



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO



# Actividad 3: Caracterización y método de monitoreo de biodigestores

PROYECTO: DESIGN AND SCALE-UP OF CLIMATE RESILIENT WASTE MANAGEMENT AND ENERGY CAPTURE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS - REFERENCE NUMBER: 2015000061



**Jaime Martí Herrero (CIMNE-Ikiam)**

(jaimemarti@cimne.upc.edu)

**Juan Pablo Vargas (INIAP-CIMNE)**

**Paola Cuji (IIGE)**

**Valeria Ramírez (IIGE)**

**Luis Rodríguez (INIAP)**

**Duther López Domínguez (INIAP)**

**Jordi Cipriano (CIMNE)**

Con el apoyo de:

MINISTERIO  
DEL AMBIENTE



## 1. Objetivo, metodología y limitantes de este documento

Este documento se enmarca dentro del proyecto DESIGN AND SCALE-UP OF CLIMATE RESILIENT WASTE MANAGEMENT AND ENERGY CAPTURE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS - REFERENCE NUMBER: 2015000061, apoyado por el Climate Technology Centre & Network (CTCN). El proyecto es coordinado por el Centro Internacional de métodos numéricos en ingeniería (CIMNE) siendo sus socios locales Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE).

**El objetivo del proyecto** es proveer de asistencia técnica, para el desarrollo de herramientas que promuevan de manera sostenible el sector de biodigestores en Ecuador, permitiendo la promoción y la implementación masiva de la tecnología, para aprovechar el potencial de la biomasa de la producción pecuaria.

Este documento corresponde a la Actividad 3: Implementación, seguimiento y caracterización de biodigestores piloto. El objetivo de este documento es establecer una metodología de monitoreo de los biodigestores implementados en el marco del proyecto.

**Los objetivos específicos del documento son:**

- Establecer la metodología de monitoreo de biodigestores
- Establecer la caracterización de la operación de los biodigestores

## 2. Antecedentes

Los biodigestores de bajo costo son aquellos que evitan la incorporación de sistemas activos de agitación y/o calefacción<sup>1</sup>. En general, estos sistemas tratan de aprovechar fenómenos naturales para el buen funcionamiento de los biodigestores (gravedad, hidráulica, calefacción solar, etc.). Los modelos de biodigestores de bajo costo más conocidos son los *domo fijo*, los *domo flotante* y los biodigestores plásticos<sup>2</sup>. En Ecuador los biodigestores de bajo costo que se vienen instalando son de plástico, ya sean de geomembrana de PVC, de polietileno, o plástico de invernadero.

Dentro del proyecto DESIGN AND SCALE-UP OF CLIMATE RESILIENT WASTE MANAGEMENT AND ENERGY CAPTURE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS - REFERENCE NUMBER: 2015000061, se han instalado 8 biodigestores de bajo coste. El resumen de ubicación y características principales de estos biodigestores se muestra en la siguiente tabla:

Proveedor	Nombre del Usuario	Provincia	Altura sobre nivel del mar (msnm)	Tipo de productor	Estiércol	Estiércol por día (Kg/d)	Volumen líquido del Biodigestor	Material de construcción del tanque
Sistema Biobolsa	María Chela Esparza Chávez	Santo Domingo de los Tsáchilas	408	Med	Bovinos Y Porcinos	200 kg Bovinos 50 Kg Cerdos	32,5 m <sup>3</sup>	Geomembrana de polietileno 1,5mm
Sistema BioBolsa	Jorge Marcelo Yáñez Jacome	Pichincha	3219	Med	Bovinos	90 kg	23 m <sup>3</sup>	Geomembrana de polietileno 1,5mm
Manolo Muñoz	Cristina Velata	Tungurahua	3252	Peq	Porcinos	20 kg	5,769 m <sup>3</sup>	Geomembrana de polietileno 0,5mm
Manolo Muñoz	Rosa Zamora	Tungurahua	2896	Peq	Porcinos	20 kg	5 m <sup>3</sup>	Geomembrana de polietileno 0,5mm
Mundo Intag	Danilo Lomas	Imbabura	947	Peq	Porcinos	50 Kg	10 m <sup>3</sup>	Geomembrana de PVC
Mundo Intag	Galo Pantoja	Imbabura	869	Peq	Porcinos	50 Kg	10 m <sup>3</sup>	Plástico de invernadero cal.10

<sup>1</sup> Martí-Herrero, J. (2011). Reduced hydraulic retention times in low-cost tubular digesters: two issues. *biomass and bioenergy*, 35(10), 4481-4484.

<sup>2</sup> <http://beegroup-cimne.com/kt-content/uploads/2018/06/Guia-Biogas-sector-lechero-2018.pdf>

Biodigestores Ecuador	Bismarck Manfreddy Robles Soto	El Oro	598	Med	Porcinos	300 Kg	42 m <sup>3</sup>	Geomembrana de PVC
Biodigestores Ecuador	Rodrigo Encalada	El Oro	290	Peq	Porcinos	100 Kg	22 m <sup>3</sup>	Geomembrana de PVC

Por lo tanto, entre estos 8 biodigestores se tiene una muestra con un amplio abanico de materiales (4 materiales diferentes para el tanque), 5 corresponden a productores pequeños y 3 a medianos, 3 se encuentra en regiones más frías y 5 en regiones más cálidas y se tiene presencia en cinco provincias del país. El punto débil de la muestra es que solo se tienen dos biodigestores alimentados con estiércol de vaca, siendo el resto de estiércol de cerdo. Este ya es un indicador de que sector agropecuario (porcicultores) tiene un mayor potencial e interés para implementar un Programa Nacional de Biogás.

En este contexto, el proyecto caracterizará el funcionamiento de los biodigestores instalados, tras haber pasado unos meses desde su instalación (instalaciones realizadas durante noviembre y diciembre de 2018). Para ello es necesario realizar un monitoreo de los sistemas<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> a modo de referencia se puede consultar el siguiente artículo sobre monitoreo y caracterización de biodigestores: Martí-Herrero, J., Ceron, M., Garcia, R., Pracejus, L., Alvarez, R., & Cipriano, X. (2015). The influence of users' behavior on biogas production from low cost tubular digesters: A technical and socio-cultural field analysis. *Energy for Sustainable Development*, 27, 73-83.

### 3. Monitoreo de biodigestores de bajo costo

#### 3.1. Tiempo de monitoreo:

Estando los biodigestores estabilizados, es decir, habiendo superado el primer tiempo de retención desde la carga inicial (entre dos y tres meses), se iniciará el monitoreo.

El monitoreo debe ser de al menos 10 días, preferiblemente si son 15 días consecutivos.

#### 3.2. Proceso

En una primera visita se deberá:

- Instalar sensor de temperatura interna: Se fijará el sensor de temperatura HOBO Pendant al extremo de un alambre grueso de 2 m de longitud, y se introducirá por la tubería de salida. De este modo, el sensor debe quedar en la boca interna de la tubería de salida. Se fija el alambre sobrante a la boca externa de la tubería de salida del biodigestor. Frecuencia de medición de 1h.
- Instalar sensor de temperatura ambiente: Se introducirá el sensor HOBO Pendant en el interior de un pedazo de tubería de 4" de 20 cm de longitud. Se puede fijar usando alambre, de modo que el sensor quede en medio, sin estar en contacto con las paredes de la tubería que lo contiene. Esta tubería hará la función de sombreado. Se coloca el sensor (metido en la tubería, en el entorno del biodigestor) hasta 10 m en un lugar sombreado y ventilado. Frecuencia de medición de 1h.
- Instalar gasómetro: Se ubica un medidor de flujo de gas G1.6 entre el biodigestor y la válvula de alivio. El medidor ya debe venir con dos llaves de paso y uniones universales, para una vez a la semana hacer purga de agua.
- Medir carga de estiércol: se recogerá con pala y se pesará el estiércol acumulado en el corral que entrará posteriormente al biodigestor
- Medir agua utilizada: Se medirá la cantidad de agua utilizada para mezclar con estiércol. Si se usa manguera, se puede medir caudal de la manguera, y tiempo utilizado para limpiar los corrales.
- Tomar muestra influente: Tomar tres muestras de 0,5 litros de influente representativa (mezclada). Esto se realiza durante la carga del biodigestor, tomando una muestra representativa. Mantener la muestra refrigerada hasta entregar en los laboratorios del INIAP e IIGE.
- Tomar muestra de efluente: Tomar tres muestras de 0,5 litros de efluente representativa (mezclada). Cuando se carga el biodigestor, este tiende a rebalsar el efluente, y se tomará una muestra cuando la textura y color del efluente sea homogénea. Mantener la muestra refrigerada hasta entregar en los laboratorios de INIAP e IIGE.
- Tomar muestra de biogás: estando el biodigestor inflado, se le pone un peso sobre la cúpula (puede ser presionado por una persona) para que aumente la presión del biogás. Se abre la conducción de biogás y se deja salir biogás durante 5 segundos, se introduce una jeringuilla de 50 ml, y se llena y vacía tres veces, dejándola llena de biogás la última vez. Posteriormente se utiliza borrador para corchar la punta de la aguja. Se marca la

jeringuilla con la identificación de la muestra, y se introduce en una botella de PET de 2 litros, llena con agua a pH 2 y saturada de sal. En la botella se pueden meter varias jeringas adecuadamente identificadas.

- **Monitoreo:** Se capacitará al usuario para tomar nota cada día de la medición de biogás registrada en el medidor de gas, y se le aportará una hoja de registro (ANEXO 1) donde aparece la fecha, la carga de estiércol y agua, la medición de biogás y observaciones.

### **Análisis de laboratorio de influente y efluente**

Del influente y efluente (laboratorio encargado de su análisis):

- Sólidos totales (INIAP e IIGE)
- Sólidos volátiles (INIAP e IIGE)
- pH (INIAP e IIGE)
- NPK (INIAP)
- CHON (IIGE)

Del biogás (laboratorio encargado de su análisis):

- Porcentaje de Metano ( $\text{CH}_4$ ), (IIGE)

### **Segunda visita y recogida de instrumentación**

En una segunda visita se recogerán los sensores instalados previamente y se dejará el biodigestor tal y como estaba previo al monitoreo.

Recoger y sistematizar el registro aportado por el usuario (fecha, cargas, biogás, observaciones)

De ser necesario se puede realizar una segunda toma de muestra de influente, efluente y biogás.

## **3.3. Análisis de datos**

La caracterización se realizará a partir de parámetros de funcionamiento y parámetros de operación de los biodigestores

### **Parámetros de operación:**

- **Carga orgánica volumétrica (Organig Loading Rate):** Este parámetro mide la cantidad de materia orgánica que entra al biodigestor por día y unidad de volumen, medido en  $\text{kg}_{\text{sv}}/\text{m}^3\text{d}$ . Se calcula a partir de la carga diaria, el volumen líquido del biodigestor y las características fisicoquímicas del sustrato.
- **Tiempo de Retención (Retention Time):** Este parámetro indica el tiempo que tienen las bacterias de trabajar el sustrato dentro del biodigestor, medido en días. Se calcula a partir de la carga diaria, el volumen líquido del biodigestor.

### **Parámetros de funcionamiento**

- **Producción específica de biogás (Specific Biogas Production):** Este parámetro indica la cantidad de biogás generado por unidad de materia orgánica que ingresa al biodigestor, y se mide en  $\text{m}^3/\text{kg}_{\text{sv}}$ . Es un parámetro indicativo de la eficiencia de la digestión

anaerobia. Se calcula a partir de la producción diaria de biogás y la carga diaria de estiércol.

- Tasa de producción de biogás (Biogas Production Rate): Este parámetro mide la cantidad de biogás producido por día y por unidad de volumen de biodigestor y se mide en  $\text{m}^3/\text{m}^3\text{d}$ . Es un parámetro indicativo de la eficiencia del biodigestor en producir biogás. Se calcula a partir de la producción diaria de biogás y el volumen del biodigestor.
- Funcionamiento térmico (Thermal performance): Este es un análisis del comportamiento dinámico de la temperatura interna del biodigestor respecto a la temperatura ambiental. La diferencia de temperatura interna-externa es un indicador de la calefacción pasiva solar.

### Anexo 1: Tabla de registro de monitoreo

<b>Nombre de usuario:</b> familia Sihuango (Ejemplo)	<b>Instalador:</b> biobio
<b>Parroquia:</b> Tena	<b>Volumen del bdg:</b> 12 m <sup>3</sup>
<b>Provincia:</b> Napo	<b>Tipo de estiércol:</b> cerdo

Fecha	Carga (SI/NO)	Estiércol (kg)	Agua (l)	Carga total (l)	Biogás (m <sup>3</sup> )	Observaciones
10/10/2019	Sí	30	100	130	3,432	
11/10/2019	SI	30	90	120	4,553	
12/10/2019	No	-				No se limpió el corral
13/10/2019	Sí	50	200	160	6,103	Entró más estiércol por que se había acumulado en el piso desde ayer
14/10/2019	Sí	30	100	130	7,540	Visita del técnico instalador.
14/10/2019	Sí	30	100	130	8,747	
14/10/2019	Sí	30	100	130	10,043	visita al biodigestor de estudiantes del instituto tecnológico





