

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

TEMA:

**PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA CON LA ADICIÓN
DE PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS, CANTÓN SALCEDO,
PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015.**

**Tesis de grado previo a la obtención del título de
Ingenieros en Medio Ambiente**

Autores:

Córdova Cortez Sofía Priscila

Miño Rosales Boris David

Directora:

Ing. Pilar González

LATACUNGA – ECUADOR 2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Sofía Priscila Córdova Cortez y Boris David Miño Rosales, declaramos en honor a la verdad que el trabajo de tesis aquí escrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y ha sido consultado de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

POSTULANTES:

Sofía Córdova C.
C.I. 050380495-7

Boris Miño R.
C.I. 050378589-1

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Directora del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA CON LA ADICIÓN DE PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015.”, de Córdova Cortez Sofía Priscila y Miño Rosales Boris David, postulantes de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente,

CERTIFICO: que el documento en mención ha sido revisado y corregido en su totalidad. Por tanto autorizo la presentación del mismo, ya que se encuentra de acuerdo a las normas establecidas en el REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, vigente

Salache junio, 2015

Ing. Pilar González V
DIRECTORA DE TESIS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Latacunga – Cotopaxi – Ecuador

AVAL DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Luego de haber revisado prolijamente la Tesis de Grado con el tema “Producción de biogás a partir de gallinaza con la adición de promotores de fermentación a 3 dosis, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2014 – 2015”, de autoría de los tesisistas Sofía Priscila Córdova Cortez y Boris David Miño Rosales, de la especialidad de Ingeniería de Medio Ambiente, los miembros del tribunal hemos revisado el presente documento y se han realizado las respectivas correcciones de la tesis por parte de los mencionados alumnos. **CERTIFICAMOS:** que el presente trabajo de investigación se encuentra de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Atentamente

Ing. Renán Lara
Presidente

Dr. Polivio Moreno
Opositor

Ing. Alicia Porras
Miembro

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 resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **CÓRDOVA CORTEZ SOFÍA PRISCILA** y **MIÑO ROSALES BORIS DAVID**, cuyo título versa **“PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA CON LA ADICIÓN DE PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015.”**, 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 2015

Atentamente,

Lic. MSc. Erika Borja Salazar

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.C. 050216109-4

AGRADECIMIENTO

Queremos darle las gracias primeramente a Dios, por habernos dado la vida, la inteligencia, la sabiduría y las fuerzas para poder concluir con este trabajo de investigación, dando así un paso más en nuestras vidas profesionales.

También a nuestros padres, por su apoyo moral, que ha sido incondicional en todo momento; a nuestros hermanos por ser la inspiración para dar todo de nosotros a fin de concluir con éxito esta investigación.

A los maestros que en el curso de estos seis años en la Universidad Técnica de Cotopaxi han impartido sin miramientos todos sus conocimientos, marcando un antes y un después en nuestras vidas como profesionales.

Por último queremos agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por habernos acogido en su seno, permitiéndonos haber sido parte de esta prestigiosa institución.

A todos ustedes, nuestros sinceros agradecimientos.

Sofía Córdova y Boris Miño.

DEDICATORIA

*Yo te pido que seas fuerte y valiente, que no te desanimes ni tengas miedo,
porque yo soy tu Dios, y te ayudaré por dondequiera que vayas.*

Josué 1:9 (TLA)

Este trabajo lo quiero dedicar a mi Señor, al creador de todas las cosas el que ha puesto en mí la sabiduría e inteligencia necesaria para continuar en este largo camino, él que me ha fortalecido en las pruebas, que con su mano poderosa me ha levantado y ha secado las lágrimas de mi cara, por ello, con toda la humildad de mi corazón este trabajo es en primer lugar para mi Dios. Eres tú quien guía el destino de mi vida.

A mis padres, por su amor, apoyo y sacrificio en todo este tiempo, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Gracias padres. ¡Vamos por más aventuras!

A mis hermanos que en alma, vida y corazón me han apoyado incondicionalmente para culminar este trabajo. Ustedes son mi principal motivación.

A mis amigos, maestros presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome para lograr este anhelado sueño.

Gracias a todos ustedes. Bendiciones.

Sofía C.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por haberme dado la sabiduría, las fuerzas y la constancia para alcanzar este nuevo peldaño en mi formación profesional.

A mis padres, por su invaluable esfuerzo diario para que me encuentre en esta instancia de mi vida profesional. Por formarme con valores y principios que han hecho este camino más fácil de andar.

A mi familia de manera general, que me ha demostrado su apoyo incondicional y por aportar con su granito de arena para la consecución de este logro.

A mis amigos y maestros, quienes me brindaron su apoyo y sus vastos conocimientos, haciendo esta etapa muy llevadera.

Boris M.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AVAL DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS	iv
AVAL DE TRADUCCIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xix
II. JUSTIFICACIÓN	xxi
III. OBJETIVOS	xxii
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Marco Teórico	3
1.2.1 Contaminación Ambiental por Gallinaza.....	3
1.2.1.1 Definición	3
1.2.1.2 Tipos de Contaminación Ambiental por Gallinaza.....	5
1.2.2 Gallinaza	16
1.2.2.1 Definición	16
1.2.2.2 Composición de la Gallinaza	17
1.2.2.3 Usos de la Gallinaza.....	18
1.2.2.4 Manejo de la Gallinaza	22
1.2.2.5 Microorganismos y Productos Farmacéuticos Veterinarios en la Gallinaza.....	23
1.2.3 Biogás.....	23
1.2.3.1 Definición	23
1.2.3.2 Características Generales del Biogás	24
1.2.3.3 Clasificación de los Sustratos para la Producción del Biogás	26

b) Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU).....	27
c) Lodos o Fangos de Depuración de Aguas Residuales Urbanas	28
1.2.3.4 Usos Potenciales del Biogás	29
1.2.4 Digestión Anaerobia.....	34
1.2.4.1 Productos Finales de la Digestión Anaerobia	35
1.2.4.2 Fases de la Digestión Anaerobia.....	36
1.2.4.3 Factores que Intervienen en la Digestión Anaerobia	42
1.2.5 Biodigestores.....	52
1.2.5.1 Definición	52
1.2.5.2 Características de los Biodigestores.....	52
1.2.5.3 Componentes de un biodigestor.....	53
1.2.5.4 Tipos de biodigestores	58
1.3 Marco Legal	65
1.3.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.....	65
1.3.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	
68	
Publicado: Registro Oficial # 562. Fecha: 07-11-1994.	68
1.3.3 Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas	
sobre el Cambio Climático	69
1.3.4 Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono 1986	70
1.3.5 Ley Orgánica de Salud.....	70
1.3.6 Ley de Gestión Ambiental, CODIFICACIÓN 19	72
1.3.7 Ley de Prevención y Control de la Contaminación, CODIFICACIÓN	
20	73
1.3.8 Ley de Régimen del sector Eléctrico.....	75
1.3.9 Decreto Ejecutivo #2066	76
1.3.10 Acuerdo Ministerial Ambiental para Granjas Avícolas Ponedoras y	
de Engorde #036.....	76
1.3.11 Ordenanza para la Protección de la Calidad Ambiental en lo relativo	
a la Contaminación por Desechos No Domésticos y Otros Generados por	
Fuentes Fijas del Cantón Salcedo	77
1.3.12 Resolución Técnica de Buenas Prácticas Avícolas #047	81

1.3.13 Reglamento de control de la Instalación y Funcionamiento de las Granjas Avícolas.....	85
1.4 Marco Conceptual	87
2. APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	94
2.1 Descripción del área de estudio.....	94
2.1.1 Ubicación del Ensayo	94
2.1.2 Condiciones climáticas	95
2.1.2.1 Temperatura	95
2.1.2.2 Humedad Relativa.....	95
2.1.2.3 Precipitación	96
2.1.2.4 Nubosidad	97
2.1.2.5 Viento.....	97
2.2 Materiales, Equipos e Insumos.....	98
2.2.1 Materiales e Insumos para la Elaboración de Biogás	98
2.2.2 Materiales, Insumos y Equipos de Campo	99
2.2.3 Materiales de Escritorio.....	99
2.2.4 Recurso Humano	99
2.3 Diseño Metodológico	100
2.3.1 Tipos de Investigación.....	100
2.3.1.1 Investigación Bibliográfica.....	100
2.3.1.2 Investigación Descriptiva.....	100
2.3.1.3 Investigación de Campo.....	101
2.3.1.4 Investigación Analítica	102
2.3.1.5 Investigación Experimental	102
2.3.2 Métodos de Investigación	103
2.3.2.1 Método Inductivo.....	103
2.3.2.2 Método Descriptivo	103
2.3.2.3 Método Analítico	104
2.3.2.4 Método Experimental.....	104
2.3.3 Técnicas de Investigación.....	105
2.3.3.1 Observación Directa.....	105

2.3.3.2 Fichaje.....	106
2.3.4 Metodología.....	106
2.3.4.1 Fase 1: Construcción de los Biodigestores Discontinuos Tipo Batch.....	107
2.3.4.2 Fase 2: Trampeo de Microorganismos.....	108
2.3.4.3 Fase 3: Análisis de la Gallinaza.....	109
2.3.5 Factores en Estudio.....	112
2.3.5.1 Promotores de Fermentación.....	112
2.3.5.2 Reguladores de la Relación C/N.....	112
2.2.5.3 Testigos.....	113
2.3.6 Tratamiento.....	113
2.3.7 Diseño Experimental.....	115
2.3.8 Unidad Experimental.....	115
2.3.9 Indicadores a Evaluar.....	116
2.3.9.1 Temperatura.....	116
2.3.9.2 Presión.....	117
3. ANÁLISIS SOCIO – AMBIENTAL.....	132
3.1 Introducción.....	132
3.2 Análisis Costo – Beneficio.....	133
3.2.1 Costo.....	133
3.2.2 Beneficio.....	135
3.3 Análisis Socio-Ambiental.....	136
3.4 Matriz de Identificación de Aspectos Ambientales y Valoración de Impactos Ambientales.....	139
3.6 Aspectos e Impactos Ambientales Significativos.....	147
3.7 Medidas Preventivas y Correctivas de Impactos Ambientales.....	152
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	158
5.1 Conclusiones.....	158
5.2 Recomendaciones.....	159
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
6.1 Bibliografía Citada.....	160
6.2 Bibliografía Consultada.....	161

ÍNDICE DE CUADROS

Nº	CONTENIDO	PÁG.
CUADRO Nº 1.	COMPOSICIÓN DE LA GALLINAZA	18
CUADRO Nº 2.	VALOR NUTRITIVO EN BASE SECA DE DIFERENTES EXCRETAS	20
CUADRO Nº 3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIOGÁS	25
CUADRO Nº 4.	RENDIMIENTO DEL BIOGÁS	28
CUADRO Nº 5.	COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS ENTRE EL GAS NATURAL Y EL BIOGÁS	29
CUADRO Nº 6.	CONSUMO Y RENDIMIENTO DE ARTEFACTOS QUE FUNCIONAN CON BIOGÁS	32
CUADRO Nº 7.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO	35
CUADRO Nº 8.	TIEMPO DE RETENCION SEGÚN LA TEMPERATURA ...	45
CUADRO Nº 9.	RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS CORRIENTEMENTE.....	46
CUADRO Nº 10.	INHIBIDORES DE FERMENTACION	51
CUADRO Nº 11.	TIPOS DE GASÓMETROS	55
CUADRO Nº 12.	SISTEMAS DE PURIFICADORES DE BIOGÁS.....	57
CUADRO Nº 13.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO BATCH ...	63

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	CONTENIDO	PÁG.
FIGURA N° 1.	ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE UN METRO CÚBICO DE BIOGÁS, CON SUS RESPECTIVOS CONSUMOS	33
FIGURA N° 2.	DIAGRAMA DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA	37
FIGURA N° 3.	COMPONENTES DE UN BIODIGESTOR	54
FIGURA N° 4.	TIPOS DE BIODIGESTORES	58
FIGURA N° 5.	BIODIGESTOR TIPO BATCH.....	64
FIGURA N° 6.	TENDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.....	123
FIGURA N° 7.	TENDENCIA DE LA PRESIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	130
FIGURA N° 8.	PRORRATEO DE COSTOS DE GLP – DIGESTIÓN ANAEROBIA A TRES AÑOS.....	135
FIGURA N° 9.	PORCENTAJE DE IMPACTOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

N°	CONTENIDO	PÁG.
TABLA N° 1.	UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA DEL ENSAYO	94
TABLA N° 2.	REGISTROS DE TEMPERATURA ENTRE 2006 - 2010	95
TABLA N° 3.	REGISTROS DE HUMEDAD ENTRE 2006 - 2010	96
TABLA N° 4.	REGISTROS DE PRECIPITACIÓN ENTRE 2006 - 2010	96
TABLA N° 5.	REGISTROS DE PRECIPITACIÓN ENTRE 2006 - 2010.....	97
TABLA N° 6.	REGISTROS DE VIENTO ENTRE 2006 – 2010.....	97
TABLA N° 7.	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GALLINAZA.....	109
TABLA N° 8.	TRATAMIENTOS E INTERACCIONES	114
TABLA N° 9.	ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)	115
TABLA N° 10.	CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL..	116
TABLA N° 11.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA TEMPERATURA DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS, EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.....	118
TABLA N° 12.	PRUEBA TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN Y 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.....	119
TABLA N° 13.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS, EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.	125
TABLA N° 14.	PRUEBA TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE PRESIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45 y 60 DÍAS EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN Y 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.....	126

TABLA N° 15. COSTOS DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA	134
TABLA N° 16. COSTOS DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA COSTOS DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO	134
TABLA N° 17. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	141
TABLA N° 18. MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	145
TABLA N° 19. MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES ...	148
TABLA N° 20. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	153
TABLA N° 21. MEDIDAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	155
TABLA N° 22. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE FAUNA NOCIVA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	156
TABLA N° 23. MEDIDAS PARA LA REHABILITACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	157

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la parroquia San Miguel, barrio El Calvario, situado a 2628 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 14,06°C, humedad relativa promedio de 76,2% y una precipitación media multianual de 621,28 mm. Los factores en estudio fueron: **FACTOR (A)** evaluación de dos promotores de fermentación (microorganismos locales eficientes y microorganismos comerciales eficientes) y **FACTOR (B)** evaluación de tres adecuaciones de relación C/N (15:1 / 20:1 / 25:1). Evaluados en biodigestores discontinuos tipo Batch, dispuestos en un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2 X 3 + 1; con análisis de varianza y pruebas Tukey al 5% para establecer significación estadísticas. De esta evaluación el mejor tratamiento fue T6 (5 kg de gallinaza + relación C/N 25:1 + microorganismos comerciales eficientes + 12 lt de agua), ya que presentó diferencias significativas en presión con 15,03 psi y una temperatura de 31,35 C en fase mesófila, respecto a el tratamiento de control T0 (5 kg Gallinaza+ relación C/N 15:1 + 12lt agua) con una presión de 10,33 psi y una temperatura de 28,83°C. El análisis socio-ambiental ha permitido concluir que la aplicación de sistemas de producción de biogás a partir de gallinaza es factible, ya que los 73 impactos negativos hallados pueden ser mitigables con la aplicación de buenas prácticas ambientales y los 35 impactos positivos pueden ser potencializados para maximizar sus beneficios en la generación de oportunidades de empleo, economía regional, seguridad alimentaria y salud ambiental, minimizando la contaminación atmosférica causada por metano, amoníaco y óxidos nitrosos, gases generados por la gallinaza. Se recomienda la utilización de microorganismos comerciales eficientes en la degradación de materia orgánica de manera anaerobia, para la generación de biogás en biodigestores discontinuos tipo Batch, independientemente de la materia prima utilizada.

ABSTRACT

This research was developed in the San Miguel parish, El Calvario neighborhood, located at 2628 m.a.s.l., with a temperature average of 14.06°C, relative humidity average of 76.2% and a multi-year precipitation of 621.28 mm. The factors studied were: **FACTOR (A)** Evaluation of two promoters of fermentation (efficient local microorganisms and efficient trading microorganisms) and **FACTOR (B)** evaluation of three adjustments of C/N ratio (15:1 / 20:1 / 25:1). Evaluated in discontinuous biodigesters type batch, disposed in a randomized complete block design with a 2 X 3 + 1 factorial arrangement; with a variance analysis and Tukey tests at 5% in order to establish statistical significance. Of this evaluation, the best treatment was T6 (5 kg of chicken manure + 25:1 C/N ratio + efficient trading microorganisms + 12 liters of water), because it showed significant differences in pressure with 15.03 psi and a temperature of 31.35°C in mesophilic phase; respect to the control treatment T0 (5 kg chicken manure + 15:1 C/N ratio + 12 liters of water) with a pressure of 10.33 psi and a temperature of 28.83°C. The socio-environmental analysis has allowed to conclude that the applications of biogas production systems from chicken manure is feasible, so that the 73 negative impacts found, can be mitigated with the implementation of good environmental practices and the 35 positive impacts can be potentiated to maximize their profits in the generation of employment opportunities, regional economy, food security and environmental health, minimizing the air pollution caused by methane, ammonia and nitrous oxides, gases generated by chicken manure. The use of efficient trading microorganisms is recommended in the anaerobically degradation of organic matter, for the generation of biogas in discontinuous biodigesters type batch, independently of the raw material used.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito mundial, la avicultura es una de las ramas pecuarias de mayor importancia económico-social debido a que contribuye a satisfacer las necesidades proteicas de la población provenientes de la producción de carne y huevo. De acuerdo al sitio avícola la producción global de carne de pollo entre 2000-2010 aumentó 27.5 millones de toneladas equivalente a una tasa promedio de crecimiento anual de casi 4%, asimismo en el 2012 la tasa de crecimiento anual en la producción de huevo a nivel mundial se incrementó a 65 millones de toneladas equivalentes al 5%. Según la Consejería de Agricultura del Principado de Asturias el promedio de estiércol que genera una ave es de 0.15 kg de excretas al día, esto equivale, aproximadamente, a 12.5 kg de materia seca (MS) anual por gallina. En los Estados Unidos cada año se producen más de 100 millones de toneladas de materia seca, de igual manera se estima que en el Reino Unido se producen anualmente 1.5 millones de toneladas de materia seca de gallinaza, inevitablemente al aumentar la producción avícola, es mayor la contaminación atmosférica debido a la gran cantidad de gallinaza generada que, con un ineficiente manejo puede generar graves problemas ambientales como la generación de gases efecto invernadero y también impactos socio ambientales por los malos olores que se emanan de la acumulación de grandes volúmenes de gallinaza.

En Ecuador la producción avícola simboliza un 12% de las actividades pecuarias del país, aportando significativos ingresos al Producto Interno Bruto (PIB). En el año 2012 de acuerdo a cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se registraron un número de 12'594.521 gallinas ponedoras provenientes exclusivamente de planteles avícolas equivaliendo a una tasa de crecimiento anual entre 10% y 12%, esto obedece a un cambio en la dieta de los ecuatorianos que cada vez más depende de la producción avícola para su abastecimiento proteico, este incremento significa además 160 000 toneladas de materia seca (gallinaza) al año. Los sistemas intensivos de producción de esta actividad pueden crear enormes

problemas de contaminación atmosférica, de manera especial la generación de olores desagradables del estiércol de gallina que debido a un inadecuado manejo de este tipo de residuo causan perjuicio a quienes habitan cerca de los planteles avícolas.

En el caso del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, de acuerdo al Departamento de Avalúos y Catastros del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón en el 2013 existía un total de veintiún (21) centros avícolas repartidos de manera especial en las zonas periféricas urbanas y rurales, este número según este departamento, ha ido aumentando paulatinamente en comparación con años anteriores, esto se debe a la migración de empresarios avicultores especialmente de la provincia de Tungurahua que ven en el cantón un lugar propicio para establecer esta actividad económica, ya que en su provincia de origen los fenómenos naturales como las constantes erupciones del volcán Tungurahua afectan a la regularidad de esta actividad. En contraste al número de centros avícolas, son muy pocas las cifras que se puede obtener de alguna fuente bibliográfica con respecto a la producción de las mismas y la contaminación que generan en el cantón, por lo tanto no puede determinarse de manera objetiva la generación de gas metano, siendo éste el problema real de la contaminación atmosférica que se genera. En la presente investigación el objeto de estudio es la producción de biogás a partir de gallinaza.

II. JUSTIFICACIÓN

Determinadas zonas del cantón Salcedo, de manera especial los lugares periféricos-urbanos y rurales, se han convertido en zonas sensibles a la contaminación atmosférica debido al inadecuado manejo de volúmenes considerables de gallinaza que genera la producción avícola. Los apilamientos de gallinaza generan principalmente olores desagradables y gases de efecto invernadero que se desprenden a la atmósfera, sin dejar de lado un constante malestar en las comunidades aledañas por la proliferación de vectores que su acopio genera.

En base al diagnóstico percibido del inadecuado manejo de la gallinaza, se propuso producir biogás a partir del estiércol de gallina en biodigestores discontinuos tipo Batch, mediante un estudio experimental utilizando dos factores de estudio, los promotores de fermentación y tres adecuaciones de relación C/N, con un tratamiento de control, lo que permitirá evaluar siete (7) tratamientos en tres (3) repeticiones con un total de veintiún unidades experimentales (21).

Los principales beneficiarios de la presente investigación son los propietarios de los establecimientos avícolas, ya que la producción de biogás a partir de la gallinaza generada en estos planteles puede ser re-utilizado en los mismos establecimientos avícolas para diferentes actividades, de esta manera se cierra un círculo de producción, sin olvidar a otro subproducto como es el biosol, el cual es útil y eficiente para el mejoramiento de suelo lo que generaría a su vez ingresos por la venta del mismo. Así también los moradores de sectores aledaños y los trabajadores de los mismos planteles avícolas, al notar un adecuado manejo de este residuo, apreciarán también una disminución en la generación de olores desagradables y por ende se reduciría el impacto ambiental negativo que esta actividad económica produce; mejorando drásticamente de esta manera la calidad ambiental.

III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Producir biogás a partir de gallinaza con la adición de promotores de fermentación, para minimizar la contaminación atmosférica, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2014 – 2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar dos promotores de fermentación en biodigestores discontinuos tipo Batch, en la producción de biogás a partir de gallinaza.
- Evaluar tres diferentes adecuaciones de relación C/N, en biodigestores discontinuos tipo Batch, en la producción de biogás a partir de gallinaza.
- Realizar un análisis socio-ambiental del mejor tratamiento en la producción de biogás.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes

La tecnología de los biodigestores para el procesamiento de gallinaza y su posterior fermentación para obtener biogás contribuye sustancialmente a la conservación del ambiente y al desarrollo de sectores que se encuentran con una sobresaturación de materia orgánica principalmente sobre el suelo y agua. Es así que bajo esta idea el Ministerio de Ciencia e Innovación de España conjuntamente con el centro tecnológico AINIA realizaron un estudio denominado PROBIOGAS durante los años 2007-2011, en el cual en este estudio se encargaba del desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás en entornos agroindustriales, así como la demostración de su viabilidad y promoción en ese país, de acuerdo a este estudio se obtuvo una cantidad de 1.030 millones de m³/año de biogás de 28 asociaciones participantes, un dato obtenido de la gallinaza fresca del 25% de Materia Seca (MS) como alternativa o energía renovable.

La Federación Española De Industrias De La Alimentación Y Bebidas (2010), realizó un estudio en el cual la producción de biogás a partir de gallinaza obtuvo resultados positivos frente a la producción de biogás a partir de otros desechos orgánicos como residuos de fruta, vinaza, madera, hojas, hierba, paja, residuos de jardinería, etc. Su aplicación bajo tratamientos experimentales a nivel de laboratorio

en biodigestores tipo Batch, alcanzó entre un 60% y 80% de metano en una producción de entre 0.35 y 0.60 m³/kg de biogás, obteniendo también como recomendaciones la eliminación de sustancias no deseables como de piedras, arena y plumas que comúnmente se encuentran en este desecho de la producción avícola. A través de análisis se logra también encontrar las principales sustancias inhibidoras de la producción de biogás en cada uno de los desechos orgánicos, siendo las de la gallinaza el amonio, los antibióticos y los desinfectantes.

En tanto otro estudio publicado en la REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD CENTRAL (2005), que mediante un estudio experimental de dieciocho (18) unidades experimentales, obtuvieron una mayor producción de biogás derivada de uno de los tratamientos resultantes de la combinación de gallinaza y cama de pollos en biodigestores anaerobios en un sistema de flujo discontinuo (Batch) fue de 0.249 m³/día, con un tiempo de retención de 60 días, pero en este artículo también menciona que la gallinaza pura se degrada con mayor velocidad produciendo biogás de 0.223 m³/día aunque la combinación de materiales (gallinaza + cama de pollos) aunque éstas presenten una producción de biogás ligeramente superior.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Contaminación Ambiental por Gallinaza

1.2.1.1 Definición

La BIBLIOTECA VIRTUAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL (2003). Define a la contaminación ambiental como, “La degradación de uno o más elementos o aspectos del medio ambiente, debido a desperdicios industriales, químicos o biológicos nocivos, provenientes de residuos de productos hechos por el hombre”. p.3.

La ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA - FAO (2012). Menciona que, “La producción de aves de corral genera residuos derivados de la incubación, la gallinaza, la cama, y la mortalidad en las granjas”. p. 48.

La gestión de los residuos avícolas como posibles contaminantes se centra en los problemas de calidad del agua y el aire, y en algunos casos de calidad del suelo.

Entre los problemas específicos bien documentados figura la degradación de las aguas superficiales y/o las aguas subterráneas cercanas como resultado del aumento de la carga de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo (y, en determinados emplazamientos, el potasio). Los problemas relativos a la calidad del aire son menos conocidos e incluyen el destino y efectos del Amoníaco, el Sulfuro de hidrogeno y las partículas de polvo emitidas por las instalaciones de producción de

aves de corral. Las emisiones de gases de efecto invernadero y los efectos sobre la salud relacionados con olores molestos son también temas relevantes y actuales, debido a las proximidades de las explotaciones de aves de corral con centros cercanos.

De acuerdo al INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL (2011), la explotación avícola alcanza efectos principalmente negativos sobre el medio biótico, y el medio social. Sin embargo, la presencia de planteles avícolas también da lugar a potenciales problemas de salud humana; actuando como fuentes de vectores (insectos y parásitos), promoviendo a la proliferación de microorganismos patógenos y la generación de residuos farmacéuticos veterinarios.

Los posibles riesgos medioambientales asociados a la producción avícola intensiva se pueden originar a partir de una inadecuada gestión de los residuos, emisiones y descargas que se producen en los planteles, generando impactos como fitotoxicidad, detrimento de los ecosistemas, salinización y pérdida de estructura del suelo, eutrofización y acidificación en agua, producción de gases de efecto invernadero, contribución al calentamiento global y acidificación del aire, consumo de recursos, alteración del paisaje, entre otros.

1.2.1.2 Tipos de Contaminación Ambiental por Gallinaza

1.2.1.2.1 Contaminación del Suelo por Gallinaza.

a) Definición de la Contaminación del Suelo por Gallinaza

Para OROZCO, C. PÉREZ, A. GONZÁLEZ, M. RODRÍGUEZ, F. ALFAYATE, J. (2011). “Se denomina suelo contaminado a una porción de terreno, superficial o subterráneo, cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido, directo o indirecto, de residuos o productos peligrosos”. p. 642.

De la misma manera RODRÍGUEZ, C. (2002). Menciona que **los aportes de materia orgánica conducen a crear un equilibrio en el contenido del suelo en materia orgánica (humus), cuando se aportan residuos orgánicos es alterado el equilibrio existente dando lugar a uno nuevo y es precisamente este cambio el que puede alterar la calidad del suelo receptor.** p. 4.

Indudablemente en suelos pobres en humus estable, el incremento será positivo, pero en suelos con un humus elevado dará lugar a problemas tanto en cuanto a fertilidad como de contaminación. No existe por lo tanto un criterio único sobre el nivel máximo a aportar, pero si existen datos sobre los efectos de la modificación del contenido en humus.

En primer lugar, la propia ocupación del suelo por parte de la explotación avícola produce un impacto sobre el medio, puesto que dicha ocupación supone un coste de

oportunidad al no poderse ocupar con otros usos. No obstante, ello no conlleva la contaminación propiamente dicha del mismo.

Por otro lado, es necesario considerar la aplicación de gallinaza como enmienda orgánica. Esta ha sido una de las principales formas de valorización de este subproducto, ya que aporta nutrientes esenciales para los cultivos y mejora las propiedades de los suelos.

En efecto, aplicada al suelo de forma racional, la gallinaza aumenta la fertilidad de los suelos como consecuencia del incremento de materia orgánica de los mismos, aumenta la actividad enzimática y la población microbiana, estabiliza los agregados del suelo, reduce la erosión, mejora la estructura, aumenta la capacidad de retención de agua y favorece el drenaje.

Por el contrario, si la dosis de gallinaza es excesiva, por encima de la capacidad receptora del suelo, puede ser una importante fuente de contaminación de los suelos. Las principales sustancias contaminantes aportadas al suelo son los compuestos de nitrógeno. En primer lugar, una aplicación reiterada de gallinaza puede incrementar el contenido en nitrógeno del suelo de forma considerable. En climas cálidos, los procesos de mineralización del nitrógeno en el suelo tienen lugar a altas velocidades, produciendo un exceso de nitrógeno disponible para la planta.

Algunos estudios demuestran que más del 40% del nitrógeno orgánico procedente de gallinaza es mineralizado en menos de dos meses, liberando al suelo elevadas concentraciones de nitratos que superaban las necesidades de los cultivos. Una manera de reducir la tasa de mineralización del nitrógeno es sometiendo a la gallinaza a un proceso de compostaje previamente a su valorización agronómica.

En segundo lugar, el empleo de gallinaza como fertilizante también puede provocar un aumento substancial de la concentración de fósforo del suelo. Como norma general, el 80% del fósforo ingerido por los animales es excretado en las heces, presentándose en su forma disponible en un porcentaje de 90-100%. Pero dado que el fósforo es un elemento bastante inmóvil en el perfil del suelo, al ser adsorbido por coloides arcillosos y precipitado como fosfato cálcico en suelos calcáreos, presenta un bajo riesgo de lixiviación a los acuíferos y, por tanto, su impacto ambiental es reducido.

Otro elemento que puede ser perjudicial para las propiedades de los suelos es el contenido en sales disueltas de la gallinaza (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- y SO_4^{2-}), que pueden causar un aumento de la salinidad del suelo y de la conductividad eléctrica de éste. Los principales efectos de la salinidad son: la variación del pH, la pérdida de estructura de los suelos (especialmente cuando tienen lugar procesos de sodificación), la reducción de la capacidad de infiltración de agua, la compactación del suelo, entre otros, pudiendo llegar a inducir procesos de fitotoxicidad en las plantas.

La aplicación repetitiva de gallinaza al suelo origina un aporte excesivo de materia orgánica, que puede ser perjudicial para las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos. Algunos de estos efectos negativos son la saturación de los poros del suelo, la producción de costra superficial, la disminución de la capacidad de infiltración de agua y la reducción de la difusión de oxígeno en el suelo. Esta situación favorece la generación de ambientes anaerobios, con la proliferación de microorganismos que liberan gases tóxicos como metano, óxido nitroso, sulfuro de hidrógeno o ácidos volátiles, que a su vez, pueden ser tóxicos para la microbiota del suelo. Las raíces también pueden verse afectadas disminuyendo su crecimiento y respiración.

Con la aplicación de la gallinaza también se incorporan microorganismos tales como parásitos o bacterias patógenas procedentes de la gallinaza, capaces de desplazar los microorganismos beneficiosos del suelo por competencia por los recursos y pudiendo ser resistentes a antibióticos. Adicionalmente con la gallinaza se pueden adicionar al suelo compuestos xenobióticos y productos utilizados para la limpieza y desinfección de las explotaciones avícolas.

1.2.1.2.2 Contaminación del Agua por Gallinaza.

a) Definición de la Contaminación del Agua por Gallinaza

Para OROZCO, C. PÉREZ, A. GONZÁLEZ, M. RODRÍGUEZ, F. ALFAYATE, J. (2011). **La contaminación ambiental consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.** p. 63.

EL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL (2011). Afirma que, “La contaminación del agua por la gallinaza puede tener su origen en el arrastre por escorrentía, lixiviación profunda o caída accidental de gallinaza cerca al recurso agua”. p. 54.

La contaminación de las aguas, ya sean superficiales o subterráneas, por la gallinaza puede tener su origen en una de estas tres situaciones:

- Arrastre por escorrentía de las sustancias minerales contenidas en la gallinaza desde la superficie del suelo.
- Lixiviación profunda en el perfil del suelo, especialmente de los nitratos.
- Caída accidental de gallinaza cerca de los cursos de agua. El vertido de gallinaza a los cursos de agua es un acto totalmente prohibido y delictivo, adoptando las medidas adecuadas de seguridad y de prevención de la contaminación, no es probable que tenga lugar este tipo de accidente en una explotación ganadera.

Las diferentes formas de contaminación de aguas superficiales y subterráneas se describen a continuación:

- *Aguas superficiales*

Para RODRÍGUEZ, C. (2002). El principal efecto de la contaminación por gallinaza sobre aguas superficiales es la eutrofización, caso particular de polución, que se produce ante un aumento de disponibilidad de nutrientes, especialmente aquellos que constituyen factores limitantes para el desarrollo de organismos fotosintéticos como algas y macrófitas. Una masa de agua pasa de un estado oligotrófico (de baja productividad) a otro eutrófico (de elevada productividad), favorecido principalmente por dichos nutrientes (fósforo y nitrógeno), y por acción de la temperatura del medio. El N y el P se encuentran en proporciones considerables en los residuos ganaderos, son precisamente ambos los que provocan los daños aludidos, puesto que la materia orgánica, salvo vertido directo, no produce problemas de contaminación.

- *Aguas subterráneas*

Igualmente RODRÍGUEZ, C. (2002). Presume que los compuestos orgánicos alcanzan las masas de agua subterráneas por filtración a través del suelo; la capacidad filtrante depende de varios parámetros porosidad, capacidad de absorción, formación de compuestos solubles o insolubles, etc. En cuanto a la materia orgánica su influencia en la alteración de las aguas subterráneas es relativamente pequeña. El nitrógeno juega un papel distinto, el nitrógeno amoniacal es, los nitritos y nitratos, al ser muy solubles, se incorporan a las aguas de precipitación o riego, acompañándolas en su recorrido a través del suelo, alcanzando finalmente a las masas de agua subterráneas. El fósforo (P), ión ortofosfato, se combina con los iones hierro (Fe), aluminio (Al) y calcio (Ca) dando lugar a compuestos poco solubles, siendo retenidos por el suelo y puestos a disposición de los cultivos. Las poblaciones microbiológicas, bacterias y virus, son retenidos por el poder filtrante del suelo, recorriendo solamente pequeñas distancias en el horizonte edáfico.

Como consecuencia se puede estimar que el verdadero parámetro contaminante de las aguas subterráneas está constituido por el nitrógeno, siendo oportuno incidir en las causas de su incidencia, como forma de actuar en su control. Anteriormente se ha aludido a las distintas fracciones de este elemento: nitrógeno mineralizable (Nm), nitrógeno orgánico (No) y nitrógeno orgánico residual (Nr). Cuando los residuos ganaderos son aportados a los suelos, los compuestos nitrogenados inician la mineralización. El nitrógeno amoniacal tiene una mineralización rápida, formándose en primer lugar nitritos y posteriormente nitratos, ambos son solubles, constituyendo el segundo la forma idónea de extracción por los cultivos. Esta mineralización es un proceso aeróbico en el que intervienen bacterias como *Azotobacter* y *Nitrobacter*. En medio anaerobio se provoca una desnitrificación que da lugar a la formación de nitrógeno que escapa a la atmósfera. Continuando con la mineralización, el nitrógeno orgánico pasa en primer lugar a forma amoniacal que

dará lugar primeramente a la formación de nitritos y posteriormente se formarán los nitratos.

Todo ello nos lleva a hacer una consideración fundamental. Si cuando finaliza la mineralización, formación de nitratos, existe en el suelo un cultivo que extraiga esta fracción, éstos serán extraídos por los cultivos, si por el contrario este cultivo no existe, los nitratos serán trasladados por las aguas de infiltración. Como consecuencia no todo el nitrógeno mineralizable es extraíble, en un abonado primaveral tan solo el 60%, de esta fracción, es extraído por los cultivos. Del 40% restante el 13,5% será extraído al año siguiente, el 20% se pierde por desnitrificación y el 66,5% por lixiviación. Ello nos permite determinar el balance de las posibles pérdidas según se realice el aporte en primavera o en otoño.

Finalmente, en este punto de la contaminación de las masas de agua, no se puede obviar el papel que juega la escorrentía y la permeabilidad de los suelos en la contaminación de las masas de agua.

1.2.1.2.3 Contaminación del Aire por Gallinaza.

a) Definición de la Contaminación del Aire por Gallinaza

Según lo puntualizado por OROZCO, C. PÉREZ, A. GONZÁLEZ, M. RODRÍGUEZ, F. ALFAYATE, J. (2011). **La contaminación atmosférica es la impurificación de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de materias gaseosas, líquidas o sólidas o radiaciones ajenas a su composición natural o en proporción superior a aquella.** p. 325.

Es interesante resaltar dos aspectos de esta definición: por un lado se consideran agentes contaminantes no sólo las sustancias materiales, cualquiera que sea su estado de agregación, sino también las radiaciones ajenas a las naturales. Por otro lado, para que una sustancia sea considerada como contaminante, no es preciso que su identidad sea distinta a la de cualquiera de los componentes del aire, es suficiente que su proporción no sea la natural, lo que se traducirá en que contaminantes tales como NO_x, SO_x, CO, aunque sean todos ellos componentes naturales de la atmosfera terrestre.

Según lo descrito por MULLO, I. (2012). **El inadecuado manejo de la gallinaza producida en los planteles avícolas tiene el potencial de producir altos niveles de contaminación atmosférica, debido básicamente a los gases que se producen durante su período de apilamiento donde se concentran grandes cantidades de biomasa que se descompone anaeróbicamente para generar gases de efecto invernadero, gases asfixiantes, irritantes y aerosoles.** p. 6.

b) Principales Gases Generados por la Gallinaza

Dentro de los principales gases generados por la gallinaza, el INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL (2011) menciona los siguientes:

- ***Amoníaco (NH₃)***

El amoníaco es el contaminante más importante a nivel de emisiones en las explotaciones ganaderas en general y en las avícolas en particular. El amoníaco es liberado a través de la descomposición de la materia orgánica contenida en las

dyecciones animales. En el caso concreto de las aves la excreción se realiza en forma de ácido úrico mayoritariamente (más del 70% del nitrógeno total excretado) que se transforma rápidamente en urea. Por la acción de la enzima ureasa, la urea sufre una transformación más o menos rápida, transformándose en amoníaco.

La volatilización de amoníaco puede originarse en todas las etapas de la gestión de la gallinaza: en el alojamiento, durante el almacenamiento y en la aplicación a campo, cuando se emplea la gallinaza como fertilizante, a través de los procesos de mineralización del nitrógeno por la microbiota del suelo.

Los principales efectos negativos sobre el medio ambiente son la acidificación de la atmósfera y la eutrofización de las aguas. La deposición seca y húmeda del amoníaco y de las sales de amonio que de él se derivan, contaminan suelos y aguas y alteran el equilibrio de los sistemas ecológicos. También es generador de malos olores que afectan principalmente a la población cercana a las explotaciones.

- *Óxido nitroso (N₂O)*

En el sector avícola, el óxido nitroso se produce como compuesto intermedio en los procesos de nitrificación y desnitrificación. En la nitrificación el amonio (NH₄⁺) se oxida por la acción microbiana en el suelo a nitrato (NO₃⁻) en condiciones aerobias, mientras que en el proceso de los microorganismos anaerobios transforman los nitratos (NO₃⁻) a nitrógeno molecular N₂. El N₂O es liberado a la atmósfera en forma de gas por difusión.

La desnitrificación tiene lugar fundamentalmente en el suelo, al aplicar la gallinaza pero también se produce, aunque en menor medida, durante el almacenamiento de la misma. Las condiciones anaeróbicas pueden darse si tras la aplicación de la

gallinaza a campo, éste se riega o llueve en los días posteriores. Si la gallinaza es enterrada la emisión de N_2O es mucho menor. El N_2O contribuye al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono. El potencial de calentamiento de una molécula de óxido nitroso (N_2O) equivale a 310 moléculas de CO_2 equivalente.

- ***Metano (CH_4)***

El metano puede proceder de los procesos anaerobios que tienen lugar durante la fase de almacenamiento de la gallinaza, durante la cual las bacterias metanogénicas descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno generando metano y dióxido de carbono como productos residuales y materia orgánica estabilizada. La cantidad de metano emitida depende por tanto del sistema de gestión de gallinaza empleado.

Así, la gallinaza húmeda tiende a descomponerse de esta forma, mientras que la gallinaza seca o semi-seca tiende a descomponerse aeróbicamente y, por tanto, la producción de metano es mucho menor. El metano interviene en aspectos atmosféricos de gran importancia. Por una parte, es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global del planeta. Además, aumenta la concentración de ozono troposférico y contribuye a la destrucción de la capa de ozono. Se trata de un gas con un elevado poder contaminante, de forma que una molécula de CH_4 equivale a 21 de CO_2 equivalente.

- *Olor*

Los olores producidos en las explotaciones avícolas constituyen un problema local que afectan a los núcleos residenciales próximos a éstas, siendo la principal fuente de quejas y molestias junto con las emisiones sonoras.

De hecho, el principal impacto de los malos olores en el medio es el impacto social que genera, aunque no puede afirmarse estrictamente que produzcan impacto sobre el medio ambiente como tal. Los efectos medioambientales están producidos por las sustancias que componen el mal olor, y no tanto por el olor en sí mismo. El impacto económico es otra de las afecciones de los malos olores sobre el entorno, ya que impide la diversificación de la economía local con actividades como el turismo rural.

Existen fuentes fijas de emisión de olor como los estercoleros, las naves de los animales, los depósitos de cadáveres y otras fuentes temporales como las generadas en el esparcimiento de la gallinaza a campo. Los olores derivan de los procesos de degradación biológica de la gallinaza principalmente y del olor propio de los animales. Los olores de los animales no pueden reducirse fácilmente, sin embargo, una adecuada gestión de la gallinaza y un buen manejo reducen significativamente la emisión de olor.

Las sustancias que contribuyen en mayor medida en la generación de malos olores son el amoníaco, el ácido sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles, siendo éstos últimos generados principalmente en condiciones anaeróbicas.

- ***Partículas***

Las partículas en las instalaciones avícolas intensivas proceden esencialmente de la cama de los animales, del pienso suministrado y de los propios animales.

Son partículas de naturaleza compleja y muy heterogénea con diferentes características físicas y químicas. Estas diferencias les confieren propiedades muy distintas con potenciales efectos sobre la salud humana y animal. Aunque los efectos pueden ser variables, los problemas más importantes sobre la salud humana son los causados por las partículas más finas, las cuales pueden penetrar hasta los alveolos pulmonares. Las afecciones sobre la salud humana más frecuentes son las infecciones del sistema respiratorio y problemas respiratorios como el asma, la irritación de las mucosas, etc. De forma análoga las partículas afectan negativamente sobre el estado sanitario de los animales, observando problemas respiratorios y pulmonares y disminuyendo la eficiencia productiva.

Además, las partículas de polvo ayudan en la propagación de los malos olores y en la propagación de zoonosis, además de colaborar en el deterioro de la calidad del aire.

1.2.2 Gallinaza

1.2.2.1 Definición

Según RUIZ, A. (1976) la gallinaza es “El resultado de la acumulación de excreta, plumas y alimento desperdiciado sobre un material usado como cama”. p 3.

Así mismo PÉREZ, M. VILLEGAS, R (2009), mencionan su posición acerca de este residuo, señalando que la gallinaza “Es la mezcla entre cama (viruta) y deposiciones sólidas y líquidas de los animales (dyecciones)”. p. 18.

La cantidad de gallinaza excretada y las características de la gallinaza dependen de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves, así como de las prácticas de gestión agrícola que se apliquen antes y durante el manejo de la misma.

1.2.2.2 Composición de la Gallinaza

Las dyecciones recién excretadas tienen unas características muy uniformes, puesto que depende de la fisiología del animal y muy poco de los factores ambientales. El factor más determinante en la producción y composición de la gallinaza es sin duda el tipo de alimento utilizado. El tipo de cama empleado y el sistema de abrevado, que también afectan a la cantidad y calidad de la gallinaza.

El estudio realizado en Colombia por ESTRADA, M (2005) muestra una comparación entre los resultados hallados en una caracterización del contenido de la gallinaza que se genera en los planteles avícolas con sistemas de jaula, los de piso y la pollinaza, mismos que se muestran a continuación:

CUADRO N° 1. COMPOSICIÓN DE LA GALLINAZA

PARÁMETROS	GALLINAZA DE JAULA	GALLINAZA DE PISO	POLLINAZA
pH	9.0	8.0	9.50±0.02
Conductividad (mS/cm)	6.9	1.6	4.1±0.1
Humedad (%)	57.8	34.8	25.8±0.2
Cenizas (%)	23.7	14	39±3
Potasio (K ₂ O%)	1.9	0.89	2.1±0.1
Carbono Orgánico (%)	19.8	24.4	23±5
Materia Orgánica (%)	34.1	42.1	39.6±8
Nitrógeno (%)	3.2	2.02	2.3±0.2
Relación C/N	6.2	12.1	10.0
Fósforo (P ₂ O ₅)	7.39	3.6	4.6±0.2
Microorganismos	18x10 ⁶ u.f.c./g		
6x10 ⁶ Mohos	8x10 ⁶ u.f.c./g		
18x10 ⁶ Mohos	-		
*C.I.C. (meq/100 g muestra)	58.2	77.0	-
*C.I.C. (meq/100 g M.O.)	226.0	138.0	125.0

FUENTE: ESTRADA, M (2005)

1.2.2.3 Usos de la Gallinaza

Dentro de los principales usos potenciales de la gallinaza se encuentran los siguientes:

a) Alimento Animal

Para PÉREZ, M. VILLEGAS, R. (2009). La composición química de la gallinaza influyen diversos factores como la composición de la dieta alimenticia del ave, su edad y el estado fisiológico de la misma. Estos factores hacen variar su valor nutritivo, sin embargo, el valor nutritivo de la gallinaza es mayor que el de otras heces de animales, ya que son especialmente ricos en proteínas y minerales, debido a que las gallinas asimilan entre un 30% y un 40% de los nutrientes con los que se los alimenta, por lo cual en su estiércol se encuentra ese 60% o 70% de nutrientes no asimilados por el ave. Así también, el alto contenido en fibra de las camas y nitrógeno no proteico (Nnp) de las heces de aves, establece que los rumiantes se consideren los más indicados para su consumo.

Los estudios realizados en Costa Rica por RUIZ, A. (1976). Demuestran que la gallinaza administrada como alimento no es aceptada por bovinos, mientras que se observa preferencia por bajas cantidades de este suplemento. No obstante la adición de gallinaza en la dieta alimenticia de estos animales, a razón de 15% o 30% de la materia seca en un ensilaje de maíz forrajero ha tenido resultados favorables logrando un consumo voluntario por parte de los bovinos. Desde el punto de vista ambiental, al alimentar bovinos con este residuo, se está reutilizando un material considerado como inservible e incluso dañino con el ambiente, se logra así también disminuir el consumo de materias primas y minimizar los impactos ambientales que acarrea su generación y mal manejo en los planteles avícolas.

Trabajos que se han realizado con ovejas en el análisis de la gallinaza como alimento, se establece que este residuo puede llegar a suplir entre un 25% y 50% del nitrógeno de su ración alimenticia, sin efectos negativos en la respuesta de los animales. Dosis mayores de administración de gallinaza en la dieta alimenticia de

ovejas es asociada con menores ganancias de peso y un aumento en la excreción de nitrógeno.

En una comparación de los valores nutritivos de las excretas de diferentes especies de animales, que se crían a mediana y gran escala, se puede notar una gran diferencia entre los valores nutricionales encontrados en las excretas de pollos de engorde y gallinaza frente los valores nutritivos de las demás excretas.

CUADRO N°2. VALOR NUTRITIVO EN BASE SECA DE DIFERENTES EXCRETAS

COMPOSICIÓN	TIPO DE EXCRETAS				
	Pollo de engorde	Ponedoras	Buey	Vaca	Cerdo
Proteína bruta %	31.30	28.00	20.3	12.70	23.50
Proteína verdadera %	26.70	11.30	-	12.50	15.60
Proteína digestible %	23.30	14.40	4.70	3.20	-
Cenizas %	15.00	28.00	11.50	16.10	15.30
Calcio %	2.40	8.80	0.87	-	2.72
Fósforo %	1.80	2.50	1.60	-	2.13
Magnesio %	0.44	0.67	0.40	-	0.93
Sodio %	0.54	0.94	-	-	-
Potasio %	1.78	2.23	0.50	-	1.34
Hierro ppm	451	2000	1340	-	-
Cobre ppm	98	150	31	63	-
Magnesio ppm	225	406	147	-	-
Zinc ppm	235	463	242	530	-

FUENTE: PÉREZ, M. VILLEGAS, R. (2009).

b) Abono Orgánico

A nivel mundial, así lo manifiesta la FAO, la gallinaza se han aplicado durante siglos a las tierras para aumentar la producción de cultivos. Si este residuo se gestiona de manera adecuada, esta es una opción efectiva y beneficiosa. La contaminación ambiental se produce cuando la aplicación de la gallinaza supera la capacidad del suelo receptor para utilizar los nutrientes. Otros factores que influyen en el destino ambiental de la gallinaza y las camas aplicadas son los métodos de recogida, almacenamiento, manipulación, tratamiento, transporte y aplicación de los subproductos de los residuos a los suelos. Así por ejemplo, el alojamiento de las aves de corral y el almacenamiento de estiércol deben proyectarse de modo que la gallinaza y las camas se mantengan lo más secas posible a fin de reducir al mínimo las emisiones al aire de gases y facilitar el control de las moscas.

En el diseño del almacenamiento de la gallinaza y las camas se debe evitar el contacto con las lluvias o las escorrentías. La aplicación sobre el terreno deberá basarse en la captación agronómica de los cultivos receptores, el análisis preciso de los nutrientes contenidos en los abonos (en particular, nitrógeno, fósforo, cobre y zinc) y unos métodos de aplicación convenientemente calibrados; deberá evitarse cuando el terreno este congelado o excesivamente húmedo. Los métodos que aplican el estiércol directamente en el suelo reducen al mínimo las emisiones de olores y gases hacia la escorrentía superficial. Estos principios son también válidos para las pequeñas explotaciones familiares, cuyo saneamiento puede mejorar con la eliminación periódica de estiércol de las zonas donde se alojan las aves, aunque sea en número reducido, y con el compostaje y/o la aplicación a la tierra del producto a una distancia de al menos 100 metros de donde se crían las aves vivas.

c) Producción de Energía

Éste es un sistema novedoso para el tratamiento de la gallinaza en explotaciones de aves en jaula, según ESTRADA, M. (2005), la descomposición de la gallinaza en biodigestores desprende biogás, que es un producto compuesto de metano (50-80%), de dióxido de carbono (20-50%) y de otros gases como H₂, H₂O, NH₃ (1-5%). El biogás también puede ser aprovechado como biocombustible, ya que su poder calorífico oscila entre 5.000 y 6.000 kcal/m³ en función del contenido de metano.

1.2.2.4 Manejo de la Gallinaza

Para lograr que un residuo orgánico como lo es la gallinaza se convierta en un subproducto de alta calidad para el productor avícola, tal y como lo indica ESTRADA, M (2005) que es indispensable que se apliquen diferentes prácticas de manejo, entre las cuales se destacan:

- Evitar que se presenten altas humedades dentro del galpón, puesto que es el causante de la producción de las altas concentraciones de gases y pérdida de elementos como el nitrógeno. El manejo de la reducción de humedades se logra con una buena ventilación de las instalaciones, evitando fugas de agua de las tuberías de los equipos de bebida y una pronta recolección de heces frescas.
- Una vez recolectada la gallinaza del galpón, debe tener un lugar para su disposición (secaderos) que sea cubierto para evitar el contacto con el agua lluvia y almacenarla en forma de pirámide, con el fin de lograr un escurrido de la humedad que ésta presente.

- Se pueden emplear productos que eviten la humedad y que reduzcan la producción de gases y olores.

1.2.2.5 Microorganismos y Productos Farmacéuticos Veterinarios en la Gallinaza

La FAO (2012) manifiesta que en la gallinaza y las camas de las aves de corral existen poblaciones de microorganismos que están presentes de forma natural. Varios de estos microbios son ambientalmente benéficos y tienen un papel muy importante en los procesos ecológicos de los ciclos de nutrientes asociados principalmente al carbono, el nitrógeno, el fósforo, el azufre y otros elementos de los subproductos avícolas. No obstante, en función de la gestión y las condiciones ambientales, la gallinaza y las camas de aves de corral pueden tener también microorganismos patógenos nocivos para la salud humana. Dependiendo de la formulación de las dietas, las prácticas de gestión y la reglamentación de las empresas de producción avícola de una determinada región, en la gallinaza y las camas puede encontrarse también residuos químicos de productos farmacéuticos veterinarios que pueden llegar a inhibir los procesos de fermentación sea esta aerobia o anaerobia.

1.2.3 Biogás

1.2.3.1 Definición

De acuerdo a la definición establecida por FRAUME, N (2006) el biogás es un “Gas, derivado de la fermentación anaerobia de la biomasa, mezcla de metano y

bióxido de carbono en proporción 7 a 3, producido por el estiércol animal o de desechos industriales”. p. 61

Para el criterio de MUDHOO, A (2012) el biogás “Es generado del proceso de degradación anaeróbica que consiste en la oxidación biológica de la materia orgánica por la acción de microorganismos específicos que pueden ser valorizadas energéticamente”. p. 1

1.2.3.2 Características Generales del Biogás

Las características del biogás dependen del material digerido y del funcionamiento del proceso, tiene propiedades específicas que se indican en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIOGÁS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
• Metano (CH ₄)	55 - 70%
• Dióxido de Carbono CO ₂	35 - 40%
• Hidrógeno H ₂	1 - 3 %
• Nitrógeno N ₂	0.5 - 3 %
• Sulfuro de hidrógeno	0.1 %
• Vapor de agua	Trazas
Contenido energético	6.0 - 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 - 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 - 12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 - 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

FUENTE: DEUBLEIN, D y STEINHAUSER, A (2008)

1.2.3.3 Clasificación de los Sustratos para la Producción del Biogás

La producción de biogás es un proceso biológico fermentativo, en el cual la materia orgánica (sustratos) es descompuesta por la acción de una serie de microorganismos bacterianos, los sustratos actualmente utilizados en este proceso según los siguientes autores CUESTA, M. VICENTE, G. VILLAR, S y SÁNCHEZ, F (2010) son:

a) Residuos Agropecuarios y Agrícolas

Los residuos agropecuarios constituyen una fuente importante de contaminación ambiental a nivel mundial. Estos comprenden un elevado volumen de residuos húmedos en forma de estiércol de animales, de manera especial los de cerdos, vacunos y aves, que los hace un sustrato óptimo para la obtención de biogás ya que además de las altas cantidades generadas presentan características peculiares como: alto poder energético, su consistencia sólida y alto contenido de humedad.

Dentro del rendimiento de la producción de biogás, el estiércol de avícola produce entre 60 – 115 m³/tonelada siguiéndole el estiércol de cerdo 40 – 60 m³/toneladas y por último el estiércol vacuno 22 – 40 m³/tonelada quizá esta sea una de las causas que favorece el hecho de que estos residuos se utilicen significativamente más que otro tipo de sustrato para la obtención de biogás.

Los residuos agrícolas pueden ser de diversos tipos: restos de poda y ramas de cultivos leñosos, plantas verdes y tallos de cultivos herbáceos, pajas de cereales de invierno, tallos y cascarillas de cereales de primavera, restos de frutas y hortalizas; muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo, aunque es necesario

reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía, el poder calorífico para la producción de biogás de restos de cosecha se encuentra entre 30 – 40 m³/tonelada

b) Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU)

Los residuos sólidos urbanos (RSU) están constituidos por distintos componentes entre los que destacan la materia orgánica, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales, material textil y madera. Cuando la materia orgánica contenida en los RSU se utiliza como sustrato de la fermentación anaeróbica, el proceso se denomina biometanización o biogasificación. En este proceso, la materia orgánica se transforma en biogás y en una fracción sólida más pobre que el compost, que también puede utilizarse como mejorador de suelo.

El periodo degradativo en el vertedero es diferente para cada constituyente. Así, la materia orgánica, como es el caso de los residuos alimenticios, se degrada rápidamente. Siendo esta moderada en los residuos de jardín, lenta para el papel, cartón, madera y textiles, y, prácticamente, nula para el plástico, piel y goma.

Normalmente, se puede considerar que sólo los residuos alimenticios y de jardín y dos terceras partes del papel contenido en los residuos se degradan para generar biogás en el vertedero. La FORSU experimenta un proceso de fermentación inicialmente aeróbico hasta que se agota el oxígeno y las condiciones pasan a ser anaeróbicas, produciéndose el biogás. El poder energético de la FORSU se encuentra estimado para los autores ya mencionados en 778,1 ktep/año.

c) Lodos o Fangos de Depuración de Aguas Residuales Urbanas

Los lodos o fangos de depuración constituyen el residuo semisólido resultante del proceso de depuración de las aguas residuales urbanas que poseen una capacidad contaminante importante, eliminando la mayor parte de los contaminantes disueltos y en suspensión contenidos en dichas aguas.

En general, los fangos están formados por los sólidos sedimentados del agua residual, el exceso de microorganismos producidos durante el tratamiento biológico, los productos sedimentados por coagulación natural o provocada de las partículas en suspensión o de carácter coloidal y los precipitados químicos formados por la reacción de los coagulantes con las partículas disueltas. Estos lodos, ricos en nutrientes Nitrógeno, Fosforo y Potasio (N, P y K), están constituidos, en algunos casos, por más del 60% de materia orgánica. El poder calorífico de los lodos o fangos de depuración está comprendido entre los 2907,34 Cal/kg. Como se ha explicado con anterioridad, la riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. En el siguiente cuadro se muestran los valores del rendimiento del biogás dependiendo del sustrato utilizado en m³/tonelada:

CUADRO N° 4. RENDIMIENTO DEL BIOGÁS

MATERIA	RENDIMIENTO DEL BIOGÁS (m³/ton.)
Estiércol vacuno	22 – 40
Estiércol de cerdo	40 – 60
Heces humanas	20 – 28
Residuos de cosechas	30 – 40
Jacintos de agua	40 – 50
Estiércol avícola	60 – 115

FUENTE: JIMÉNEZ, D (2012)

1.2.3.4 Usos Potenciales del Biogás

En la actualidad se ha presentado una demanda por el aprovechamiento de biogás en diversos usos, además de la necesidad de resolver problemas ambientales, relacionados con la reducción de olores y vectores de transmisión de enfermedades, que conlleva este aprovechamiento

El biogás obtenido en digestores contiene de 55 - 70% de gas metano y su poder calorífico es de aproximadamente 9.3 – 10.8 kWh/m³o lo que es equivalente a 31 732.9 BTU/pie³ -36 851.1 BTU/pie³ respectivamente, lo que permite emplearlo con propósitos de generación de energía en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural.

CUADRO N° 5.COMPARACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS ENTRE EL GAS NATURAL Y EL BIOGÁS

	Gas Natural	Biogás (Digestor)	Biogás (Relleno Sanitario)
Poder calorífico [kWh/m ³],[MJ/m ³]	9.3 - 10.8 (36.2)	5 - 7.5 (22.5)	4.5 - 5.5 (18)
Numero de metano	70 – 94	124 - 150	136
Metano [m ³ CH ₄ /100 m ³]	84 – 98	45 - 75	45 - 55
Dióxido de metano [m ³ CH ₂ /100 m ³]	< 2	25 - 55	25 -30
Nitrógeno[m ³ N ₂ /100 m ³]	< 10	< 5	< 25
Oxigeno [m ³ O ₂ /100 m ³]	< 3	< 2	< 5

FUENTE: DEUBLEIN, D y STEINHAUSER, A (2008)

Dentro de los usos más difundidos para el criterio HILBERT, J (2007) se tiene dos grandes aplicaciones; la generación de calor, la generación de electricidad y como combustible de vehículos; siendo el resultado de la digestión anaerobia para la producción de biogás, descritas a continuación:

a) Generación de Calor

Uno de los usos más básicos difundido a nivel mundial son las cocinas a biogás este uso se debe principalmente a que son fácilmente modificables debido al agrandamiento del paso del gas hacia los quemadores, los compuestos inertes propician la formación de una flama de gran tamaño a una temperatura menor a la de otros combustibles. La amplia disponibilidad de este tipo de equipos hace promisorio e interesante su utilización a gran escala.

Otro uso son los quemadores infrarrojos comúnmente utilizados en la calefacción de ambientes (especialmente en criaderos y parideras) presentan como ventaja su alta eficiencia lo cual minimiza el consumo de gas para un determinado requerimiento térmico.

b) Generación de Electricidad

Las heladeras domésticas constituyen un interesante campo de aplicación directo del biogás debido a que tienen un consumo parejo y distribuido a lo largo de las 24 horas del día lo cual minimiza la necesidad de almacenaje del gas. Estos equipos funcionan bajo el principio de la absorción (generalmente de ciclo amoníaco refrigerante - agua absorbente). Recientemente se han desarrollado equipos para el enfriamiento de leche y/u otros productos agrícolas lo que abre un importante campo de aplicación directa y rentable del mismo. Los motores a biogás tienen

amplio espectro de aplicación; siendo su uso muy generalizado es su empleo para activar generadores de electricidad.

c) Como combustible en automóviles

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto nafteros como diésel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión, por otro lado una desventaja es su baja velocidad de encendido.

En los motores de Ciclo Otto el carburador convencional es reemplazado por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con nafta y luego siguen funcionando con un 100% de biogás con una merma de la potencia máxima del 20% al 30%.

A los motores de Ciclo Diesel se les agrega un mezclador de gases con un sistema de control manteniendo el sistema de inyección convencional. De esta manera estos motores pueden funcionar con distintas proporciones de biogás diésel y pueden convertirse fácil y rápidamente de un combustible a otro lo cual los hace muy confiables.

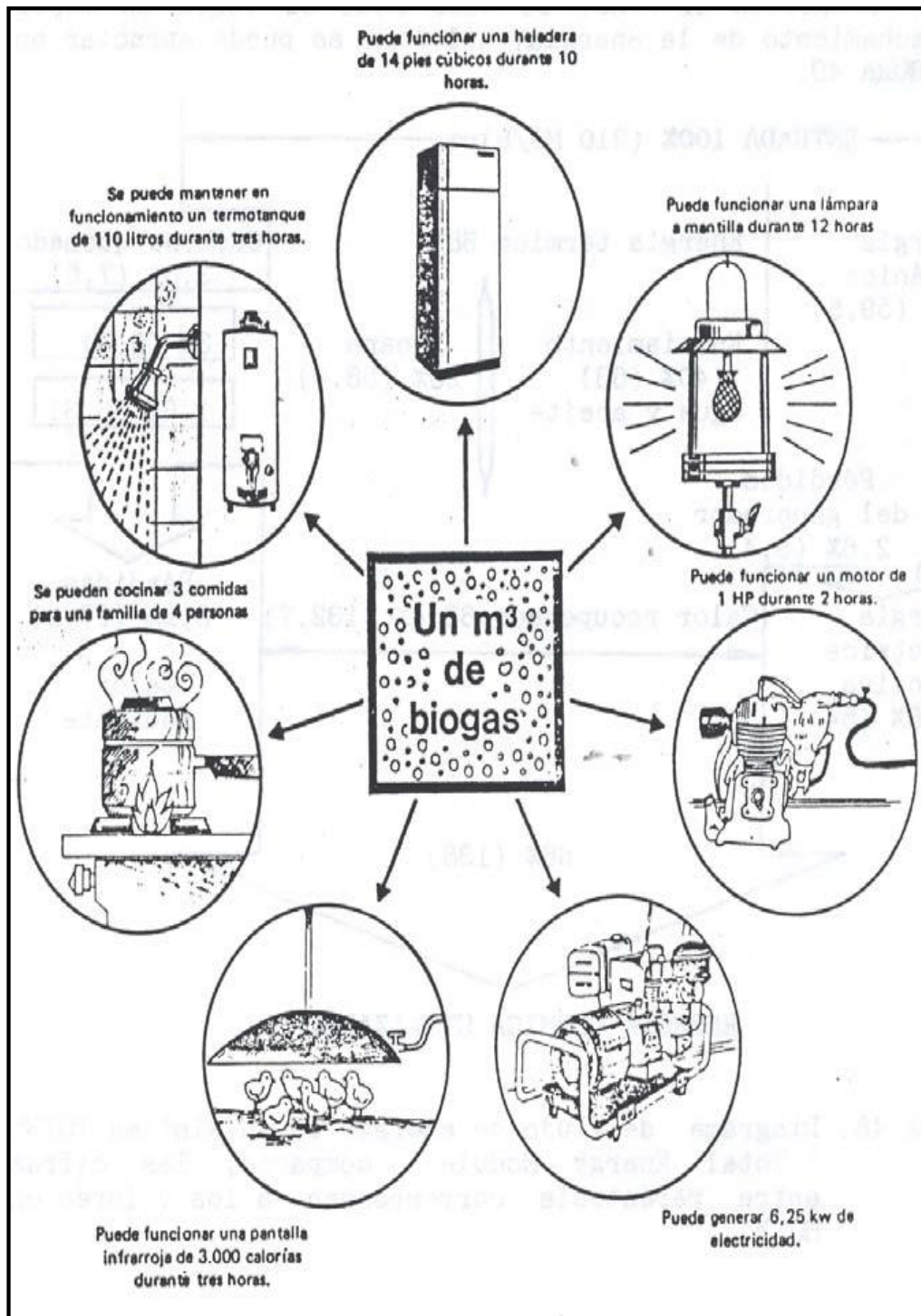
**CUADRO N° 6. CONSUMO Y RENDIMIENTO DE ARTEFACTOS QUE
FUNCIONAN CON BIOGÁS**

ARTEFACTO	CONSUMO	RENDIMIENTO
Quemador de cocina	300 - 600 l/h	50% - 60%
Lámpara a mantilla (60 W)	120 - 170 l/h	30% - 50%
Heladera a 100 L	-30 - 75 l/h	20% - 30%
Motor a gas	0.5 m ³ /kWh o Hph	25% - 30%
Quemador de 10 Kw	2 m ³ /h	80% - 90%
Infrarrojo de 200 W	30 l/h	95% -99%
Cogenerador	0.5 m ³ /kWh	Hasta 90%

FUENTE: DEUBLEIN, D y STEINHAUSER, A (2008)

Los usos del biogás para DEUBLEIN, D y STEINHAUSER, A (2008), no solo vienen dado por el consumo y el rendimiento que pueden dar a un determinado artefacto sino también la funcionalidad que genera un metro cubico (m³) proveniente de la digestión de un metro cubico de sustrato con 55 hasta 60 % de metano.

FIGURA N° 1. ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE UN METRO CÚBICO DE BIOGÁS, CON SUS RESPECTIVOS CONSUMOS.



FUENTE: DEUBLEIN, D y STEINHAUSER, A (2008)

1.2.4 Digestión Anaerobia

Para GONZÁLEZ, J (2009) “Es un proceso de descomposición de biomasa que se produce en ausencia de aire y que es provocado por microorganismos, similares a las bacterias”. p.263

Frente a los procesos aerobios, de acuerdo al juicio de RITTMAN, B y McCARTY, P (2001) los tratamientos anaerobios presentan las ventajas de no necesitar aireación y de generar un biogás que puede ser recuperado y utilizado en distintas aplicaciones con finalidades energéticas, permitiendo en muchos casos la autonomía o autosuficiencia de las aplicaciones del biogás.

En tanto los inconvenientes del tratamiento anaeróbico son mínimos teniendo entre las más importantes como es el crecimiento lento de microorganismos y los requerimientos más elevados de regulador para controlar el pH.

Por otra parte, la digestión anaerobia es un proceso complejo, que requiere cierto control para asegurar su correcto funcionamiento. Un ejemplo de esto, es la sensibilidad a las sobrecargas orgánicas que pueden llevar a la desestabilización del proceso. El biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo. Por último, los costes de implantación son altos por lo que las instalaciones de pequeño tamaño no suelen resultar rentables.

CUADRO N° 7. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO

Ventajas
1. Baja producción de residuos sólidos biológicos
2. Bajo requerimiento de nutrientes
3. El metano es un producto final muy útil
4. Generalmente, genera energía
5. Es posible una carga orgánica elevada
Inconvenientes
1. Crecimiento lento de microorganismos
2. Desprendimiento de olor
3. Requerimientos más elevados de regulador para controlar el pH
4. Escasa eficiencia de eliminación con residuos sólidos

FUENTES: RITTMAN, B y McCARTY, P (2001)

1.2.4.1 Productos Finales de la Digestión Anaerobia

Los principales productos del proceso de digestión anaerobia para, trabajando en sistemas de alta carga y en mezcla completa, son el biogás y un efluente estabilizado:

a) Biogás

Es una mezcla gaseosa formada, principalmente, por metano y dióxido de carbono y pequeñas porciones de otros gases, como H₂S, H₂, NH₃, etc. La composición o

riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso.

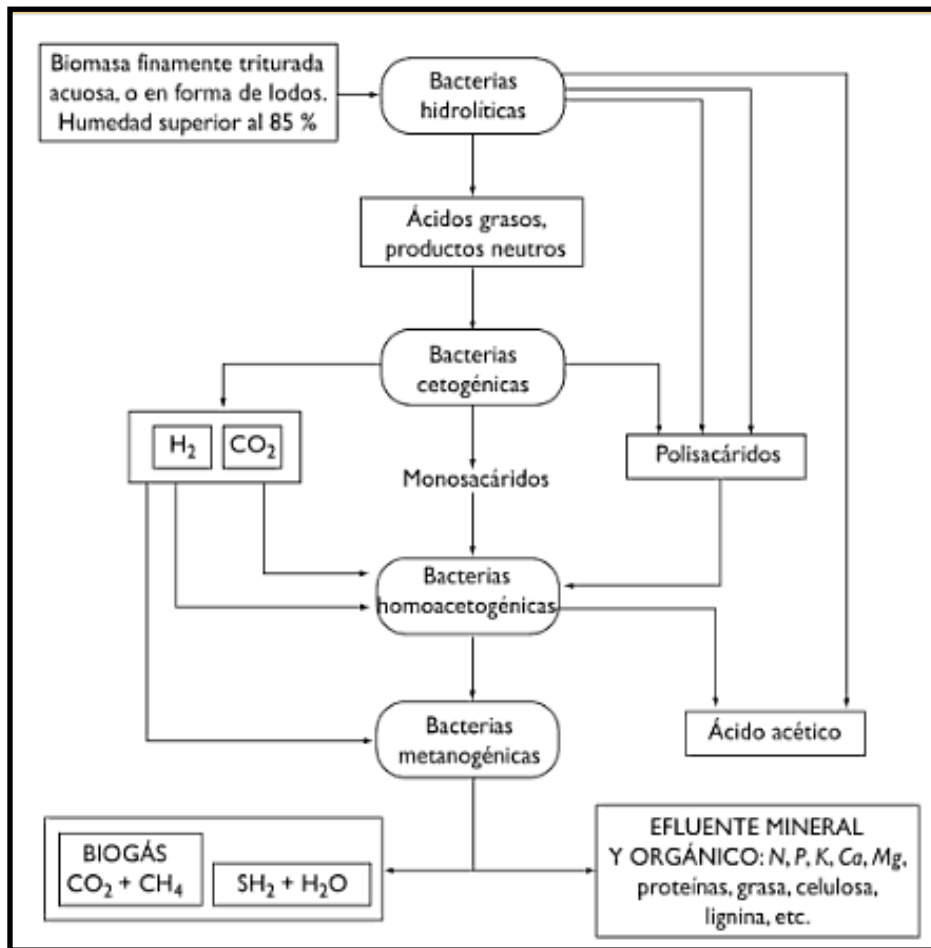
b) Efluente

Es el otro producto resultante de la degradación anaerobia y se puede decir que es la mezcla del influente estabilizado y la biomasa microbiana producida. Como ya se ha comentado, durante el proceso anaeróbico parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor que el influente.

1.2.4.2 Fases de la Digestión Anaerobia

Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora, dividen el proceso de digestión anaerobia del sustrato (término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos), en cuatro fases o procesos consecutivos diferenciados.

FIGURA N° 2. DIAGRAMA DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA



FUENTE: GONZÁLEZ, J (2009)

a) Fase Hidrolítica

La primera fase de digestión anaerobia es la Fase Hidrolítica, en esta primera fase para GUEVARA, A (1997) los microorganismos toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando hidrógeno y dióxido de carbono. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo de

microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaerobios facultativos.

La etapa hidrolítica para MARTÍ, N (2006) puede ser el proceso limitante de la velocidad global del proceso sobre todo cuando se tratan residuos con alto contenido en sólidos. Además, la hidrólisis depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partículas, del pH, de la concentración de NH_4^+ y de la concentración de los productos de la hidrólisis.

Cualquier sustrato se compone de tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, proteínas y lípidos:

Las proteínas constituyen un sustrato muy importante en el proceso de digestión anaerobia ya que además de ser fuente de carbono y energía, los aminoácidos derivados de su hidrólisis tienen un elevado valor nutricional. Las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos por la acción de enzimas proteolíticas llamadas proteasas. Parte de estos aminoácidos son utilizados directamente en la síntesis de nuevo material celular y el resto son degradados a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y sulfuro en posteriores etapas del proceso.

La degradación de los lípidos en ambientes anaerobios comienza con la ruptura de las grasas por la acción de enzimas hidrolíticas denominadas lipasas produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol.

La velocidad de degradación de los materiales lignocelulósicos, compuestos

principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa, es tan lenta que suele ser la etapa limitante del proceso de hidrólisis y por tanto, de la degradación anaerobia de determinados sustratos. Esto es debido a que la lignina es muy resistente a la degradación por parte de los microorganismos anaerobios, afectando también a la biodegradabilidad de la celulosa, de la hemicelulosa y de otros hidratos de carbono.

Los principales productos de la hidrólisis de la celulosa son celobiasa y glucosa, mientras que la hemicelulosa produce pentosas, hexosas y ácidos urónicos.

Los microorganismos que intervienen para RODRÍGUEZ, J(1997) en esta fase son el Grupo I: bacterias hidrolíticas – fermentativas estas bacterias que llevan a cabo las reacciones de hidrólisis y acidogénesis son anaerobias facultativas que catalizan sacáridos, proteínas, lípidos y otros constituyentes menores de la biomasa, los géneros más frecuentes que participan son los miembros de la familia *Enterobacteriaceae*, además los géneros *Bacillus*, *Peptostreptococcus*, *Propionibacterium*, *Bacteroides*, *Micrococcus* y *Clostridium*.

Las bacterias con actividad proteolítica son en su mayoría especies de los géneros *Clostridium*, *Peptococcus*, *Bifidobacterium* y *Staphylococcus*. Bacterias como *Anaerovibriolipolytica* con actividad lipolítica han sido aisladas del rumen de bovinos; igualmente la *Butyrovibrio fibrisolvens* hidroliza fosfolípidos cuando crece con azúcares fermentables como fuente de carbono.

b) Fase Acidogénica o Fermentativa

Dentro de la descomposición anaerobia para MARTÍ, N (2006) se encuentra esta segunda fase, durante esta etapa tiene lugar la fermentación de las moléculas

orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H₂), y compuestos orgánicos más reducidos (propiónico, butírico, valérico, láctico y etanol principalmente) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas en la siguiente etapa del proceso.

En esta etapa sucede la fermentación de carbohidratos solubles, siendo la principal ruta metabólica de degradación de glucosa para formar ácidos orgánicos, la de Embden-Meyerhof; que tiene como principal intermediario el piruvato.

La fermentación de azúcares se realiza por diversos tipos de microorganismos. En función de cada organismo, la ruta metabólica y los productos finales son diferentes.

Los principales microorganismos asociados a la degradación de la glucosa son del género *Clostridium* y convierten la glucosa en butírico, acético, CO₂ y H₂. La glucosa se convierte en piruvato mediante la ruta Embden-Meyerhof, y el piruvato se desdobra Acetil-CoA y CO₂. El Acetil-CoA se reduce en los productos de fermentación empleando como transportador de electrones el NADH derivado de las reacciones glucolíticas de la ruta Embden-Meyerhof.

c) Fase Acetogénica

Para MARTÍ, N (2006) está la tercera fase de la digestión anaerobia en la que mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H₂ y acético), otros (etanol, ácidos grasos volátiles como valeriano, butirato, propionato, etc., y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, acetato y H₂, a través de las bacterias acetogénicas.

Representantes de los microorganismos acetogénicos de acuerdo RODRÍGUEZ, J (1997) son el Grupo II: bacterias acetogénicas, en este tipo de bacterias, productoras de hidrogeno, catalizan ciertos ácidos grasos y productos finales neutros. Para que tenga lugar una eficiente metanogénesis, los productos de fermentación como el propionato (ácido propiónico) y el butirato (ácido butírico) deben ser oxidados a acetato, CO₂ y H₂, esta oxidación es llevada a cabo por un grupo denominado organismos acetógenos productores obligados de hidrógeno (OHPA), mediante un proceso conocido como acetogénesis. Aunque la mayoría de este tipo de reacciones consume energía, en ambientes anaerobios donde la energía disponible es baja, el acoplamiento de la actividad de las bacterias OHPA con las bacterias consumidoras de H₂ (metanógenos hidrogenofílicos) permite un balance energético favorable. Este último grupo, consume el hidrogeno generado por las OHPA manteniendo una presión parcial de H₂ a un nivel adecuado para que termodinámicamente pueda darse la conversión de los AGV a acetato e hidrógeno. Esta asociación se conoce como “relación sintrófica” o “transferencia interespecífica de hidrógeno”.

Solamente un limitado número de especies del grupo OHPA han sido aisladas; probablemente existan más, pero aún no son conocidas. Dentro de las especies aisladas se pueden mencionar: *Syntrophomonas* *povorans*, *Syntrophobacter* *wolinii*, *Syntromonas* *wolfei*, *Syntrophosparabryantii*, *Syntrophus* *buswellii*.

Dentro del grupo de acetógenos existe un grupo de bacterias conocidas como “*bacterias homoacetogénicas*” las cuales son anaerobias obligadas y utilizan el CO₂, como aceptor final de electrones, produciendo acetato como producto único de la fermentación anaerobia. Este grupo no es un grupo taxonómico definido, en él se incluyen una variedad de bacterias Gram (+) y Gram (-) formadoras de esporas como: *Clostridium* *aceticum*, *Clostridium* *formicoaceticum* y *Acetobacterium* *woodii*.

d) Fase Metanogénica

Y la última fase dentro de la digestión anaerobia para el juicio de MARTÍ, N (2006) en el que los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaerobia mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H₂/CO₂, formato, metanol y algunas metilaminas.

Los organismos metanogénicos para RODRÍGUEZ, J (1997) se clasifican dentro del dominio del Grupo III: bacterias metanogénicas que pertenecen al grupo actualmente conocido como Archaea y tienen características comunes que los diferencian del resto de procariotas. Pueden identificar los siguientes órdenes; *Methanobacteriales*, *Methanococcales*, *Methanomicrobiales*, *Methanosarcinales* y *Methanopyrales*. Las bacterias metanogénicas son anaerobias estrictas y producen metano como principal producto del metabolismo energético.

1.2.4.3 Factores que Intervienen en la Digestión Anaerobia

a) Material de Carga para la Fermentación Metanogénica

De acuerdo al juicio de HILBERT, J (2007) se llama así a todos los sustratos que se introducen dentro de un biodigestor para su degradación. En el proceso de fermentación los microorganismos metanogénicos necesitan nutrientes para producir biogás, por ello es necesario contar con suficiente material de carga para que el proceso de digestión no se interrumpa. La materia orgánica que se utiliza como material de carga (residuos de los cultivos, excretas de humanos y de animales) puede dividirse en dos grupos, las materias primas ricas en nitrógeno y

las materias primas ricas en carbono. El nitrógeno se utiliza como constituyente para la formación de la estructura celular, y el carbono se utiliza como fuente de energía.

Los valores tanto de producción como de rendimiento en gas de los estiércoles presentan grandes diferencias entre distintos autores. Esto es debido al sinnúmero de factores intervinientes que hacen muy difícil la comparación de resultados por lo tanto los valores deben ser tomados como orientativos.

En cuanto al volumen de estiércol producido por las distintas especies animales son variables de acuerdo fundamentalmente al peso y al tipo de alimentación y manejo de los mismos. Cuando se encare un proyecto específico se recomienda realizar una serie de mediciones en el lugar donde se emplazará el digestor.

b) Temperatura y Tiempo de Retención

Para GUEVARA, A (1996) la temperatura determina el tiempo de retención para la digestión y degradación de la materia orgánica dentro del digestor, la degradación se incrementa en forma geométrica con los aumentos de la temperatura de trabajo, además se incrementa la producción de biogás. Puesto que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario aplicar calor para acelerar las reacciones bioquímicas implicadas.

De acuerdo para MARTÍ, J (2008) existen diferentes poblaciones de bacterias metanogénicas y cada una de ellas requiere una temperatura para trabajar de forma óptima. Existen poblaciones metanogénicas que tienen su mayor rendimiento a 70°C de temperatura, pero para ello habría que calentar el lodo interior del

biodigestor. Hay otras poblaciones que tienen su rango óptimo de trabajo de 30 a 35°C. Estas temperaturas se pueden alcanzar en zonas tropicales de manera natural. La actividad de las bacterias desciende si considerablemente si se encuentra por encima o por debajo del rango de temperaturas óptimas de trabajo.

Para el juicio de MARTÍ, N (2006) existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaerobios: psicrófilico (por debajo de 25°C), mesofílico (entre 25 y 45°C) y termofílico (entre 45 y 65°C), siendo la velocidad máxima específica de crecimiento (μ_{max}) mayor conforme aumenta el rango de temperaturas. Dentro de cada rango de temperatura, existe un intervalo para el cual dicho parámetro se hace máximo, determinando así la temperatura de trabajo óptima en cada uno de los rangos posibles de operación.

Es preferible por tanto, la digestión mesofílica, con temperatura controlada. A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta. A temperaturas inferiores a 5°C se puede decir que las bacterias quedan ‘dormidas’ y ya no producen biogás. Por ello es necesario estimar un tiempo de retención según la temperatura a la que se trabaje. El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir biogás. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor.

Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogás.

En la siguiente figura se pueden observar las temperaturas en las que se produce biogás en relación con el tiempo de retención hidráulica (THR):

CUADRO N° 8. TIEMPO DE RETENCIÓN SEGÚN LA TEMPERATURA

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

FUENTE: MARTÍ, J (2008)

c) *Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)*

Según GUEVARA, A (1996) los microbios siempre consumen estos elementos en determinada proporción, medidos por la relación C/N que contiene la materia orgánica.

Existen muchos criterios en lo referente a esta relación, pero se reconoce en general como aceptable una relación C/N de 20-30:1.

Las excretas de humanos y de animales son ricos en nitrógeno, con una relación C/N inferior a 25:1, durante la fermentación tienen una mejor velocidad de biodegradación y de generación de gas; en cambio los residuos agrícolas son ricos en carbono, con una relación de C/N superior a 30:1, pero con una generación más lenta de gas en el proceso de digestión.

**CUADRO N° 9. RELACIÓN CARBONO A NITRÓGENO DE LAS MATERIA PRIMAS EMPLEADAS CORRIENTEMENTE
(APROXIMACIÓN)**

Materias Primas	Contenido de C de las materias primas por peso (%)	Contenido de N de las materias primas por peso (%)	Relación carbono a nitrógeno (C/N)
Paja seca de trigo	46	0.53	87:1
Paja seca de arroz	42	0.64	67:1
Tallo de aves	40	0.75	53:1
Hojas secas	41	1.00	41:1
Estiércol de aves	41	1.30	32:1
Cacahuates tallos y hojas	11	0.59	19:1
Estiércol fresco de oveja	16	0.55	29:1
Estiércol fresco de vaca	7.3	0.29	25:1
Estiércol fresco de caballo	10	0.42	24:1
Estiércol fresco de cerdo	7.8	0.60	13:1

FUENTE: MARTÍ, J (2008)

d) Valor de pH y Alcalinidad

Según MARTÍ, N (2006) los organismos que intervienen en cada fase son diferentes, y debe establecerse un equilibrio entre la producción de ácidos y su regresión, para que ambos tipos de organismos puedan coexistir dentro del digester y encuentren las posibilidades ambientales para su desarrollo.

Los diferentes grupos bacterianos presentes en el proceso de digestión anaerobia presentan unos niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad entre los siguientes valores: fermentativos (entre 7.2 y 7.4), acetogénicos (entre 7.0 y 7.2) y metanogénicos (entre 6.5 y 7.5)

Para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el pH no debe bajar de 6 ni subir de 8. El valor del pH en el digester no sólo determina la producción de biogás sino también su composición. Una de las consecuencias de que se produzca un descenso del pH a valores inferiores a 6 es que el biogás generado es muy pobre en metano y, por tanto, tiene menores cualidades energéticas.

El pH es una de las variables utilizadas en el diagnóstico de los sistemas anaerobios (aunque no se considera una buena variable de control por ser demasiado lenta) ya que muchos fenómenos tienen influencia sobre el mismo. Un ejemplo de ello, son las situaciones de acidificación de un reactor anaerobio provocadas por desequilibrios en la producción y consumo de ácidos grasos volátiles. La acumulación de éstos provoca un descenso en el pH que será más o menos acusada en función de la alcalinidad del medio.

Por otra parte, el pH afecta a los diferentes equilibrios químicos existentes en el

medio, pudiendo desplazarlos hacia la formación de un determinado componente que tenga influencia en el proceso. Este es el caso de los equilibrios ácido-base del amoníaco y del ácido acético: Al aumentar el pH se favorece la formación de amoníaco que, en elevadas concentraciones, es inhibidor del crecimiento microbiano y a pH bajos se genera mayoritariamente la forma no ionizada del ácido acético, que inhibe el mecanismo de degradación del propionato.

La alcalinidad es una medida de la capacidad tampón del medio. En el rango de pH del proceso de digestión anaerobia, el principal equilibrio que controla la alcalinidades el del dióxido de carbono/bicarbonato. Estudios previos han demostrado que valores de la alcalinidad del bicarbonato por encima de 2500 mg/l, aseguran un buen control del pH y una adecuada estabilidad del sistema.

e) Agitación – Mezclado

Para HILBERT, J (2007) los objetivos buscados con la agitación son: remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanógenas, mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, evitar la formación de costra que se forma dentro del digestor, uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios “muertos” sin actividad biológica. En la selección del sistema, frecuencia e intensidad de la agitación se deberán realizar las siguientes consideraciones: El proceso fermentativo involucra un equilibrio simbiótico entre varios tipos de bacterias. La ruptura de ese equilibrio en el cuál el metabolito de un grupo específico servirá de alimento para el siguiente implicará una mema en la actividad biológica y por ende una reducción en la producción de gas.

Como conclusión en la elección de un determinado sistema se tendrá siempre presente tanto los objetivos buscados como el perjuicio que puede causar una agitación excesiva debiéndose buscar un punto medio óptimo.

Existen varios mecanismos de agitación utilizados desde los más simples que consisten en un batido manual o el provocado por la entrada y salida de los líquidos hasta sofisticados equipos que involucran agitadores a hélice, recirculadores de sustrato e inyectores de gas.

f) Promotores e inhibidores de fermentación

Para GUEVARA, A (1996) los promotores son materiales que pueden fomentar la degradación de la materia orgánica y aumentar la producción de gas; entre ellos se encuentran enzimas, sales inorgánicas, se pueden emplear urea, carbonato de calcio (CaCO_3). Los inhibidores, son aquellos factores, que inhiben la actividad vital de los microbios. Cuando se carga el digestor, es útil agregar celulosa para promover el proceso y la producción de gas.

La urea y el carbonato de calcio han dado buenos resultados. El primero acelera la producción de metano y la degradación del material, el segundo es útil para la generación de gas y para aumentar el contenido de metano en el gas.

De acuerdo a información del fabricante SOIL TECHNOLOGIES CORP. USA, el Compost Treet es un activador microbiano, es decir, microorganismos comerciales eficientes resultado de la combinación de nutrientes y microorganismos seleccionados y científicamente desarrollados, destinados a iniciar y acelerar el proceso de descomposición de materia orgánica.

Este producto contiene una densidad mínima de 2.2 billones de unidades formadoras de colonias (C.F.U) de bacterias activas por gramo. Este concentrado microbial formado por una mezcla seleccionada de bacterias mesófilas y termófilas. Las bacterias mesófilas crecen y metabolizan bien a temperaturas medias (21-46 °C) mientras que las termófilas lo hacen a temperaturas más altas (35-60 °C). Estos tipos de bacterias ayudan a la descomposición más efectiva de la materia cargada al biodigestor. Estas bacterias producen también varias enzimas altamente activas como la proteasa, amilasa, xilanasas y pectinasas, mismas que ayudan a la descomposición de la pared celular de la materia orgánica.

En relación a los inhibidores, por la naturaleza biológica del proceso son muchos los factores que afectan la actividad de los microorganismos. La alta concentración de ácidos volátiles (más de 2000 ppm en la fermentación mesófila y de 3600 ppm para la termófila). La excesiva concentración de amoníaco y nitrógeno, destruyen las bacterias, todo tipo de productos químicos agrícolas, en especial los tóxicos fuertes aún en ínfimas proporciones podrían destruir totalmente la digestión normal.

Muchas sales como los iones metálicos son también fuertes inhibidores de la fermentación y por ende de la producción de biogás, se presenta a continuación el cuadro de inhibidores a detalle:

CUADRO N° 10. INHIBIDORES DE FERMENTACIÓN

Inhibidores	Concentración Inhibidora
Sulfatos (SO ₄)	5000 ppm
Cloruro de Sodio (NaCl)	40 000 ppm
Nitrato (según contenido de Nitrógeno)	0.05 mg/ml
Cobre (Cu)	100 mg/l
Cromo (Cr)	200 mg/l
Níquel (Ni)	200 - 500 mg/l
CN (Después de que se han domesticado las bacterias metanogénicas a 2 – 10 mg/ml)	25 mg/l
ABS (Detergente sintético)	20 -40 mg/l
Sodio (Na)	3500 - 5500 mg/l
Potasio (K)	2500 - 4500 mg/l
Calcio (Ca)	2500 - 4500 mg/l
Magnesio (Mg)	1000 - 1500 mg/l

FUENTE: HILBERT, J (2007)

1.2.5 Biodigestores

1.2.5.1 Definición

A nivel general, un biodigestor de acuerdo MARTÍ, J (2008) “Es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizantes”. p. 15

En cambio para CAMPERO, O (2007) por su parte, define a un biodigestor de desechos orgánicos, en forma simple, como: **un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos animales y humanos, desechos vegetales, entre otros) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.** p. 25

1.2.5.2 Características de los Biodigestores

Para que un digestor de residuos orgánicos opere en forma correcta de acuerdo al criterio del Ministerio de Energía de Chile- MINENERGIA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO y Global Environment Facility - GEO (2011) deberá reunir las siguientes características de acuerdo a criterios:

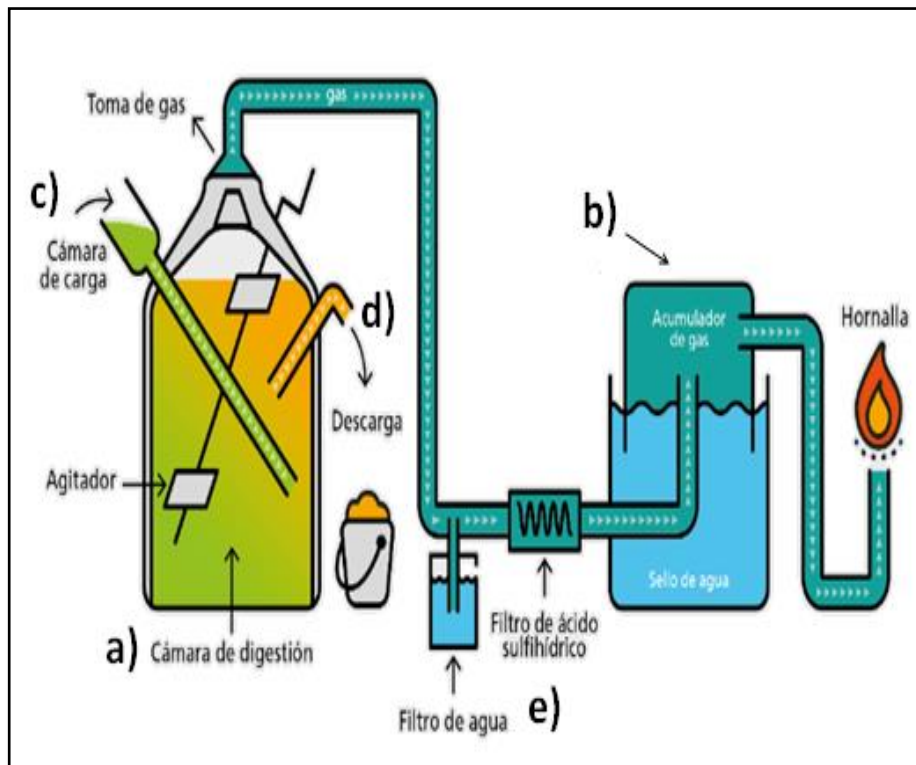
- a) Ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con la digestión anaeróbica y a la vez, impedir las fugas del biogás producido.

- b) Estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura, lo que usualmente se consigue construyéndolos enterrados.
- c) Aun no siendo en recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad.
- d) Contar con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.
- e) Tener acceso para el mantenimiento.
- f) Contar con un medio para romper las natas o costras que se forman.

1.2.5.3 Componentes de un biodigestor

Para INDIVERI, E (2008) los componentes comunes de los biodigestores que garantizan su correcto funcionamiento a continuación se presenta en un esquema didáctico cada uno de ellos con su respectiva explicación:

FIGURA N° 3. COMPONENTES DE UN BIODIGESTOR



FUENTE: INDIVERI, E (2008)

a) Cámara de digestión

Es la parte central del biodigestor o fermentador. Aquí ocurren los procesos bioquímicos que transforman el sustrato en biogás y bioabonos. Puede ser de ladrillo, hormigón, hormigón armado, plástico u otro material que asegure las condiciones requeridas de resistencia e impermeabilidad.

b) Cámara de gas o gasómetro

Es la parte del sistema donde se almacena el biogás producido durante la fermentación, por lo que debe construirse a prueba de fugas. Los gasómetros pueden ser como se describen en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 11. TIPOS DE GASÓMETROS

TIPO	CARACTERÍSTICAS
De cúpula fija	El gasómetro es parte integrante de la cámara de digestión. La presión se mantiene e incrementa por la producción de biogás durante la fermentación, con el correspondiente desplazamiento del líquido que se está fermentando hacia el sistema de salida de efluente líquido.
De depósito flotante	El gasómetro puede estar instalado fuera del biodigestor sobre un lecho de agua, o se puede instalar directamente sobre el biodigestor. El depósito o campana flotante puede ser de hierro o de plástico rígido.
De material plástico	El biogás se recoge en una bolsa plástica hecha de caucho, polietileno o geomembrana de PVC. Tiene el inconveniente de una presión irregular, lo cual influye negativamente sobre la utilización del biogás. Este tipo de gasómetro se puede instalar directamente sobre el biodigestor

FUENTE: GIRALDO, W. ESPINOZA, E (2005)

c) Alimentación o entrada de la materia orgánica (sistema de carga)

Permite la alimentación del biodigestor, en algunos casos se diseña para permitir la homogenización del material de carga, y a la vez se pueda realizar el control de sólidos totales y pH del sustrato; de lo contrario, debe contarse con un tanque de metal o de plástico de 200 litros donde se mezclará la materia orgánica con el agua,

permitiendo además la eliminación de los sólidos que floten, los que pueden obstruir el tubo de entrada del biodigestor o causar problemas de funcionamiento del sistema.

d) Salida del efluente (sistema de descarga)

Su función es garantizar la descarga del líquido (biol) o de los lodos digeridos (biosol) para su posterior utilización como abonos orgánicos. Debe estar más abajo del nivel de carga, para facilitar su salida por diferencia de presión hidráulica.

e) Sistema de purificación del biogás

Permite eliminar contaminantes del biogás para su uso como combustible. Los sistemas de purificación pueden describirse en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 12. SISTEMAS DE PURIFICADORES DE BIOGÁS

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Eliminación del sulfuro de hidrógeno	De todos los componentes del biogás, el que causa mayor problema para su utilización es el sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) por su olor desagradable y alto poder corrosivo. La no eliminación provocará un deterioro rápido de todas las instalaciones, con las correspondientes pérdidas económicas. Para eliminar el sulfuro de hidrógeno se hace pasar la corriente de biogás por un cartucho relleno con lima duras, viruta de hierro o clavos. Puede instalarse un solo cartucho de forma horizontal o dividirlo en dos cartuchos verticales, siendo ésta última la mejor opción porque el biogás pasará de manera descendente por el primer cartucho y ascendente por el segundo cartucho.
Eliminación del dióxido de carbono	El CO ₂ se puede eliminar utilizando una solución de agua de cal, esta solución no es factible para ser utilizada a gran escala debido al gasto excesivo de reactivos y acumulación de subproductos. Otra vía para eliminar CO ₂ , se utiliza también sosa cáustica. Este proceso no es rentable por el alto valor de la sosa, además puede provocar graves quemaduras en su manejo.
Eliminación de agua	El biogás producido puede tener vapor de agua, que por condensación forma gotas que se acumulan en los puntos más bajos de las tuberías de conducción de biogás. Con el tiempo la cantidad de agua condensada aumenta, llegando a dificultar y en ocasiones a impedir la circulación del biogás. Para eliminar esta agua condensada de las tuberías se coloca un drenaje o una trampa de agua en la parte más baja de la tubería.
Sistema de control de presión	La presión debe ser medida y controlada rigurosamente para mejorar la operación y la eficiencia de los equipos que utilicen biogás como combustible. Se emplea un manómetro para la presión en el que el biogás empujará el agua de la rama desplazándola por el tubo, la diferencia de altura entre ambas ramas será la presión que ejerce el biogás en todo el sistema, expresada en cm de agua.

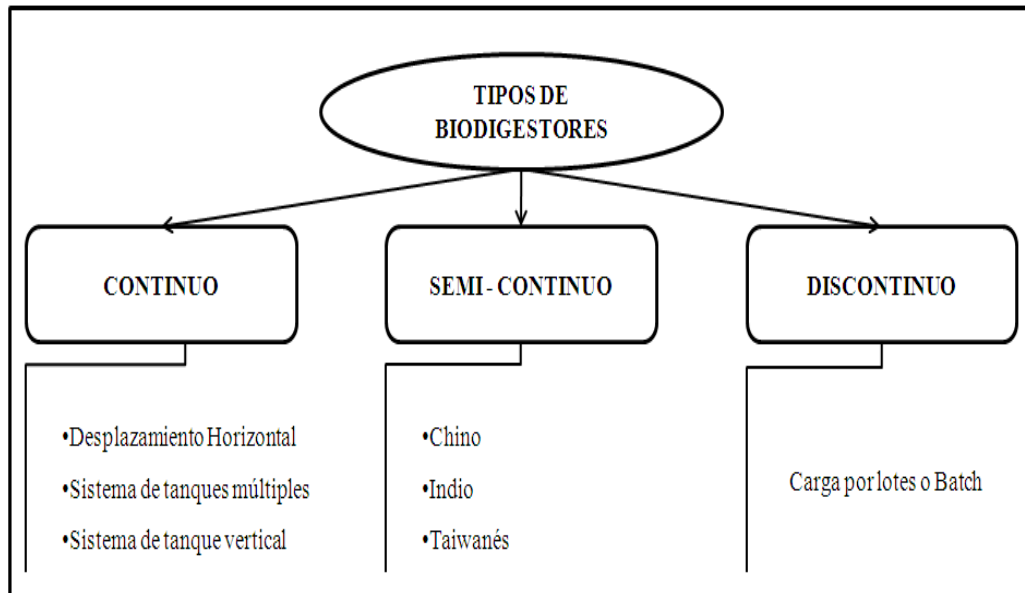
FUENTE: GIRALDO, W. ESPINOZA, E (2005)

1.2.5.4 Tipos de biodigestores

Los diferentes sistemas de biodigestión anaeróbica se clasifican en función del tipo de materia, el tiempo en que la degradan y el proceso de carga de la materia. Cada sistema posee características de funcionamiento distintas y su diseño, en la búsqueda de una mayor eficiencia, ha evolucionado con el tiempo.

Existen diferentes clasificaciones de sistemas de biodigestión pero, de manera general, según BAQUEDANO, M y MORALES, L (1987) se pueden clasificar según su forma de operación y el proceso de carga del sustrato.

FIGURA N° 4. TIPOS DE BIODIGESTORES



ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2014)

Los tipos de biodigestores se pueden clasificar en tres grandes grupo y cada uno de ellos con sus diferentes modelos, los cuales son descritos a continuación:

a) Biodigestores continuo

Este tipo de biodigestores se caracterizan de acuerdo al criterio SAMAYOA, S. BUESO, C y VIQUEZ, J (2012) porque el afluente o flujo de materia que ingresa es constante, la disposición de sustrato para alimentar estos sistemas es prácticamente diaria y los tiempos en que esta se retiene son menores en comparación a los sistemas discontinuos.

En este tipo de biodigestores existe una serie de ventajas entre las cuales se mencionan las siguientes: permite controlar la digestión, con el grado de precisión que se quiera, además de corregir cualquier anomalía que se presente en el proceso, en cuanto es detectada; la puesta en marcha de este biodigestor empieza desde el momento en que entra a funcionar y tan solo su producción es paralizada por razones de mantenimiento, en los biodigestores continuos se permite manejar las variables relacionadas, carga específica, tiempo de retención y temperatura, a periodos son del orden de 10 años.

Así también existen desventajas entre las cuales se mencionan las siguientes: la baja concentración de sólidos que admiten para la digestión anaerobia, estos biodigestores no poseen un diseño apropiado para tratar materiales fibrosos, o aquellos cuyo peso específico sea menor que el del agua, existe un problema latente de limpieza de sedimentos, espuma e incrustaciones y por último el alto consumo de agua, por lo que al agregado líquido se reduce, con el agregado de orinas, un buen sustituto.

Para SAMAYOA, S. BUESO, C y VIQUEZ, J (2012) algunos de estos sistemas son complejos, pero conocerlos es importante ya que estos sistemas de biodigestión son muy utilizados para tratar residuos en general.

Los tiempos en que se retiene la materia orgánica dentro del biodigestor dependerán del diseño. En esta clasificación caben los siguientes sistemas o modelos de biodigestores, entre los más utilizados están: biodigestores de desplazamiento completo, sistema de tanques múltiples y sistema de tanque vertical.

Entre los modelos más utilizados están el modelo de desplazamiento horizontal, sistema de tanques múltiples y sistema de tanque vertical.

b) Biodigestores semi – continuo

En este tipo de biodigestores de acuerdo al juicio de SAMAYOA, S. BUESO, C y VIQUEZ, J (2012), la primera carga que se introduce, consta de gran cantidad de materiales; cuando va disminuyendo gradualmente el rendimiento del gas se agregan nuevas materias primas y se descarga el efluente regularmente en la misma cantidad, calculados en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del digestor.

Este proceso es usado en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares y usados en el medio rural son el digestor indio, chino y taiwanés.

c) Biodigestores discontinuo

Para HILBERT, J y EPPEL, J (2007) este tipo de biodigestores poseen la característica que el afluente o materia orgánica se mantiene por tiempos

prolongados dentro de la cámara de biodigestión. Se cargan una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible.

Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Este sistema es aplicable cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente (Prácticas-ITDG). En este tipo de sistemas se pueden instalar varios biodigestores en serie que se llenan en diferentes tiempos o épocas, esto permite que la producción de biogás sea constante, ya que cada uno de los biodigestores estará operando en distinta etapa.

Este tipo de biodigestores es eficaz para la digestión de materiales celulósicos, que no pueden ser tratados en los digestores de tipo continuo debido al posible taponamiento de los conductos de alimentación y salida. Su utilización no está muy difundida.

El modelo más representativo de un biodigestor discontinuo es el Modelo Batch o carga por lotes. Este tipo de biodigestores para GUEVARA, A (1996) se caracterizan porque se cargan una sola vez, tiene una salida de gas conectada con un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás, el objetivo de disponer de más un digestor es tener siempre uno de ellos en carga o en descarga, mientras el resto se encuentra en producción de biogás.

La alimentación o carga del digestor con la materia prima, sólida, seca, se realiza por lotes (discontinua) y la carga de los residuos estabilizados se efectúa una vez que ha finalizado la producción de biogás.

El rendimiento volumétrico de gas es superior a cualquier digestor (debido al contenido de sólidos totales), igualmente el rendimiento de abonos sólidos es elevado; por este método permite el tratamiento sanitarios de desperdicios orgánicos, el control satisfactorio de toda clase de plagas, así como la proliferación de moscas, así mismo la recuperación eficiente y económico del metano y la retención de humus e ingredientes para uso de fertilizantes. La duración de la fermentación varía entre 2 a 4 meses, dependiendo del clima ya sea este cálido, templado, frío, etc.; ya que la temperatura afecta directamente la velocidad de reacción dentro del reactor.

Está destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias, su uso a escala doméstica es poco práctico.

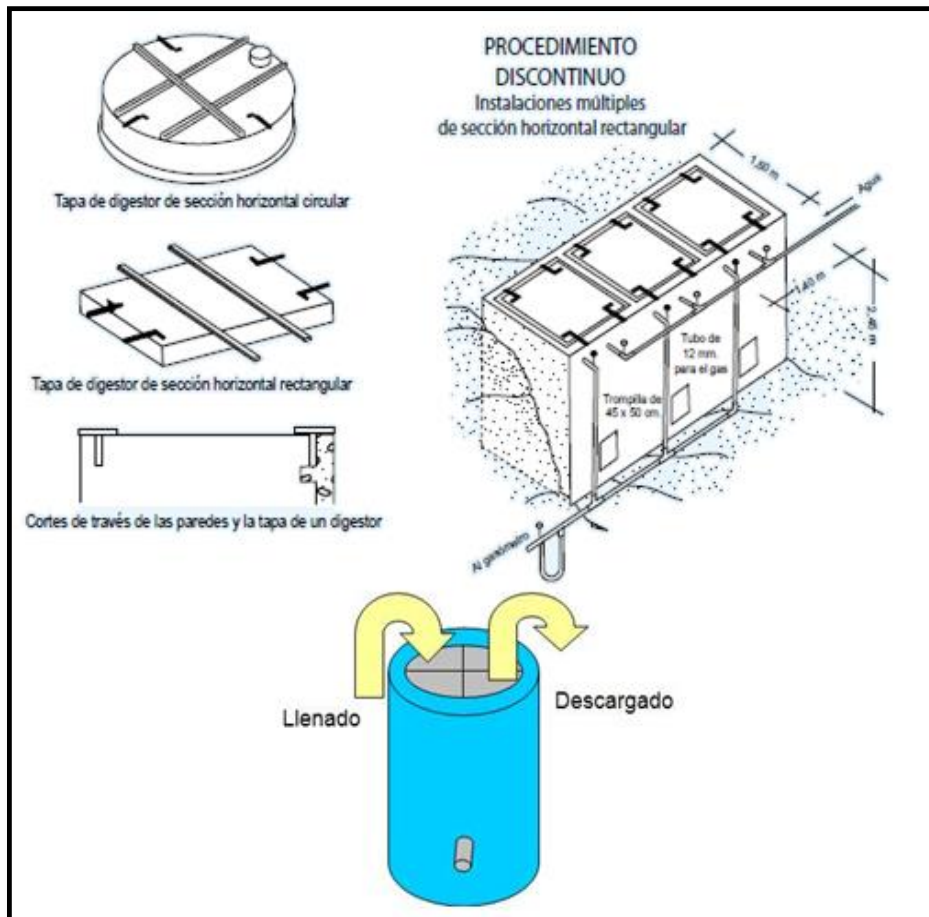
CUADRO N° 13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO BATCH

VENTAJAS	DESVENTAJA
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupa menor volumen de digestor por volumen de biogás producido, debido a la alta concentración de materia seca en el sustrato (40 – 60%). • Ocupa de 60 – 80% menos de agua que los digestores continuos y semi continuos. • No forma costra ni necesita agitación diaria. • No sufre cambios de temperaturas violentos. • Ocupa menos mano de obra, ya que no necesita carga diaria, sino cada 2 o 3 meses para carga y descarga. Durante el resto del tiempo, basta amontonar el material a usar. • La mayor parte del bioabono se obtiene en forma sólida, siendo más fácil de esparcir en la preparación de suelos. • La corrosión de las tapas de los digestores es menor, debido a que éstas están insertas en un sello de agua. • No requiere de cuidados especiales que pueda causar accidentes en la fermentación anaeróbica. • Se puede construir sobre el suelo o semi enterrado. Es ideal para localidades de nivel freático superficial o terreno en rocas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al tener un régimen discontinuo, se vacía el biodigestor para volverle a ingresar sustrato y se repite la operación, es por ello que es necesario tener varios modelos instalados para que la producción de biogás sea constante.

FUENTE: Ministerio de Energía de Chile- MINENERGIA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO y Global Environment Facility - GEO (2011)

En la siguiente figura se muestra un diseño básico del biodigestor discontinuo modelo Batch.

FIGURA N° 5. BIODIGESTOR TIPO BATCH



FUENTE: Ministerio de Energía de Chile- MINENERGIA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO y Global Environment Facility - GEO (2011).

1.3 Marco Legal

En la presente investigación la normativa vigente esta sobre la base de los siguientes instrumentos jurídicos, basados en la pirámide de Kelsen de manera que tenga un sustento para su validez:

1.3.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

Publicado: Registro Oficial # 449. Fecha: 20-10-2008

TÍTULO II

DERECHOS

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

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, sumakkawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

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. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Capítulo sexto

Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Capítulo séptima

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

TÍTULO VII

RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo segundo

Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Biodiversidad y Recursos Naturales

Art 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

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.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e

incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

1.3.2 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Publicado: Registro Oficial # 562. Fecha: 07-11-1994.

Artículo 3

Principios

3. Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible. A tal fin, esas políticas y medidas deberían tener en cuenta los distintos contextos socioeconómicos, ser integrales, incluir todas las fuentes, sumideros y depósitos pertinentes de gases de efecto invernadero y abarcar todos los sectores económicos. Los esfuerzos para hacer frente al cambio climático pueden llevarse a cabo en cooperación entre las Partes interesadas

4. Las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo. Las políticas y medidas para proteger el sistema climático contra el cambio inducido

por el ser humano deberían ser apropiadas para las condiciones específicas de cada una de las Partes y estar integradas en los programas nacionales de desarrollo, tomando en cuenta que el crecimiento económico es esencial para la adopción de medidas encaminadas a hacer frente al cambio climático.

1.3.3 Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Emitido mediante Decreto Ejecutivo # 1588. Publicado: Registro Oficial # 342.
Fecha: 20-12-1999.

Artículo 3

1. Las Partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropogénicas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

1.3.4 Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono 1986

Publicado: Registro Oficial # 397. Fecha: 16-03-1990.

Artículo 2: Obligaciones generales

2. Con tal fin, las Partes, de conformidad con los medios de que dispongan y en la medida de sus posibilidades.

b) Adoptarán las medidas legislativas o administrativas adecuadas y cooperarán en la coordinación de las políticas apropiadas para controlar, limitar, reducir o prevenir las actividades humanas bajo su jurisdicción o control en el caso de que se compruebe que estas actividades tienen o pueden tener efectos adversos como resultado de la modificación o probable modificación de la capa de ozono.

1.3.5 Ley Orgánica de Salud

Publicado: Registro Oficial Suplemento # 423. Fecha: 22- 12 - 2006.

LIBRO II

Salud y seguridad ambiental

Disposición común

Art. 95.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento

obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

CAPITULO III

Calidad del aire y de la contaminación acústica

Art. 111.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictará las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorio, auditivo y visual.

Todas las personas naturales y jurídicas deberán cumplir en forma obligatoria dichas normas.

Art. 112.- Los municipios desarrollarán programas y actividades de monitoreo de la calidad del aire, para prevenir su contaminación por emisiones provenientes de fuentes fijas, móviles y de fenómenos naturales. Los resultados del monitoreo serán reportados periódicamente a las autoridades competentes a fin de implementar sistemas de información y prevención dirigidos a la comunidad.

1.3.6 Ley de Gestión Ambiental, CODIFICACIÓN 19

Publicado: Registro Oficial # 418. Fecha: 10-09-2004.

TITULO II

DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

CAPITULO I

DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Art.7.-La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Para la preparación de las políticas y el plan a los que se refiere el inciso anterior, el Presidente de la República contará, como órgano asesor, con un Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que se constituirá conforme las normas del Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores productivos.

**1.3.7 Ley de Prevención y Control de la Contaminación,
CODIFICACIÓN 20**

Publicado: Registro Oficial Suplemento # 418. Fecha: 10-09-2004.

CAPITULO I

**DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL
AIRE**

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 4.- Será responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

CAPITULO II

**DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS
AGUAS**

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

CAPITULO III

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 12.- Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de sustancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

1.3.8 Ley de Régimen del sector Eléctrico

Publicado: Registro Oficial # 43. Fecha: 10-10-1996

CAPITULO IX

RECURSOS ENERGÉTICOS NO CONVENCIONALES

Art. 63.- El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.

El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características.

Art. 64.- El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad.

1.3.9 Decreto Ejecutivo #2066

Publicado en el Registro Oficial N° 401 de fecha 21 – 11 – 2006.

CAPÍTULO XII

RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES, NO CONVENCIONALES

Art. 76.- Definición.- Se consideran recursos energéticos renovables no convencionales, aquellos provenientes del aprovechamiento de las energías: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y la proveniente de pequeñas centrales hidroeléctricas.

Art. 77.- Fomento.- El Estado fomentará el uso de los recursos energéticos renovables, no convencionales, a través de la asignación prioritaria de fondos del FERUM, por parte del CONELEC, quien introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido.

1.3.10 Acuerdo Ministerial Ambiental para Granjas Avícolas

Ponedoras y de Engorde #036

Publicado en fecha 28 – 04 – 2009.

Art. 1.- Aprobar la ficha ambiental y Plan de Manejo Ambiental para las granjas avícolas ponedoras y de engorde constante en el Anexo A.

Art. 2.- Aprobar las medidas ambientales específicas de aplicación para las granjas avícolas ponedoras y de engorde constantes en los anexos B y C.

Art. 3.- La aplicación de la ficha ambiental, Plan de Manejo Ambiental y medidas ambientales específicas, son de cumplimiento obligatorio para todas las empresas avícolas del país y se aplica para las fases de incubación, reproducción y engorde de aves en sus etapas de instalación, operación, mantenimiento y cierre de las granjas, no aplica para las plantas faenadoras de aves.

Art. 4.- La ficha ambiental y Plan de Manejo Ambiental para las granjas avícolas, será de aplicación nacional y será adoptada por las autoridades ambientales de aplicación responsable acreditadas al SUMA.

1.3.11 Ordenanza para la Protección de la Calidad Ambiental en lo relativo a la Contaminación por Desechos No Domésticos y Otros Generados por Fuentes Fijas del Cantón Salcedo

Publicado en fecha 25 – 02 – 2004.

TÍTULO PRIMERO

DE LAS DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO II

OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Art. 3.- OBJETO.- Esta norma regula los mecanismos para la protección de la calidad ambiental cantonal afectada por los desechos líquidos y emisiones a la atmósfera de carácter no doméstico emitidas por los sujetos de control. Preserva, en

particular, los elementos agua, aire, suelo y sus respectivos componentes bióticos y abióticos, en salvaguarda de la salud de la comunidad del cantón.

Art. 4.- SUJETOS DE CONTROL.- Son sujetos de control de esta ordenanza los establecimientos asentados físicamente en el cantón, se hallen o no domiciliados en el mismo, dedicados a las actividades industrial, pequeña industria, agrícola, florícola, de servicios, así como en general aquellos que constituyan fuentes fijas de generación de desechos peligrosos no domésticos previstos en el “Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación”

Art. 5.- NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES.- Al tenor del artículo precedente, los desechos líquidos y emisiones a la atmósfera, generados por los sujetos de control, deberán someterse a los niveles máximos permisibles establecidos por esta ordenanza y sus instructivos de aplicación y, supletoriamente, a los previstos por la ley y reglamentos nacionales sobre la materia. En ningún caso los niveles establecidos por la ordenanza y sus instructivos, serán menos estrictos que los establecidos en los últimos cuerpos legales nombrados.

TÍTULO SEGUNDO

DE LA ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

Art. 12.- DEL CERTIFICADO DE REGISTRO Y PERMISO AMBIENTAL.- Todo sujeto de control deberá obtener el Certificado de Registro Ambiental que otorga la Autoridad Ambiental, como requisito indispensable para poder funcionar legalmente. El Certificado de Registro Ambiental. Es una especie valorada que se obtiene al momento en que el establecimiento se registra ante dicha autoridad. Tendrá una vigencia de tres meses de plazo.

El Permiso Ambiental, lo obtienen los sujetos de control una vez demostrado su cumplimiento de los niveles máximos permisibles de contaminación, a través del Informe Técnico Administrativo. El Permiso Ambiental será Actualizado cada dos años.

La Unidad de Gestión Ambiental proporcionará al resto de instancias municipales, una información permanente y actualizada de los certificados de registro ambiental y permisos ambientales que expida, a fin de que todas los exijan como requisito indispensable para cualquier otra autorización que soliciten los sujetos de control.

TÍTULO CUARTO

DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES

CAPÍTULO PRIMERO

DE LAS INFRACCIONES

Art. 22.- DE LA RESPONSABILIDAD OBJETIVA.- La conductas que infrinjan las disposiciones de esta ordenanza serán sancionadas sin considerar cuál haya la intención del infractor. Por tanto, constatada objetivamente la relación entre la conducta infractora y el daño o riesgos causados, se sancionará al responsable, sin perjuicio de que, paralelamente, se entablen en su contra las acciones judiciales que sean pertinentes.

CAPITULO SEGUNDO

DE LA ACCIÓN POPULAR

Art. 36.- DE LA ACCIÓN POPULAR.- Se concede acción popular a cualquier persona, grupo, organización o comunidad del cantón, sin necesidad de ser directamente afectados, para que denuncien cualquier conducta que infrinja las disposiciones de esta ordenanza.

TÍTULO SEXTO

DE LOS INCENTIVOS

CAPITULO PRIMERO

DEL FONDO AMBIENTAL

Art. 38.- FONDO AMBIENTAL.- Mediante esta ordenanza se crea el Fondo Ambiental para incentivar el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, y, en general, de medidas orientadas al manejo sustentable de los recursos naturales y a la protección del entorno cantonal.

Este fondo se financiará con el cincuenta por ciento de los ingresos que obtenga el municipio por la aplicación de, multas a los infractores de esta ordenanza, así como por los aportes del presupuesto municipal y de las donaciones que para este efecto obtenga el propio municipio. Dichos ingresos se destinarán principalmente, a los siguientes fines:

- 1) Subvencionar las campañas de difusión y promoción de cumplimiento de la ordenanza; así como las de educación y concienciación ambientales de la población;
- 2) Financiar proyectos de investigación científica tendientes a promocionar la utilización de tecnologías limpias y energías alternativas en los procesos productivos de los sujetos de control de esta ordenanza.
- 3) Otras actividades afines de incentivo para la protección ambiental.

El Fondo Ambiental se halla sujeto a normas pertinentes a la administración financiera municipal, pero además, contará con un reglamento específico que determine su composición y funcionamiento.

Sin perjuicio del enunciado anterior, para velar por su adecuado funcionamiento, se designará un Coordinador del fondo quien vigilará el cumplimiento de las metas y planes que sobre el tema posean al Autoridad Ambiental y la Administración Financiera Municipal; y pondrá planes anuales de fortalecimiento e inversión del Fondo Ambiental.

1.3.12 Resolución Técnica de Buenas Prácticas Avícolas #047

Fecha 19 – 03 - 2013, **CONAVE indica:**

CAPÍTULO IV

DE LAS MEDIDAS HIGIÉNICAS Y DE LA BIOSEGURIDAD EN LAS EXPLOTACIONES AVÍCOLAS

Art.23 De la bioseguridad para el uso de la gallinaza como abono orgánico.

- a) En el caso de brote de enfermedad de declaración obligatoria, se deberá notificar a la Autoridad Sanitaria y desinfectar el interior del plantel, conforme a los planes oficiales de control y prevención de enfermedades y a la normativa internacional; y,

- b) Toda gallinaza debe tener un proceso adecuado (p.e. térmico) para eliminar los microorganismos antes de ser utilizada. El lugar donde se realice este proceso debe tener un cerramiento o malla que impida el ingreso de animales (perros, gatos o aves silvestres) y además debe tener buena ventilación, ya que se producen emanaciones de gases.

CAPÍTULO IX

DEL MANEJO AMBIENTAL, SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR LABORAL

Art.62.- Del manejo y empleo de la gallinaza

Todas las actividades de limpieza de los galpones para el retiro y manejo de la gallinaza deben estar documentadas con el POE (Procedimiento Operativo Estandarizado de Sanitización) respectivo.

Si la gallinaza va ser procesada fuera de la granja avícola deberá ser sanitizada previamente (Ej. Tratamiento térmico).

- La gallinaza, una vez tratada, deberá ser recogida en fundas para evitar la diseminación de microorganismos.
- El personal encargado de recoger la gallinaza debe utilizar equipo de protección.
- El traslado de la gallinaza procesada para uso agrícola se realizará tomado todas las precauciones, a fin de no ser fuente de diseminación de enfermedades o contaminación ambiental
- Deberá secarse y desinfectarse el producto y su transporte deberá asegurar que éste no se derrame, para lo cual se deberán emplear camiones con carrocerías que sean selladas en fondos y costados, cubiertos por una carpa impermeable para así evitar el incremento de humedad del material transportado; y,
- Luego del descargue de la gallinaza, se deberá limpiar el transporte a fondo para eliminar todos los residuos.
- Para el acopio de la gallinaza en los puntos de uso, se deberá considerar la:
 - Impermeabilidad del suelo.
 - Líneas de drenaje.
 - Pendiente del terreno.
 - Distancia a cursos de agua (no menos de 20m).

- La distancia mínima de acopio se recomienda a más de 50m de viviendas extra prediales y a más de 100 m. de construcciones sensibles.
- Si durante el acopio, la gallinaza sobrepasa un lapso mayor a 9 días es necesario aplicar un larvicida y un insecticida para el control de moscas.

En caso de lluvia se deberá proceder a cubrir la gallinaza con material impermeable.

Art. 64.- De la prevención y control de olores que se generan en el proceso de crianza y engorde

a) Se debe establecer un POE que considere el manejo de los subproductos generados.

- Aspectos tales como su identificación, segregación, acopio transitorio, traslados y procesos relacionados deben ser incluidos.
- En el procedimiento generado se debe incluir:
 - Manejo y uso de aves de descarte destinadas a producción de harina.
 - Manejo y uso de otros subproductos.

b) En el caso de que la granja avícola se encuentre cerca de sectores poblados, se deben crear cortinas vegetales con árboles o arbustos aromáticos ubicados en los linderos de la explotación, de esta forma se disminuirá la emisión de olores; y,

c) Se sugiere que la emisión del amoníaco (mg/L) en las explotaciones no deba superar los siguientes límites:

- En el interior de los galpones < 25
- En el núcleo poblacional más cercano < 10
- En el sitio de tratamiento de gallinaza < 40

Art. 65.- De las consideraciones medio ambientales en la etapa de la reproducción

a) Los procedimientos de limpieza deberán emplear sistemas que minimicen el uso de agua; y,

b) El manejo y disposición de los subproductos generados deberá considerar en el POE (procedimientos Operacionales Estandarizados):

- Manejo y uso de huevos no incubables.
- Manejo y uso de aves fuera de postura
- Manejo y uso de aves que han cumplido su ciclo productivo
- Manejo y uso de otros subproductos

Art. 66.- De las consideraciones medio ambientales en la etapa de la incubación

El manejo y disposición de los subproductos generados debe considerar en el Procedimiento Operacional Estandarizado:

- Manejo y uso de huevos no incubables.
- Manejo y uso de huevos incubables no nacidos.
- Manejo y uso de cáscaras de huevo.
- Manejo y uso del plumón.
- Manejo y uso de pollitos de descarte.
- Manejo y uso de otros subproductos.

Art.67.- Del manejo de residuos líquidos

a) En la medida que se generen residuos líquidos, las granjas avícolas deben implementar medidas que impidan la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, a través de la elaboración, aprobación e implementación de procedimientos que permitan el manejo de estos residuos;

b) Se deben implementar sistemas de lavado a presión que minimicen el uso de agua.

c) Se deben mantener limpios y controlar los sistemas de bebederos y cañerías para evitar pérdidas de agua; y,

d) Se debe respetar la normativa de cada Municipio para el manejo de residuos líquidos.

1.3.13 Reglamento de control de la Instalación y Funcionamiento de las Granjas Avícolas

CAPÍTULO IX

DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

Art. 23.- Las explotaciones avícolas deberán contar con un Plan de Manejo Ambiental, que incluya, el manejo y empleo de la gallinaza, el manejo y disposición de residuos, la prevención y el control de olores que se generan en el proceso productivo y el manejo de residuos líquidos.

Art. 24.- Las explotaciones avícolas deberán contar con procedimientos de manejo de su gallinaza que puede ser tratada en la misma unidad productiva o en una procesadora externa. Si la gallinaza va a ser procesada fuera de la granja avícola debe ser previamente sanitizada a través de un tratamiento que asegure la eliminación de agentes patógenos y evite el crecimiento de insectos. Este tratamiento debe ser realizado en un plazo no mayor a treinta días en el caso de aves de jaula y si son aves de piso, 30 días después de la finalización del ciclo productivo.

Para el acopio de la gallinaza en los puntos de uso, se deberá considerar: la impermeabilidad del suelo, las líneas de drenaje, la pendiente del terreno y una distancia no menor a 20 m. de cursos de agua. Si el acopio de la gallinaza sobrepasa

más de 9 días se la tratará con larvicidas e insecticidas. El traslado de gallinaza procesada para uso agrícola deberá realizarse previo secado y desinfección y su transporte debe efectuarse en vehículos con carrocerías selladas en los fondos y costados y cubiertos con una carpa impermeable. La gallinaza una vez tratada debe ser recogida en fundas.

Art. 25.- El manejo y eliminación de residuos o desechos de fármacos y biológicos, recipientes, agujas y jeringuillas deben efectuarse de acuerdo a la Ley de Gestión Ambiental y no deben ser mezclados con la basura normal.

La disposición final de la basura debe hacerse en lugares aprobados por las autoridades competentes y con apego a las Ordenanzas Municipales.

Art. 26.- Cuando las explotaciones avícolas afecten a sectores poblados con olores generados en el proceso productivo, se formarán cortinas vegetales con árboles o arbustos aromáticos, para disminuir la emisión de olores.

La emisión de amoníaco (mg/L) no debe superar los siguientes límites:

- En el interior de los galpones menor o igual a 25
- En el núcleo poblacional más cercano menor o igual a 10
- En el sitio de tratamiento de gallinaza menor o igual a 40

Art. 27.- En función de Plan de Manejo Ambiental y en la medida en que se generen residuos líquidos, las granjas avícolas deben implantar sistemas de ingeniería sanitaria y ambiental para el manejo de tales residuos a fin de evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

1.4 Marco Conceptual

ACETATOGÉNESIS: la acetogénesis es el proceso a través del cual bacterias anaerobias producen acetato a partir de diversas fuentes de energía (por ejemplo, hidrógeno) y de carbono (por ejemplo, dióxido de carbono).

ACIDOGÉNESIS: es la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas.

ACUÍFERO: zonas subsuperficiales o formaciones de rocas que contienen recursos explotables de aguas residuales.

AFLUENTE: son los materiales orgánicos (purines de animales, excretas humanas, materia vegetal, lodos o fangos de depuración, etc.) que ingresan al biodigestor para ser considerados como el sustrato de la digestión anaerobia.

BIOCOMBUSTIBLE: combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos.

BIODIGESTOR: se definen como un contenedor hermético e impermeable, en el interior de este reactor se produce la fermentación de los compuestos orgánicos (restos de vegetales, excreta del ganado, aves, etc.) en una determinada dilución de agua, donde las bacterias descomponen en un medio anaeróbico produciendo tres compuestos importantes: biogás, biol y biosol.

BIOGÁS: gas, mezcla de metano y dióxido de carbono, producido por la fermentación bacteriana de los residuos orgánicos, que se utiliza como combustible.

BIOGASIFICACIÓN: paso de materia orgánica líquido o sólido a materia orgánica en estado gaseoso.

BIOL: es una fuente de fitoreguladores producto de la descomposición anaeróbica (sin la acción del (aire) de los desechos orgánicos que se obtiene por medio de la filtración o decantación del bioabono.

BIOMASA: materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

BIOMETANIZACIÓN: es el tratamiento de fermentación de la materia orgánica que da como resultado la producción de metano, gas cuya combustión produce energía.

BIOSOL: es el resultado de separar la parte sólida del “fango” resultante de la fermentación anaeróbica dentro del fermentador o biodigestor.

BTU: la Unidad Térmica Británica (BTU) es una unidad de energía utilizada en las industrias de energía, generación de vapor, aire acondicionado y calefacción.

CAMAS DE LAS AVES DE CORRAL: son un producto agrícola producido de manera comercial usado para hacer lechos para los gallineros, permitiéndoles a los pollos o gallinas tener mejor tracción en el piso del gallinero.

COLOIDAL: coloide es una sustancia cuyas partículas pueden encontrarse en suspensión en un líquido, merced al equilibrio coloidal; dichas partículas no pueden atravesar la membrana semipermeable de un osmómetro.

COMPOSTAJE: proceso controlado de descomposición biológica de los residuos sólidos orgánicos que permite la producción de cómpost.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES: sustancias que se evaporan con facilidad a temperaturas inferiores a su punto de ebullición.

CONTENIDO ENERGÉTICO: es el valor energético que proporciona una medida de cuanta energía se genera de cierto producto.

DIETA ANIMAL: cantidad de alimento que se le proporciona a un organismo en un periodo de 24 horas, sin importar si cubre o no sus necesidades de mantenimiento.

DIGESTIÓN ANAEROBIA: se trata de nuevo de un proceso liderado por bacterias específicas, es decir que pueden vivir en ausencia de oxígeno, que permite obtener metano en forma de biogás a partir de residuos orgánicos, fundamentalmente excrementos animales.

EFEECTO INVERNADERO: capacidad de la atmósfera (nubes, vapor de agua y en un menor grado, gases atmosféricos tales como dióxido de carbono) para absorber la radiación de onda más larga emitida por la Tierra.

EMISIÓN: liberación de un producto desde una fuente, incluidas las descargas de entidades materiales o físicas a un ambiente más amplio.

ESCORRENTÍA: aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.

ESTIÉRCOL: materia orgánica en descomposición, principalmente excrementos animales, que se destina al abono de las tierras.

EUTROFIZACIÓN: acumulación de nutrientes en un lago o masa de agua cercada por tierra.

EXCRETA: conjunto de los desechos de la nutrición expulsados fuera del organismo (heces, orina, sudor, bilis, esputos, etc.).

FITOTOXICIDAD: toxicidad por algún producto químico para las plantas cultivadas.

GALLINAZA: excremento o estiércol de las gallinas.

GALPÓN: construcciones relativamente grandes, las cuales pueden ser utilizadas en diferentes situaciones, las cuales abarcan desde cuidado y orden de herramientas, criadero de animales hasta trabajos de régimen industrial.

HECES: materia orgánica particulada, formada como resultado de la conversión de material biológico.

HIDRÓLISIS: es el proceso mediante el cual los microorganismos toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples.

HUMUS: material que se genera mediante la crianza de lombrices, útil para mejorar el suelo agrícola, parques y jardines y recuperación de tierras no-fértiles.

KWh: equivalente a mil vatios-hora, se usa generalmente para la facturación del consumo eléctrico domiciliario, dado que es más fácil de manejar que la unidad de energía del Sistema Internacional, el julio (J).

LIXIVIADO: líquido que se filtra a través del relleno y, al hacerlo, extrae sustancias de los residuos depositados.

METABOLITO: cualquier sustancia o molécula que se genera a lo largo del metabolismo de otra sustancia.

METANOGENESIS: es la formación de metano por microorganismos siendo una forma de metabolismo microbiano muy importante y extendido, en la mayoría de los entornos, es el paso final de la descomposición de la biomasa.

NITRÓGENO AMONÍACAL: medida de la presencia de compuestos nitrogenados, generalmente de la actividad biológica, por su conversión a amoníaco.

NITRÓGENO NO PROTEICO: compuestos de nitrógeno que pueden ser convertidos en proteínas por algunos organismos vivos.

PATÓGENO: un organismo capaz de causar enfermedades.

PERMEABILIDAD: es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente.

PODER ENERGÉTICO: la cantidad de calor producido por la combustión completa de un combustible.

PARTES POR MILLÓN (PPM): unidad de medida con la que se evalúa la concentración.

PROMOTORES DE FERMENTACIÓN: son materiales que pueden fomentar la degradación de la materia orgánica y aumentar la producción de gas; entre ellos

se encuentran enzimas, sales inorgánicas, se pueden emplear urea, carbonato de calcio (CaCO_3).

TEMPERATURA DE IGNICIÓN: se denomina Punto de ignición o Punto de inflamación de una materia combustible al conjunto de condiciones físicas (presión, temperatura) necesarias para que la sustancia empiece a arder y se mantenga la llama sin necesidad de añadir calor exterior.

TEP: la tonelada equivalente de petróleo (tep, en inglés toe) es una unidad de energía, su valor equivale a la energía que rinde un tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste.

CAPÍTULO II

2. APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1 Descripción del área de estudio

2.1.1 Ubicación del Ensayo

La presente investigación se desarrolló en el cantón Salcedo, parroquia San Miguel, barrio “El Calvario”, se requirió de 135 días, 75 días utilizados en la producción de biogás y 60 días de trabajo de campo.

TABLA N° 1. UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA DEL ENSAYO

País	Ecuador	Localidad	Barrio El Calvario
Provincia	Cotopaxi	UTM WGS84	S 1051395
Cantón	Salcedo	Altitud	W 78587646
Parroquia	San Miguel		2 628m.s.n.m.

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2014)

2.1.2 Condiciones climáticas

Para la descripción del medio físico se recurrió al Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo, del Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI), obteniendo la siguiente información:

2.1.2.1 Temperatura

De los registros meteorológicos de temperatura del año 2006 al 2010, se analizó que la temperatura media mensual promedio fue de 14,06 °C.

TABLA N° 2. REGISTROS DE TEMPERATURA ENTRE 2006 - 2010

ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA - SALCEDO						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
°C	14	13,9	13,7	14,4	14,3	14,06

FUENTE: Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo. INAMHI.

2.1.2.2 Humedad Relativa

En lo que respecta a humedad relativa de acuerdo al Anuario Meteorológico se obtuvieron los siguientes datos con un resultado de 76.2%

TABLA N° 3. REGISTROS DE HUMEDAD ENTRE 2006 - 2010

ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA - SALCEDO						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
%	77	76	77	75	76	76,2

FUENTE: Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo. INAMHI.

2.1.2.3 Precipitación

De los datos obtenidos para el periodo establecido, la media multianual es de 621,28 mm, registrándose en el año 2008 el promedio más alto de precipitación

TABLA N° 4. REGISTROS DE PRECIPITACIÓN ENTRE 2006 - 2010

ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA - SALCEDO						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
Mm	659,4	506,3	864,3	482,5	593,9	621,28

FUENTE: Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo. INAMHI.

2.1.2.4 Nubosidad

Los datos recolectados en la estación meteorológica Rumipamba – Salcedo registran un promedio de 6 octas.

TABLA N° 5. REGISTROS DE PRECIPITACIÓN ENTRE 2006 - 2010

ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA – SALCEDO						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
Octas	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

FUENTE: Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo. INAMHI.

2.1.2.5 Viento

De los datos obtenidos se ha determinado la tendencia o frecuencia anual de la dirección del viento, para la zona y año 2008, ya que registraron mayores datos.

TABLA N° 6. REGISTROS DE VIENTO ENTRE 2006 – 2010

ESTACIÓN METEOROLÓGICA RUMIPAMBA – SALCEDO								
N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Media
1,79	0,95	0,50	4,20	4,13	1,11	0,90	1,57	4,46

FUENTE: Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba – Salcedo. INAMHI.

2.2 Materiales, Equipos e Insumos

2.2.1 Materiales e Insumos para la Elaboración de Biogás

Para la investigación se utilizó 21 bidones con una capacidad de 18 litros, microorganismos autónomos eficientes, microorganismos comerciales eficientes de acuerdo a cada tratamiento y testigo de control con tres repeticiones respectivamente. Los materiales e insumos utilizados fueron:

- 10 kg de cascarilla de arroz.
- 110 kg de gallinaza fresca.
- 21 adaptadores de cobre de 516.
- 21 adaptadores flex de ½ pulgada.
- 21 agitadores plastificados.
- 21 bidones modelo Jerrycan con sus respectivas tapas.
- 21 codos de PVC ½ pulgada.
- 21 llaves bola de PVC ½ pulgada.
- 21 recortes de manguera para agua de ½ pulgada de 5 cm.
- 21 recortes de tubería PVC ½ pulgada de 15 cm.
- 21 recortes de tubería PVC ½ pulgada de 20 cm.
- 21 T's plásticas de 12 mm.
- 21 termo higrómetros digital con panel sin sonda.
- 21 tubos de llanta de bicicleta rin 14.
- 21 válvulas de tubos de bicicleta.
- 252 Lt de agua
- 63 recortes de tubo sanitario de 12 mm de 15 cm cada uno.
- Caldo de microorganismos trampeados (de acuerdo a cada tratamiento).

2.2.2 Materiales, Insumos y Equipos de Campo

- Balanza digital.
- Cámara fotográfica.
- Fichas de registro de datos.
- Herramientas agrícolas.
- Invernadero para ubicación de los biodigestores.
- Kit de trampeo.
- Libro de campo.
- Libros de referencia para la investigación.
- Manómetro.
- pH metro.
- Rótulos de identificación.
- Terreno (18m²).

2.2.3 Materiales de Escritorio

- Servicios de computador, imprenta y copiadora.
- Suministros de oficina

2.2.4 Recurso Humano

- Tesistas
- Director de tesis

2.3 Diseño Metodológico

2.3.1 Tipos de Investigación

En el presente estudio se utilizó los siguientes tipos de investigación, los cuales se detallan a continuación:

2.3.1.1 Investigación Bibliográfica

Este tipo de investigación permite la construcción del conocimiento a partir de la revisión, el análisis y la síntesis de la información a partir de libros, folletos, artículos, diarios, boletines en otros materiales escritos, visuales o audiovisuales, con el fin de establecer relaciones, diferencias, etapas o estado actual del conocimiento, respecto del tema objeto de estudio.

Este tipo de investigación se utilizó en el análisis de la información recopilada en el apartado de fundamentación teórica, facilitando la identificación del problema de estudio y estableciendo conocimientos necesarios para la ejecución del presente estudio.

2.3.1.2 Investigación Descriptiva

Es aquella en la que se reseñan las características, rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio, una de las funciones principales de esta investigación es la

capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes o clases de dicho objeto.

La investigación descriptiva se utilizó en la presente investigación para la obtención de las bases de conocimiento necesarias y la noción del estado actual del problema identificado, teniendo en cuenta sus características y su influencia en la sociedad involucrada. Permitió también conocer la población en estudio y sus características para poder dotar de un enfoque holístico a la presente investigación.

2.3.1.3 Investigación de Campo

Este tipo de investigación constituye un proceso sistemático, riguroso y racional de recolección, tratamiento, análisis y presentación de datos, basado en una estrategia de recolección directa de la realidad de las informaciones necesarias para la investigación.

Este tipo de investigación se aplicó durante la construcción y operación de cada uno de los biodigestores en su producción de biogás. Se utilizó también la investigación de campo en la recolección de datos de cada una de las unidades experimentales, proporcionando información de alta confiabilidad y por consecuencia un bajo margen de error.

2.3.1.4 Investigación Analítica

Es un procedimiento más complejo que la investigación descriptiva, y consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control.

Este tipo de investigación se aplicó en la evaluación de los resultados obtenidos de cada una de las unidades experimentales, concluyendo en el mejor promotor de fermentación y la mejor dosis para la producción de biogás.

2.3.1.5 Investigación Experimental

La investigación experimental se caracteriza porque en ella el investigador actúan conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis.

La investigación experimental se empleó al implementarse un experimento, que en esta investigación constó de la manipulación intencionada de las variables independientes para la producción de biogás en un escenario controlado, siendo el experimento constituido por siete tratamientos (incluido el testigo o control) y tres repeticiones por cada tratamiento, dando como resultado veintiún unidades experimentales (21 UE).

2.3.2 Métodos de Investigación

Para la investigación se utilizó los siguientes métodos:

2.3.2.1 Método Inductivo

Es el estudio o investigaciones de casos particulares para obtener la verdad general. Es decir que de varios casos que se investigó, más tarde se puede inferir en un tipo de saber.

Este método se aplicó ya que partiendo de conocimientos particulares mediante una inducción incompleta, como la utilización de promotores de fermentación (microorganismos) y reguladores de la relación C/N consultados en bibliografías los menciona como favorecedores en la digestión anaerobia, se concluyó que los mismos son ideales propulsores de la digestión proceso presente en la producción de biogás.

2.3.2.2 Método Descriptivo

Este método consiste en la caracterización de un fenómeno, en este método se busca de forma inmediata las características esenciales y accidentes de la investigación, el objetivo estriba en describir un fenómeno.

Este método se utilizó en la descripción de características importantes de la investigación que fundamente la situación actual del problema objeto de estudio,

empezando en primera instancia desde la observación del problema considerando esta técnica como un elemento importante de la investigación.

2.3.2.3 Método Analítico

El método analítico hace referencia a la extracción de las parte de un todo, con la finalidad de estudiarles y examinarlas por separado para delimitar, la importancia radica que todo desagregamos las partes, para realizar un estudio minucioso del tema, evento o problema.

Este método se aplicó ya que partiendo de algo general revisado en bibliografías se menciona que toda materia orgánica es apta para la producción de biogás, se dedujo que la gallinaza al estar constituido principalmente por carbono es un excelente productor de biogás, así mismo de los promotores de fermentación ya que en las referencias bibliográficas se menciona de manera general acerca de estos y se los va a estudiar de manera separada cada uno de ellos y su eficiencia en la producción del biogás.

2.3.2.4 Método Experimental

Es aquel método que se aplica para conocer la realidad del fenómeno, parte del conocimiento disponible hasta la verificación de los hechos, la demostración se va cumpliendo desde el momento que se realiza la investigación con los mínimos datos hasta su análisis y estructuración. Dentro de muchos trabajos de tipo experimental aparece el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) que consiste en formar bloques con las muestras que reciben diferentes tratamientos, un bloque es un equipo de unidades experimentales (UE) similares al cual se le aplica un

tratamiento, la eficacia del diseño depende de la capacidad de conseguir bloques homogéneos de UE.

Este método se aplicó en el diseño experimental que tendrá la investigación, ya que por medio de este método se realizaran las conformaciones de los tratamientos de estudio que en estos casos sería la selección de los promotores de fermentación y las dosis que se aplicará en cada unidad experimental es decir en los biodigestores tipo Batch. El DBCA se utilizó en un arreglo factorial $2 \times 3 + 1$, implementado con 3 repeticiones.

2.3.3 Técnicas de Investigación

2.3.3.1 Observación Directa

Es el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste. En el transcurso de la investigación puede convertirse en procedimiento propio del método utilizado en la comprobación de la hipótesis. Al finalizar la investigación la observación puede llegar a predecir las tendencias y desarrollo de los fenómenos, de un orden mayor de generalización.

La observación directa en la presente investigación permitió realizar un planteamiento adecuado del problema en estudio, acercándose lo más posible a la realidad. Permitió también realizar un acercamiento al área de estudio, donde se llevará a cabo el experimento en mención.

2.3.3.2 Fichaje

El fichaje es una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información. Cada ficha contiene una información que, más allá de su extensión, le da unidad y valor propio.

El fichaje permitió llevar un registro de las mediciones que se realizaron sobre la producción de biogás de cada uno de los tratamientos. Así mismo permitió sistematizar información de gran importancia para la investigación, misma que pudiera ser requerida posteriormente para su análisis crítico o estadístico.

2.3.4 Metodología

Como parte preliminar para la investigación se empezó con el trabajo de campo a través de la implementación de una protección básica frente a los factores climáticos propios de la zona, principalmente de precipitación y viento, para lo cual se construyó un invernadero de forma rectangular, de consistencia mixta; con un largo de 6m, el ancho del invernadero fue de 3m, el ancho de separación entre cada hilera de repetición fue de 0.25 m, con un área de 18 m² en el cual se colocó los biodigestores tipo discontinuos tipo Batch.

El procedimiento de investigación realizado se lo ha clasificado en tres fases las cuales se detallan a continuación:

2.3.4.1 Fase 1: Construcción de los Biodigestores Discontinuos Tipo Batch

Para la construcción de los biodigestores discontinuos tipo Batch, que para la presente investigación fueron de veintiuna unidades experimentales (21 UE) se procedió de la siguiente manera, teniendo en cuenta que cada unidad experimental contó con todos los equipos y materiales necesarios para su correcto funcionamiento:

- a)** Fue necesario la adquisición previa de todos los materiales a utilizarse para la construcción de las unidades experimentales.

- b)** Las orejas de los bidones modelo Jerrycan fueron cortadas para aprovechar el espacio que las mismas ocupaba, esto con la única finalidad de colocar el agitador.

- c)** El agitador fue construido con varillas plastificadas ya que la mismas por acción del agua no se corroen y por lo tanto no fueron un sesgo en la investigación, estos sistemas contaron con la ayuda de un perno ubicado en la parte superior en contacto con el bidón, el cual cumplió con la función de mecanismo de desplazamiento, transformando el movimiento giratorio a uno longitudinal, haciendo que la varilla se mueva dentro del biodigestor a diferentes niveles homogenizando el sustrato.

- d)** Las tapas de los bidones fueron perforadas a la medida de una tubería metálica de ½ pulgada, esto para realizar las conexiones con la tubería de PVC.

- e) En un extremo de los bidones se procedió a la perforación con una plantilla prefabricada con anterioridad de acuerdo a las medidas del termo higrómetros.

- f) Los recortes de pedazos de tubería PVC de ½ pulgada de 20 cm y 15 cm se unieron a través de un codo de la misma medida en las respectivas aberturas del codo. En un extremo de la tubería de 15 cm se unió la llave bola y esta su vez con el recorte de tubería de manguera de ½ pulgada.

- g) Por consiguiente se unió el sistema anterior con el recorte de tubería de cobre de 5/16 y este con la estructura formada con el tubo sanitario y la “T” de 12 mm.

- h) Finalmente se ensambló todo el sistema de tubería uniéndolo al biodigestor haciendo los ajustes necesarios para evitar fugas de gas, sometiendo cada unidad experimental a una prueba de rigor con una sustancia jabonosa, detectando posibles fugas.

2.3.4.2 Fase 2: Trampeo de Microorganismos

El total de trampas de microorganismos presentes en la gallinaza fue de 9 unidades y se lo realizó de la siguiente manera:

- a) En tarrinas plásticas de ½ litro de capacidad se colocó ½ libra de arroz precocido sin sal y sin aceite, las cuales fueron cubiertas por una malla media nylon.

- b)* Cada unidad fue enterrada durante cinco días a la sombra en el lugar donde se encontraba la gallinaza fresca. El contenido de cada trampa fue licuado con 3 litros de melaza y 4 litros de caldo de pollo, para posteriormente ser depositados de un galón.
- c)* Esta mezcla fue dejada en reposo para que los microorganismos pudieran reproducirse por un total de ocho días, para ser utilizados posteriormente, en cada tratamiento.

2.3.4.3 Fase 3: Análisis de la Gallinaza

Se muestreo una porción de gallinaza fresca, a la cual se procedió a enviar la misma a un laboratorio acreditado para un análisis físico – químico de los siguientes parámetros: relación C/N, pH, N Total, P, Ca elementos importantes para el crecimiento y nutrición de los microorganismos, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA N° 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GALLINAZA

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDAD
pH	7.68	Acidez o basicidad
C/N	15:1	relación
N TOTAL	3.87	g/100 g (%)
P (Fósforo)	0.93	g/100 g (%)
Ca (Calcio)	1,65	g/100 g (%)
M. O. (Materia Orgánica)	85.08	g/100 g (%)

FUENTE: Laboratorio de aguas y suelo. INIAP (2014)

2.3.4.4 Fase 4: Operatividad de los Biodigestores

- a)** La implantación de los biodigestores se realizó en una cavidad en el suelo, para que de esta manera las unidades experimentales queden inmobilizadas y de esta manera evitar cualquier sesgo en la investigación.

- b)** Una vez implantados los biodigestores se procedió al pesaje de la materia prima que producirá biogás, que en este caso es la gallinaza, con una cantidad de 5 kg para cada biodigestor.

- c)** Para la determinación de microorganismos eficientes (locales y comerciales), se determinó el doble de la dosis recomendada por la casa distribuidora de los microorganismos comerciales eficientes relacionándolos con el volumen de agua que cada unidad experimental contenía, determinando una cantidad de compost treet y de microorganismos trampeados de 2.8 gramos, para cada unidad experimental.

- d)** Para el cálculo de la cantidad de regulador de relación C/N a utilizar en los diferentes tratamientos, se analizó los resultados de laboratorio, mismos que indican una relación C/N de 15:1. Por lo tanto se manipuló la porción de carbono presente en la biomasa utilizada en el presente estudio para la evaluación de sus diferentes interacciones. Teniendo en cuenta que el regulador de la relación C/N utilizado fue la cascarilla de arroz, con una relación C/N de 67:1; se determinó que cada parte de cascarilla de arroz posee 67 partes de carbono, siendo así:

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ gr Cascarilla de arroz} & \underline{\hspace{2cm}} & 67 \text{ gr Carbono} \\
 X & \underline{\hspace{2cm}} & 5 \text{ gr Carbono}
 \end{array}$$

$$X = 7,46 \text{ gr Cascarilla de arroz.}$$

Se establece que para ajustar 5 partes de carbono a la relación C/N de cada tratamiento se deben añadir 7,46 gr de cascarilla de arroz por cada 100 gr de gallinaza, por lo tanto:

RELACIÓN 15:1

Sin adición de regulador de relación C/N.

RELACIÓN 20:1

$$\begin{array}{rcl}
 7,46 \text{ gr Cascarilla de arroz} & \underline{\hspace{2cm}} & 100 \text{ gr Gallinaza} \\
 X & \underline{\hspace{2cm}} & 5\,000 \text{ gr Gallinaza}
 \end{array}$$

$$X = 373 \text{ gr o } 0,373 \text{ kg de Cascarilla de arroz}$$

RELACIÓN 25:1

$$\begin{array}{rcl}
 14,92 \text{ gr Cascarilla de arroz} & \underline{\hspace{2cm}} & 100 \text{ gr Gallinaza} \\
 X & \underline{\hspace{2cm}} & 5\,000 \text{ gr Gallinaza}
 \end{array}$$

$$X = 746 \text{ gr o } 0,746 \text{ kg de Cascarilla de arroz}$$

- e) La cantidad de agua para cada unidad experimental fue de 12 litros, estableciendo una relación de 1:2; es decir por cada 1 kilogramo de biomasa se adicionó 2 litros de agua.
- f) Finalmente la cantidad de gallinaza, microorganismos eficientes y agua fueron introducidos en los biodigestores y sellados, distribuidos en 3 hileras con un total de 7 tratamientos en cada hilera, en un diseño de bloque completamente al azar (DBCA).

2.3.5 Factores en Estudio

2.3.5.1 Promotores de Fermentación

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
a ₁	Microorganismos locales eficientes
a ₂	Microorganismos comerciales eficientes (compost treat)

2.3.5.2 Reguladores de la Relación C/N

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
b ₁	Relación 15:1 de cascarilla de arroz
b ₂	Relación 20:1 de cascarilla de arroz
b ₃	Relación 25:1 de cascarilla de arroz

2.2.5.3 Testigos

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
t ₁	Gallinaza sin reguladores de C/N
t ₂	Gallinaza sin reguladores de C/N
t ₃	Gallinaza sin reguladores de C/N

2.3.6 Tratamiento

Para la presente investigación se empleó 7 tratamientos, 6 son producto de la combinación de los factores en estudio, más un testigo de control, los cuales se describen a continuación:

TABLA N° 8. TRATAMIENTOS E INTERACCIONES

TRATAMIENTO	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
t ₁	a ₁ * b ₁	5 kg de gallinaza + 0.00 kg de cascarilla de arroz + microorganismos locales eficientes + 12 lt de agua
t ₂	a ₁ * b ₂	5 kg de gallinaza + 0.373 kg de cascarilla de arroz + microorganismos locales eficientes + 12 lt de agua
t ₃	a ₁ * b ₃	5 kg de gallinaza + 0.746 kg de cascarilla de arroz + microorganismos locales eficientes + 12 lt de agua
t ₄	a ₂ * b ₁	5 kg de gallinaza + 0.00 kg de cascarilla de arroz + microorganismos comerciales eficientes + 12 lt de agua
t ₅	a ₂ * b ₂	5 kg de gallinaza + 0.373 kg de cascarilla de arroz + microorganismos comerciales eficientes + 12 lt de agua
t ₆	a ₂ * b ₃	5 kg de gallinaza + 0.746 kg de cascarilla de arroz + microorganismos comerciales eficientes + 12 lt de agua
t ₀	a ₀ * b ₀	5 kg Gallinaza + 12 lt agua

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2014)

2.3.7 Diseño Experimental

Para el análisis de las variables en estudio para la obtención de biogás se utilizó un arreglo factorial $2 \times 3 + 1$, implementado en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 repeticiones. Y se utilizó la prueba de Tukey al 5% para los valores con significancia estadística.

TABLA N° 9. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

Fuente de Variación	Grados de Libertad
TRATAMIENTOS	6
Promotores de fermentación (A)	1
Reguladores de la relación C/N (B)	2
A * B	2
Fac vs Ad	1
TOTAL	20
ERROR	14

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

2.3.8 Unidad Experimental

Las unidades experimentales para este estudio fueron de biodigestores discontinuos tipo Batch, con las siguientes características:

TABLA N° 10. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	
CARACTERÍSTICAS	NÚMERO
Unidad experimental	Bidón modelo Jerrycan de 18 litros
Número de tanques por repetición	7
Número de hileras/repetición	1
Número de bidones	21
Número de tratamientos	7
Número de repeticiones	3

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

2.3.9 Indicadores a Evaluar

Para la recopilación de datos en la producción de biogás se tomó el total de las unidades experimentales evaluando los siguientes indicadores:

2.3.9.1 Temperatura

La temperatura del sistema de digestión anaerobia se evaluó cada 15 días, con los termo higrómetros incorporados en cada unidad experimental, durante un periodo de 75 días.

2.3.9.2 Presión

La presión se evaluó cada 15 días por un lapso de 75 días, es decir se tomaron 5 datos de este indicador. El instrumento utilizado fue el manómetro, y la medición se la hizo por la válvula de tubo de llanta, ubicado a un extremo del sistema de conexión de tubería.

TABLA N° 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA TEMPERATURA DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS, EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.

F de V	GL	F cal a los 15 días	F cal a los 30 días	F cal a los 45 días	F cal a los 60 días	F cal a los 75 días
TRATAMIENTOS	6	0,09 ^{NS}	1,39 ^{NS}	2,97 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,28 ^{NS}
Promotores de fermentación (A)	1	0,01 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Reguladores de la relación C/N (B)	2	0,25 ^{NS}	9,73*	2,49 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,32 ^{NS}
A * B	2	0,74 ^{NS}	9,59 *	12,15**	2,64 ^{NS}	7,28 *
REPETICIÓN		0,67 ^{NS}	1,05 ^{NS}	0,10 ^{NS}	7,85*	1,98 ^{NS}
TOTAL	20	84,94	119,94	83,99	70,02	54,17
ERROR	14	68,91	24,61	8,74	21,16	18,33
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		5,33 %	5,33 %	3,06 %	4,65 %	4,38 %
PROMEDIOS		27,93	28,13	29,11	29,75	29,39

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

Donde

NS = No significativo

* = significativo

**= altamente significativo

TABLA N° 12. PRUEBA TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN Y 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.

TRATAMIENTO	RANGOS Y PROMEDIOS				
	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días
t ₁ (a ₁ * b ₁)	28,29 A	29,61 A B	30,73 A B	30,88 A	29,80 C
t ₂ (a ₁ * b ₂)	26,98 A	27,78 A B C	29,46 A B C	30,41 A	30,23 A B
t ₃ (a ₁ * b ₃)	27,26 A	27,76 A B C	28,42 B C	28,10 A	28,67 B
t ₄ (a ₂ * b ₁)	26,44 A	26,54 B C	28,31 C	28,80 A	29,37 A B
t ₅ (a ₂ * b ₂)	28,59 A	25,25 C	27,01 C	29,39 A	29,81 A B
t ₆ (a ₂ * b ₃)	26,64 A	31,49 A	31,54 A	32,35 A	31,35 A
t ₀ (a ₀ * b ₀)	27,97 A	28,47 C	28,69 A B C	29,14 A	28,83 B

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

La prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla N° 12), para la variable temperatura, a los 15 y 60 días de producción de biogás muestra que no existe diferencias significativas para ninguno de los tratamientos. Se asume que durante

la fase hidrolítica se tuvo una digestión homogénea en todos los tratamientos sin intervención alguna de sus componentes en particular.

El tratamiento de control (T_0) a los 15 días presenta una temperatura alta frente a los demás tratamientos, con $27,97^{\circ}\text{C}$, siendo superado solamente por el primer tratamiento (T_1). A los 30 días la temperatura aumenta debido a los procesos de cinética microbiológica que se llevan a cabo en los biodigestores, llegando a $28,47^{\circ}\text{C}$, cifra que a los 30 días no está ubicada entre las más altas. A los 45 días la temperatura de este tratamiento llega a los $28,69^{\circ}\text{C}$, ubicándose en uno de los rangos de significación más bajos, pero manteniendo un constante aumento de temperatura en el tiempo. A los 60 días se registra una temperatura de $29,14^{\circ}\text{C}$, dato similar al de los demás tratamientos. Por último a los 75 días se registra una temperatura de $28,83^{\circ}\text{C}$, esto denota un marcado descenso en los procesos microbianos propios de la digestión anaerobia. Al ser este un tratamiento de control, que no contó con la adición de microorganismos, sean estos locales o comerciales, ni una relación C/N apropiada en su materia prima, se pudo observar un crecimiento lento en la temperatura para llegar a su pico máximo, pero con un pronto descenso de temperatura en la fase metanogénica de la digestión anaerobia.

Por su parte el tratamiento 1 (T_1) presenta a los 15 días una temperatura de $28,29^{\circ}\text{C}$ siendo la más alta de todos los tratamientos en esta fase, pero sin diferencia significativa alguna. A los 30 días se muestra con una diferencia significativa frente a los demás tratamientos, pero sin ser el más alto se ubica en un excelente rango de significancia. A los 45 días, su temperatura alcanzó los $30,73^{\circ}\text{C}$ manteniéndose de manera estable como uno de los mejores tratamientos con respecto a la temperatura. Posteriormente a los 60 días se observa que el tratamiento llega a su pico de temperatura con $30,88^{\circ}\text{C}$ en esta fase acetogénica, en la que ninguno de los tratamientos marca una diferencia estadística significativa. Finalmente a los 75 días su temperatura desciende hasta los $29,80^{\circ}\text{C}$, al haber prácticamente terminado de

formar el gas metano, mostrando así haber alcanzado la fase metanogénica, misma que advierte también una cumbre en la producción de biogás.

En el segundo tratamiento (T_2) se puede identificar una introducción lenta a la fase hidrolítica de la digestión anaerobia, pudiendo alcanzar $26,98^{\circ}\text{C}$ a los 15 días de haber iniciado la generación de biogás. A continuación a los 30 días se observa un avance a los rangos medios de significación estadística, alcanzando $27,78^{\circ}\text{C}$ en la fase fermentativa. Luego, a los 45 días se observa un importante incremento de temperatura, obteniendo $29,46^{\circ}\text{C}$. A los 60 días este tratamiento alcanza los $30,88^{\circ}\text{C}$ de temperatura, siendo uno de los más altos en estas instancias. Por último se observa que a los 75 días la temperatura empieza a decrecer levemente logrando sostener $30,23^{\circ}\text{C}$ en la fase final de la producción de biogás.

El tercer tratamiento (T_3) inicia con una temperatura de $27,26^{\circ}\text{C}$, mostrando un inicio a la par de los demás tratamientos. Posteriormente a los 30 días su temperatura se eleva ligeramente alcanzando $27,76^{\circ}\text{C}$, dato que posteriormente repercutirá en la producción de biogás. A los 45 días su temperatura no termina de alcanzar los mejores niveles, logrando tan solo $28,42^{\circ}\text{C}$ frente a los demás tratamientos de este experimento. A los 60 días durante la fase fermentativa su temperatura comienza a descender debido a la disminución de la actividad microbiana, registrando $28,10^{\circ}\text{C}$ para finalmente a los 75 días lograr una temperatura de $28,67^{\circ}\text{C}$ durante la fase metanogénica.

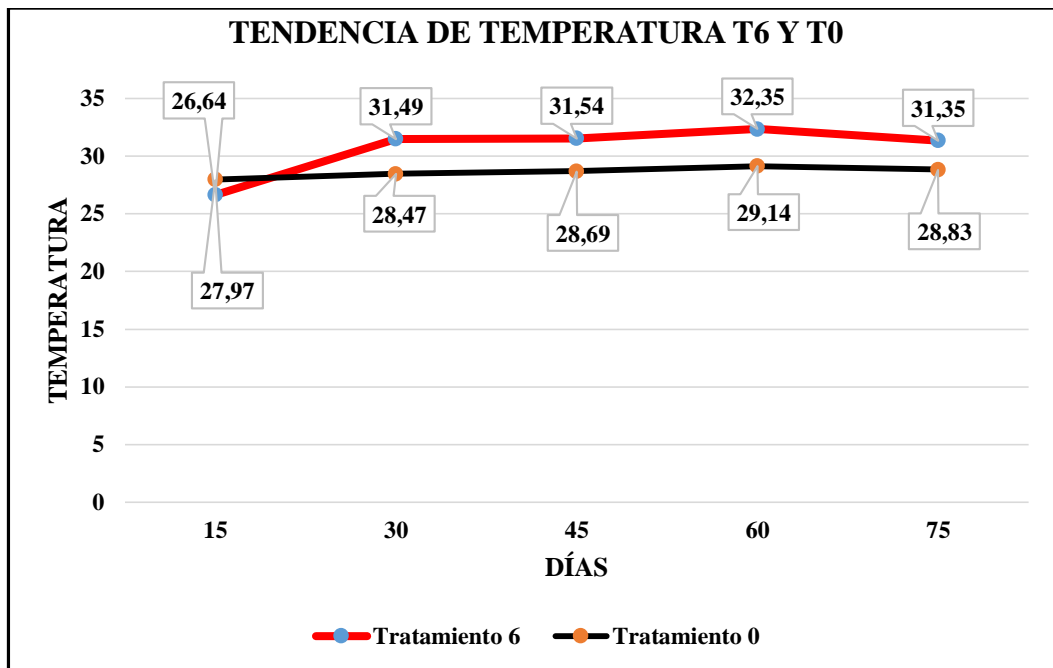
El tratamiento cuarto (T_4) inicia su digestión anaerobia con una temperatura de $26,44^{\circ}\text{C}$, posteriormente a los 30 días su temperatura se mantiene baja alcanzando $26,54^{\circ}\text{C}$, esto expresa un inicio retrasado de la producción de biogás, debido a la falta de materia orgánica (relación C/N) suficiente para el crecimiento microbiano y por ende la degradación y fermentación de la materia prima. Posteriormente a los 45 días su temperatura llega a los $28,31^{\circ}\text{C}$, mostrando aún una deficiente condición

de temperatura para la generación de biogás. A los 60 días su temperatura alcanza los 28,80°C siendo una de las más bajas en comparación a los demás tratamientos. Al final, este tratamiento registra una temperatura de 29,37°C, misma que no alcanza el valor mínimo recomendado para la producción de biogás.

El tratamiento T₅ inicia la fase hidrolítica con una temperatura de 28,59°C, valor aceptable al comienzo del proceso de digestión anaerobia. A los 30 días se observa un descenso drástico en la temperatura de este tratamiento, 25,25°C, pudiendo deberse principalmente a las condiciones climáticas externas, mismas que son ajenas al experimento. A los 45 días, cuando inicia la fase acetogénica, se registra una temperatura de 27,01, recuperando así las condiciones adecuadas para la producción de biogás. A los 60 días se alcanza los 29,39°C y se termina la fase metanogénica a los 75 días con una temperatura de 29,81°C.

Finalmente el tratamiento T₆, a los 15 días obtiene una temperatura de 26,64°C, similar a la de los demás tratamientos en esta fase hidrolítica, a los 30 días alcanza una temperatura de 31,49°C, lo que permite deducir que este tratamiento inicia con condiciones más apropiadas que los demás tratamientos. Posteriormente a los 45 días se consigue una temperatura de 31,54°C, siendo que a los 60 días se alcanza la temperatura más alta de este tratamiento y del resto de tratamientos del experimento con 32,35°C. Por último, a los 75 días el pico de temperatura comienza a descender registrando así 31,35°C, calificados como adecuado para la generación de biogás.

FIGURA N° 6. TENDENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

En la prueba Tukey al 5% se puede observar que el tratamiento con mayores diferencias estadísticas significativas es el tratamiento 6 (T_6) que cuenta con: 5 kg de gallinaza, 0.746 kg de cascarilla de arroz, microorganismos comerciales eficientes y 12 lt de agua. Se denota su superioridad, ya que la temperatura del sistema se ve netamente influenciado por el crecimiento bacteriano y, por consiguiente, la velocidad de la digestión anaerobia incrementa, observándose una región óptima como lo menciona MARTÍ, J (2008) alrededor de 30 a 35 °C es decir en un régimen mesofílico, en el cual los microorganismos hidrolíticos, acetogénicos y metanogénicos por la acción de reacciones enzimáticas extracelulares desdoblan compuestos orgánicos más complejos como hidratos de carbono, proteínas, lípidos presentes en la gallinaza y en el regulador de la relación C/N (casarilla); transformando a compuestos más sencillos como ácidos grasos de cadena corta, ácidos acéticos, ácidos de hidrógeno y dióxido de carbono que sirven de alimento para otros grupo de bacterias, favoreciendo de esta manera la producción de biogás.

En último lugar de significancia se puede encontrar al tratamiento T₁, mismo que está compuesto de: 5 kg Gallinaza + 12 lt agua. Este tratamiento no alcanza significancia estadística, ya que presentan temperaturas en un régimen psicrófilico, el cual indica un estado mínimo de producción de biogás, puesto que el tiempo de retención del sustrato aumenta y posiblemente el aumento de inhibidores de fermentación como es el caso del amoníaco mismo que provoca una producción deficiente o casi nula de biogás, es por ello que es de gran importancia mantener una temperatura de operación estable en el digestor, dado que fluctuaciones fuertes y/o frecuentes en la temperatura afectarían a los microorganismos, especialmente a los metanogénicos, produciendo desequilibrios ecológicos en el proceso, y este efecto se traducirá en una baja producción de biogás.

TABLA N° 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45, 60 Y 75 DÍAS, EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN A 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.

F de V	GL	F cal a los 15 días	F cal a los 30 días	F cal a los 45 días	F cal a los 60 días
TRATAMIENTOS	6	0,42 ^{NS}	1,33*	0,92*	4,97*
Promotores de fermentación (A)	1	0,71 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Reguladores de la relación C/N (B)	2	3,76 ^{NS}	4,69*	0,92 ^{NS}	0,80 ^{NS}
A * B	2	3,43 ^{NS}	3,42 ^{NS}	0,12 ^{NS}	5,67*
REPETICIÓN		1,25 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,34 ^{NS}
TOTAL	20	22,50	42,94	43,78	114,28
ERROR	14	6,58	11,25	21,25	24,58
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		27,30 %	20,00 %	17,14 %	12,88 %
PROMEDIO		2,83	5,06	8,11	11,61

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

Donde

NS = No significativo

* = significativo

**= altamente significativa

TABLA N° 14. PRUEBA TUKEY AL 5% PARA LA VARIABLE PRESIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA PRODUCIDO A LOS 15, 30, 45 y 60 DÍAS EN LA EVALUACIÓN DE 2 PROMOTORES DE FERMENTACIÓN Y 3 DOSIS DE REGULADORES DE RELACIÓN C/N.

TRATAMI ENTO	RANGOS Y PROMEDIOS				
	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días
t ₁ (a ₁ * b ₁)	3,08 A B	5,64 A	7,78 A	10,78 A	10,97 B
t ₂ (a ₁ * b ₂)	1,92 B	3,92 A	7,67 A	12,59 A	13,00 A B
t ₃ (a ₁ * b ₃)	2,42 A B	4,86 A	8,22 A	11,56 A	11,74 B
t ₄ (a ₂ * b ₁)	2,58 A B	4,47 A	8,44 A	12,44 A	14,14 A
t ₅ (a ₂ * b ₂)	2,75 A B	4,75 A	7,67 A	9,33 A	11,08 B
t ₆ (a ₂ * b ₃)	4,25 A	6,69 A	8,89 A	12,56 A	15,03 A
t ₀ (a ₀ * b ₀)	1,67 B	2,67 B	5,83 B	9,67 A	10,33 B

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

La prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla N° 14), para la variable presión a los 60 días de producción de biogás no registra diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos del experimento.

Para el tratamiento testigo o de control (T₀) se registra una presión de 1,67 psi a los 15 días de iniciado el proceso, esta presión está considerada como la más baja a los 15 días y a su vez ocupa el rango más bajo de significación frente a los demás tratamientos. A los 30 días se observa una presión de 2,67 psi que al igual que la

medición anterior, ocupa el último rango de diferenciación estadística y es el más bajo de todos los tratamientos a los 30 días. A los 45 días la presión alcanza los 5,83 psi y conforma el único rango de significancia diferente a los demás tratamientos, ya que los demás tratamientos se ubican en la categoría A. Ya en la fase fermentativa, a los 60 días se alcanza los 9,67 psi de presión, cabe mencionar que en esta fase no se encuentran diferencias significativas en ningún tratamiento. Por último a los 75 días, durante la fase metanogénica se obtiene una presión de 10,33 psi, siendo esta la más baja de todos los tratamientos en esta toma y se ubica en la categoría más baja de diferenciación significativa, B.

Para el tratamiento T₁ se tiene una presión de 3,08 psi a los 15 días, siendo esta una de las mediciones más altas, pero ubicándose en la categoría intermedia de significación estadística, AB. En los 30 días se observa una presión de 5,64, valor aceptable para este tratamiento, teniendo en cuenta que se encuentra situado en el mejor rango de significación, A. A los 45 días de digestión anaerobia, durante la fase fermentativa del proceso, se alcanza los 7,78 psi logrando ubicarse en la categoría A de significación estadística con un muy buen promedio de presión. En los 60 días de iniciado el proceso se alcanza 10,78 psi, en esta etapa no existen diferencia estadísticas entre tratamientos. Al final a los 75 días la presión llega a los 10,97 psi, indicando un descenso en la producción de biogás durante la fase metanogénica.

El tratamiento T₂ presenta una presión de 1,92 psi durante la fase hidrolítica, ubicándose así en la tercera y última categoría de significancia estadística, con un promedio relativamente bajo. A los 30 días se observa una presión de 3,92 psi lo que le permite integrar la categoría más saturada como lo es la A, donde se encuentran todos los tratamientos en excepción del tratamiento de control. A los 45 días de digestión anaerobia se observa una presión de 7,67 psi, logrando situarse en el mejor rango de significación. Posteriormente, a los 60 días se alcanza los 12,59 psi de presión, en una etapa en la que no existen diferencias significativas entre

tratamientos. Finalmente, a los 75 días se obtiene 13,00 psi que le permiten situarse en el segundo rango de significación, AB.

Por otro lado, el tratamiento T₃ a los 15 días alcanza 2,42 psi de presión, logrando ubicarse en la parte media de los rangos de significación. A los 30 días, durante el proceso de acidogénesis se obtiene una presión de 4,86 psi, que lo logra situar en la categoría más alta de significación estadística, con un promedio discreto de generación de biogás. A los 45 días, los 8,22 psi de presión le permiten a este tratamiento ubicarse en la primera categoría de significación estadística con un aceptable promedio de generación de biogás. Iniciando el proceso metanogénico se alcanza los 11,56 psi en una etapa sin diferencia estadísticas entre tratamientos; para finalmente a los 75 días sostener una presión de 11,74 psi acercándolo a los más altos promedios de generación de biogás.

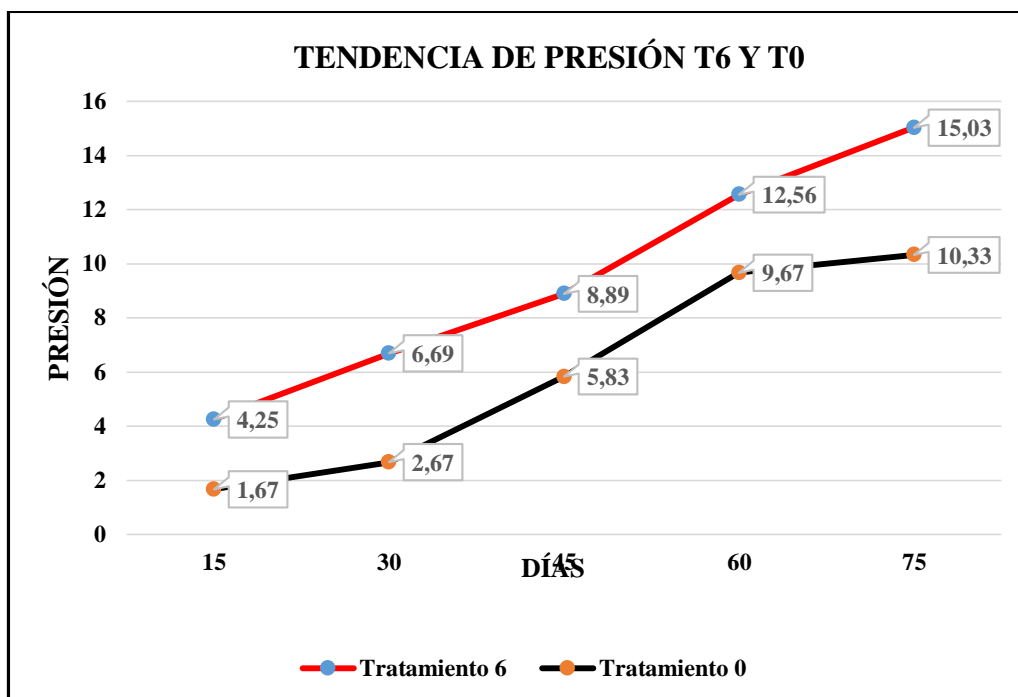
Por su parte el tratamiento T₄ inicia con una presión de 2,68 psi ubicándose en el rango intermedio de significación estadística. A los 30 días este tratamiento se sitúa en la categoría más alta de significación con 4,47 psi de presión. Posteriormente a los 45 días se una presión de 8,44 psi, localizándose de nuevo en la categoría más alta de significancia estadística. A los 60 días, cuando la fase metanogénica inicia, se destaca una presión de 12,44 psi en una etapa en la que no se matiza ningún tratamiento lo suficiente para marcar una diferencia significativa. Por último, a los 75 días de digestión anaerobia, cuando la fase metanogénica comienza a descender, se registra 14,14 psi de presión ubicándose así en la categoría más alta de significación estadística.

El tratamiento T₅ durante la fase hidrolítica alcanza una presión de 2,75 psi, logrando situarse en el rango medio de significancia, AB. Posteriormente a los 30 días obtiene 4,75 psi de presión y se posiciona en la categoría más alta de significación. En la fase acetogénica se alcanza 7,67 psi de presión ubicándose esta

vez en el rango más alto de significancia, A. Comenzando la fase metanogénica se obtiene una presión de 9,33, etapa que no posee diferencias significativas entre tratamientos. Al final de la etapa metanogénica, es decir, a los 75 días, se registra una presión de 11,08 psi ocupando la categoría más baja de significación, B, pero con un acumulado aceptable de generación de biogás.

El último tratamiento en analizar, es el T₆, mismo que a los 15 días registra una presión de 4,25 psi siendo éste el valor más alto en esta etapa, convirtiéndolo en el único en ocupar la categoría A, en la fase hidrolítica. Posteriormente, a los 30 días se alcanza los 6,69 psi volviendo a ubicarlo en la categoría más alta de significación. A los 45 días se obtiene 8,89 psi, siendo éste el valor más alto durante esta etapa por lo que se sitúa nuevamente en la categoría A. Al iniciar la fase metanogénica, con la toma a los 60 días se consigue una presión de 12,56 psi, que en este caso no es la más alta, pero basta para ubicarlo en la categoría de mayor significancia. Finalmente, a los 75 días de digestión anaerobia se registra 15,03 psi de presión, por mucho el valor más alto de la etapa y por ende categorizado en el rango A de significancia estadística.

FIGURA N° 7. TENDENCIA DE LA PRESIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

El tratamiento con mayor significancia estadística a lo largo del tiempo es el tratamiento 6, mismo que cuenta entre sus componentes con: 5 kg de gallinaza, 0.746 kg de cascarilla de arroz, microorganismos comerciales eficientes y 12 lt de agua. Su mayor producción de biogás se debe principalmente a que los microorganismos añadidos en este tratamiento aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica; se puede mencionar también una relación C/N equilibrada y más cercana a la mencionado por GUEVARA, A (1996), quien expresa que una relación C/N ideal fluctúa entre los 20-30;1 para que la dinámica microbiana se mantenga estable, por lo tanto al contar con una relación 25:1 el crecimiento microbiano se mantuvo estable y sostuvo el crecimiento y la reproducción bacteriana durante la digestión anaerobia. Como se puede observar en la Figura N° 7, es a los 30 días en los que el tratamiento marca una mayor diferencia

frente al tratamiento T₀, es decir, este tratamiento acelera sus procesos y maximiza su producción en un corto plazo en comparación a los demás tratamientos.

Por otra parte, el tratamiento de control (T₀) ha sido evaluado experimente, y se ha determinado que es el menos significativo en la producción de biogás en comparación al resto de tratamientos. Se deduce que al ser éste el tratamiento con la relación C/N más pobre (15:1), redujo el tiempo de vida de las bacterias encargadas del proceso metagénico y por ende reduciendo la reproducción bacteriana, lo cual se traduce en menos colonias de bacterias y en consecuencia menor degradación de materia orgánica. Al no contar con la adición de bacterias locales o comerciales que se encarguen de la degradación, la digestión anaerobia se encuentra a expensas del crecimiento microbiano propio de la materia orgánica utilizada, lo que ralentiza y reduce considerablemente la producción de biogás.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS SOCIO – AMBIENTAL

3.1 Introducción

En este apartado se presenta un análisis socio ambiental de un modelo aplicativo de un biodigestor, para la producción de biogás a partir de gallinaza. Utilizando el tratamiento más eficiente y con diferencias significativas frente a los demás tratamientos, en la producción de biogás durante el proceso experimental, siendo éste el tratamiento t6, mismo que contaba con una relación C/N 25:1 y microorganismos comerciales eficientes.

El modelo propuesto supone la construcción de un biodigestor que supla la alimentación trimestral de 100 toneladas de gallinaza, cantidad que puede ser generada en un plantel avícola promedio. Esta información ha sido obtenida de la versión de funcionarios del Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (AGROCALIDAD). Tomando como ejemplo una avícola promedio en número de aves de postura y multiplicando por el índice de generación de gallinaza diario por ave, como se explica a continuación:

$$Pg = A \times Ig$$

Donde:

Pg= Promedio de gallinaza/día

A= Promedio de Aves por plantel

Ig= Índice de gallinaza/ave/día (valor constante)

Por lo tanto,

$$\mathbf{Pg} = \mathbf{A} \times \mathbf{Ig}$$

$$\mathbf{Pg} = 10.000 \times 0.12 \text{ Kg/día}$$

$$\mathbf{Pg} = 1.200 \text{ Kg/día} \times 30$$

$$\mathbf{Pg} = 3.600 \text{ Kg/mes} \times 3$$

$$\mathbf{Pg} = 108.000 \text{ Kg/trimestre}$$

$$\mathbf{Pg} = 108 \text{ Ton/trimestre}$$

3.2 Análisis Costo – Beneficio

A continuación se presenta un análisis del costo anual de producción de biogás frente al costo anual del consumo de gas licuado de petróleo (GLP). Ambos productos tienen como finalidad la combustión, principalmente encaminada a la preparación de alimentos cocidos.

3.2.1 Costo

La implementación de sistemas de digestión anaerobia para la generación de biogás, incurre en gastos que bajo condiciones apropiadas pueden ser considerados como una inversión a mediano y largo plazo. Por lo tanto se detalla los costos de inversión de un biodigestor alimentado trimestralmente por 5 Kg de gallinaza.

A continuación se presenta un cálculo de costos que conllevan ambos sistemas de combustión, el sistema tradicional (GLP) y aquel que será aportado por la digestión anaerobia:

TABLA N° 15. COSTOS DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

CANTIDAD	UNIDAD	ARTÍCULO	COSTO
1	Equipo	Biodigestor	USD 120
2	Volqueta	Gallinaza	USD 240
4	Sobres	Promotores de fermentación	USD 20
1	Quintal	Reguladores de relación C/N	USD 10
TOTAL			USD 390

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

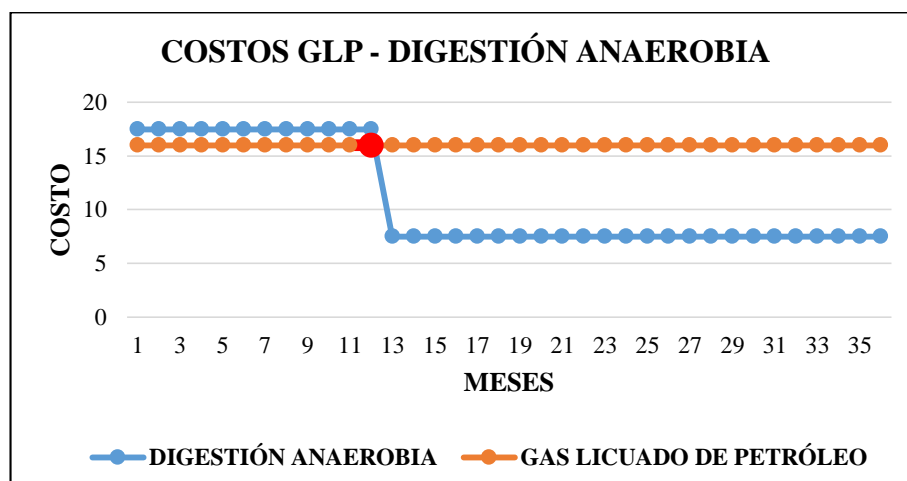
**TABLA N° 16. COSTOS DEL SISTEMA DE DIGESTIÓN ANAEROBIA
COSTOS DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO**

CANTIDAD	UNIDAD	ARTÍCULO	COSTO
36	Tanques	Gas licuado de petróleo (GLP)	USD 16
Total			USD 576

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

Mientras que el costo de GLP sin subsidio se muestra reducido en un principio, pero es finalmente superior, ya que su costo es continuo y a la final supera los costos del biogás, teniendo en cuenta que para el sistema de digestión anaerobia es alto en un principio, por su implementación y sus insumos, pero se reduce a través del tiempo.

FIGURA N° 8. PRORRATEO DE COSTOS DE GLP – DIGESTIÓN ANAEROBIA A TRES AÑOS



ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

3.2.2 Beneficio

Del análisis de costos se puede observar que en el mes 11 se equiparan los costos de producción del combustible, es a partir de este mes que la producción de biogás se vuelve más rentable, ya que sus costos disminuyen siendo los únicos gastos, la compra de gallinaza como materia orgánica para la generación de biogás, promotores de fermentación y reguladores de relación C/N. Por su parte el consumo de combustible es constante pero deja de ser rentable frente al biogás desde el mes en un prorrateo de tres años.

Así se concluye que la implementación de sistemas de digestión anaerobia encaminados a la producción de biogás, pueden ser rentables a mediano plazo, ya que sus costos de instalación suelen ser altos en comparación a otras fuentes de energía, sin embargo a futuro los costos de producción disminuyen lo que lo hacen más rentable que sistemas convencionales de combustión.

3.3 Análisis Socio-Ambiental

La evaluación de impactos ambientales (EIA), es una herramienta que permite gestionar el cuidado del medio ambiente, el principal objetivo es establecer un método de diagnóstico para identificar, predecir, interpretar e informar los impactos que determinada actividad ejercerá sobre factores ambientales, sociales y culturales inmersos en la ejecución de una empresa o proyecto en particular.

Se ha evaluado los impactos ambientales que pueden ocurrir en el proceso que conlleva la producción de biogás, a través de una identificación primaria de aspectos ambientales que acontecen durante este proceso y cada una de sus interacciones con los factores ambientales y sociales propuestos por los investigadores; posterior a una valoración de cada impacto se procede a clasificarlos por su grado de significancia de acuerdo al puntaje de valoración obtenido.

Para la presente investigación se ha optado por la aplicación de una matriz de identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales. Esta matriz es considerada dentro de la gestión ambiental como un instrumento que permite identificar los elementos de una actividad, relacionados con a la interacción con el medio ambiente, permitiendo valorar el daño que potencialmente se pudiera derivar de dicha actividad. En este caso se ha tomado como referencia la matriz de identificación de aspectos y valoración de impactos elaborada por el Tecnológico Nacional de México (TEC) adaptando los aspectos identificados de la producción de biogás y los elementos del ambiente que se ven afectados.

La valoración de los impactos es el procedimiento técnico que permite calificar cualitativa y/o cuantitativamente a través de variables, a manera de escalas o ponderaciones de valor que definen las características propias de un impacto en

particular. Para evaluar los impactos, se califica cada uno de ellos acorde a su magnitud, duración e importancia, a continuación se detalla la valoración utilizada para la presente matriz:

	MAGNITUD	DURACIÓN	FRECUENCIA
1	Bajo	Bajo	Bajo
2	Medio	Medio	Medio
3	Alto	Alto	Alto

Posterior a su valoración, se suma las cantidades asignadas a la magnitud y la duración, y el producto de esta suma se multiplica por el valor establecido a la frecuencia del impacto, de la siguiente manera:

$$\mathbf{Sg} = (\mathbf{Mg} + \mathbf{Dn}) \times \mathbf{Fr}$$

Donde:

Sg= Significancia

Mg= Magnitud

Dn= Duración

Fr= Frecuencia

Magnitud

Es considerada como la intensidad del impacto referido principalmente a términos de cantidad, volumen o área impactada o afectada por la actividad o subactividad. Se califica de acuerdo a los parámetros descritos a continuación:

1: Baja: el impacto se limita a un área contigua al lugar de origen del impacto, como el ruido de camiones, el consumo de pequeñas cantidades de agua para un proceso, la generación de residuos sólidos no peligrosos en el desbroce y limpieza de un terreno, etc.

2: Media: el impacto está limitado a la actividad de cuando muchas tres áreas, ejemplo, contaminación de agua superficial o subterránea, generación de gases de combustión, etc.

3: Alta: el impacto es percibido en toda la proyecto, generado por la mayoría en la institución, sale de los límites del proyecto, o bien, muy diferenciado por la cantidad o volumen de impacto generado, ejemplo, la generación de ruido y vibraciones por maquinaria, cambios en el paisaje por la tala de árboles, alteración de hábitats de fauna silvestre, entre otros.

Duración

Es la persistencia de los efectos de los impactos sobre los elementos ambientales. Se valora conforme a los parámetros que se detallan a continuación:

1: Baja: Aquellos impactos que duran menos de un (1) mes, por ejemplo, olores pungentes a causa del mal manejo de materia de origen orgánico, generación de partículas y polvos en suspensión, etc.

2: Media: Todo impacto que dura un máximo de seis (6) meses, ejemplo: la contaminación de agua, presencia de fauna nociva, entre otros.

3: Alta: Aquellos impactos ambientales que duran más de seis (6) meses, ejemplo, cambios en el microclima por la tala de un árbol, o construcción de planchas de concreto

Frecuencia

La frecuencia es la posibilidad que tiene un impacto de volver a ocurrir en el tiempo, es decir, el porcentaje de probabilidad de que un impacto se repita en un futuro cercano, medio o lejano.

1: Baja: Impacto que se repite en un lapso mayor a un año, como por ejemplo: contaminación de suelo o agua por el mantenimiento de equipos o infraestructuras.

2: Media: Impacto que se deduce que se repetirá en un tiempo menor a un año, ejemplo: contaminación del aire por uso de calderas.

3: Alta: Aquel impacto que se predice podría repetirse de manera diaria, como por ejemplo: La generación de oportunidades de empleo, el consumo de recursos naturales como el agua, la generación de residuos sólidos no peligrosos, entre otros.

3.4 Matriz de Identificación de Aspectos Ambientales y Valoración de Impactos Ambientales

A continuación se presenta la matriz de identificación de aspectos ambientales (aA) y valoración de impactos ambientales (IA), desarrollada con el fin de determinar los impactos socio-ambientales generados en la producción de biogás a partir de

gallinaza con el fin de proponer medidas apropiadas para su prevención, mitigación y potencialización:

TABLA N° 17. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Ambiente afectado- Aspecto ambiental	Actividad	CONSUMO DE RECURSOS			EFLUENTES Y/O RESIDUOS			MEDIO FÍSICO									MEDIO BIÓTICO		MEDIO SOCIOECONÓMICO									
		Consumo de agua	Consumo de materiales para obra civil	Consumo de material de limpieza	Generación de biosol	Generación de residuos sólidos no peligrosos	Generación líquidos orgánicos	AGUA		SUELO			AIRE				PAISAJE	FLORA	FAUNA	POBLACIÓN								
								Calidad del agua superficial	Calidad del agua subterránea	Compactación del suelo	Calidad del suelo	Uso de suelo	Generación de polvos y partículas en suspensión	Generación de biogás	Generación de olores pungentes	Generación de gases de combustión				Generación de ruido y vibraciones	Calidad visual	Cambios en la cobertura vegetal	Alteraciones en los hábitats	Presencia de fauna nociva	Economía local	Seguridad alimentaria	Percepción social	Afectaciones a la salud por enfermedades biológicas
ADECUACIÓN DEL ÁREA	<i>Movimiento de tierras</i>	Mg	2							2		3	2			2	3	3	3	1		2		2		2	2	
		Dn	1							1		1	1			1	1	1	1	1		2		2		2	2	
		Fr	2							2		1	3			1	2	2	2	2	1		2		1		2	2
		Sig	6							6		4	9			3	8	8	8	8	2		8		4		8	8
	SIGNIFICANCIA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	S	S	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	S	
	<i>Replanteo del terreno</i>	Mg	2																				2				2	2
		Dn	1																				2				2	2
		Fr	2																				2				2	2
		Sig	6																				8				8	8
	SIGNIFICANCIA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	S	
	<i>Desbroce y limpieza</i>	Mg	2				1					3	2			2	3	3	3	3	3	2		3		2	3	
		Dn	1				1					1	1			1	1	1	1	1	1	2		1		2	1	
		Fr	2				1					1	2			2	2	2	2	2	2	2		1		2	2	
		Sig	6				2					4	6			6	8	8	8	8	8	8		4		8	8	
	SIGNIFICANCIA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S	S	NS	S	NS	NS	NS	S	S	

CIERRE Y ABANDONO	Gestión de residuos	Mg					1					2	3	2				2	2					2			1	
		Dn					2						1	1	1				1	1					1			1
		Fr					2						2	2	2				2	2					2			1
		Sig					6						6	8	6				6	6					6			2
	SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Reconformación del suelo	Mg										2	2	3											2			2
		Dn										1	1	1											1			1
		Fr										2	2	2											2			2
		Sig										6	6	8											6			6
	SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Cobertura vegetal	Mg											3						3	3	3				2			
		Dn											1						1	1	1				1			
		Fr											2						2	2	2				2			
Sig												8						8	8	8				6				
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
No. De Activs. Evaluadas		2	6	1	1	6	1	2	1	4	4	6	7	2	3	4	4	7	2	3	1	7	1	9	1	7	10	
PROMEDIO POR ASPECTO AMBIENTAL		6,0	6,0	6,0	10,0	4,0	8,0	5,5	8,0	7,8	6,5	6,3	6,1	6,0	4,7	4,5	6,5	5,9	12,0	6,0	1	8,4	8,0	4,3	6,0	9,3	7,3	
		6,0			7,3			6,2										9,3			7,2							

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

3.5 Caracterización de los Impactos Según su Carácter

Con efecto de ilustrar cada uno de los aspectos identificados y los impactos valorados se ha desarrollado una matriz que permite categorizar los impactos de acuerdo a su carácter, es decir, diferencia entre impactos positivos y negativos

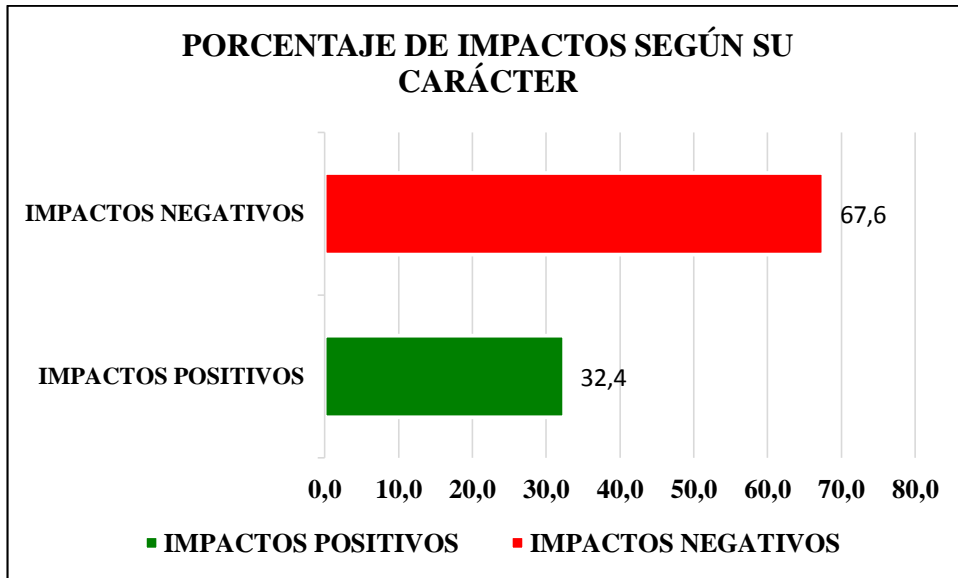
Para ello se ha marcado de color verde aquellos impactos positivos y de color rojo aquellos impactos considerados como negativos según los investigadores. Finalmente y posterior a su disgregación, en la parte inferior de la matriz se suma cada uno de estos impactos

	<i>Manejo de la gallinaza (producción de biogás)</i>	Mg	-			+	-	+	-				+								+			+	-																															
	<i>Mantenimiento de los biodigestores</i>	Mg			-		-							-							+				+	-																														
CIERRE Y ABANDONO	<i>Gestión de residuos</i>	Mg					-					+	+	-				-	+				+		-																															
	<i>Reconformación del suelo</i>	Mg									+	+	+										+		-																															
	<i>Cobertura vegetal</i>	Mg											+						+	+	+			+																																
	No. De Activs. Evaluadas		0	2	0	6	0	1	1	0	0	6	1	0	0	2	0	1	1	4	3	1	3	3	0	7	1	1	0	3	0	4	0	4	0	4	2	5	1	2	1	2	0	1	8	0	1	0	3	6	0	1	9	0	0	11

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

De la evaluación de impacto ambiental se encontró 35 impactos positivos representados por el 32,4 % mientras que el restante con el 67,6% de la totalidad de impactos evaluados corresponde a impactos negativos.

FIGURA N° 9. PORCENTAJE DE IMPACTOS



ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

3.6 Aspectos e Impactos Ambientales Significativos

Se puntualizará los impactos que han resultados significativos, de acuerdo a la calificación establecida por los investigadores, con el fin de poder aislar los impactos significativos de los no significativos y proponer medidas de prevención y mitigación de los impactos identificados:

TABLA N° 19. MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

FACTOR AFECTADO	ASPECTO AMBIENTAL	SUB FACTOR AFECTADO	IMPACTO IDENTIFICADO
CONSUMO DE RECURSOS	Construcción de la obra civil	Consumo de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de recursos hídrico.
		Consumo de materiales para obra civil	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de los recursos. • Contaminación ambiental por generación de desechos.
EFLUENTES Y RECURSOS	Manejo de la gallinaza	Generación de biosol	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la calidad del suelo. • Mejoramiento de la estructura del suelo.
		Generación líquidos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la calidad del suelo.
	Gestión de residuos	Generación de residuos sólidos no peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del suelo. • Desorden en el lugar de trabajo.
AGUA	Transporte, acopio y descarga de gallinaza	Calidad del agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de cuerpos de agua superficial por acopio prolongado y contacto directo con gallinaza.
		Calidad del agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de cuerpos de agua superficial infiltración de lixiviados.
	Manejo de la gallinaza	Calidad del agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Disolución de carga orgánica en agua utilizada para el biodigestor.
SUELO	Movimiento de tierras	Compactación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la estructura del suelo por movimiento de maquinaria.
	Construcción de vías de acceso	Compactación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la estructura del suelo por movimiento de maquinaria.
	Transporte, acopio y descarga de gallinaza	Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del suelo por contacto con antibióticos y químicos presentes en la gallinaza.

	Manejo de la gallinaza	Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Aporte de materia orgánica estable al suelo. 	
	Gestión de residuos	Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del uso propio del suelo a un ecosistema modificado. 	
	Reconformación del suelo	Compactación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la estructura del suelo por acondicionamiento del suelo. 	
		Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la calidad del suelo mediante adición de tierra fértil. 	
		Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación del uso previo del sitio. 	
	Cobertura vegetal	Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de especies vegetales propias del sitio. 	
	AIRE	Movimiento de tierras	Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en la vista de trabajadores y moradores.
			Generación de ruido y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Estrés y molestias en la población del área influenciada.
		Desbroce y limpieza	Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en la vista de trabajadores y moradores.
			Generación de ruido y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Estrés y molestias en la población del área influenciada.
Excavación para fijación del biodigestor		Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en la vista de trabajadores y moradores. 	
Construcción de vías de acceso		Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en la vista de trabajadores y moradores. 	
Construcción de la obra civil		Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en la vista de trabajadores y moradores. 	
Transporte, acopio y descarga de gallinaza		Generación de olores pungentes	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de enfermedades respiratorias en trabajadores y moradores. • Molestias en trabajadores y población influenciada. 	
Manejo de la gallinaza		Generación de biogás	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de gases de efecto invernadero en la atmósfera. 	

			<ul style="list-style-type: none"> • Generación de energías limpias.
	Gestión de residuos	Generación de ruido y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Estrés y molestias en la población del área afectada.
PAISAJE	Movimiento de tierras	Calidad visual	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro del paisaje por cambios en el relieve del terreno.
	Desbroce y limpieza	Calidad visual	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la belleza escénica por eliminación de flora propia del lugar.
	Gestión de residuos	Calidad visual	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción externa positiva de la gestión interna de residuos.
	Cobertura vegetal	Calidad visual	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la belleza escénica con la reforestación y revegetación del área.
FLORA	Movimiento de tierras	Cambios en la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la vegetación propia del sitio.
	Cobertura vegetal	Cambios en la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de la flora propia del sitio.
FAUNA	Transporte, acopio y descarga de gallinaza	Presencia de fauna nociva	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de enfermedades a la población influenciada. • Proliferación de vectores de enfermedades.
	Cobertura vegetal	Alteraciones en los hábitats	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de hábitats de fauna y microfauna. • Migración de especies del sitio. • Desequilibrio ecológico.
POBLACIÓN	Movimiento de tierras	Economía local	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo a familias moradoras del área de influencia.
		Oportunidades de empleo	<ul style="list-style-type: none"> • Progreso económico en familias del sector.
		Seguridad e higiene laboral	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de riesgos del trabajo.
	Replanteo del terreno	Economía local	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo a familias moradoras del área de influencia.
		Oportunidades de empleo	<ul style="list-style-type: none"> • Progreso económico en familias del sector.

		Seguridad e higiene laboral	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Desbroce y limpieza	Seguridad e higiene laboral	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Excavación para fijación del biodigestor	Seguridad e higiene laboral	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Construcción de vías de acceso	Seguridad e higiene laboral	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Construcción de la obra civil	Economía local	• Apoyo a familias moradoras del área de influencia.
		Oportunidades de empleo	• Progreso económico en familias del sector.
	Transporte, acopio y descarga de gallinaza	Economía local	• Apoyo a familias moradoras del área de influencia.
		Percepción social	• Apreciación del manejo de la materia prima.
		Oportunidades de empleo	• Progreso económico en familias del sector.
		Seguridad e higiene laboral	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Manejo de la gallinaza	Economía local	• Apoyo a familias moradoras del área de influencia.
		Seguridad alimentaria	• Aumento de riesgos y enfermedades laborales.
	Reconformación del suelo	Percepción social	• Apreciación de la población referente al compromiso ambiental.
	Cobertura vegetal	Percepción social	• Apreciación de la población referente al compromiso ambiental.

ELABORADO: CÓRDOVA, S y MIÑO, B (2015)

3.7 Medidas Preventivas y Correctivas de Impactos Ambientales

Posterior al levantamiento de aspectos e impactos ambientales, que pudieran ocurrir durante el proceso de generación de biogás a través de digestión anaerobia; se han clasificado los impactos positivos y negativos con el fin de establecer medidas preventivas y correctivas para los impactos negativos y medidas que potencialicen los impactos positivos.

Para ello, a continuación se presenta las medidas adecuadas establecidas por los investigadores para los impactos previamente identificados, acompañadas del costo que conlleva su ejecución y un plazo considerable para su implementación.

TABLA N° 20. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA

MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
OBJETIVOS: Prevenir y mitigar los impactos negativos sobre el ambiente.						MPC-01
RESPONSABLE: Supervisor ambiental.						
FACTOR AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	COSTO	PLAZO
Aire	Generación de polvos y partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> Efectos en la salud de los trabajadores y moradores. 	<ul style="list-style-type: none"> Hidratar la vía de acceso, en época seca. 	<ul style="list-style-type: none"> Numero de tanqueros. 	USD 50	Diario
			<ul style="list-style-type: none"> Dotar equipos de protección personal (EPP). 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de entrega del EPP. 	USD 40	Semestral
	Generación de olores pungentes	<ul style="list-style-type: none"> Molestias en los trabajadores y moradores. 	<ul style="list-style-type: none"> Dotar equipos de protección personal (EPP). 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de entrega del EPP. 	USD 40	Semestral
	Generación de ruido y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> Efectos fisiológicos y psicológicos en trabajadores y moradores. 	<ul style="list-style-type: none"> La maquinaria debe recibir mantenimiento periódico. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de mantenimiento de maquinaria. 	USD 150	Bimensual
<ul style="list-style-type: none"> Dotar equipos de protección personal (EPP). 			<ul style="list-style-type: none"> Registro de entrega del EPP. 	USD 20	Semestral	

Agua	Consumo de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento del recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el mantenimiento periódico de los sistemas de distribución. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planilla de pago del agua. 	USD 20	Trimestral
	Calidad del agua superficial y subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de cuerpos hídricos por acopio y contacto directo con gallinaza. • Contaminación de cuerpos de agua subterráneos por infiltración de lixiviados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición de la gallinaza sobre una superficie cementada y bajo techo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro fotográfico. 	USD 500	Tres meses
Suelo	Compactación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fertilidad por compactación del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de vías secundarias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de vías abiertas. 	USD 100	Un mes
	Uso del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del uso del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar áreas verdes con vegetación nativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de plantas sembradas. 	USD 200	Un mes

TABLA N° 21. MEDIDAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA

MEDIDAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS						
OBJETIVOS: Tratar, rehusar y disponer los diferentes desechos generados en la producción de biogás. RESPONSABLE: Supervisor ambiental.						MPC-02
FACTOR AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	COSTO	PLAZO
Efluentes y/o residuos sólidos.	Generación de biosol y líquidos orgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la calidad del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> El biosol y los líquidos orgánicos producto de la descomposición de materia orgánica en el proceso de digestión anaerobia serán comercializados como abono orgánico. 	<ul style="list-style-type: none"> Facturas en caso ser comercializados. Actas de entrega-recepción en caso de ser donados. 	No aplica	
	Generación de residuos sólidos no peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del suelo, agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Los residuos deberán ser clasificados por tipos de acuerdo a la norma INEN 2841. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de generación y entrega de residuos sólidos no peligrosos. 	USD 125	Mensual

TABLA N° 22. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE FAUNA NOCIVA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE FAUNA NOCIVA						
OBJETIVOS: Controlar la presencia de vectores causantes de enfermedades. RESPONSABLE: Supervisor ambiental.						MPC-03
FACTOR AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	COSTO	PLAZO
Fauna	Presencia de fauna nociva	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de vectores. • Transmisión de enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer programas de fumigación y eliminación de roedores. • Implementar un mapa de roedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de fumigaciones. • Mapa de roedores. 	USD 400	Tres meses

TABLA N° 23. MEDIDAS PARA LA REHABILITACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GALLINAZA

MEDIDAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL ÁREA						
OBJETIVOS: Restablecer las áreas afectadas por el proyecto.						MPC-04
RESPONSABLE: Supervisor ambiental.						
FACTOR AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	COSTO	PLAZO
Paisaje	Calidad visual	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la belleza escénica con la revegetación del área. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar áreas verdes con vegetación nativa. 	<ul style="list-style-type: none"> Registro de áreas sembradas. 	USD 200	Tres meses después del cierre y abandono.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los mejores promotores de fermentación para la producción de biogás a partir de gallinaza, son los microorganismos comerciales eficientes, ya que aportan bacterias que degradan la materia orgánica más eficientemente a través de enzimas que facilitan los procesos de digestión anaerobia.
- La mejor proporción de sustrato para la relación C/N es la de 25:1, ya que se acerca a los valores mencionados por el autor MARTÍ, N (2006), quien manifiesta como aceptable una relación C/N 20-30:1.
- Mediante un análisis socio-ambiental, se ha determinado la factibilidad de aplicación de sistemas de producción de biogás a partir de gallinaza, generando un total de 73 impactos ambientales negativos, mismos que pueden ser mitigables con la aplicación de buenas prácticas ambientales y un total de 35 impactos positivos estos a su vez pueden ser potencializados para maximizar sus beneficios.
- La implementación de sistemas de digestión anaerobia para la producción de biogás genera ha generado un total de 35 impactos positivos, tales como el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, generación de oportunidades de empleo, mejoramiento de la economía local, generación de abonos orgánicos sólidos y líquidos, impulso de energías limpias, entre otros.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de microorganismos comerciales eficientes en la degradación de materia orgánica de manera anaeróbica, para la generación de biogás independientemente de la materia prima utilizada.
- Se recomienda que para la generación de biogás se adapte los valores de relación C/N entre 20:1 y 30:1, utilizando fuentes orgánicas de carbono o de nitrógeno según sea necesario.
- Se recomienda la implementación de sistemas de generación de biogás en planteles avícolas, ya que se ha encontrado una positiva factibilidad socio ambiental, ya que sus impactos negativos son fácilmente prevenibles y mitigables, y sus impactos positivos pueden ser potencializados.
- Recomendamos para próximas investigaciones de la misma índole emparejar unidades entre colonias de microorganismos comerciales y locales eficientes.
- Se recomienda continuar realizando investigaciones relacionadas a la producción de biogás como una alternativa al uso de energías no renovables, ya que puede servir para la valorización de desechos en determinadas industrias en las que se generen en grandes cantidades.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1 Bibliografía Citada

- BIBLIOTECA VIRTUAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL. *Glosario de Salud Ambiental en Español*. Lima: 2003. 555 p. [Consulta 8 de julio del 2014]. Disponible <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/manuales/glosarioES.pdf>
- CAMPERO, Oliver. *Biogás en Bolivia: programa viviendas auto energéticas*. Vol. V. Bolivia: Revista Futuros N°. 18, 2007. [Consulta 7 de junio del 2014]. Disponible en: http://www.revistafuturos.info/futuros18/biogas_bolivia.htm
- FRAUME, Néstor. *Diccionario ambiental*. Colombia: Ecoe Ediciones, 2006. 490 p. ISBN: 958-648-462-9
- GONZÁLEZ, Jaime. *Energías renovables*. España: Editorial Reverté S.A, 2009. 656 p. ISBN: 978-84-291-7912-5
- MUDHOO, Ackmez. *Biogas Production: pretreatment methods in anaerobic digestion*. Canada: Scrivener Publishing LLC, 2012. 56 p. ISBN: 978-1-118-06285-2

- MULLO, Inés. “Manejo y Procesamiento de la Gallinaza” [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012. 68 p. [Consulta 13 de junio del 2014]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>
- OROZCO, Carmen. PÉREZ, Antonio. GONZÁLEZ, María. RODRÍGUEZ, Francisco. ALFAYETE, José. *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2011. ISBN: 987-84-9732-178-5.
- PÉREZ, María. VILLEGAS, Rodolfo. “Procedimientos para el Manejo de Residuos Orgánicos Avícolas” [en línea]. Medellín: Universidad de Antioquía, 2009. 71 p. [Consulta 7 de junio del 2014]. Disponible en: <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1411/1/PROCEDIMIENTOS%20PARA%20EL%20MANEJO%20DE%20RESIDUOS%5B1%5D.pdf>

6.2 Bibliografía Consultada

- BAQUEDANO, Manuel y MORALES, Luis. *Los digestores: energía y fertilizantes para el desarrollo rural*. 3ª ed. Chile: Cetal-Ediciones, 1987. 33p
- BAUTISTA, Alejandro. SISTEMA BIODIGESTOR PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS ORGÁNICOS. Nicaragua: Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, 2010. [Consulta 07 de julio del 2014]. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/sistema-biodigestor-para-el-tratamiento-de-desechos-organicos-esteli-nicaragua>

- BERNAL, César. Metodología de la Investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2a. ed. México: Pearson educación, 2006. 304p. ISBN: 9702606454.
- CUESTA, María. VICENTE, Gemma. VILLAR, Susana y SÁNCHEZ, Francisco. *Informe de vigilancia tecnológica Madrid. Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento*. España: Fundación Madrid para el Conocimiento, 2010. 153 p. ISBN: 978-84-612-9487-9
- DEUBLEIN, Dieter y STEINHAUSER, Angelika. *Biogas from waste and renewable resources: An Introduction*. Alemania: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, 2008. 472 p. ISBN: 978-3-527-62171-2
- EL SITIO AVÍCOLA. *Tendencias Avícolas Mundiales 2012: La avicultura incrementa su cuota en la producción mundial de carne*. Inglaterra: 2012. [Consulta 10 de agosto del 2014]. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2204/tendencias-avacolas-mundiales-2012-la-avicultura-incrementa-su-cuota-en-la-produccion-mundial-de-carne#sthash.QXc76MP5.dpuf>
- ESTRADA, Mónica. *Manejo y Procesamiento de la Gallinaza* [en línea]. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia: Revista Lasallista de Investigación, 2005. 48 p. [Consulta 7 de junio del 2014]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE INDUSTRIAS DE LA ALIMENTACIÓN Y BEBIDAS. *Energía renovable a partir de los residuos de la industria*

alimentaria: BIOGÁS. España: Boletín Monográfico, 2010. 7 p. [Consulta 21 de junio del 2014]. Disponible en:http://www.fiab.es/es/zonadescargas/boletines/ARTICULO_BIOGAS.pdf

- GIRALDO, Walter. ESPINOZA, Einer. *Determinación del rendimiento del biogás producido por el estiércol de diferentes animales en el Centro de Producción Tigua-UNASAM*. Perú: Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo, 2005. 94 p. [Consulta 10 de julio del 2014]. Disponible en:http://www.epg-unasam.info/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=296
- GUEVARA, Antonio. *FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES ANAERÓBICOS RURALES*. Perú: 1996. [Consulta 10 de abril del 2014]. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031042/031042.pdf>
- HILBERT, Jorge y EPPEL, Jeremy. *Desafíos y Estrategias para implementar la Digestión Anaeróbica en los Agro sistemas*. Argentina: 2007.49 p. [Consulta 1 de junio del 2014]. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Medio%20Ambiente/Desafios%20y%20estrategias%20para%20implementar%20la%20digestion%20anaerobica%20en%20agroecosistemas.pdf>
- HILBERT, Jorge. *MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS*. Argentina: 2007.57 p. [Consulta 1 de junio del 2014]. Disponible en: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCEQFjAB&url=http%3A%2F%2Finta.gob.ar%2Fdocumentos%2Fmanual-para-la-produccion-de-biogas&ei=UxzUU_m4NoO-

sQTW9ID4Bg&usg=AFQjCNH30cdAyVxrIVtDXwdykfWiZrCPyQ&bvm=b
v.71778758,d.cWc

- INDIVERI, Elisa. *Biodigestor. Manual de uso*. Argentina: 2008. 20 p. [Consulta 13 de junio del 2014]. Disponible en: <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/manual-uso-biodigestor.pdf>
- INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL. *Guías de Mejores Técnicas Disponible para el Sector de Explotaciones Intensivas de Aves en la Comunidad Valenciana*. 1a. ed. España: Centro de Tecnologías Limpias, Conselleria de MediAmbient, Aigua, Urbanisme i Habitatge Generalitat Valenciana, 2011. 132 p. ISBN: 978-84-482-3677-9. [Consulta 10 de agosto del 2014]. Disponible en: <http://www.citma.gva.es/documents/20549779/161524223/Gu%C3%ADa+M+TD++Aves/c9d9679b-ade5-4e86-aa89-b7a0aa0a5219;jsessionid=A583E0F4BF74E988131937E6BA8D6128.node1>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Aves Criadas en Campo y Planteles Avícolas*. Ecuador, 2012. 4 p. [Consulta 13 de junio del 2014]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/.../info-aves.pdf
- JIMÉNEZ, Diego. *EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO TIPO CONTINUO*. México: Universidad Veracruzana, 2012. [Consulta 07 de julio del 2014]. Disponible en: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAAahUKEwj5_8jrpoTGAhXI0YAKHY28AFg&url=http%3A%2F%2Fcdigital.uv.mx%2Fbitstream%2F123456789%2F31560%2F

1%2Fdelamercedjimenezdiego.pdf&ei=8753Vbm6K8ijgwSN-
YLABQ&usg=AFQjCNEehwoQmvvXI_Zx7rNvu2Hyr-
UvWw&sig2=zuBhK-FUixA44c99CD-vRQ

- MARTÍ, Jaime. *BIODIGESTORES FAMILIARES. GUÍA DE DISEÑO Y MANUAL DE INSTALACIÓN*. Bolivia 2008. 85 p.
- MARTÍ, Nuria. *Phosphorus Precipitation in Anerobic Digestion Process*. Estados Unidos de América: Dissertation ,2006. 25 p. ISBN: 1-58112-332-9
- MINENERGIA - Ministerio de Energía de Chile, PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y GEO - Global Environment Facility. *Manual de Biogás*. Chile: Proyecto CHI/00/G32, 2011. 119 p. ISBN: 978-95-306892-0
- MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, AINIA. *Primeros resultados del PSE Probiogás, macroproyecto cofinanciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación para desarrollar un sistema sostenible de producción y uso de biogás agroindustrial en nuestro país*. España, 2009. 6p. [Consulta 23 de junio del 2014]. Disponible en: http://213.229.136.11/bases/ainia_probiogas.nsf/webContents/Descripci%C3%B3n
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO. *Revisión de Desarrollo*

Avícola. [en línea]. [Consulta 10 de junio del 2014]. ISBN: 987-92-5-308067 (PDF). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>

- REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD CENTRAL. *Evaluación de un Sistema Discontinuo de Biodigestión Anaerobia para el tratamiento de desechos avícolas*. Venezuela, 2005. [Consulta 02 de mayo del 2014]. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079840652005000400010&script=sci_arttext
- RITTMAN, Bruce y McCARTY, Perry. *Biotecnología del Ambiente. Principios y Aplicaciones*. Estados Unidos de América, 2001. 745 p. ISBN: 84-481-3280-7
- RODRÍGUEZ, Jenny. *TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE AGUAS RESIDUALES*. Colombia: 1997. [Consulta 07 de julio del 2014]. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>
- RODRÍGUEZ, Claudia. *Residuos Ganaderos: Cursos de Introducción a la Producción Animal* [en línea]. Argentina, 2002. 7 p. [Consulta 13 de junio del 2014]. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf
- RUIZ, Arnoldo. *Utilización de gallinaza en la alimentación de bovinos* [en línea]. Turrialba: Universidad de Costa Rica, 1976. [Consulta 5 de junio del 2014]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2550E/A2550E.PDF>

- SAMAYOA, Svetlana. BUESO, Carlos y VIQUEZ, Joaquín. *GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE BIODIGESTORES EN ECOEMPRESAS*. 1ª ed. Honduras: Comunica ediciones, 2012. [Consulta 07 de julio del 2014]. Disponible en: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.snvworld.org%2Fdownload%2Fpublications%2Fguia_sistema_de_biodigestion_web.pdf&ei=HCPUU9u-KqjLsQSxhIGQBw&usg=AFQjCNESa74nAD7WdQgA3y-YOgNFPzeNVg&bvm=bv.71778758,d.cWc
- SOIL TECHNOLOGIES CORP. *COMPOST TREET A Concentrated Source Of Natural Microorganisms Used for Composting*. Estados Unidos de América, 1985. [Consulta 07 de agosto del 2014]. Disponible en: <https://www.soiltechcorp.com/product/compost-treet/>



ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 1, Panamericana Sur, Abdo. 17-01-340
Telf. - Fax. 2690694
QUITO - ECUADOR

NOMBRE DEL PROPIETARIO: BORIS MIÑO
NOMBRE DEL REMITENTE: BORIS MIÑO
NOMBRE DE LA GRANJA: SALACHE
LOCALIZACIÓN: MATRIZ

PARROQUIA SALCEDO CANTÓN COTOPAXI
PROVINCIA

FECHA DE MUESTREO: 18/09/2014
FECHA INGRESO AL LABORATORIO: 22/09/2014
FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS: 06/10/2014

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%)					mg/kg (ppm)							
					N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	M.O	B	Zn	Cu	Fe	Mn	
806	GALLINAZA	7.68			3.87	0.93	1.65					85.08					

PH y CE al 10%
Materia Orgánica por pérdida por calcinación -Método A.O.A.C.

METODOLOGÍA USADA:

C.E. = Conductividad eléctrica
M.O. = Materia orgánica

dS/m = decisiemens/metro



RESPONSABLE LABORATORIO

[Signature]
LABORATORISTA

ANEXO N° 2. FORMATO DE REGISTRO CAMPO

HOJA DE CAMPO

FECHA:	
HORA:	

	TRATAMIENTO	PRESIÓN	TEMPERATURA
R1	T2		
	T0		
	T5		
	T1		
	T4		
	T6		
	T3		
R2	T3		
	T2		
	T6		
	T4		
	T1		
	T0		
	T5		
R3	T5		
	T2		
	T4		
	T0		
	T6		
	T1		
	T3		

ANEXO N° 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Replanteo del terreno



Implantación de columnas del
invernadero



Estructuración del invernadero



Cobertura del invernadero



Adecuaciones del biodigestor



Perforación de tapas



Soldadura de agitadores



Enroscamiento de tubería



Unión de tuberías



Unión de tuberías



Marcaje de biodigestores



Instalación del sistema de conducción



Pesaje de gallinaza



Inserción de gallinaza



Pesaje de cascarilla de arroz



Adición de cascarilla de arroz



Microorganismos comerciales
eficientes



Introducción de agua

