás del biodigestor anaeróbico de flujo continuo de la granja porcina Carlitos

Mes Febrero



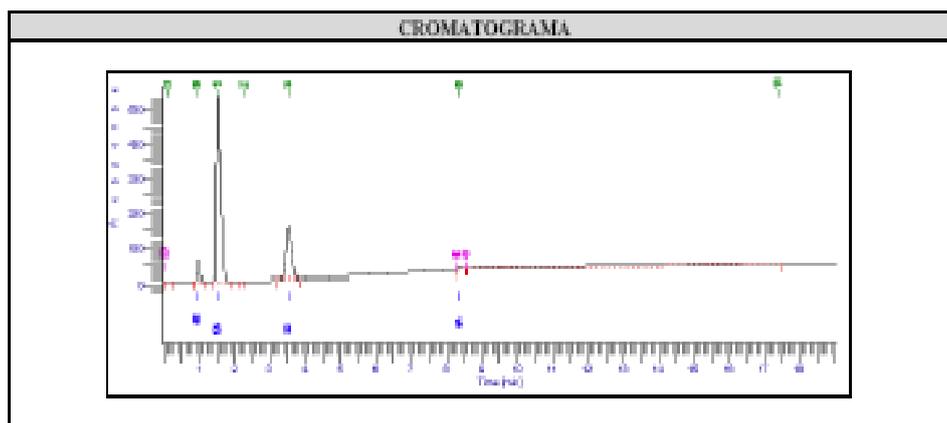
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL**

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-17-007
OT. 5067

PARAMETROS DE LA MUESTRA			
Cliente:	Isabelyn Barrios		
Muestra:	Biogás-Area de maternidad de chanchos		
Fecha de recepción:	02/02/2017	Fecha de entrega del informe:	03/02/2017

CONDICIONES DE TRABAJO			
Temperatura (°C)	20	Norma de referencia	ASTM D 1945-03 (2010)

RESULTADOS			
COMPOSICIÓN	COMPONENTE	% Peso	% Molar
	Nitrógeno	2.14	1.75
	Oxígeno	3.51	2.50
	Metano	51.18	73.03
	CO ₂	42.76	22.19
Agua	0.41	0.53	
PROPIEDADES	Densidad relativa	0.792	
	Peso molecular promedio [g/mol]	22.83	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	17426.65	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/pie ³]	1033.91	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	15703.78	
Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/pie ³]	981.70		



Ing. Lucia Montenegro	Ing. Gabriela Pérez
Jefa del Laboratorio de Análisis Instrumental	Especialista en técnicas de Análisis Químico

Mes Marzo



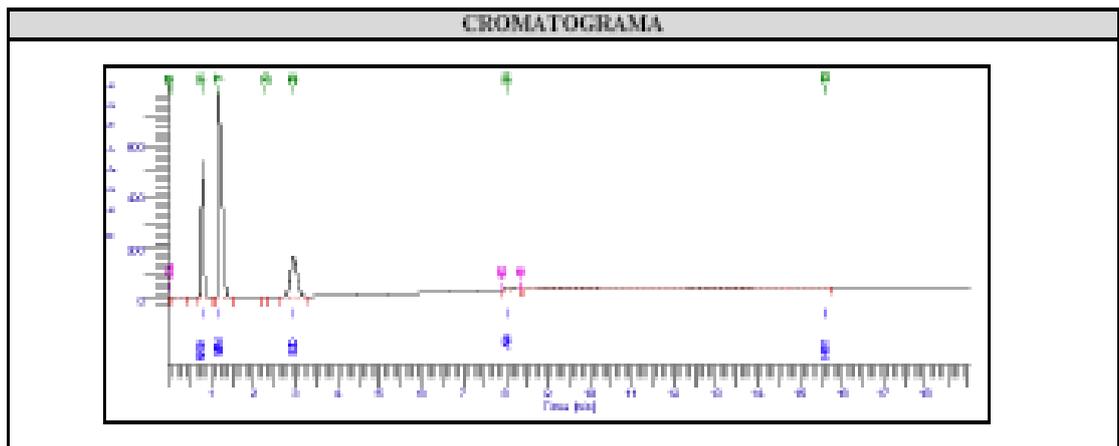
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-17-017
 OT. 5096

PARAMETROS DE LA MUESTRA			
Cliente:	Joseph Bustillos		
Muestra:	Biogas-Area de maternidad de chachos		
Fecha de recepción:	15/03/2017	Fecha de entrega del informe:	20/03/2017

CONDICIONES DE TRABAJO			
Temperatura (°C)	20	Norma de referencia	ASTM D 1945-03 (2010)

RESULTADOS			
COMPOSICIÓN	COMPONENTE	% Peso	% Moles
	Nitrógeno	13.09	10.89
	Oxígeno	12.21	8.89
	Metano	43.33	63.09
	CO2	30.69	16.25
	Agua	0.68	0.88
PROPIEDADES	Densidad relativa	0.81	
	Peso molecular promedio [g/mol]	23.30	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	15052.98	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/pi ³]	911.21	
	Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb]	13564.78	
	Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/pi ³]	821.12	



Ing. Lucia Montenegro Jefa del Laboratorio de Analisis Instrumental	Ing. Gabriela Pérez Especialista en técnicas de Analisis Químico
--	---

