

Modelado del Crecimiento de Bacterias al Interior de un Biodigestor

Alejandro Chica ¹, Germán Lopez ²

¹Estudiante IV semestre Maestría en Ingeniería, Universidad Libre. alejandroschica@unimeta.edu.co, ²Profesor IV semestre Maestría en Ingeniería, Universidad Libre. germanlopezm@yahoo.es,

RESUMEN

El presente trabajo pretende generar una aplicación de modelado del crecimiento de bacterias al interior de un biodigestor, se abordara el tema de tipos de biodigestores, al igual que se abarcara información sobre los tipos de procesos y bacterias que habitan estos elementos, se analizara teóricamente el comportamiento de estas bacterias y su tasa de crecimiento.

Palabras clave: modelado, bacterias, biodigestor, crecimiento.

ABSTRACT

This work is intended to build an application modeling the growth of bacteria within a digester, would address the issue of types of digesters, as it includes information on the types of processes and bacteria that inhabit these elements, theoretically analyze the behavior of these bacteria and their growth rate.

Keywords: modeling, bacteria, biodigester, growth.

1. INTRODUCCIÓN

Los biodigestores como medio para la producción de biogás (metano, CH₄) son de gran uso en las provincias de Colombia, esto debido a que el uso de esta fuente alterna de energía asegura la disminución en la contaminación ambiental, disminuye los costos de producción en las pequeñas granjas de Colombia y brinda subproductos como el abono orgánico, capacitar a nuestras comunidades en estos proyectos permitirá mejorar las condiciones de vida, allí radica la importancia del modelado de crecimiento de las bacterias en los biodigestores, ya que gracias a su acción al interior de los biodigestores permiten el mejor rendimiento y eficiencia en producción de energía de un biodigestor.

2. BIODIGESTORES.

Los biodigestores son un medio de tratamiento de las excretas de animales y de otros tipos de desechos orgánicos utilizando un proceso de digestión anaeróbica.

La degradación o descomposición se da por la acción de bacterias anaeróbicas (que actúan en un medio sin oxígeno). Las bacterias consumen el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce una combinación de gases formado por metano, Anhídrido carbónico y un poco de monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso, entre otros.

Los alimentos de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el Nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco, etc.). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

Como resultado de este proceso se produce principalmente gas metano y un fertilizante líquido ó efluente. El biogás esta compuesto por:

- Metano (CH₄) 55 a 70 %.
- Anhídrido carbónico (CO₂) 35 a 40 %.
- Nitrógeno (N₂) 0.5 a 5 %.
- Sulfuro de hidrógeno (S H 2) 0.1 %.

El aporte calórico fundamental lo ofrece el metano cuyo peso específico es de alrededor de 1 kg./m³.

3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BIOGÁS

En este proceso realizado por bacterias, se libera un mezcla de gases (55 a 70%) formada por:

Metano	Dióxido de carbono	Hidrógeno	Nitrógeno	Ácido sulfúrico
--------	--------------------	-----------	-----------	-----------------

La producción de biogás, además de aprovechar Materia considerada como desperdicio, origina como subproducto un fertilizante de calidad excelente. El biogás tiene mucha importancia en los países en desarrollo, y en los industrializados está aumentando la atención por este combustible.

Los desechos están.

Compuesto de	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
Se transforman	Compuestos Solubles	Ácidos grasos	Aminoácidos

En donde las bacterias los transforman en ácidos orgánicos simples como el ácido acético y propianico los cuales se transforman por medio de las bacterias.



© Tania Beteta H.

Figura 1. Algunos usos del biogás en la unidad de producción: energía eléctrica; calentadores; fogones y diferentes cocinas adaptadas.

4. ORGANISMOS DENTRO DEL BIODIGESTOR

Las bacterias son muy pequeñas, entre 1 y 10 micrómetros (μm) de longitud, y son muy variables en cuanto al modo de obtener la energía y el alimento. Están en casi todos los ambientes: en el aire, el suelo y el agua. Algunas se encuentran en muchos alimentos y otras viven en simbiosis con plantas, animales y otros seres vivos.

Descomposición, es la división de un compuesto en sus componentes más simples por medio de una reacción química. En química, un agente común de descomposición es el calor, que puede descomponer tanto los compuestos inorgánicos como los orgánicos.

La descomposición también puede producirse por :

Acción química	Catálisis	Enzimas	La luz
----------------	-----------	---------	--------

El término descomposición se aplica también al fenómeno de desintegración biológica o putrefacción causado por los microorganismos. La fermentación, por ejemplo, es causada por la acción de las enzimas.

La cantidad de bacterias al interior de un biodigestor puede calcularse a partir de cultivos puros de especies conocidas de bacterias o levaduras; cada cepa seleccionada se cultiva de forma intensiva y pura por procedimientos adaptados y optimizados que permiten alcanzar tras la cosecha concentraciones celulares muy elevadas por gramo o mililitro de producto, pudiendo llegar a 10^{10} gérmenes por gramo para las levaduras y 10^{12} gérmenes por gramo para las bacterias. El valor de su tasa de crecimiento en condiciones de 35°C y condiciones de flujo controlado de aire, y glucosa es de 12% día.

Partiendo de este dato y teniendo en cuenta un calculo para un biodigestor al que se le inicia con una cantidad de 20 g de levadura activa, hallar el tamaño de la población bacteriana en 20 días después de iniciado el proceso de fermentación en

un biodigestor piloto de no más de 2 lb de contenido para desechos de biomasa.

Diseño del Modelo

Las ecuaciones diferenciales se emplean en ingeniería como método para el estudio de diferentes formas de crecimiento poblacional bajo condiciones constantes y estabilidad.

El crecimiento de la población se enfrenta a factores que impiden el crecimiento con el tiempo, como la escasez de alimentos o de agua, está dado por una ecuación diferencial, llamada de crecimiento limitado:

$$\frac{dy}{dt} = k(M - y)$$

Donde:

M es el tamaño de la población máxima y es el tamaño de la población normal
k es la razón de crecimiento

En tal modelo la razón de crecimiento es proporcional a la proximidad de la población normal con el tamaño de la población máxima.

$$\frac{dy}{dt} = k(M - y)$$

$$\frac{dy}{dt} = 0,12(10^{25} - y)$$

Separando variables e integrando

$$\int \frac{dy}{(10^{25} - y)} = \int 0,12 dt$$

$$-\ln(10^{25} - y) = 0,12t + c$$

$$\ln(10^{25} - y) = -0,12t - c$$

$$(10^{25} - y) = Ae^{-0,12t} \quad \text{donde } A = e^{-c}$$

$$(y) = 10^{25} - Ae^{-0,12t}$$

$$\text{Sustituyendo } (y) = 10^{10}$$

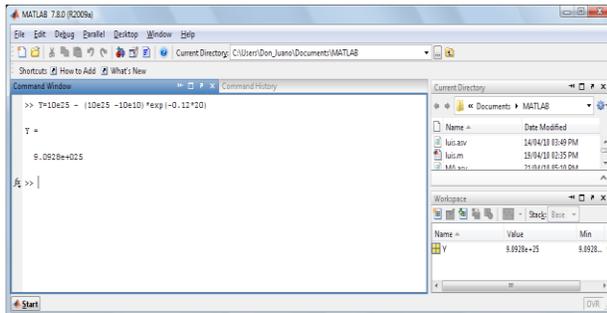
$$10^{10} = 10^{25} - Ae^{-0,12t}$$

como $e^0 = 1$

$$A = 10^{25} - 10^{10}$$

$$A = 10^{25}$$

Usando matlab para la solución de la ecuación diferencial, obtenemos



$$y = 9.0928^{25} \text{ Bacterias}$$

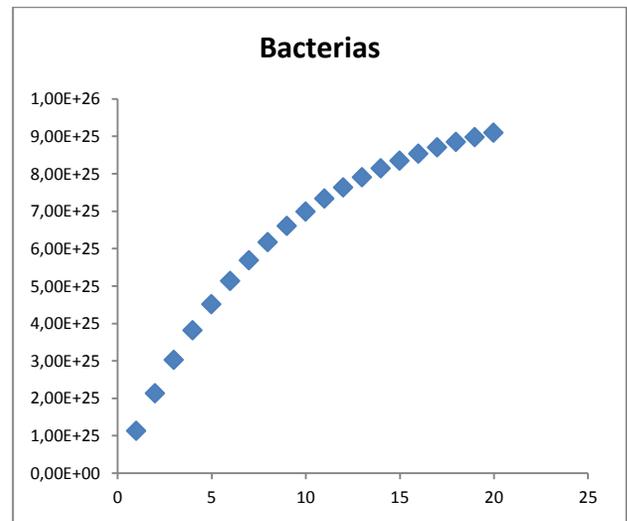
Para graficar el comportamiento de las bacterias al interior del biodigestor dentro del día 0 al día 20 se realizan las siguientes operaciones gráficas en matlab.

En la siguiente tabla se reemplazan el tiempo requerido en la ecuación que representa el crecimiento bacteriano a fin de establecer la curva característica de crecimiento.

Tabla de crecimiento bacteriano vs día

Días	Bacterias
1	1,13E+25
2	2,13E+25
3	3,02E+25
4	3,81E+25
5	4,51E+25
6	5,13E+25
7	5,68E+25
8	6,17E+25
9	6,60E+25

10	6,99E+25
11	7,33E+25
12	7,63E+25
13	7,90E+25
14	8,14E+25
15	8,35E+25
16	8,53E+25
17	8,70E+25
18	8,85E+25
19	8,98E+25
20	9,09E+25



Grafica 1. Función de crecimiento bacteriano dentro del biodigestor.

5. DISCUSIÓN

El estudio del modelado matemático aplicado a crecimiento poblacional es una herramienta de gran aporte en el diseño de nuevas estrategias para la mitigación o incentivo a las mismas, ya que en el caso explícito del análisis del biodigestor el estudiar el diferente comportamiento de bacterias al interior de diferentes biodigestores harían muy costoso y extenuante el trabajo de análisis de crecimiento poblacional

En el modelado es de vital importancia el manejo de diferentes fuentes de información ya que si bien el

desarrollo es netamente matemático la inserción de variables debe ser precavida ya que una variable mal analizada o mal tomada puede acarrear a errores de cálculos y con la posterior falla en el modelo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Wikipedia, MathWords, <http://es.wikipedia.org/wiki/MATLAB>, 2010.

[2] ESMAP, 2007. Review of Policy Framework for Increased Reliance on Renewable Energy in Colombia

[3] Ministerio de Minas y Energía & Unidad de Planeación Minero Energética–UPME. 2009. Plan de Expansión de Referencia – Generación – Transmisión 2009-2023.

[4] Unidad de Planeación Minero Energética–UPME. 2005. Apéndice D. Evaluación de la Radiación Solar en Colombia.

[5] Vargas, C A. 2009. MAPA GEOTÉRMICO DE COLOMBIA, X Symposium Thechnical Commitee, 2009.

[6] Revista ISAGEN Colombia, http://economia.terra.com.pe/noticias/noticia.aspx?idNoticia=201009041729_RTI_SIE6830F4, 2010

[7] http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/business/newsid_7360000/7360496.stm