



# Experiencias Latinoamericanas en la democratización de los biodigestores:

## Aportes a Ecuador

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**

Los puntos de vista que se expresan en este reporte no reflejan necesariamente la posición del Ministerio de Ambiente de Ecuador, el International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE, España), El Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE, Ecuador) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, Ecuador) o el Climate Technology Centre and Network (CTCN) de la UNFCCC, ni cualquier otra organización participante en el proceso.

El proceso de elaboración de los resultados mostrados en el presente reporte, ha sido posible gracias a la asistencia técnica del Climate Technology Centre and Network (CTCN).

**Citación:**

Martí-Herrero J. 2019. Experiencias Latinoamericanas en la democratización de los biodigestores: Aportes a Ecuador. Climate Technology Centre and Network (CTCN)-UNFCCC. Ecuador.

**ISBN:** 978-9942-36-253-7

Equipo Asistencia Técnica CTCN-CIMNE-IIGE-INIAP

**Coordinador:**

Jaime Martí Herrero

Universidad Regional amazónica Ikiam (Ecuador)

International Center for Numerical Methods in Engineering CIMNE (España)

**Equipo:**

Paola Cují (IIGE, Ecuador)

Valeria Ramírez (IIGE, Ecuador)

Luis Rodríguez (INIAP, Ecuador)

Duther López Domínguez (INIAP, Ecuador)

Jordi Cipriano (CIMNE, España)

**Con la colaboración de:**

Lylían Rodríguez (Fundación UTA, Colombia)

Joaquín Víquez (VIOGAZ, Costa Rica)

Alex Eaton (Sistema biobolsa, México)

Con el apoyo de:



**Entidad Nacional Designada CTCN-Ecuador**

Ricardo Proaño. Subsecretaría de Cambio Climático, Ministerio del Ambiente - Ecuador

**Climate Technology Centre and Network (CTCN)**

Sandra Bry. Coordinadora Adaptación LAC y África del Oeste, CTCN

Marta Moneo, Coordinadora Regional LAC, CTCN

Federico Villatico, Manager Regional LAC y África del Oeste

**Diseño:**

Henry Romero Cárdenas (Quito, Ecuador)



**Experiencias Latino Americanas en la  
democratización de los biodigestores:  
Aportes a Ecuador**

# Contenido

<b>1.</b> Objetivo de este documento.....	<b>7</b>
<b>2.</b> La resiliencia de los pequeños y medianos productores agropecuarios.....	<b>9</b>
<b>3.</b> ¿Que son los biodigestores?.....	<b>11</b>
<b>4.</b> ¿Qué aporta un biodigestor a un productor agropecuario?.....	<b>15</b>
<b>4.1.</b> Biodigestor como productor de combustible.....	<b>15</b>
<b>4.2.</b> Biodigestor como productor de fertilizante.....	<b>15</b>
<b>4.3.</b> Biodigestor como sistema de tratamiento.....	<b>16</b>
<b>4.4.</b> Biodigestor como herramienta de mitigación del cambio climático.....	<b>16</b>
<b>4.5.</b> Biodigestor como herramienta para la adaptación al cambio climático.....	<b>17</b>
<b>5.</b> ¿Cómo funcionan los biodigestores?.....	<b>19</b>
<b>6.</b> Tipos de tecnologías apropiadas de biodigestores.....	<b>23</b>
<b>6.1.</b> Biodigestores de domo fijo.....	<b>25</b>
<b>6.2.</b> Biodigestores tubulares.....	<b>27</b>
<b>7.</b> Antecedentes en la democratización de los biodigestores en Latino América.....	<b>31</b>
<b>8.</b> Programas nacionales de biogás.....	<b>35</b>
<b>8.1.</b> Fortalecimiento de la demanda.....	<b>36</b>

<b>8.2.</b>	Fortalecimiento de la oferta.....	<b>36</b>
<b>8.3.</b>	Articulación oferta-demanda .....	<b>38</b>
<b>8.4.</b>	Asistencia técnica.....	<b>39</b>
<b>8.5.</b>	Control de calidad.....	<b>39</b>
<b>8.6.</b>	Monitoreo y evaluación.....	<b>40</b>
<b>8.7.</b>	Investigación y desarrollo.....	<b>40</b>
<b>8.8.</b>	Modelos de gobernanza de los programas nacionales de biogás.....	<b>41</b>
<b>9.</b>	Experiencias concretas en Latinoamérica.....	<b>45</b>
<b>9.1.</b>	Nicaragua: Primer PNB en Latinoamérica.....	<b>45</b>
<b>9.2.</b>	Costa Rica: Política medioambiental fuerte.....	<b>49</b>
<b>9.3.</b>	México: Estrategia empresarial con apoyo internacional.....	<b>50</b>
<b>9.4.</b>	Colombia: Consolidación de un sector de biodigestores.....	<b>51</b>
<b>9.5.</b>	Bolivia: biodigestores tubulares de plástico en clima frío.....	<b>53</b>
<b>10.</b>	Discusión y conclusiones.....	<b>57</b>
<b>10.1.</b>	Abanicotecnológico.....	<b>58</b>
<b>10.2.</b>	Enfoque de mercado.....	<b>59</b>
<b>10.3.</b>	Constructores/instaladores, pequeño y medianos productores.....	<b>60</b>
<b>10.4.</b>	Equipo y actores.....	<b>61</b>
<b>10.5.</b>	Acceso a crédito y fondos rotarios.....	<b>62</b>
<b>11.</b>	Apuntes para un PNB en Ecuador.....	<b>63</b>
<b>12.</b>	Conclusiones.....	<b>67</b>



## 1. Objetivo de este documento

El objetivo de este documento es presentar las experiencias internacionales, principalmente latinoamericanas, respecto las estrategias de democratización de los biodigestores dirigidos a pequeños y medianos productores. Inicialmente, se presentarán los biodigestores, su funcionamiento, productos y tipos de sistemas. Posteriormente, se explicará en qué se basan los programas nacionales de biogás y cómo funcionan estos. Consecutivamente, se presentará la única experiencia latinoamericana de este tipo de programas que fue en Nicaragua y se complementará con otras iniciativas de democratización de los biodigestores fuera del contexto de los programas nacionales de biogás, en países como México, Costa Rica, Colombia y Bolivia. Finalmente, se pondrán a consideración algunos aspectos específicos de los programas nacionales de biogás y experiencias regionales, para evaluar el contexto ecuatoriano y sus potencialidades para el desarrollo de una estrategia de democratización de los biodigestores entre pequeños y medianos productores agropecuarios.



Los biodigestores son una herramienta que puede fortalecer la resiliencia de los pequeños y medianos productores.



## 2. La resiliencia de los pequeños y medianos productores agropecuarios

A nivel mundial, los pequeños y medianos productores agropecuarios se encuentran, en términos generales, en una situación de vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático (cambio en el ciclo de lluvias, eventos climatológicos extremos, etc.), frente a las fluctuaciones de los precios de los combustibles fósiles (superior a 100 USD \$ el barril de petróleo durante 2011-2014), la fluctuación del precio de los productos agroquímicos (vinculado a los precios del petróleo y gas) y frente a la competencia desigual en productividad a corto plazo y acceso a los mercados con la gran agroindustria transnacional.

De este modo, el pequeño y mediano productor agropecuario requiere fortalecer su sistema productivo para hacerlo resiliente ante los efectos del cambio climático, reducir su dependencia de insumos externos a la finca, dar el valor que corresponde a sus productos y acceder a los mercados.

En este contexto, los biodigestores son una herramienta que puede fortalecer la resiliencia de los pequeños y medianos productores.



Los biodigestores son sistemas que producen biogás y fertilizante a partir de materia orgánica.



### 3. ¿Que son los biodigestores?

Son sistemas en los que, en ausencia de oxígeno y presencia de consorcios bacterianos adecuados, se desarrolla de forma natural la digestión anaerobia y se captura el biogás producido. Un biodigestor en su funcionamiento es similar a un sistema digestivo animal: entra materia orgánica, que es digerida por bacterias, produciendo gases (biogás) y produciendo un subproducto líquido que tiene un alto valor como fertilizante.

El biogás es el nombre que recibe la mezcla de gases producida en la digestión anaerobia, y se caracteriza por tener un 50 % -70 % de metano ( $\text{CH}_4$ ), 40-20% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y trazas de otros gases, entre los que cabe destacar el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Lo interesante es el metano producido, que es combustible. De esta forma, los residuos orgánicos tienen el potencial de producir un gas combustible como es el biogás. Además, la captura de este metano y su combustión (transformándolo en  $\text{CO}_2$ ) reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se produciría en la descomposición de los estiércoles sin tratamiento.

Del otro lado está el fertilizante producido durante el proceso de digestión anaerobia dentro de los biodigestores llamado biol, efluente o digestato dependiendo del país. En el proceso de digestión anaerobia, los nutrientes (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y otros) contenidos en los residuos orgánicos que entran en forma orgánica, se mineralizan, pasan a ser disponibles para la planta. Este proceso de mineralización de los nutrientes también se da cuando se aplica, por ejemplo, el estiércol en los campos de cultivos,

pero de una forma mucho más lenta y con mayores pérdidas de nutrientes por volatilización de algunos elementos (Nitrógeno) y riesgo de pérdida por escorrentía de aguas lluvia. Además, se han encontrado fitohormonas, que ayudan al fortalecimiento de la planta y microorganismos que pueblan en el suelo del cultivo y ayudan a mineralizar los nutrientes presentes en el mismo. De esta forma, los biodigestores aceleran la producción de fertilizante (mineralización de nutrientes) evitan pérdidas por volatilización y escorrentías, además de venir enriquecidos con fitohormonas y microorganismos. De este modo, el reciclaje de nutrientes que incentiva el biodigestor hace que los estiércoles sean manejados y aprovechados en la agricultura a través del uso de los efluentes del biodigestor, lo que evita la contaminación de fuentes de agua que podrían llegar a producir los estiércoles sin manejo adecuado.

De este modo, los biodigestores son capaces de tratar los residuos orgánicos para producir biogás (combustible) y biol (fertilizante). Este servicio (tratamiento de residuos) y sus dos productos asociados (biogás y biol) pueden ser de gran importancia para fortalecer la resiliencia de los pequeños y medianos productores, reduciendo las emisiones GEI y evitando la contaminación de cuerpos de agua.





Los biodigestores son una herramienta versátil que puede fortalecer a los pequeños y medianos productores de múltiples formas.



## 4. ¿Qué aporta un biodigestor a un productor agropecuario?

Los biodigestores son una herramienta versátil que puede fortalecer a los pequeños y medianos productores de múltiples formas.

### 4.1. Biodigestor como productor de combustible

A los biodigestores se les conoce principalmente por la producción de biogás. La producción en la finca de un combustible (como el biogás) permite que el usuario pueda cocinar con él y que le dé otros usos productivos como alimentar ordeñadoras mecánicas, bombeo de agua, molinos, cortadoras de pasto, otros usos térmicos o la producción de electricidad de consumo propio. Este acceso a una nueva fuente de energía, que produce el propio productor, amplía las posibilidades de uso y de mejora de sus procesos, que quizás no haría si debe incrementar su factura energética para esto. De este modo, los biodigestores, mediante la producción de biogás, aumentan la soberanía energética del productor pudiendo ampliar los usos energéticos en su finca.

### 4.2. Biodigestor como productor de fertilizante

De otro lado está el uso del biol (fertilizante), un producto invisibilizado anteriormente, pero que en la actualidad está tomando gran importancia. El uso del biol en los propios cultivos significa realizar un reciclaje de nutrientes que hacen al productor más resiliente e independiente de los productos agroquímicos externos a la finca. El uso del biol permite que el productor pueda fertilizar sus campos, ahorrando costes de compra de fertilizantes sintéticos,

y dándole un valor agregado a su producción por ser un manejo orgánico. Se da el caso que productores en los que el uso del biol les ha permitido aproximarse a una práctica agroecológica de producción, haciéndose más sostenibles y resilientes. De este modo, los biodigestores, mediante el uso de biol, ayudan a aumentar la independencia del productor respecto a insumos externos, aportándole un valor agregado a su cosecha y al suelo.

### 4.3. Biodigestor como sistema de tratamiento

La digestión anaerobia que ocurre dentro del biodigestor es un sistema efectivo para estabilizar los residuos orgánicos, dándoles un tratamiento adecuado. De este modo el biodigestor hace un servicio ambiental al tratar los residuos, ofreciendo dos productos tangibles como es el biogás y el biol, frente a otros sistemas que suelen aportar solo la componente de fertilización (compostaje, lombricultura, plantas de tratamiento, etc.).

### 4.4. Biodigestor como herramienta de mitigación del cambio climático

El estiércol producido por los animales produce gas metano, que tiene un efecto invernadero 25 veces mayor que el CO<sub>2</sub>. Si se dispone de un biodigestor, la producción de metano a partir de estiércol se hace más eficiente, pero a la vez, es capturada para su uso. Al combustionarse el biogás, el metano se transforma en CO<sub>2</sub> y agua lo que reduce, por lo tanto, el impacto del efecto invernadero.

De otro lado, la producción y uso del biogás desplaza el uso de otros combustibles, como la leña o el gas natural o licuado de petróleo, lo que reduce la deforestación y el uso de combustibles fósiles. Además, el reciclaje de nutrientes producto del uso del biol, reduce o elimina el uso de

agroquímicos, fabricados en procesos que requieren combustibles fósiles como materia prima (gas natural para urea), como fuente de energía y para su transporte y distribución. De esta forma, el biodigestor permite que el productor reduzca la huella de carbono asociada a su consumo energético y fertilización de sus cultivos.

## 4.5. Biodigestor como herramienta para la adaptación al cambio climático

Un biodigestor permite que el productor disponga de su propio combustible, independizándose de las fuentes de energía externas, que ante eventos extremos producidos por el cambio climático pueden romper sus cadenas de distribución o elevar sus costes.

Además, al producir un fertilizante e incentivar el reciclaje de nutrientes en la finca, el productor también se independiza de insumos agroquímicos externos, que pueden ver interrumpidas sus cadenas de distribución y sus precios al depender de los combustibles fósiles. La integración de un biodigestor y las actividades agropecuarias, además, muchas veces suponen la iniciación del productor en prácticas agroecológicas, donde la diversidad de cultivos, la integración de agricultura y ganadería, el cuidado y conservación del suelo, son las claves del proceso de producción, lo que reduce las plagas (así como el uso de agroquímicos) y mejora su resiliencia ante eventos extremos climáticos como sequías (porque el biol aumenta el porcentaje de materia orgánica en el suelo y por una menor evaporación en el suelo al tener cubierta vegetal).



## 5. ¿Cómo funcionan los biodigestores?

La digestión anaerobia que ocurre dentro de un biodigestor es desarrollada en varias etapas y por multitud de diferentes bacterias que conforman el consorcio bacteriano. Estas etapas de la digestión anaerobia son como una producción en cadena, los residuos generados en la descomposición de la materia orgánica por un grupo de bacterias, se convierten en la materia prima de otro grupo de bacterias, que se degrada nuevamente y genera otros residuos que son aprovechados por otras.

Los consorcios bacterianos necesarios para el desarrollo de la digestión anaerobia están presentes en el estiércol fresco de cualquier animal. El estiércol de vaca, cerdo, gallina, etc. Puede usarse como sustrato de alimentación de biodigestor, para producir biogás y fertilizante al final de proceso. No sucede lo mismo con otras materias orgánicas como residuos de cosecha, de industrias alimentarias o domésticos, ya que no disponen del consorcio bacteriano requerido. Sin embargo, sí se pueden digerir estos sustratos orgánicos inertes si se añade un consorcio inicial de bacterias (iniciando el biodigestor con



**La eficiencia de la digestión anaerobia depende de dos parámetros que se compensan: temperatura y tiempo de digestión**



estiércol o inóculo de otro biodigestor que ya tenga el consorcio bacteriano) o co-digestando la carga del biodigestor con estiércol. De este modo, toda materia orgánica puede ser digerida de forma anaerobia produciendo biogás. También es cierto que cada materia orgánica tiene diferente potencial de producción de biogás, y normalmente los estiércoles de animales poligástricos tienen menor potencial que los de los monogástricos y estos menos, que los residuos orgánicos que no han pasado por un estómago previamente, como residuos de cosecha, industrias alimenticias o domiciliarios.

Al ser un proceso que se da en la naturaleza (como en el fondo de los pantanos) la eficiencia de la digestión anaerobia depende de dos parámetros que se compensan: temperatura y tiempo. Cuando se trabaja a temperaturas cercanas a 35°C la digestión anaerobia es más rápida, mientras que a temperaturas por debajo de 20°C requiere de mayores tiempos para degradar la materia y producir biogás y biol. Esto conduce a dos tipos de diseño de biodigestores: aquellos que se calientan a 35°C, para reducir el tiempo que necesitan las bacterias en desarrollar el proceso de digestión anaerobia, lo que reduce el volumen de biodigestor, pero incrementa la inversión y mantenimiento por la calefacción; o aquellos que trabajan a temperaturas ambiente (normalmente menores a 30°C) e incrementa el volumen del biodigestor, no obstante, reduce los costes asociados a un sistema de calefacción.





Los biodigestores de bajo costo son aquellos que no usan sistemas activos de calefacción o agitación, lo que reduce ampliamente los costos de inversión y mantenimiento.

## 6. Tipos de tecnologías apropiadas de biodigestores

La digestión anaerobia que ocurre dentro de los biodigestores se desarrolla de forma más eficiente a 35°C. Para alcanzar esta temperatura, en la mayoría de climas, será necesario insertar un sistema de calefacción, lo que incrementaría los costes de inversión y mantenimiento del biodigestor. En términos generales, los tipos de biodigestores empleados en pequeños y medianos productores no utilizan sistemas activos de calefacción, adaptándose a las temperaturas del lugar.

Por otro lado, para evitar la formación de una “nata” o “costra” sobre la superficie del lodo en el interior del biodigestor, se pueden usar sistemas activos de agitación, lo que encarece la inversión y mantenimiento. En el caso de biodigestores enfocados a pequeños y medianos productores se han buscado alternativas pasivas para evitar la formación de esta costra superficial, ya sea por medio de la presión del propio biogás para producir agitación neumática del mismo, añadiendo agitadores manuales o diluyendo la carga de la materia orgánica con agua.

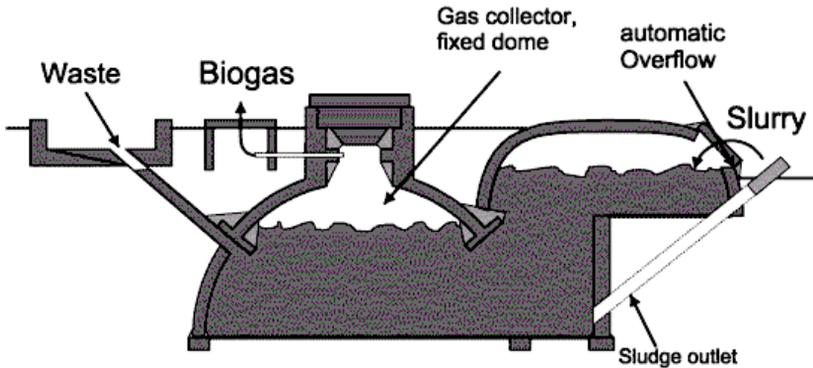
De este modo, los biodigestores de bajo costo son aquellos que no usan sistemas activos de calefacción o agitación, lo que reduce ampliamente los costos de inversión y mantenimiento. Se les conoce como biodigestores de bajo costo, baja tecnología o tecnología intermedia o biodigestores apropiados y son los más empleados en los programas nacionales de biogás a nivel mundial.

Los biodigestores domésticos son aquellos que son capaces de abastecer las necesidades de combustible para cocinar de una familia media. Esto significa que será necesaria una producción de biogás de al menos 1000 litros de biogás por día. Si se considera como referencia que 1 kg de estiércol de vaca tiene el potencial de producir unos 35 litros de biogás y 1 kg de estiércol de cerdo unos 50 litros, un biodigestor doméstico debe ser cargado con 25-30 kg de estiércol de vaca, o 20 kg de estiércol de cerdo, al día. A modo de referencia, cuatro vacas que duerman en un establo cerca de la casa, depositarán durante la noche esta cantidad de estiércol.

En general se pueden identificar dos tipologías de biodigestores apropiados: los de domo fijo y los tubulares.



## 6.1. Biodigestores de domo fijo



**Figura 1:** Arriba- Diseño típico de un biodigestor de domo fijo con doble cámara, (Modelo CAMARTEC, Tanzania) . Abajo-biodigestor CAMARTEC construido, previo a ser tapado con tierra (CAMARTEC, Tanzania)

Los biodigestores de domo fijo suelen estar contruidos con cemento y ladrillo, lo que les otorga un tiempo de vida de hasta 20 años, requieren de mano de obra cualificada para su construcción e inversión en el transporte de grandes volúmenes de materiales (arena, cemento, ladrillos, etc.) hasta el lugar de la instalación. El biodigestor de domo fijo, en la actualidad, se suele hacer con dos tanques, uno principal con forma de bóveda, completamente enterrado y un segundo tanque más pequeño semienterrado. El primer

tanque es el principal donde se realiza la digestión anaerobia, es hermético y en este se captura el biogás producido. Al estar enterrado, la temperatura a la que se desarrolla la digestión anaerobia es similar a la temperatura del suelo, muy cercana a la temperatura ambiente media anual del lugar (con variaciones estacionales). El segundo tanque es abierto y sirve como tanque de compensación ya que, al acumularse biogás en el primer tanque, aumenta la presión del biogás hasta que este llega a desplazar parte del lodo del primer tanque al segundo, llamado por eso, de compensación.

Cuando el biogás se consume baja la presión del mismo en el primer tanque, regresando el lodo del tanque de compensación al principal, esto genera un movimiento que produce agitación y evita la formación de costra. Estos biodigestores de domo fijo funcionan muy bien en climas tropicales y cálidos, pero están limitados en climas fríos, ya que la temperatura del suelo baja tanto, que la digestión anaerobia se ralentiza mucho. Por otro lado, las dos grandes ventajas de estos biodigestores son que la presión del biogás puede llegar a un metro de columna de agua y la carga de materia orgánica (normalmente estiércol de cerdo o vaca) solo se mezcla 1:1 con agua. Un ejemplo de biodigestor de domo fijo con dos tanques se muestra en la Figura 1, que corresponde al modelo CAMARTEC, desarrollado en Tanzania

## 6.2. Biodigestores tubulares



**Figura 2:** Biodigestores tubulares de plástico (Ecuador) (arriba izquierda), de geomembrana de polietileno (México) (derecha), de geomembrana de PVC (Costa Rica) (abajo izquierda)

Los biodigestores tubulares están contruidos de plástico y suelen tener formas cilíndricas y alargadas y al estar semienterrados, dejan visible la cúpula de biogás que se forma. Debido a su forma también se les conoce como biodigestores salchicha. El plástico usado en estos biodigestores suele ser polietileno de invernadero (doble capa) en los casos más baratos (con durabilidades de entre 5-7 años si están bien protegidos) y geomembranas (con durabilidades de 10 a 15 años). La geomembrana puede ser de PVC o polietileno, con grosores superiores a los 0,75 mm. Las geomembranas de PVC pueden ser reforzadas con malla interna de nylon o sin ella. En este último caso la geomembrana es muy elástica caracterizando a los biodigestores contruidos con ella por tener grandes cúpulas de biogás. En general, las empresas dedicadas a la venta de biodigestores tubulares han optado por biodigestores tubulares de geomembrana (de PVC o polietileno) prefabricados, lo que facilita el proceso de instalación. Los biodigestores tubulares plásticos (de polietileno tubular de invernadero) se deben construir en el lugar de la instalación. En cualquier caso, el transporte de materiales es mucho menor que en el domo fijo, la instalación del sistema se hace en un solo día y al igual que en el domo fijo, se necesita mano de obra cualificada.



**Los biodigestores tubulares son más versátiles en su implementación en diferentes zonas climáticas.**





**Figura 3:** Biodigestor tubular de plástico adaptado a clima frío (Bolivia) .

Estos biodigestores funcionan a temperaturas similares a las del suelo (como el domo fijo) al estar el lodo en la parte que queda por debajo del nivel de la zanja. Pero al estar semienterrados, dejando la cúpula de biogás visible, pueden diseñarse para aprovechar la radiación solar de modo que se caliente el sistema. En este caso es necesario añadir aislante en las paredes y sobre el suelo de la zanja para no perder el calor ganado. Si se incluye un invernadero compacto, que sirve también de protección del sistema, se logra aumentar la temperatura de trabajo del biodigestor, lo que puede hacer funcionar los biodigestores en climas extremos (temperaturas por debajo de cero grados centígrados). Esto hace que los biodigestores tubulares sean más versátiles en su implementación en diferentes zonas climáticas. Estos biodigestores trabajan a menores presiones de biogás, entre 5 cm y 15 cm de columna de agua y para que el lodo fluya en su interior (ya que no tienen sistema de agitación neumática como el biodigestor de domo fijo) es necesario mezclar el estiércol con agua en una relación 1:3, lo que aumenta el volumen del biodigestor (respecto al domo fijo) y requerimientos de agua. En caso de no disponer de agua en ciertas épocas, se puede reutilizar el fertilizante líquido producido para la mezcla con el nuevo estiércol entrante. En la Figura 2 se muestran varios ejemplos de biodigestores tubulares plásticos y de geomembrana. En la Figura 3 se muestra las ventajas y desventajas de estos dos tipos de biodigestores (domo fijo y tubular).

	Domo Fijo	Tubular	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su vida útil es de 20 años al ser construido en ladrillo y cemento</li> <li>• Usan poca agua en la carga (estiércola: gua 1:1) respecto a los biodigestores tubulares</li> <li>• No ocupan espacio en la finca al estar enterrados y no es necesario sistema de protección</li> <li>• Alcanza presiones de biogás muy superiores (1 m de columna de agua) a los biodigestores tubulares</li> <li>• Es una tecnología ampliamente validada a nivel internacional (Asia y África)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la tecnología más conocida en Latino América</li> <li>• Se pueden adaptar a clima frío de los Andes con calefacción solar pasiva</li> <li>• Instalación rápida (1 o 2 días) después de cavado la zanja</li> <li>• Cualquier productor capacitado puede ser instalador de biodigestores tubulares</li> <li>• El coste del transporte de materiales es bajo y por ser piezas ligeras y estar prefabricado.</li> </ul>	
	<b>Tubulares plásticos</b>	<b>Tubulares geomembrana</b>	
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su costo es mayor que los biodigestores tubulares plásticos</li> <li>• No hay experiencia previa consolidada en Sudamérica</li> <li>• No se conoce esta tecnología en la región</li> <li>• No están adaptados para trabajar en climas fríos como los Andes</li> <li>• El transporte de materiales hasta las comunidades puede incrementar costes</li> <li>• Se requiere maestros albañales formados para que puedan construir biodigestores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al estar semienterrados y dejar la cúpula a la vista es necesario proteger el área</li> <li>• Usan más agua en la carga (estiércola: gua 1:3 a 1:5) que los biodigestores de domo fijo</li> <li>• Alcanzan menores presiones de biogás (hasta 15cm de columna de gua) que los de domo fijo</li> <li>• Se suelen usar reservorios de biogás externos para dar más presión y almacenar biogás</li> </ul>	
	<b>Tubulares plásticos</b>	<b>Tubulares geomembrana</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límite en cuanto a tamaños por los plásticos disponibles en mercado</li> <li>• Se puede reparar hasta agujeros de 20cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costes similares a domo fijo adaptado</li> <li>• Geomembrana PVC: si no es reforzada alcanza presiones de biogás entorno a 5cm de columna de agua.</li> <li>• Geomembrana polietileno: reparables hasta agujero de 20cm</li> </ul>

## 7. Antecedentes en la democratización de los biodigestores en Latino América

En todos los países latinoamericanos se ha dado un proceso similar en la difusión e implementación de los biodigestores. En la década de los 70 y 80, en la mayoría de países, se realizaron las primeras instalaciones de biodigestores, normalmente domo fijo, en proyectos auspiciados por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y vinculados a universidades públicas. Estos proyectos permitieron probar la tecnología, desarrollar investigación sobre el uso del fertilizante producido y adaptar motores para que funcionasen a biogás. A finales de los 80 y principio de los 90 el impulso de apoyo a estos proyectos desaparece, encontrándose falta de sostenibilidad y réplica de las experiencias previas debido, principalmente, a que los costes de inversión de nuevos biodigestores (domo fijo) eran altos y había faltado un adecuado control y seguimiento de los biodigestores ya instalados.

En la primera década del milenio se produjo un resurgir en todo Latinoamérica en el ámbito de los biodigestores, de nuevo impulsado por proyectos vinculados a fondos de la cooperación internacional y ejecutados desde ONGs. Esta vez, el modelo de biodigestor empleado fue el tubular de plástico y a partir de 2006 se comenzó a introducir el tubular de geomembrana.

Durante esta década se desarrollaron pequeños proyectos de biodigestores por todo Latinoamérica con experiencias muy variadas en cuanto a resultados, apropiación y sostenibilidad. El factor principal que determina el éxito o fracaso de estos proyectos es la estrategia social de implementación (cuanto menos subsidio se aporta y mayor seguimiento se le da, mejores resultados). En la transición entre la primera y segunda década del milenio ya

hay varias universidades involucradas en la I+D en este tipo de biodigestores de bajo costo en Latinoamérica, con lo que se incrementa el número de universidades a lo largo de los años. En este periodo comenzó a explorarse cómo democratizar la tecnología y hacerla accesible al mayor número de pequeños y medianos productores. Por ejemplo, Bolivia desarrolló un proyecto nacional (no llegaba a la idea de un programa que genere un mercado de biodigestores) de 2008 a 2012, en el que se instalaron 750 biodigestores tubulares domésticos y hacía uso de un diseño de calefacción solar pasiva, ya que la mayoría de ellos se situaron en el altiplano boliviano.

Las diferentes experiencias de instalación de biodigestores dieron resultados muy dispares y es por esto que en 2009 nació la Red de Biodigestores de Latinoamérica y Caribe (REDBIOLAC), como espacio pionero para compartir experiencias y lecciones aprendidas. De este modo, comenzó un movimiento bottom-up conectado a nivel regional, donde participan ONGs, fundaciones,

universidades, pequeñas y medianas empresas, micro financieras y asociaciones de productores de todo el continente. Apoyándose en las experiencias compartidas, estos actores comenzaron a dar un nuevo impulso a los biodigestores en la región, con un enfoque de sostenibilidad y para no repetir los errores encontrados en las estrategias de implementación



**La Red de Biodigestores de Latinoamérica y Caribe (REDBIOLAC) nació en 2009, como espacio pionero para compartir experiencias y lecciones aprendidas**



asistencialista. Es un proceso difuso de democratización de la tecnología, llevado a cabo por una amplia variedad de actores vinculados al sector de los biodigestores que, desde abajo, se desarrolla de forma desigual en cada país dependiendo del número de actores y condiciones locales. No son programas nacionales de biogás pues no vienen amparados por políticas gubernamentales concretas, sino más bien son un movimiento heterogéneo y diverso, conectado, que articula actores con una visión integral agrícola, económica y social. Hay países que tienen o han tenido mucha fortaleza en este ámbito, como México, Costa Rica, Colombia o Bolivia, de los cuales se hablará más adelante.

Es en estos años, cuando dos instituciones de la Cooperación Internacional Holandesa (SNV e Hivos), con experiencias exitosas previas en Asia y África, en el desarrollo de mercados sostenibles de biodigestores y ante el caldo de cultivo ya avanzado en Latinoamérica, comenzaron a evaluar la implementación de Programas Nacionales de Biogás (PNB) en el continente. Estos programas tienen un enfoque top-down, que se basa en metodologías exitosas en Asia y África. En estos casos, la estructura y funcionamiento de un PNB ya viene preestablecida y validada por la experiencia y se busca que actores locales puedan desarrollar los diferentes componentes que conforman el PNB. Estos PNBs están basados en el desarrollo de un mercado sostenible de biodigestores. Honduras, Nicaragua, Bolivia y Perú han sido los cuatro primeros países en los que se evaluó la factibilidad de desarrollo de un PNB. Honduras no se mostró factible, mientras que los otros tres países sí. Nicaragua comenzó su PNB, basado en experiencias africanas y asiáticas en 2012, con el objetivo de instalar 6000 biodigestores para 2018 (objetivo que se redujo a mitad de programa a 1500 unidades).



**Los programas nacionales de biogás tienen como objetivo generar un mercado sostenible de biodigestores dirigido a pequeños y medianos productores agropecuarios**



## 8. Programas nacionales de biogás

Los programas nacionales de biogás tienen como objetivo generar un mercado sostenible de biodigestores dirigido a pequeños y medianos productores. Todos estos programas tienen distintos esquemas según las realidades locales, pero comparten una serie de características en su enfoque:

- Enfoque de mercado en el que los mismos clientes asumen la mayoría de los costos de inversión.
- Participación de múltiples actores en el programa, cada uno con sus funciones definidas.
- Fortalecer capacidades de actores locales existentes.
- El desarrollo de un sector como tal, yendo más allá de la lógica de proyecto.
- Competencia regulada por el lado de la oferta, asegurando el beneficio de los clientes.
- Sistema de control de calidad, diseñado y aplicado para proteger los intereses de las familias y la equidad de género.
- Horizonte temporal medio o alto, ya que se requiere al menos 5-10 años para desarrollar un sector sostenible y viable económicamente.

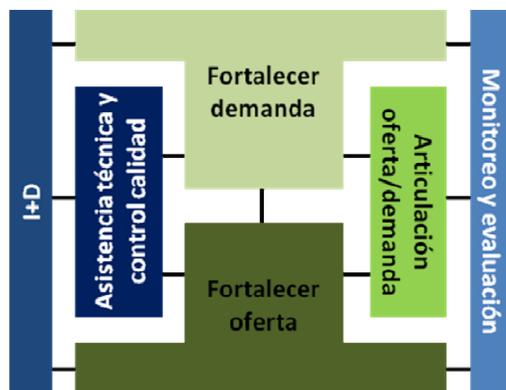


Figura 4: Esquema de interacción entre componentes de un programa nacional de biogás (fuente: SNV, 2013)

En estos PNB se definen dos tipos de procesos: los primarios y los secundarios. Los procesos primarios son los que están vinculados directamente con la implementación de biodigestores (fortalecimiento de la demanda, de la oferta y articulación de la demanda-oferta) y los secundarios aquellos que refuerzan la implementación.

## 8.1. Fortalecimiento de la demanda

Los demandantes de biodigestores son los pequeños y medianos productores agropecuarios. El fortalecimiento de estos incluye darles a conocer esta tecnología, sus costes, operación y beneficios (biogás, fertilizante y tratamiento de residuos). Las actividades de este componente se basan en el marketing a través de cuñas de radio, propaganda mediante afiches, calendarios y boletines, así como visitas a biodigestores demostrativos. En la fase inicial del programa este es un componente que requiere mucho esfuerzo pues es necesario superar las barreras de desconocimiento general de los productores sobre la tecnología que se les oferta. Es imprescindible disponer de biodigestores demostrativos que puedan ser visitados por los productores interesados. Estas actividades de mercadeo pueden ser realizadas por el equipo del PNB, y complementadas por los propios proveedores de tecnología, interesados en colocar sus sistemas. Además, existen otras estrategias como dar un incentivo a personas que traigan usuarios interesados en la compra de un biodigestor, haciendo de extensionistas informales en la promoción.

## 8.2. Fortalecimiento de la oferta

Los ofertantes son los proveedores de tecnología: aquellos constructores de domos fijos o instaladores de biodigestores tubulares. Los ofertantes pueden ser desde empresas unipersonales a pequeñas y medianas empresas. En este grupo también se encuentran las empresas que proveen de accesorios (cocinas, lámparas, motores, picadoras de pasto, molinos, ordeñadoras, etc. todas ellas a biogás), que pueden ser diferentes a los constructores/instaladores. Las actividades de fortalecimiento de los constructores/instaladores van dirigidas inicialmente a formar y certificar a las pequeñas y medianas empresas. De este modo los biodigestores implementados dentro del PNB son construidos/instalados por personas certificadas por el propio PNB. Así se incentiva la implementación de tecnologías validadas, mediante procesos validados, y con la calidad necesaria. Al inicio del programa es necesario identificar qué tecnologías van a estar dentro del programa (se pueden ir sumando más tecnologías a lo largo del PNB, siempre que estén validadas), sus materiales, costes, protocolo de instalación y calidad final. Con esto establecido, se puede pasar a formar generaciones de constructores/instaladores de cada tecnología. Es importante contar con talleres de capacitación periódicamente, pues es necesario disponer de una amplia base de constructores/instaladores distribuidos por todas las regiones en las que el PNB intervendrá, ya que no todos los constructores/instaladores certificados terminarán finalmente, instalando biodigestores, y otros abandonarán esta actividad durante la duración del PNB. En la formación de los constructores/instaladores, deben incluirse, además, de aspectos técnicos, aspectos de gestión de pequeñas y medianas empresas, contabilidad, marketing y servicios post-venta.

### 8.3. Articulación oferta-demanda

Se trata de facilitar la relación entre productores y proveedores de tecnologías, vinculando el componente de fortalecimiento de la demanda con el de fortalecimiento de la oferta. Normalmente este componente trata de desarrollar mecanismos de acceso a líneas de crédito específicas para el PNB, por instituciones micro financieras. Este es un tema considerado muy importante en los PNBs de Asia y África: el acceso a crédito por parte de los productores para poder financiar la compra del biodigestor. Pero, como mostrarán las experiencias latinoamericanas que se comentarán más adelante, no es tan claro en este continente. Para abaratar costes en el crédito se pueden desarrollar líneas específicas para el PNB y apoyarse en las industrias acopiadoras (por ejemplo, de leche), como agentes de retención. La gestión de los subsidios entra igualmente en este componente. El subsidio es un aspecto clave y complejo en un PNB pues de ser excesivo puede desvirtuar el mercado que se trata de desarrollar, y si se queda corto puede ser insuficiente para superar barreras como el desconocimiento de la tecnología o la capacidad de pago de los productores. En términos generales se ha tendido a dar un subsidio fijo (plano) independientemente del tamaño de biodigestor que implemente un productor. De este modo, se facilita el acceso a la tecnología a los productores más vulnerables. Este subsidio debe mantener un equilibrio entre la capacidad de pago de los productores más empobrecidos y el coste de acceso al modelo de biodigestor más pequeño. Al inicio del programa, principalmente para incentivar la demanda y superar la barrera del desconocimiento de la tecnología, los subsidios pueden suponer hasta el 50 % del costo de implementación de modelo más pequeño, para posteriormente reducirlo al 33 % y así, progresivamente, a lo largo de la duración del PNB.

## 8.4. Asistencia técnica

Este componente da sustento técnico a otros componentes, como el de fortalecimiento de la demanda y de la oferta. Por un lado, este componente debe aportar las herramientas a los usuarios de biodigestores para que puedan aprovechar completamente la tecnología, tanto en el uso de biogás y del fertilizante, como en operación y mantenimiento. Este componente, además, se encargará de realizar encuentros entre productores usuarios de biodigestores (y no usuarios), para promocionar el intercambio de experiencias. Además, la asistencia técnica también está dirigida a los proveedores de tecnología, de modo que, en una formación continua, se puede profundizar conocimientos, mantenerse actualizados y fortalecer la transferencia de conocimientos a los usuarios. Estas actividades pueden ser desarrolladas por personal propio del PNB o bien ser delegadas o compartidas con universidades, institutos tecnológicos y ONGs.

## 8.5. Control de calidad

El control de calidad es una de las claves del éxito de los PNBs. Cada biodigestor instalado supera un control de calidad (o muestras representativas de estos cuando se alcanzan ritmos de instalación superiores a 1000 biodigestores por año), para asegurar el acabado final y que se cumple con los requisitos técnicos establecidos por el PNB. Esto garantiza los biodigestores instalados dentro de un PNB. Para asegurar el compromiso del constructor/instalador, el último pago se realiza tras superar este control de calidad. Además del control de calidad de los biodigestores instalados, este componente también realiza control de los procesos del propio PNB, como la asistencia técnica, la capacitación y certificación de constructores/instaladores, la transferencia de

conocimiento de los proveedores de tecnología a los usuarios, los procesos de difusión, etc. Este es un componente clave, que es recomendable que siempre quede en manos del propio equipo que desarrolla el PNB.

## 8.6. Monitoreo y evaluación

Este es un componente que debe ser capaz de tomarle el pulso al PNB, por medio de la recopilación de los datos generados (número de instalaciones y proveedores, distribución de usuarios en tiempo y espacio y tipos y tamaños de biodigestores), sistematizándolos e identificando oportunidades y debilidades. Además, este componente deberá realizar una línea base que permita conocer como ha impactado la introducción de biodigestores en las condiciones de vida, de equidad de género, económicas, sociales y productivas de los productores, comparando datos con aquellos que no instalaron biodigestores. El desarrollo de estudios de impacto específicos y encuestas representativas serán otras de las actividades a desarrollar. Este componente se puede delegar en actores con experiencia previa como universidades u ONGs.

## 8.7. Investigación y desarrollo.

La investigación y desarrollo es un componente que en muchos PNBs no aparece y queda integrado en la Asistencia Técnica. En el caso latinoamericano, debido a la pujanza en la I+D de universidades y otros organismos y a las necesidades de investigación para validar tecnologías en diferentes climas y aplicaciones de biol y biogás, es un componente muy necesario. Este componente debe aportar insumos al de Asistencia técnica, colaborar en la medida de impactos del componente de Monitoreo y evaluación y participar en la validación de procesos de instalación y certificación de constructores/ instaladores. Es un componente que necesariamente debe apoyarse en organismos de investigación, productores usuarios y proveedores de

tecnología, para el desarrollo de una I+D local adaptada a las condiciones reales del país.

## 8.8. Modelos de gobernanza de los programas nacionales de biogás

Los PNB a nivel internacional han conformado modelos de gobernanza similares en la estructura superior, pero muy variados en la parte inferior, para adaptarse a las condiciones locales. En términos generales se puede identificar una estructura de gobernanza de los PNB similar a la expuesta en la Figura 5 y descrita posteriormente.

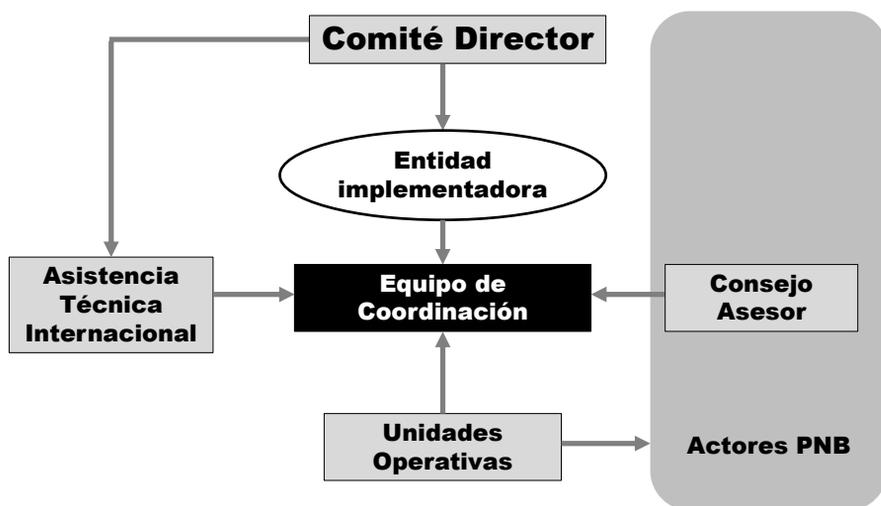


Figura 5: Estructura general de gobernanza de un PNB

- **Comité Director del PNB:** El Comité Director es quien marcará las directrices estratégicas y a quien se le reportarán los resultados del PNB según vaya avanzando en ejecución. Este Comité está formado, al menos, por el grupo de donantes y el Gobierno. Este comité no participará en las decisiones técnicas, solo en temas políticos y relevantes para que se cree un ambiente adecuado para la implementación del PNB. El Comité Director designará, o formará, una Agencia Ejecutora Independiente, y designará a los expertos de la Asistencia Técnica Internacional.

-**Agencia implementadora del PNB:** es una entidad independiente responsable de la coordinación del PNB y de la contratación de profesiones que puedan liderar y desarrollar los componentes del PNB. Este grupo de profesionales formará el Equipo de Coordinación

- **Equipo de coordinación del PNB:** Este equipo se encarga de la implementación del PNB en el país. Se encarga de seguir los lineamientos del Comité Director y reportarle los avances. En este equipo participarán profesionales expertos en biogás, género, promoción, micro finanzas, monitoreo y evaluación, bioinsumos, etc. Recibirá Asistencia Técnica Internacional para optimizar el buen funcionamiento del PNB en todos sus aspectos, consultará al Consejo Asesor y coordinará las Unidades Operativas.

- **Asistencia Técnica internacional:** La Asistencia Técnica Internacional estará conformada por un Comité de Expertos Internacionales que será escogido por el Comité Director. Esta brindará apoyo al Equipo de Coordinación del PNB con el fin de cumplir adecuadamente las metas propuestas. Este Comité técnico evaluará las principales actividades realizadas por el PNB y en conjunto con el Equipo de Coordinación deberá preparar una estrategia de intervención viable y ejecutarla de acuerdo a las diferentes características que pueda ir tomando el PNB en el transcurso del tiempo.

- **Consejo Asesor:** El Consejo Asesor del PNB debe de ser un espacio de encuentro de los diferentes actores involucrados en el programa, a modo de grupo de consultivo y proponente a la vez. Ministerios, ONGs, Universidades, Institutos públicos de investigación, entidades privadas, gobernaciones, municipios y asociaciones de productores pueden formar parte del Consejo Asesor. Para agilizar los procesos se pueden conformar mesas de trabajo específicas: acceso a crédito, promoción, I+D, control de calidad, etc.

- **Unidades Operativas:** Es el unidad de ejecución más vinculada al territorio. Puede haber una única unidad nacional, o varias regionales, dependiendo del país y presupuesto. Estas Unidades Operativas reportan al Equipo de Coordinación del PNB los avances que se vayan realizando en sus áreas de intervención. Realizan actividades de promoción, capacitación, monitoreo, coordinar con las diferentes instituciones ejecutoras, proveedores de tecnología, control de calidad, asistencia técnica e investigación en sus regiones de intervención así como las actividades que se realizan para cumplir los diferentes indicadores del PNB.





**En Nicaragua se ha desarrollado todo un nuevo mercado enfocado a los usos productivos del biogás (sistemas alimentados de biogás como ordeñadoras mecánicas, enfriamiento de leche, cortadoras de pasto, molinos, calderas, generadores eléctricos, bombas de agua, etc.).**



## 9. Experiencias concretas en Latinoamérica

### 9.1. Nicaragua: Primer PNB en Latinoamérica

Es el único país en el continente que ha desarrollado un Programa Nacional de Biogás basado en las experiencias de Asia y África. El PNB-Nicaragua comenzó en 2012, tras los resultados positivos de un estudio de factibilidad previo. El estudio de factibilidad identificó un potencial técnico de 55 000 sistemas, lo que evidencia la viabilidad del desarrollo de un programa nacional de biogás. Las condiciones socio-económicas de Nicaragua (27 % de la población no electrificada, que asciende a 64 % en el área rural), hacen que el país esté cerca de las circunstancias de otros países africanos, donde se habían desarrollado con éxito PNBs. El programa fue financiado por BID-FOMIN , Fondo Nórdico e HIVOS , que era co-ejecutor junto con SNV durante los primeros dos años. Su objetivo inicial fue instalar 6000 biodigestores hasta 2018, objetivo que se redujo a 1500 en una evaluación intermedia del programa. A finales de 2017 han llegado a 1200 biodigestores instalados.

Son varios los logros y desafíos que ha tenido que superar el PNB-Nicaragua que explican el bajo número de instalaciones al cabo de 6 años respecto a otros programas asiáticos y africano, sin embargo, al ser el programa que más biodigestores ha logrado instalar en Latinoamérica:

- La formación de un equipo de personas que coordinen los diferentes componentes ha sido difícil por no existir experiencia previa en proyectos de biodigestores con enfoque de mercado en la región. En el caso de África, primer continente al que se transfirió las experiencias exitosas de PNBs de Asia, se trasladó personal con experiencia de Asia a África, lo que permitió una transferencia de conocimientos a los equipos locales. En el caso nicaragüense, la transferencia de conocimiento fue más a nivel técnico (diseños y construcción de biodigestores de domo fijo) y no tanto en la parte de gestión de estrategias de implementación, con lo que los primeros años fueron de auto aprendizaje, lo que retrasó la ejecución del programa.
- Un aspecto importante ha sido la decisión de qué tipo de biodigestores considerar para el PNB. Inicialmente, con la experiencia asiática y africana, se apostó por el modelo de domo fijo (CAMARTEC ) y se permitió la entrada al PNB de biodigestores tubulares de geomembrana de polietileno importados (Sistema Biobolsa de México ) y distribuidos mediante una empresa local (TECNOSOL ). El coste de construcción de los domos fijos en Nicaragua triplicó la inversión de los otros países, mientras que los biodigestores tubulares de geomembrana también resultaron caros y no lograron una buena distribución. Esto implicó serias dificultades en la promoción de la tecnología en los primeros años. Posteriormente, se realizaron ajustes y adaptaciones del modelo de domo fijo, en un trabajo conjunto entre personal con experiencia en Asia y personal local, lo que logró bajar seriamente los costes hasta llegar a los 1300 USD\$ (para 6m<sup>3</sup> de biodigestor). También, al cabo de tres años, se apostó por consolidar un abanico tecnológico, lo que permitió la entrada al PNB de empresas proveedoras de biodigestores tubulares de geomembrana de PVC (VIOGAZ de Costa Rica ) y geomembrana de polietileno (Sistema Biobolsa de México), con costes similares. Esto aseguró una mejor promoción de la tecnología, la mayoría de biodigestores que se instalan son tubulares de geomembrana. De este modo, el PNB de Nicaragua ha sido pionero en

consolidar un abanico tecnológico amplio (de domo fijo y tubulares) respecto a otros PNBs, aunque esta propuesta se consolidó tarde.

- EL nivel burocrático de la gestión ha sido muy alto por requerimientos de los financiadores, aspecto que ha limitado la capacidad de ejecución de las empresas proveedoras de las tecnologías involucradas.
- El alto coste del tipo de tecnología seleccionada ha implicado la necesidad de subsidiar el 62 % del coste de construcción del biodigestor de domo fijo más pequeño (4m<sup>3</sup>) para hacerlo accesible (el productor paga 300 USD\$ y el PNB aporta en forma de subsidio 480 USD\$). Este subsidio plano implica un el 37 % del coste en el biodigestor de domo fijo más instalado (6m<sup>3</sup>). Los altos subsidios, al cabo de cinco años de PNB, ilustran las dificultades que existen en el país para superar la barrera del desconocimiento de la tecnología y de limitada capacidad de pago de los productores.
- En otros PNBs, el acceso a crédito de los productores ha sido la herramienta para superar la barrera de la limitada capacidad de pago de los productores. Sin embargo, en Nicaragua, alrededor del 80 % de los productores han pagado al contando y muchos no han instalado un biodigestor por no querer tomar un crédito. La tasa de interés de los créditos para comprar un biodigestor es alta (en torno al 20 %), lo cual desanima a los productores. Se pueden lograr intereses más bajos (en torno a 10 %), si el productor pide un crédito mayor (hasta 5000 USD\$) para realizar otras inversiones además del biodigestor, aspecto que igualmente desalienta a muchos potenciales usuarios. Otro aspecto es la garantía requerida en muchos de estos créditos, poner las tierras en propiedad por acceder a un biodigestor igualmente desalienta la toma del crédito por parte del usuario potencial. El alto coste de los biodigestores (comparado con otros PNBs) y la dificultad de acceso a créditos interesantes para los productores han sido limitantes para alcanzar las metas en número de sistemas instalados del PNB.

- Otro aporte pionero del PNB de Nicaragua ha sido el desarrollo de todo un nuevo mercado (sistemas, proveedores de tecnología, etc.), enfocado a los usos productivos del biogás proveniente de biodigestores mucho más grandes (sistemas alimentados de biogás como ordeñadoras mecánicas, enfriamiento de leche, cortadoras de pasto, molinos, calderas, generadores eléctricos, bombas de agua, etc.). Otros PNBs se enfocan en biodigestores domésticos, dejan los usos productivos del biogás para casos singulares y demostrativos (ya que para emplear este tipo de maquinaria se requieren digestores mucho más grandes que, a la vez, requieren mucho más alimento: estiércol u otra materia orgánica). De este modo el PNB de Nicaragua ha logrado hacer accesible los usos productivos del biogás a los productores bajo una lógica de mercado. Para desarrollar este mercado complementario ha sido necesario adaptar tecnologías a biogás y validar los diferentes sistemas considerados, además de lograr el interés de los proveedores para exponerlos en sus escaparates y comercializarlos. Esto ha permitido hacer la tecnología interesante para los medianos productores agropecuarios que, además, tienen mayor capacidad de pago y de acceso a crédito.
- Otros aspectos a resaltar son el desarrollo exitoso del proceso de obtención del registro de créditos de carbono por reducciones de emisiones ante el MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) y el Gold Standard, la difusión de la tecnología de los biodigestores en el país, superando el desconocimiento previo o mala reputación de la tecnología y cómo hacer el monitoreo y garantizar la funcionalidad de los biodigestores instalados en el programa

## 9.2. Costa Rica: Política medioambiental fuerte

Costa Rica, tras Colombia, es otro referente en la difusión de los biodigestores tubulares plásticos, de la mano de Raúl Botero, profesor de la universidad EARTH que, en 1986, junto con Thomas Preston, publicó el primer manual de esta tecnología. La universidad EARTH, que tiene varios biodigestores tubulares operativos en sus instalaciones, promueve cada año 100 estudiantes de Latinoamérica y África, con conocimientos sobre estos

sistemas. Esto ha convertido a la universidad en un punto focal en la difusión de la tecnología a nivel regional. Varios egresados costarricenses de la EARTH han realizado emprendimientos relacionados con biodigestores tubulares, cambiando el plástico de invernadero por geomembrana, normalmente de PVC, dándole mayor durabilidad al sistema, como la empresa VIOGAZ o Biosinergia Alternativa. Estas empresas se han convertido en referente latinoamericano en este tipo de sistemas, desarrollando sus actividades con un enfoque de



**Costa Rica tiene una fuerte política medioambiental que ha incentivado la adopción de los biodigestores como sistemas de tratamiento de residuos que además producen biogas y fertilizante**

**compartir experiencias y lecciones aprendidas**



mercado sin apoyo de la cooperación internacional. Las intensas políticas medioambientales de los gobiernos del país han incentivado la adopción de los biodigestores como sistemas de tratamiento de residuos que, además, producen otros beneficios como el biogás y el fertilizante. El Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional de Aprendizaje y la empresa pública de electricidad (ICE), se han esforzado por difundir biodigestores, con fondos de todo tipo para proyectos piloto, muchas de estas iniciativas son empujadas por graduados de EARTH, pero también de otros actores y entusiastas. De este modo, sin existir una política concreta de desarrollo de un sector de biodigestores en el país, las políticas medioambientales catalizan este proceso basado en el mercado.

### 9.3. México: Estrategia empresarial con apoyo internacional

Se puede decir que México ha logrado impactos similares a los de un programa nacional de biogás, pero sin contar con uno. La ONG (IRRI) y la empresa social (BIOBOLSA) están obteniendo resultados similares a los programas nacionales de África y Asia, con más de 1000 sistemas instalados por año. Como en el caso de Costa Rica, la tecnología empleada son los biodigestores tubulares de geomembrana, en este caso de polietileno. A diferencia de Nicaragua, no existe un programa nacional de biogás como tal, ni tampoco de una aplicación efectiva de las normativas medioambientales que incentive el uso de biodigestores como sistema de tratamiento de residuos en los pequeños



**En México, la alianza entre una ONG y una empresa están logrando resultados similares a los programas nacionales de biogás África y Asia.**



y medianos productores, como es el caso en Costa Rica. Se han logrado apoyos parciales para la implementación de proyectos piloto por parte del gobierno (Secretaría de Medio Ambiente, Ganadera, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) como en el caso costarricense. Las innovadoras estrategias de estas dos instituciones en promoción (teatro, títeres, etc.), el apoyo en redes sociales existentes (como las cooperativas agrícolas, uniones ganaderas, ferias rurales y eventos demostrativos), acceso al financiamiento (microcréditos a 0 % de interés), y su capacidad para atraer grandes presupuestos internacionales de cooperación, les ha permitido subsidiar las instalaciones de biodigestores, haciendo esta tecnología accesible a los pequeños y medianos productores agropecuarios. Es importante resaltar que menos del 30 % de los sistemas instalados en México han tenido subsidio (nacional o internacional) y cuando este se ha dado, ha sido hasta el 80 %, y más frecuentemente entorno al 40 % - 50 %. Este consorcio ONG-Empresa se está expandiendo por otros países del continente (Nicaragua-Haití-Colombia), de África (Ghana, Etiopía) y de Asia (India), mostrando un modelo de negocio replicable.

#### 9.4. Colombia: Consolidación de un sector de biodigestores

Colombia es un país histórico en el desarrollo y difusión de biodigestores entre los pequeños y medianos productores agropecuarios. Fue en Colombia, en 1986, cuando se publicó el primer manual de instalación de biodigestores plásticos (a partir de pequeñas experiencias previas en Etiopía y Australia por parte del doctor Thomas Preston). Este manual inició la difusión de esta tecnología apropiada por todo el continente. El CIPAV fue inicialmente, en los 90, la institución que impulsó la democratización de los biodigestores tubulares plásticos, pero a principios del nuevo milenio fue la Fundación para la Producción Agropecuaria Tropical sostenible –(Fundación UTA) la que tomó la iniciativa en la implementación, capacitación de instaladores y desarrolló investigaciones sobre los biodigestores tubulares plásticos. Esta

fundación convocó en 2012 el encuentro entre actores para la formación de la Red Colombiana de energía de la Biomasa de Colombia (REDBIOLCOL), conformada hoy por 55 organizaciones de diferentes tipos, ONGs, organizaciones de base, universidades, movimientos sociales, asociaciones de campesinos e indígenas, colectivos urbanos. La ventaja del biodigestor tubular de plástico es su bajo coste y la fácil capacitación de técnicos locales que puedan instalarlos. Es por esto que esta tecnología se difundió con tanta rapidez por todo el país (y Latinoamérica). Es de destacar la experiencia de ASPROINCA que cuenta con más de 300 sistemas instalados en un proceso propio y original, por el que sus asociados pueden acceder a biodigestores tubulares de plástico y al financiamiento necesario mediante un fondo rotatorio y disponen de instaladores propios. Otro ejemplo es EL COMUN, asociación de organizaciones campesinas y populares de Colombia, quienes en los últimos dos años han formado promotores a través de escuelas campesinas difundiendo la tecnología y logrando apoyo del ministerio de agricultura y organizaciones internacionales para la instalación de más de 100 biodigestores en el departamento de Santander, Colombia.



**Colombia muestra un proceso propio de democratización de la tecnología, desde abajo, gestionado por los propios actores locales, coordinados a través de una red de intercambio de experiencias y apoyo mutuo**



Colombia muestra un proceso propio, desde abajo, gestionado por los propios actores locales, coordinados a través de una red de intercambio de experiencias y apoyo mutuo. En la REDBIOLCOL los biodigestores son una herramienta más para fortalecer

la soberanía de los pequeños y medianos productores, considerando, además, otros aspectos, como la economía social y solidaria o la formación de nuevas redes de jóvenes. Al ser muy diversas las instituciones que participan en la REDBIOCOL, también se dispone de un abanico de tipos de biodigestores, basados principalmente en biodigestores tubulares de plástico y de geomembrana. Sin existir políticas nacionales concretas para el desarrollo de un sector sostenible, ni normativa medioambiental exigente a los pequeños y medianos productores, ni grandes presupuestos de la cooperación internacional, Colombia ha logrado conectar y consolidar un sector de biodigestores.

## 9.5. Bolivia: biodigestores tubulares de plástico en clima frío

Bolivia comenzó en 2007 un proyecto piloto de difusión de biodigestores, auspiciado por el programa Endev-Bolivia de la Cooperación Técnica Alemana (GIZ actualmente) y coordinado por el CIMNE. Este proyecto que fue prolongando durante cinco años, de seis meses en seis, meses su trabajo, de acuerdo a los resultados. El proyecto cerró en 2012 con 750 biodigestores tubulares plásticos domésticos instalados. La naturaleza del proyecto, con múltiples prórrogas y un equipo pequeño, ocasionó que nunca se lograra una visión a largo plazo de desarrollo de un sector de biodigestores en el país. Entre sus logros estuvo el desarrollo y validación de la adaptación de los biodigestores tubulares a las condiciones de clima frío mediante un diseño de calefacción solar pasiva, ampliando así las condiciones climáticas de trabajo de estos sistemas de bajo coste. El posicionamiento de los biodigestores tubulares de plástico como tecnología más barata y accesible, acorde con los horizontes económicos de los productores más empobrecidos, fue otro de sus aportes al panorama internacional. Otro aspecto es la incorporación de las universidades y ONGs en investigación y desarrollo en condiciones reales de operación, tanto en evaluación de biodigestores, diseños y aplicaciones de biogás y biol. En 2011 se fundó en el Altiplano boliviano el Centro Investigación

de Biodigestores, Biogás y Biol (CIB3). Debido a que en Bolivia existe un subsidio al gas que lo hace muy accesible a las familias, los biodigestores pierden parte de su atractivo (biogás) y se decidió hacer una fuerte apuesta por los usos productivos de biogás (aunque sin resultados específicos al contrario del caso de Nicaragua) y usos del biol (fertilizante).



**Bolivia desarrolló y validó la adaptación de los biodigestores tubulares a las condiciones de clima frío mediante un diseño de calefacción solar pasiva**



Esto condujo a que existiera un gran número de productores interesados en los biodigestores, no por el biogás o su capacidad de tratamientos de residuos, si no por el fertilizante que producía. Sin existir políticas concretas desde el gobierno que impulsasen la difusión de biodigestores, pero con apoyo de la cooperación internacional, el proyecto estuvo siempre enfocado a los productores más empobrecidos, los más pequeños y vulnerables, con subsidios del 33 % del coste del biodigestor. En 2012-2013 se realizaron los estudios de factibilidad y el plan de un programa nacional de biogás, pero no se logró apalancar el financiamiento necesario para su desarrollo. El caso de Bolivia muestra un punto intermedio, indeterminado, en el que no se contó con emprendimientos empresariales apoyados por políticas medioambientales o cooperación internacional y tampoco con una fuerte base social organizada a través de una red, ni un programa nacional de biogás con visión a largo plazo, logrando impactos únicamente mientras duró el proyecto, pero con pocas réplicas posteriores.





**Es importante que  
exista una variedad de  
tipos de biodigestores  
disponibles al productor**



## 10. Discusión y conclusiones

La democratización de los biodigestores entre los pequeños y medianos productores tiene dos enfoques: uno top-down basado en programas nacionales de biogás, que ha mostrado su éxito en Asia y África, pero ciertas limitaciones en Latinoamérica (el caso de Nicaragua) y otro bottom-up basado en el apoyo mutuo entre diferentes actores vinculados al sector de los biodigestores, pero que, a pesar del impacto local, no logra los grandes números nacionales de los PNBs (el caso de Colombia). En paralelo, se tienen las iniciativas empresariales, que pueden desarrollarse en contextos donde los gobiernos tienen políticas medioambientales (caso Costa Rica) o cuando se cuenta con el apoyo de la cooperación internacional (caso México).

El objetivo final de la democratización de los biodigestores es que estos sean accesibles a cualquier productor que lo desee. Para esto, es necesario que los pequeños y medianos productores agropecuarios conozcan la tecnología, sus beneficios, costes, operación y límites. Además, estos deberán poder tener acceso a tecnologías de calidad y acceder a proveedores de tecnología y financiamiento acorde a sus condiciones socio-económicas cuando lo requieran. La asistencia técnica continua (por lo tanto, I+D local en condiciones reales), es un requisito para que los productores aprovechen al máximo esta tecnología. Con estas consideraciones y con las experiencias en la democratización de los biodigestores, se pueden resaltar varios apuntes:

## 10.1. Abanico tecnológico

Es importante que exista una variedad de tipos de biodigestores disponibles al productor. Una tecnología puede ofrecer mayor durabilidad a base de mayor inversión (domo fijo, tubulares de geomembrana) frente a otros más accesibles

y de vida media menor (tubular de plástico). El abanico tecnológico también permite cubrir más tipos de climas (tubulares en trópico y frío, domo fijo en trópico y climas templados), así como condiciones propias de cada productor (por ejemplo, el domo fijo apenas ocupa espacio en la finca, pero requiere transporte de gran volumen de materiales). Es por esto que se recomienda disponer en la propuesta tecnológica biodigestores de geomembrana (de PVC o polietileno) y de domo fijo (si se desarrolla las

adaptaciones locales necesarias para hacerlo competitivo), que normalmente irá enfocada a los medianos productores, lo cuales tienen mayor capacidad de gasto, ya han invertido en infraestructura agropecuaria y tienen un horizonte económico mayor. Pero, tomando las experiencias de Colombia y Bolivia, para atender a los pequeños productores más vulnerables, con baja capacidad de gasto, sin inversión previa en infraestructura y un horizonte económico incierto, la posibilidad de poder acceder a biodigestores tubulares plásticos más baratos (con vidas medias de 7 años) representa una oportunidad.



**El objetivo final de la democratización de los biodigestores es que estos sean accesibles a cualquier productor que lo desee.**



## 10.2. Enfoque de mercado

Se puede desarrollar un mercado sostenible de biodigestores enfocado a los medianos productores (como es el caso de Costa Rica), pero este dejará fuera a los productores más empobrecidos si no se cuenta con el apoyo de subsidios (como es el caso de México). Por esto, es necesario considerar que el desarrollo de un mercado sostenible de biodigestores entre los pequeños productores requiere de tecnologías acordes y otro tipo de dinámicas empresariales. Por ejemplo, no se trata de desarrollar empresas de constructores/instaladores profesionales (solo dedicados a la instalación de biodigestores), sino con un rango de actividades más amplias. De este modo estos constructores/instaladores serán más resilientes a los ciclos de alta y baja demanda, compensado con otras ofertas de servicios. Otro aspecto importante en el desarrollo de un mercado sostenible es que cuando acaban los programas nacionales de biogás o sus subsidios se reducen, el pequeño productor puede quedar fuera del mercado por no ser rentable a las empresas proveedoras de tecnología, quienes seguramente se enfocarán en los medianos productores, que son más rentables.



**El desarrollo de un mercado sostenible de biodigestores entre los pequeños productores requiere de tecnologías acordes y otro tipo de dinámicas empresariales**



### 10.3. Constructores/instaladores, pequeño y medianos productores

Se identifica a los constructores con los albañiles que construyen los biodigestores de domo fijo, más intensivos en mano de obra; e instaladores a los operarios que instalan biodigestores tubulares (prefabricados si son de geomembrana) y que ocupan menos mano de obra local. Son dos enfoques diferentes si se considera las empresas que ofrecen uno u otro tipo de biodigestor. Mientras los albañiles, por su formación, además, de poder hacer biodigestores de domo fijo estarán en capacidad de hacer otros trabajos de albañilería, las empresas instaladoras de biodigestores tubulares suelen tener este como único rubro. Esto hace que las empresas de biodigestores tubulares sean más vulnerables a una bajada en la demanda de instalaciones, pues no tienen otra actividad con la que compensar. Por ello estas empresas se han desarrollado más en el sector de medianos productores, con una capacidad de inversión más estable a lo largo del año y no tan dependiente del ciclo

de cosecha o vulnerable a sequías y otros desastres. Es por esto que para desarrollar un mercado de biodigestores hay que considerar el potencial de las empresas proveedoras de tecnología entre los medianos productores, pero su vulnerabilidad (cuando se trata de



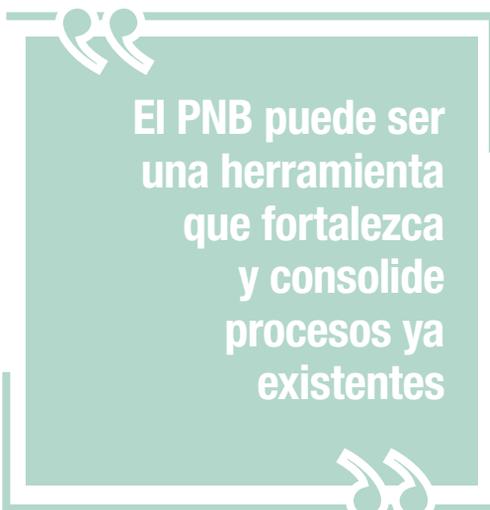
**Las empresas de biodigestores tubulares son más vulnerables a una bajada en la demanda de instalaciones, pues no tienen otra actividad con la que compensar**



instaladores de biodigestores tubulares) entre los pequeños productores. En este caso se recomienda generar un grupo amplio de productores que, además de realizar sus actividades normales, esté en capacidad de instalar biodigestores tubulares cuando la demanda exista, sin depender de ella.

#### 10.4. Equipo y actores

La formación de un equipo de personas capaz de sacar adelante una estrategia de democratización de los biodigestores es uno de los mayores retos. Tanto en el caso de Nicaragua, como en el de Bolivia, se ha visto que este puede ser un proceso limitante en la operatividad. No es fácil formar un equipo con una combinación de sensibilidades que consideren y conozcan la realidad del productor agropecuario con el que van a colaborar, con enfoque de mercado y comprensión de las dificultades del día a día de los productores más vulnerables, con apertura para incluir al mayor número de actores vinculados al sector de los biodigestores, no solo universidades y empresas, sino además asociaciones de pequeños y de medianos productores. El caso de Colombia muestra como una base social fuerte conectada puede desencadenar procesos de democratización de tecnología muy interesantes y un programa nacional de biogás debe ser capaz de articularse con estos procesos, reforzándolos. Siempre es más complicado trabajar con un gran número de actores, pero si se considera desde el principio, posicionando el programa nacional de biogás como



una herramienta que fortalece procesos ya existentes y desarrolla nuevos procesos que consolidan los que ya están en marcha, será un proceso más inclusivo y sostenible en el tiempo.

## 10.5. Acceso a crédito y fondos rotarios

El acceso a crédito se ha considerado clave en los programas nacionales de biogás para que los productores puedan implementar un biodigestor. Sin embargo, en el caso de Nicaragua (80 % ha pagado al contado) y en Bolivia (en que los 750 biodigestores domésticos fueron pagados al contado, a pesar de ofrecer créditos accesibles al 6 % de interés), muestra que existen barreras culturales, sociales y económicas para el acceso a crédito en el continente. Los aspectos que afectan a los pequeños productores más empobrecidos es que, a veces, no poseen títulos de sus tierras, temen endeudarse con el banco por una tecnología de la cual no se sienten seguros, los intereses son muy altos para créditos pequeños y solo bajan si se endeudan por valores mayores. Como alternativa a los créditos otorgados por las micro financieras existe la posibilidad de préstamos otorgados por las empresas acopiadoras (de leche, por ejemplo) a sus proveedores que pagan en especie mediante retenciones en los pagos. Otra alternativa poco explorada en los programas nacionales de biogás son los fondos rotarios, de los cuales muchas asociaciones de productores ya tienen experiencia en su gestión (como es el caso ASPROINCA en Colombia), y que permiten acceso financiero bajo lógicas y gestión local. De este modo, igual que se propone un abanico tecnológico, se recomienda disponer de un abanico de herramientas de financiamiento para acceder a los biodigestores como son los créditos, fondos rotatorios y préstamos de empresas acopiadoras.

## 11. Apuntes para un PNB en Ecuador

En Ecuador, que tiene una historia similar, en cuanto al desarrollo e implementación de los biodigestores, a otros países de la región, pero no ha dado hasta ahora un impulso a la democratización de la tecnología. Dos factores nacionales que pueden ayudar a explicar por qué en Ecuador no se ha activado un proceso de democratización de la tecnología de los biodigestores es el subsidio al gas que existe en el país que, como en Bolivia, lo hace muy accesible a los productores y, por otro lado, la alta cobertura de la red eléctrica.

En Ecuador existen experiencias previas en la democratización de los biodigestores, principalmente tubulares de plástico, entre pequeños grupos de productores agropecuarios. Normalmente estos han estado vinculados a enfoques agroecológicos y conectados mediante la Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología (CEA). Han existido experiencias exitosas en Imbabura, Pichincha, Napo, Azuay y El Oro.

En Ecuador existen al menos tres proveedores de tecnología de biodigestores tubulares de geomembrana y algunos instaladores no profesionales de biodigestores tubulares plásticos. Esto es una fortaleza del sector de biodigestores ecuatoriano que, por ejemplo, no se disponía en Bolivia o en Nicaragua al inicio de sus procesos.

Universidades como la Escuela Politécnica Nacional, Universidad Regional Amazónica Ikiám o la San Francisco de Quito tienen líneas de investigación activas en digestión anaerobia que, junto con el Instituto de Investigación Geológico y Energético, forman una base para el desarrollo de una I+D en el país.

En Ecuador se formó una red de actores vinculados a los biodigestores (REDBIOEC), a modo de réplica de la Red de Biodigestores de Latinoamérica y Caribe (REDBIOLAC) o la Red de la Biomasa de Colombia (REDBIOLACOL), que ha desarrollado un único evento de presentación e intercambio de experiencias en 2016 en Quito, en el que participaron más de 100 personas. En la actualidad se están retomando las actividades de esta red mediante el desarrollo de talleres de instalación de biodigestores tubulares en Imbabura, Azuay y Guayas dirigidos a pequeños y medianos productores.

Las políticas nacionales de Ecuador han tratado la democratización de los biodigestores desde varios ministerios, ya que este proceso se alinea muy bien con los Planes Nacionales del Buen Vivir:

- **El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable** produjo el primer Atlas Bioenergético del país, donde se muestra el potencial de producción de biogás según diferentes residuos (estiércoles y residuos de cosecha) y su distribución geográfica. Además, este ministerio incentivó la realización de talleres informativos entre pequeños y medianos productores sobre la tecnología de biodigestores y ha apoyado la instalación de biodigestores tubulares plásticos de geomembrana en diferentes provincias (Guayas y Orellana) a modo demostrativo. En la actualidad, el ministerio está enfocado en la implementación de energías renovables para la producción de electricidad y no cuenta con políticas concretas (aunque sí interés) en el desarrollo de otro tipo de proyecto, como un programa nacional de biogás enfocado a pequeños y medianos productores.

- **El Ministerio del Ambiente** ha desarrollado el proyecto GENCAPER. En una primera etapa produjo un manual de análisis de tecnologías y experiencias de biodigestores en Ecuador en el ámbito de medianos productores e industrias de transformación alimentaria. En una segunda etapa se enfocó en los pequeños y medianos productores desarrollando un manual de instalación

de biodigestores tubulares de geomembrana e implementando seis sistemas en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro, a modo demostrativo. Además, el MAE solicitó al CTCN la asistencia técnica para el desarrollo de un programa nacional de biodigestores (proyecto en ejecución) y del que forma parte este documento.

- **El Ministerio de Agricultura y Ganadería**, en su apuesta por un cambio de matriz productiva ha mostrado interés en los biodigestores y ha desarrollado un programa de producción de bioinsumos en diferentes partes del país, entre los que se encuentra el biol (el fertilizante producido mediante la digestión anaerobia). Además, este ministerio lideró la formación de una mesa interministerial a la que estaban invitados diversos actores institucionales de bioenergía, donde también se consideraban los biodigestores. En la actualidad, este ministerio tampoco tiene políticas concretas para la democratización de los biodigestores.

- **El Ministerio de Industrias y Productividad**, se ha aproximado a los biodigestores apoyando proyectos concretos de tratamiento de aguas residuales de camales (mataderos), pero cuyos resultados no han sido satisfactorios.

De este modo, en Ecuador existen experiencias previas en biodigestores, hay proveedores de tecnología, organismos de investigación y una incipiente red de actores, además de interés y diversos proyectos desde los ministerios en el ámbito de los biodigestores. Este caldo de cultivo plantea una línea base más fortalecida que otros procesos desarrollados en Nicaragua o Bolivia, pero con componentes aún en consolidación (empresas, redes e I+D) respecto a otros países como Colombia, Costa Rica o México.



**Ecuador cuenta con los ingredientes para el desarrollo e implementación de una estrategia de democratización de los biodigestores entre los pequeños y medianos productores agropecuarios**



## 12. Conclusiones

Las experiencias internacionales muestran que Ecuador cuenta con los ingredientes para el desarrollo e implementación de una estrategia de democratización de los biodigestores entre los pequeños y medianos productores agropecuarios. Ecuador cuenta con incipientes redes de actores del sector del biogás, con jóvenes empresas instaladoras de biodigestores tubulares, con experiencias previas a nivel de asociaciones de productores y diferentes ministerios que tienen interés en la difusión de la tecnología.

Los retos a los que se enfrente una estrategia de democratización de los biodigestores es cómo combinar un enfoque top-down, típico de los programas nacionales de biogás con éxito avalado, con enfoques bottom-up que consolidan los sectores y los hacen sostenibles e independientes a largo plazo. El aprendizaje de los procesos de Nicaragua y Colombia son claves en este aspecto, para hacer una propuesta integradora adaptada al contexto y potencial de Ecuador. Considerar y valorar las experiencias previas desarrolladas por organizaciones pequeñas y locales y aprovechar la flamante Red de Biodigestores de Ecuador, puede ser un punto de inicio para que la estrategia de democratización de biodigestores se posicione como una herramienta de apoyo, a los procesos ya existentes en esta dirección.

Además, la estrategia a desarrollar debe considerar un amplio rango de tipos de tecnologías, que puedan ser instaladas en diferentes climas (sierra y trópicos, como la experiencia boliviana), y que ofrezcan diferentes relaciones entre durabilidad e inversión, asegurando siempre la calidad de los sistemas. Es por esto que, debido a la experiencia nacional propia se recomienda comenzar con biodigestores tubulares de geomembrana (como Costa Rica, México y Colombia) y plástico (como Colombia y Bolivia), aprovechando las capacidades locales ya desarrolladas en empresas e instaladores locales.

Aunque los biodigestores tubulares son más conocidos y parecen ser preferidos por los productores en todos los países de la región, hay un reto entre la sostenibilidad de las empresas dedicadas a este rubro y la atención a los pequeños productores más vulnerables. Para superar este reto se sugiere aumentar la diversidad de tipos de empresas que instalen biodigestores, considerando empresas consolidadas y profesionales que seguramente atiendan al sector de medianos productores y empresas no profesionales, informales, que atenderán a pequeños productores.

La accesibilidad a mecanismos de financiamiento también debe ser amplia, considerando el desarrollo de líneas de crédito específicas, desde las micro-financieras y bancos (como el caso nicaragüense), pero también aprovechando procesos propios locales como pueden ser fondos rotatorios entre productores (experiencias colombianas).

Por último, las diferentes experiencias de varios ministerios en biodigestores suponen una base para realizar acciones coordinadas que coadyuven en una estrategia nacional de democratización de los biodigestores entre pequeños y medianos productores agropecuarios.



EL CENTRO Y RED DE TECNOLOGÍA PARA EL CLIMA (CTCN) promueve el desarrollo acelerado y la transferencia de tecnologías climáticas para un desarrollo eficiente en energía, bajo en carbono y resistente al clima. En su rol como brazo implementador del Mecanismo Tecnológico del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, el Centro de Tecnología para el Clima (CTC) está hospedado y administrado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y ONU Medio Ambiente y respaldado por más de 450 socios de la red en todo el mundo.

El Centro utiliza la experiencia de estas instituciones para prestar asistencia técnica y capacitación a petición de los países en desarrollo para contribuir al cumplimiento de sus contribuciones nacionales determinadas (NDCs). Los países, que trabajan a través de representantes nacionales, las Entidades Designadas Nacionales (NDE), transmiten sus solicitudes de necesidades de tecnología.

Las transferencias de tecnología están en marcha en más de 85 países en sectores que van desde la agricultura y la energía hasta la industria y el transporte.

El CTCN busca activamente a miembros de todas las regiones geográficas y que tienen experiencia en cualquier sector relevante al cambio climático. La membresía es gratuita. Para solicitarlo, visite <https://www.ctc-n.org/network> para descargar el formulario de solicitud.

Para obtener más información, visite [www.ctc-n.org](http://www.ctc-n.org)



## Contacto:

Climate Technology Centre and Network  
UN City, Marmorvej 51  
DK-2100 Copenhagen, Denmark  
+45 4533 5372  
[www.ctc-n.org](http://www.ctc-n.org)  
[ctcn@un.org](mailto:ctcn@un.org)

ISBN: 978-9942-36-253-7



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



CTCN supported by:

