

CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS DESECHOS

En la cafetería del Anexo de Ingeniería-Cafesín, se logró observar que los residuos son de tipo muy variado, comprendiendo esto, a restos de naranja, verdura, frutas diversas, frijoles, arroz, pollo, carne de res y cerdo, pan, tortilla, chile, entre otros y en la Figura 4.1 se muestran parte del contenido de un bote de recolección de residuos orgánicos de dicha cafetería.



Figura 4. 1 Muestra de los residuos generados en el Cafesín.

Los residuos que con más frecuencia se presentaron en los botes de recolección de basura orgánica, así como la proporción de los mismos, se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Tipos y proporción de los residuos orgánicos generados con mayor frecuencia en la cafetería Cafesín.

TIPO DE RESIDUO ORGÁNICO	PROPORCIÓN
Restos de zanahoria, chayote, cebolla, cilantro, lechuga y jitomate.	50%
Restos de pan y tortilla.	
Restos de melón y papaya.	
Cáscara de naranja.	50%

Dichos residuos orgánicos presentan ciertas características físicas y químicas, las cuales fueron determinadas a partir de los procedimientos mencionados en el inciso 2.1.1.1.2 son mostradas en las Tablas 4.2 y 4.3.

Tabla 4. 2 Resultado de la caracterización física de los residuos generados en la cafetería Cafesín.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Densidad	1,414.47 kg/m ³
Humedad	30%

Tabla 4. 3 Resultados de la caracterización química de los residuos generados en la cafetería Cafesín.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
Sólidos Totales g/L	Sólidos Totales Volátiles g/L	Sólidos Totales Fijos g/L
253.12	245.32	7.79

4.2 DISEÑO DEL REACTOR A NIVEL LABORATORIO

El digestor y el contenedor de biogás, diseñados para la fase de experimentación, tienen las siguientes características:

a) Digestor.

Botella de PET (tereftalato de polietileno) de 3L de capacidad, con una altura de 0.4 m y un diámetro máximo de 0.37 m, unida con silicón a una manguera de hule, la cual fungirá como vía de salida del gas producido, tal como se muestra en la Figura 4.2.



Figura 4. 2 Fotografía del reactor a nivel laboratorio utilizado como digestor.

b) Aislante.

El aislante del reactor es una bolsa hecha con 2 capas de tela polar y dos capas de plástico y una jareta para el ajuste en la boquilla, tal como se muestra en la Figura 4.3.



Figura 4. 3 Bolsa aislante para el reactor.

c) Recipiente colector del gas.

El recipiente colector del gas producido, mostrado en la Figura 4.4, es una botella de PET (Tereftalato de Polietileno) de 2.5 L de capacidad, la cual tiene una resolución de 50 ml; así mismo se le colocó una válvula de gas como se muestra en la Figura 4.5, para que la quema del gas se realizará de una forma sencilla y controlada.



Figura 4. 4 Recipiente recolector de biogás



Figura 4. 5 Válvula de de quema para el biogás.

4.3 INÓCULO

Para la realización del experimento, el inóculo utilizado fue excremento de vaca; ya que éste contiene bacterias metanogénicas responsables de la producción de metano dentro del digestor (Steadman, 1978).

Dicho inóculo presenta en forma general características físicas y químicas que se presentan en la Tabla 4.4.

Como ya se dijo anteriormente, el inóculo utilizado para la realización de este experimento fue estiércol vacuno por su contenido de bacterias metanogénicas. En cuanto al porcentaje utilizado, se puede decir que obedece a lo recomendado por el autor Steadman (1978) y Castro-González (2009). Dicho porcentaje es del 30 % del volumen útil del biodigestor.

Tabla 4. 4 Características físicas y químicas de excremento vacuno (Guevara, 1996).

CARACTERÍSTICA	CANTIDAD	UNIDADES
Sólidos totales	20.0	%
Sólidos volátiles	15.8	%
Humedad	83.0	%
Contenido seco	17.0	%
Contenido de carbono	7.3	%
Contenido de nitrógeno	0.29	%
Relación C/N	25:1	-

4.4 ARRANQUE DEL DIGESTOR

Las etapas para las que se realizó a nivel laboratorio el arranque del digestor fueron las siguientes:

1. Se tomó una muestra de los residuos orgánicos generados en la cafetería de estudio.
2. Se cortaron los residuos en pequeños trozos no más grandes que 1 cm² aproximadamente, tal como se muestra en la Figura 4.6.



Figura 4. 6 Residuos preparados para la carga al digestor.

3. El volumen total del reactor es de 3 L de capacidad, del cual el volumen útil fue del 85%, lo cual correspondió a 2.55 L.

De los 2.55 L que corresponden al volumen útil, el 50% fue ocupado por residuos orgánicos, 30% por inóculo y 20% por agua.

En la tabla 4.5 se muestra a detalle la proporción, el volumen y el peso de cada una de las partes que harán posible el arranque del digestor.

Tabla 4. 5 Proporción de volumen y peso de cada uno de los componentes en la carga para el arranque del digestor experimental.

VOLUMEN TOTAL 3 L 100 %	VOLUMEN ÚTIL 2.55 L P= 2.475 kg 85 %	RESIDUOS ORGÁNICOS 50% V= 1.275 L P= 1.075 kg	Naranja 50% V=0.6375 L
			Residuos de <i>zanahoria, chayote, cebolla, cilantro, lechuga, jitomate, pan, tortilla, melón y papaya.</i> 50% V= 0.6375 L
		INÓCULO 30% V=0.765 L P= 0.750 kg	
		AGUA 20% V=0.510 L	

P=peso en kg

V=volumen en litros (L)

4. Se mezclaron todos los componentes anteriormente mencionados y se estabilizó el pH con 191.7 g/L equivalente a 4.79 M y 27 cucharadas soperas de sosa.

5. Se realizó el llenado del reactor con la mezcla anteriormente hecha y se colocó la funda aislante. La Figura 4.7 muestra el digestor con carga como se indicó y en la Figura 4.8 se muestra el digestor ya con la cubierta aislante colocada.



Figura 4. 7 Digestor con carga completa en el arranque.



Figura 4. 8 Cubierta aislante del digestor.

6. Ya concluida la etapa anterior, se prosiguió a llenar la botella colectora con agua pura, se le colocó agua a una cubeta y se introdujo la botella llena de agua (con la boquilla hacia abajo)

dentro de la cubeta, de esta forma el agua contenida en la botella colectora solo será desplazada hacia afuera de ella cuando comience a producirse biogás (Figura 4.9).



Figura 4. 9 Arreglo del reactor con cubierta aislante y almacenador del biogás.

4.5 PRESENCIA DE METANO EN EL BIOGÁS Y SU INFLAMABILIDAD

La manera en la que se determinó si el biogás contenido en la botella colectora contenía metano fue la siguiente:

- a. Se verificó que el pH de la mezcla del digester no tuviera variaciones que estuvieran fuera del rango de 6.5-8.5 de pH.
- b. En el momento que la condición anterior se cumplió se procedió a retirar la manguera de la botella colectora, después la manguera se aseguró para evitar la salida del biogás contenido en el digester y la botella colectora se tapó y todo lo anterior se realizó sin sacar la botella colectora de la cubeta con agua.
- c. Manteniendo la botella dentro del agua y una vez realizadas las actividades anteriores se procedió a encender un fósforo y a colocarlo cerca de la válvula de la botella colectora la cual inmediatamente de esta acción fue abierta, mientras tanto a la botella colectora se le aplicaba presión para que el biogás contenido en ella se liberara y pudiera servir de combustible. En la Figura 4.10 se muestran fotografías del contenido de metano en el biogás y su inflamabilidad.

La inflamabilidad del biogás fue de intensidad variable por tanto fue clasificado como se muestra en la Tabla 4.6. En dicha Tabla se presentan los índices de inflamabilidad de biogás, los cuales son directamente proporcionales a la cantidad de metano (CH_4) contenido en el biogás generado. A continuación se da una breve explicación del criterio que se tomó para determinar los índices de inflamabilidad mostrados en la Tabla 4.6:

Nula: No hay flama, al dejar escapar el gas de la botella se apaga la flama del fósforo.

Baja: Al dejar escapar el biogás de la botella y acercarle el fosforo se observa un flamazo donde las características de la flama son las siguientes: Transparente en el centro y azul claro en el contorno y su duración es de 6-10 segundos.

Media: Al dejar escapar el biogás de la botella y al acercarle un fósforo se observa que la flama es de color azul difuso y se mantiene encendida de forma continua. Dicha flama se extingue antes de que el biogás contenido en la botella se termine.

Alta: Al dejar escapar el biogás de la botella y al acercarle un fósforo se observa que la flama es de color azul muy nítido, continua y con forma definida. Dicha flama solo se extingue cuando el biogás contenido en la botella se acaba.

Tabla 4. 6 Grado de inflamabilidad del biogás generado.

ÍNDICE	INFLAMABILIDAD DE BIOGÁS GENERADO
0	Nula
1	Baja
2	Media
3	Alta


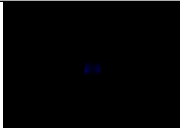


FOTO	INFLAMABILIDAD DE BIOGÁS GENERADO
	Nula
	Baja
	Media
	Alta

Figura 4. 10 Contenido de metano en el biogás y su inflamabilidad