

Evaluación del impacto ambiental en biodigestores anaeróbicos en el SENA, Regional Cesar

Environmental Impact Assessment in Anaerobic Biodigesters in the SENA, Regional Cesar

Recibido: 25-06-2017

Aceptado: 29-09-2017

ALEXANDER HERNANDO TOBÓN ABELLO¹

Resumen

La generación de residuos agroindustriales corresponde a uno de los problemas fundamentales en las actividades económicas del hombre, especialmente en el sector agropecuario, debido a los residuos orgánicos de los restos de las cosechas y a las heces generadas en actividades pecuarias, los grandes aspectos e impactos que ocasionan al medio ambiente de forma natural como la contaminación de cuerpos de aguas y las respectivas emisiones que se generan en el proceso de degradación de la materia orgánica, generándose gases como el CO₂ y CH₄, exacerbando los problemas medio ambientales.

Por intermedio de estas tecnologías de biodigestión las organizaciones pueden aprovechar y tratar estos desechos y generar fuentes de energía renovables en áreas rurales, por lo tanto conocer de una manera detallada los procesos que se generan en la Biodigestión anaerobia, implica la mejora y eficiencia tecnológica de este proceso en establecer la cantidad de sustrato versus la cantidad de gas generado en relación a la temperatura y el DQO, propuesto en la cinética de la biodigestión y en la temperatura del proceso.

Palabras clave: tecnología de biodigestión, residuos, agroindustria, medio ambiente.

¹ Colombiano. Magíster en Gestión Medio Ambiental. Centro Biotecnológico del Caribe - CBC. Regional Cesar atobon@sena.edu.co

Abstract

The generation of agroindustrial waste corresponds to one of the fundamental problems in the economic activities of man, especially in the agricultural sector, due to the organic residues of the remains of the crops and the feces generated in livestock activities, the great aspects and impacts that they cause the environment in a natural way such as the pollution of bodies of water and the respective emissions that are generated in the process of degradation of organic matter, generating gases such as CO₂ and CH₄, exacerbating environmental problems.

Through these technologies of biodigestion organizations can take advantage of and treat these wastes and generate renewable energy sources in rural areas, therefore knowing in a detailed manner the processes that are generated in anaerobic biodigestion, implies the improvement and technological efficiency of this process in establishing the amount of substrate versus the amount of gas generated in relation to the temperature and COD, proposed in the kinetics of biodigestion and in the temperature of the process.

Keywords: Biodigestion Technology, Waste, Agro-industry, Environment.

INTRODUCCIÓN

Un digestor es un recipiente herméticamente cerrado, en el que se deposita la materia orgánica para ser degradada bajo las condiciones adecuadas. El uso de biodigestores como medio para tratar los desechos orgánicos es una muy buena alternativa para evitar la contaminación ambiental, y aprovechar los residuos agroindustriales, agropecuarios, entre otros como materia prima secundaria. Un biodigestor suministra energía y abono, por lo que se le considera como el medio a través del cual se genera una fuente de energía renovable (Gunnerson & Stuckey, 1986).

Los principales componentes de un digestor anaeróbico lo constituyen un reactor o contenedor de las materias primas a digerir; un contenedor de gas, con los accesorios para salida de biogás, entrada o carga de materias orgánicas primas y salida o descarga de materias orgánicas estabilizadas (Varnero, 2011).

Características de la biomasa

Para el buen funcionamiento del biodigestor la cantidad de materia prima debe ser lo suficiente como para producir el gas (Rodríguez, 1982), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Composición de la materia prima.

Material (residuos)	% Humedad (H)	% Sólidos totales	% Nitrógeno (N)	% Carbono (C)	% Sólidos volátiles	C/N
Gallinaza	65.0	35.0	6.3	94.5	65.0	15
Reses (Boñiga)	86.0	14.0	1.7	30.8	80.0	18
Cerdos	87.0	13.0	3.8	76.0	85.0	20
Basuras verdes	1.0	99.0	3.04	54.7	77.8	18
Residuos de papel	7.0	93.0	0.05	4.0 a 6.0	97.1	813
Desechos de campo	7.2	37.0	1.2	90.0	63.0	75
Excrementos humanos	73.0	27.0	6.0	36 a 60	92.0	6 a 10
Orina humana	94.0	6.0	18.0	14.0	75.0	0.8

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos

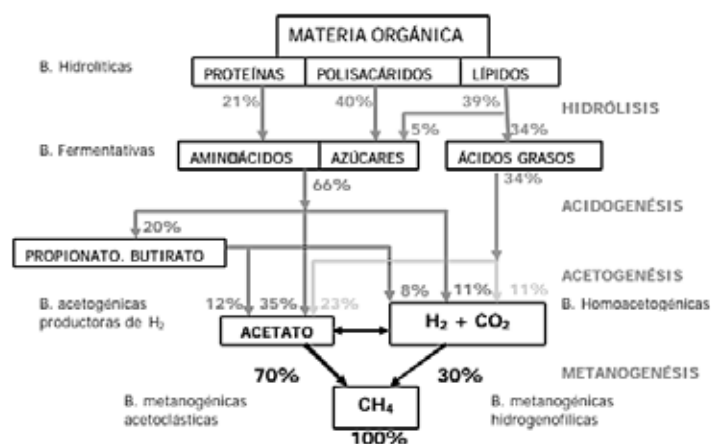


Figura 1. Etapas de la Digestión Anaerobia.

Fuente: Recuperado de <http://www.ingenierioambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>.

generados por cada grupo. La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación (Rodríguez V.).

La hidrólisis y fermentación, en la que la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias que hidrolizan las moléculas solubles en agua, como grasas, proteínas y carbohidratos, y las transforman en monómeros y compuestos simples solubles; la acetogénesis y deshidrogenación, donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, CO_2 e hidrógeno que son los sustratos de las bacterias metanogénicas; la fase metanogénica en la que se produce metano a partir de CO_2 e hidrógeno, a partir de la actividad de bacterias metanogénicas (Marty, 1984).

La concentración de hidrógeno juega un papel fundamental en la regulación del flujo del carbono en la biodigestión. Los microorganismos que en forma secuencial intervienen en el proceso son: bacterias hidrolíticas y fermentadoras; bacterias acetogénicas obligadas reductoras de protones de hidrógeno (sintróficas); bacterias sulfato reductoras (sintróficas facultativas) consumidoras de hidrógeno; bacterias homoacetogénicas; bacterias metanogénicas; bacterias desnitrificantes.

La presencia elevadas de concentraciones de sulfato en el sustrato puede producir la inhibición del proceso anaerobio, especialmente de la metanogénesis. En presencia de sulfatos, las bacterias metanogénicas compiten con las sulfato-reductoras termodinámicas y cinéticas sobre las primeras. El resultado de esta competición determinará la proporción de sulfhídrico y metano en el biogás producido (Martí, 2006).

Existen muchos factores que influyen directamente en la fermentación metanogénica y son capaces de modificar la rapidez de descomposición, entre ellos tenemos: material de carga para la fermentación, relación Carbono-Nitrógeno, concentración de la carga, la temperatura, valor de pH, promotores e inhibidores de la fermentación (Guevara, 1996).

La producción de biogás depende del tiempo de residencia en el reactor debido al cambio de etapa del tipo de digestión (Pérez, 2010).

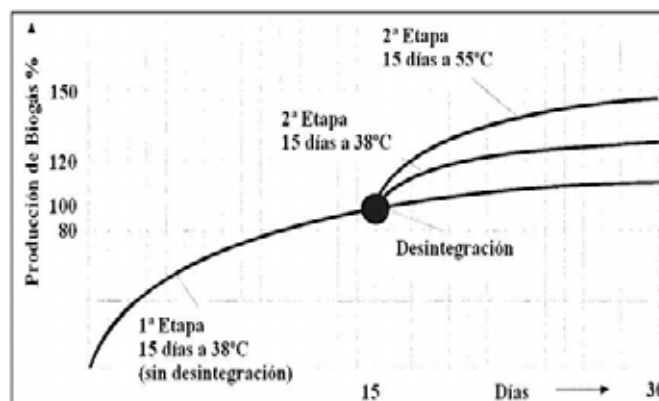


Figura 2. Variación de la producción de biogás en función del proceso de fermentación y la etapa de desintegración.

Fuente: Recuperado de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-perez_jm/pdfAmont/cf-perez_jm.pdf

La presencia de elevadas concentraciones de sulfato en el sustrato puede producir la inhibición del proceso anaeróbico, especialmente de la metanogénesis. En presencia de sulfatos, las bacterias metanogénicas compiten con las sulfato-reductoras por los mismos sustratos (acetato e hidrógeno), mostrando estas últimas ventajas termodinámicas y cinéticas sobre las primeras. El resultado de esta competencia determinará la proporción de ácido sulfhídrico y metano en el biogás producido (Varnero, 2011).

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el SENA Regional Cesar se realiza una serie de actividades agrícolas, pecuarias donde se generan residuos relacionados con la agricultura, ganadería y porcicultura, propiciando una serie de impactos al medio ambiente por estas actividades. En la empresa foco de estudio encontramos una planta para procesar los productos que se generan, al estar retirada no existe un sistema de gasoducto para conectar a la planta.

Con el proceso de biodigestión anaeróbica se aprovechan las heces de ganado vacuno, porcino y residuos de cosechas, para la generación de gas como suministro para la respectiva planta. Como es una energía renovable y hay gran cantidad de residuos generados la idea es implementar técnicas de tratamiento y aprovechamiento de estos residuos para la

obtención de gas. En este trabajo se analizan detalladamente los procesos que ocurren en la biodigestión de esa materia prima y encontrar la relación en que se degrada para la producción del respectivo metano como fuente de combustión.

JUSTIFICACIÓN

Es importante para cualquier entidad contar con una documentación técnica y científica que respalde los procesos de biodigestión y sus posibles impactos, generados, desde la infraestructura instalada, hasta las diversas acciones propias de las actividades generadas, de tal manera que se tenga claridad de las reales ventajas y desventajas de su uso, así como identificar la eficiencia dentro del proceso, permite estar al tanto y optimizar el tratamiento y reutilización adecuada de los residuos, como también la serie de aspecto e impactos generados en esta actividad.

Al conocer las ecuaciones de cada reacción química se verifica las fases que ocurren en la degradación de la materia orgánica, las condiciones ideales que se deben tener para una producción óptima de energía renovables como el metano, además de la proporción de gases sulfurosos que se van a generarse en la biodigestión, en detrimento de la calidad de este producto, para la reacción en la combustión.

Conocer e identificar los procesos químicos microbiológicos como resultado de la síntesis o degradación de la materia orgánica como materia prima permite controlar y aprovechar los residuos a un nivel más alto de eficiencia para la producción de metano, igualmente como la planeación y estimación de carga óptima de gas aprovechable del sistema, como también de cantidad o proporción de residuos o desechos aprovechables (estiércol de ganado vacuno y porcino).

Objetivo general

Determinar la valoración cualitativa del impacto ambiental que genera la implementación de un biodigestor anaerobio en el SENA Regional Cesar.

Objetivos específicos

- Establecer un método de evaluación de impacto ambiental.
- Determinar los impactos ambientales más significativos con la instalación del biodigestor anaerobio.
- Aplicar el método seleccionado para evaluar los impactos ambientales más relevantes en la instalación del biodigestor anaerobio.

ECUACIONES QUÍMICAS

Tabla 2. Tratamiento anaerobio de aguas residuales.

Tipo de reacción	Ecuación
Fermentación de glucosa a acetato	$Glucosa + 4H_2O \rightarrow CH_3COO^- + 4H^+ + 4H_2$
Fermentación de glucosa a Butirato	$Glucosa + 2H_2O \rightarrow C_4H_7CO_2 + 2HCO_3^- + 3H^+ + 2H_2$
Fermentación delbutirato a acetato e H	$Butirato + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + H_2$
Fermentación del propionato a acetato	$Propionato + 3H_2 \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + H_2$
Acetogénesis a partir de H y CO	$HCO_3^- + H^+ + 4H_2 \rightarrow CH_3COO^- + 2H_2O$
Metanogénesis a partir del CO eH	$HCO_3^- + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 3H_2O$
Metanogénesis a partir del acetato	$Acetato + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^- + H^+$

Fuente: <http://www.ingenieroaambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>

La acidogénesis se produce a partir de los compuestos procedentes de las reacciones de hidrólisis previas, obteniéndose por diferentes vías productos aptos para la acidogénesis, tales como ácidos orgánicos (acetato, propionato, butirato, lactato, etc.) y alcoholes, además de otros subproductos importantes para las etapas posteriores (amoníaco, H_2 , CO_2 , etc.) (Rodríguez V.).

Los productos finales de la flora acidogénica (butirato, propionato, etc.) junto con el H_2 y CO_2 se transforman en acetato a partir de la deshidrogenación acetogénica y la hidrogenación acetogénica. Algunas reacciones fermentativas se producen solo a bajas presiones de H_2 el producto mayoritario es acetato. La mayoría de las reacciones de biodegradación requieren

menores energías de transformación a altas temperaturas se tienen sistemas de reacción menos estables (Del Real Olvera, 2007).

Ecuaciones matemáticas

La producción de biomasa en la digestión anaerobia se puede definir por la siguiente relación:

Donde

X= Biomasa; S=Sustrato;
tasa de producción de biomasa
tasa de remoción de sustrato

Y: coeficiente de producción

Kc: coeficiente endógeno

La constante de velocidad se define como una constante de proporcionalidad entre la velocidad de reacción y la concentración de los reactivos. Matemáticamente, la expresión de velocidad de reacción queda:

Donde

k: constante de velocidad y n: orden de reacción (Cabrera, 2010)

La temperatura del reactor no solo afecta la velocidad de reacción de los procesos fisicoquímicos sino también la velocidad de conversión de los procesos bioquímicos. Cuando se produce un cambio de temperatura de un rango a otro, existen consorcios microbianos que no son compatibles con estos cambios, lo cual ocasiona que su metabolismo sea más lento y como consecuencia de esto disminuye la velocidad de la reacción del proceso; esto se representa en la ecuación de Arrhenius (Gómez & Parra, 2011):

Donde

r_0 : velocidad de reacción a una temperatura de referencia T_0 ; rT : velocidad de reacción a la temperatura T ;

C: coeficiente que toma en cuenta la energía de activación y la temperatura.

La tasa de utilización del sustrato por parte de los microorganismos se obtiene con la siguiente ecuación (Cendales, 2011):

$$Z = \frac{DQO_{CH_4}}{DQO_{Removido}}$$

La digestión anaerobia es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido. En vista de que no hay oxidación, se tiene que la DQO teórica del metano equivale a la mayor parte de la DQO de la materia orgánica digerida (90 a 97%), una mínima parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%). En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, solo una pequeña parte de la energía libre es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido (Rodríguez V).

El factor de conversión de sustrato a metano es la relación entre la masa de metano producida la cual se expresa como DQO_{CH_4} y la DQO removida. Si el cálculo de la DQO se hace con base en la fracción soluble, la producción que se considera es la producción neta de metano (Cendales, 2011).

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

(Del Real Olvera, 2007) propone la siguiente secuencia:

- Obtener y mantener la fuente de inoculación seleccionada.
- Puesta a punto de los equipos experimentales utilizados, así como las técnicas de análisis específicas para cuantificar las variables del proceso de degradación anaerobia.
- Seleccionar e implantar los parámetros iniciales de operación, así como los diversos rangos de variación.
- Obtener las condiciones óptimas para la cinética de la biodegradación, mediante el análisis de la disminución en la DQO, la generación de biogás y la cantidad de sólidos.

dos en el sistema de acuerdo a como lo marca la normatividad vigente.

- Determinar los parámetros cinéticos del proceso de degradación para simular el progreso de la reacción con un modelo matemático desarrollado para tal fin.

MODELOS DE BIODIGESTORES

Existen muchos modelos, entre los más populares tenemos:

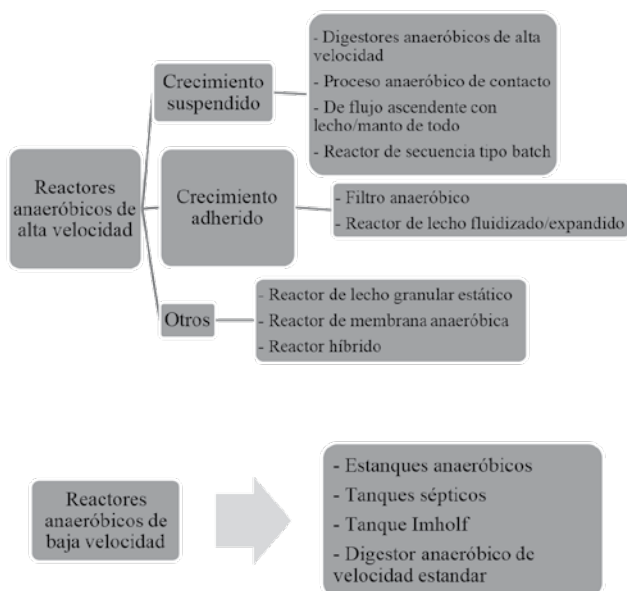


Figura 3. Clasificación de los reactores anaeróbicos.

Fuente: Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

POSIBLES IMPACTOS AL MEDIO AMBIENTE

El término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su entorno..., se manifiesta en: a) la modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental; b) la modificación del factor alterado; c) la interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones.

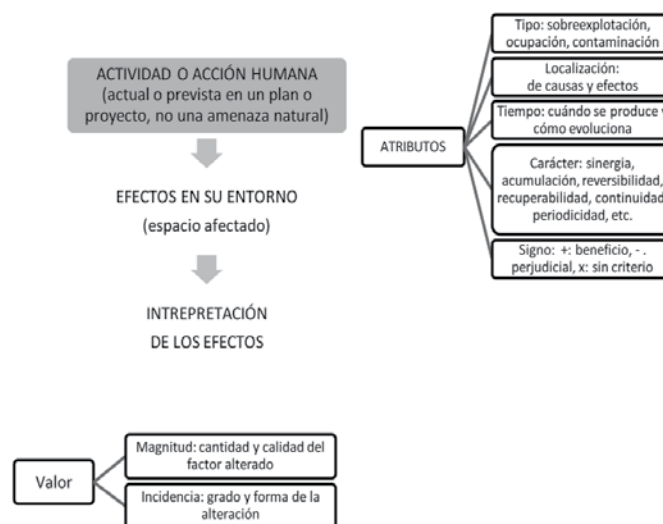


Figura 5. El impacto se asocia a la alteración del medio derivada de una acción humana.

Fuente: Tomado de Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013.

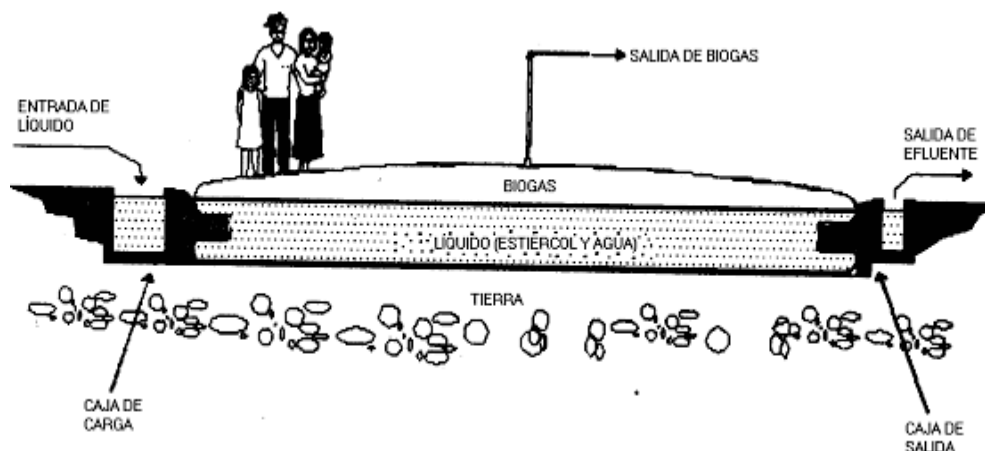


Figura 4. Biodigestor anaeróbico. Tipo pistón de baja velocidad.

Fuente: Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319408>

Un indicador de impacto ambiental es “el elemento o concepto asociado a un factor que proporciona la medida de la magnitud del impacto, al menos en su aspecto cualitativo, y también, si es posible el cuantitativo” (*Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 1993).

Para desarrollar la evaluación ambiental de cualquier proyecto se debe tener en cuenta (Viceministerio de Ambiente, 2010):

- Análisis de los impactos previos al proyecto, identificando las actividades que más han ocasionado cambios en el entorno ambiental y socioeconómico de la zona de estudio y realizar el análisis de tendencias.
- Análisis del proyecto en sus aspectos técnicos identificando las actividades impactantes en las diferentes etapas del mismo.
- Identificación y calificación de impactos esperados por la realización de las diferentes actividades del proyecto.

MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Según (Arboleda, 2008) se identifican los siguientes métodos:

Diagramas o redes de interacción proyecto-ambiente: con este método se tratan de reconstruir las relaciones proyecto-ambiente mediante la elaboración de diagramas o redes, donde se puede seguir la ruta de las consecuencias de una determinada acción sobre un factor ambiental.

Método de diagramas de proceso: este método se basa en los diagramas utilizados para describir los procesos, en los cuales se muestran las entradas y salidas de cada una de las actividades que hacen parte de cada proceso. En el caso de las EIA, las actividades del proceso corresponden a las ASPI y las salidas y entra-

das a los aspectos ambientales, a partir de los cuales se pueden encontrar los impactos.

Método de diagramas causa-efecto: este método consiste en construir una red con las relaciones causa-efecto teniendo en cuenta las siguientes definiciones:

Acción: corresponde a las acciones del proyecto susceptibles de producir impacto (ASPI) que se identificaron en la etapa de caracterización del proyecto.

Efecto: es el proceso físico, biótico, social, económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una determinada acción del proyecto y que puede producir cambios o alteraciones en las relaciones que gobiernan la dinámica de los ecosistemas o en los recursos naturales. También se refiere a la forma como se relaciona el proyecto con el ambiente, o sea, a los aspectos ambientales, que se vieron anteriormente.

Impacto: corresponde al concepto que se ha estado manejando, o sea, el cambio neto que se produce en esas condiciones ambientales que se están analizando.

Métodos matriciales: Son matrices de doble entrada que se construyen con la información del proyecto y el ambiente procesada en los elementos anteriores de la EIA (ASPI y FARI) con el fin de buscar las posibles interacciones entre estos dos elementos. En la matriz de Leopold se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto (Leopold, Clarke, Hanshaw & Balsley, 1971).

Tabla 3. Atributos para magnitud del impacto.

Naturaleza		Intensidad	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
		Media	2
Impacto perjudicial	-	Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)		MOMENTO (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA		ACUMULACIÓN	
Sin Sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	3		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD	
Indirecto	1	Irregular o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD			
De manera inmediata	1	Si I ≤ 25 impacto irrelevante	
A medio plazo	2	Si 25 > I ≤ 50 impacto moderado	
Mitigable	4	Si 50 > I ≤ 75 impacto severo	
Irrecuperable	8	Si I ≥ 75 impacto crítico	

Fuente: Martínez Prada, 2010.

Según (Conesa Fernandez-Vitora, 1993), los atributos utilizados para el cálculo de la importancia del impacto son:

Según (Dellavedova, 2011) en la importancia del impacto ambiental, “cada uno de los criterios se evalúa y se califica de acuerdo con los rangos que se establecen en la tabla y luego se obtiene la importancia (I) de las consecuencias ambientales del impacto”, aplicando el siguiente algoritmo:

$$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RC),$$

donde:

IN = Intensidad
MO = Momento
RV = Reversibilidad
AC = Acumulación
PR = Periodicidad
EX = Extensión
PE = Persistencia
SI = Sinergia
EF = Efecto
RC = Recuperabilidad

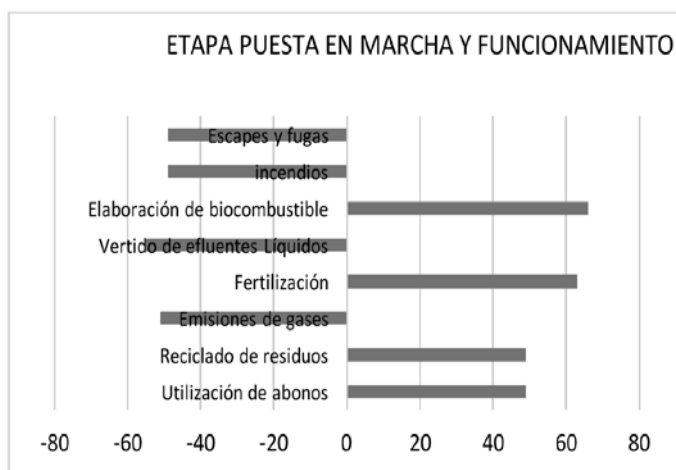
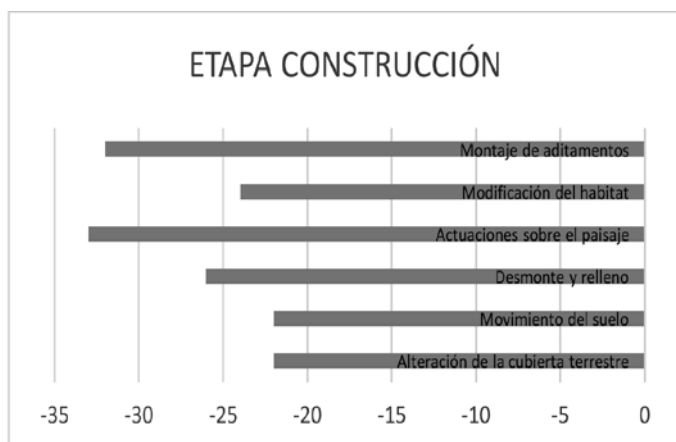
Tabla 4

FACTOR	ETAPA	IMPACTO	ACTIVIDAD	+/-	IN	Ex	MO	Si	AC	EF	Pe	Rv	PR	RB	VALOR	CLASIFICACION
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA	CONSTRUCCIÓN	A1	Alteración de la cubierta terrestre	-1	2	1	1	3	1	1	3	3	1	1	22	IRRELEVANTE
			Movimiento del suelo	-1	2	1	1	3	1	1	3	2	1	2	22	IRRELEVANTE
			Desmonte y relleno	-1	2	2	1	3	1	4	3	1	1	2	26	MODERADO
			Actuaciones sobre el paisaje	-1	4	2	1	3	1	4	3	2	1	2	33	MODERADO
			Modificación del habitat	-1	2	1	1	3	2	1	3	3	1	2	24	IRRELEVANTE
			Montaje de aditamentos	-1	4	2	1	1	1	4	3	3	1	2	32	MODERADO
CONDICIONES BIOLÓGICAS	OPERACIÓN	B1	Utilización de abonos	1	8	3	1	3	2	4	3	1	4	1	49	MODERADO
			Reciclado de residuos	1	8	3	1	3	2	4	3	1	4	1	49	MODERADO
			Emisiones de gases	-1	8	1	1	3	4	4	3	3	4	3	51	SEVERO
		C5	Fertilización	1	12	3	1	3	4	4	3	1	4	1	63	SEVERO
			Vertido de efluentes Líquidos	-1	8	3	1	3	4	4	3	3	4	3	55	SEVERO
			Elaboración de biocombustible	1	12	3	1	3	4	4	3	3	4	2	66	SEVERO
		C4	incendios	-1	8	1	2	3	4	4	3	3	1	3	49	MODERADO
			Escapes y fugas	-1	8	1	2	3	4	4	3	3	1	3	49	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los impactos evaluados con la matriz aplicada nos arrojó la siguiente estadística:



Fácilmente identificable la etapa de construcción como la que más afectación negativa ofrece, estableciéndose como acciones reparadoras programas de reforestación, cercas vivas perimetralmente para mejorar el tema paisajístico.

En la etapa de puesta en marcha se verifican los beneficios que aportan a nivel ambiental la implementación de un biodigestor en el área seleccionada.

Se establece como percepción del antes, durante y después del proyecto el siguiente esquema:

Implementación de un biodigestor anaerobio

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
- Espacios abiertos con vegetación típica, en arbustos y árboles sin uso definido.	- Desmonte y remoción de cobertura vegetal. - Excavación de suelos. - Construcción de fosa y cajas. - Instalación de aditamentos, acoples, tuberías y plásticos. - Instalación del biodigestor.	- Preparación de sustratos orgánicos. Puesta en marcha y arranque. - Generación de biogás biofertilizantes y lixiviados. - Control y seguridad. - Carga y descarga.

Se correlacionan los siguientes aspectos relevantes con la ejecución del proyecto:

Impactos sobre los elementos atmosféricos:

- Aumento de los niveles de inmisión de gases o partículas, debido a que en el proyecto se maneja o tratan residuos orgánicos y como consecuencia del tratamiento anaerobio se generan olores al igual que en todo el proceso de uso del biodigestor, afectando a la población circundante.

Impactos sobre la geología y la geomorfología:

- Su naturaleza es positiva, debido a la implementación de infraestructuras para el tratamiento y aprovechamiento de residuos impidiendo la disposición de residuos orgánicos al aire libre y el aprovechamiento de gas metano en lugares contenidos.

Impactos sobre la hidrología:

- Afecciones a masas de agua superficiales: por medio del biodigestor se generarán vertimientos puntuales locales que pueden llegar a contaminar los cuerpos de agua superficiales. Su efecto es considerable debido a que se requiere un manejo de los lixiviados generados por el biodigestor.

Impactos sobre la vegetación:

- Afecciones por contaminantes (metales, partículas, etc.).

- Aumento del riesgo de incendio; los biodigestores por almacenamiento del gas metano, y temperaturas superiores a 40 °C puede haber riesgo de explosión o chispa por la misma estática que puede ocasionar una explosión o riesgo a la vegetación por incendios.

Impactos sobre el paisaje

- Visibilidad e intrusión visual: existirá una obra que va a contrastar con el entorno paisajístico, especialmente por la utilización de materiales sintéticos, tejas y construcción civil que contrasta con el paisaje reflejado en un cambio de estructura paisajística (formas, contrastes cromáticos).

Impactos sobre la población

- **Efectos en la salud:** en la actividad de recolección, manejo y transporte de residuos orgánicos a los biodigestores puede existir un riesgo ocupacional a los operarios por el manejo inadecuado; pero a la vez es positivo al contrastar estos desechos arrojados directamente al medio ambiente, caso que ocasionaría más daño en las personas. En cuanto al tema de uso de biodigestores para la obtención del gas metano es un impacto positivo para la salud porque reemplaza el carbón y la leña, incidiendo este en afectaciones respiratorias para las personas, punto positivo de innovación tecnológica para el sector rural.

Impactos sobre los factores culturales

- Cambios en la accesibilidad: implementación de tecnología para la obtención de gas dejando atrás la forma tradicional de pipetas de gasolina o leña para la cocción de los alimentos.

Impactos en el sistema territorial e institucional:

- Especialmente en la modificación del área de influencia de servicios y equipamientos en relación a conflictos con otros planes y programas.

CONCLUSIONES

Las actividades antropogénicas como la agricultura, la ganadería y especies menores emplean una serie de recursos relacionados directamente del ecosistema como, el suelo, agua y aire expresado en la modificación de los ecosistemas y en los diversos componentes de contaminación que van desde los desechos orgánicos, contaminación de cuerpos de aguas por contaminantes emergentes y altas cargas de desechos, hasta la generación de olores que pueden alterar la calidad del aire.

En el proceso de implementación de un biodigestor anaerobio en el SENA Regional Cesar, se identifica una serie de impactos ambientales negativos en la etapa de construcción como: afectación directa al suelo, actuaciones sobre el paisaje y modificación del hábitat; pero fácilmente recuperables en la etapa de puesta en marcha y funcionamiento, o con acciones reparadoras que permiten reducir sustancialmente las consecuencias generadas.

REFERENCIAS

- Arboleda, J. A. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín.
- Cabrera, K. M. (Diciembre de 2010). "Estudio cinético de la digestión anaerobia de mezclas de desechos de fruta". Tomado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bits-tream/23000/746/1/98062.pdf>
- Cendales, E. D. (2011). "Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable". Tomado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4100/1/edwindariocendalesladino.2011.parte1.pdf>
- Conesa, V. (1993). "Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental". (E. Mundi-Prensa, Ed.). Tomado de <http://docslide.com.br/documents/conesa-fernandez-guia-metodologica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental.html>

- Conesa, V. (1993). "Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental", pág. 10. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Del Real Olvera, J. (agosto de 2007). "Evaluación y modelado de la cinética de depuración anaerobia de vinazas de la industria alcohola". Tomado de: <http://repositoriodigital.academica.mx/jspui/bitstream/987654321/74416/1/Evaluacion%20y%20modelado%20de%20la%20cinetica.pdf>
- Dellavedova, M. (2011). "Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental". Tomado de: <http://www.kpesic.com/sites/default/files/Ficha-17-guia-metodologica-para-la-elaboracion-de-una-eia.pdf>
- Gómez, D., & Gómez, M. T. (2013). *Evaluación de impacto ambiental*. España: Ediciones Mundi-Prensa, pág. 155.
- Gómez, S., & Parra, E. (2011). "Influencia de la carga de sustrato y la temperatura sobre los parámetros cinéticos de la etapa hidrolítica del proceso de digestión anaerobia del bagazo de fique". Recuperado el 7 de noviembre de 2016, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6731/2/139053.pdf>
- Guevara Vera, A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Recuperado el 7 de noviembre de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031042/031042.pdf>
- Gunnerson, C., & Stuckey, D. (1986). "Anaerobic digestion. Principles and practices for". Recuperado el 8 de noviembre de 2016, de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/980401468740176249/pdf/multi-page.pdf>
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). Recuperado el 30 de abril de 2017, de: <https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf>
- Martí, N. (2006). "Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process". Recuperado el 6 de noviembre de 2016, de: <http://www.bookpump.com/dps/pdf-b/1123329b.pdf>
- Martínez, R. (2010). "Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia". Recuperado el 5 de mayo de 2017, de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4232/1/696893.2011.pdf>
- Marty. (1984). "The Microbiology of Anaerobic Digesters". Recuperado el 8 de noviembre de 2016, de: <https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/05/the-microbiology-of-anaerobic-digesters-michael-h-gerardi.pdf>
- Perez, J. A. (Marzo de 2010). "Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros". Recuperado el 8 de noviembre de 2016, de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/746/1/98062.pdf>
- Rodríguez, J. A. (s.f.). "Tratamiento anaerobio de aguas residuales". Recuperado el 7 de noviembre de 2016, de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>
- Rodríguez, J. M. (1982). "Biodigestor: una aproximación al diseño". Tomado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo;jsessionid=1FB107242DFBE8CCA0590952453A2401.dialnet02?codigo=4902415>
- (s.f.). Tomado de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04Lag104de09.pdf>
- Varnero, M. T. (2011). "Manual de biogás". Recuperado el 8 de noviembre de 2016, de: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Viceministerio de Ambiente. (2010). *Metodología general para la presentación de estudios*. Bogotá, Colombia.