



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO



Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador: Insumos para un componente de biodigestores de PNABE

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)

Paola Cuji (IIGE)

Valeria Ramírez (IIGE)

Luis Rodríguez (INIAP)

Duther López Domínguez (INIAP)

Jordi Cipriano (CIMNE)

Con el apoyo de:



Contenido

1. Objetivo, metodología y limitantes de este documento	7
PRIMERA PARTE: Introducción y justificación.....	8
2. Los biodigestores y los pequeños y medianos productores agropecuarios	8
2.1. La resiliencia de los pequeños y medianos productores agropecuarios.....	8
2.2. ¿Que son los biodigestores?	9
2.3. ¿Qué aporta un biodigestor a un productor agropecuario?	9
2.3.1. Biodigestor como productor de combustible	10
2.3.2. Biodigestor como productor de fertilizante.....	10
2.3.3. Biodigestor como sistema de tratamiento.....	10
2.3.4. Biodigestor como herramienta de mitigación del cambio climático	10
2.3.5. Biodigestor como herramienta para la adaptación al cambio climático	11
3. Antecedentes en la democratización de los biodigestores en Latino América	11
4. Antecedentes de los biodigestores en Ecuador	12
5. Resultados del estudio de potencial de biodigestores en Ecuador	15
6. Conclusiones primera parte	20
SEGUNDA PARTE: Evaluación y potencial de los biodigestores en Ecuador.....	21
7. Tipos de productores y regiones objetivo del PNB	21
8. Caracterización y análisis entrada/salida de los productores objetivo.....	22
9. Diseño de biodigestores más adecuados	24
10. Tamaños y costes de los biodigestores	24
11. Retos de la tecnología actual de los biodigestores	26
12. Implementación de biodigestores	27
13. Emisiones de CO ₂ evitadas por la implementación de biodigestores.....	28
14. Gasto en subsidio al GLP evitado por la implementación de biodigestores	28
15. Descripción del sector de los biodigestores en Ecuador.....	29
15.1. Red de biodigestores de Ecuador.....	29
15.2. Proveedores de tecnología.....	30
15.3. Universidades e institutos públicos de investigación	31
15.4. Otras instituciones vinculadas al sector de los biodigestores.....	31
15.5. Otras instituciones no vinculadas al sector de los biodigestores.....	32

TERCERA PARTE: Plan operativo y económico de la propuesta de Programa Nacional de Biodigestores.....	33
16. Propósito y objetivo de un Programa Nacional de Biodigestores.....	33
17. Resultados esperados del PNB a cinco años	34
18. Marco político y legal del PNB	35
18.1. Articulación con la planificación nacional	35
Alineación del proyecto a un objetivo y política del Plan Nacional de Desarrollo.....	35
Aporte a los objetivos y políticas sectoriales	36
19. Metas del Programa Nacional de biodigestores	37
19.1. Instalación de biodigestores	37
19.2. Instaladores no profesionales certificados	39
19.3. Talleres de formación y certificación de instaladores no profesionales.....	40
19.4. Productos de aprendizaje y conocimiento.....	40
19.5. Proveedores de aplicaciones.....	41
19.6. Calidad de los procesos	41
20. Emisiones de CO ₂ evitadas por la implementación del PNB	42
21. Ahorro en subsidio del gas por la implementación de PNB.....	43
22. Subsidio a los biodigestores implementados.....	43
23. Componentes de un programa nacional de biodigestores	44
23.1. Fortalecimiento de la demanda	45
23.2. Fortalecimiento de la oferta.....	46
23.3. Articulación oferta-demanda	47
23.4. Asistencia técnica.....	48
23.5. Control de calidad	49
23.6. Monitoreo y evaluación	49
23.7. Investigación y desarrollo.....	50
24. Gobernanza del PNB	51
25. Operatividad y presupuesto.....	52
23.1. Resumen de presupuesto global.....	52
25.2. Equipo de coordinación.....	53
25.3. Fortalecimiento de la Demanda	54
25.4. Fortalecimiento de la Oferta	55
25.5. Articulación Oferta-Demanda	57

25.6.	Asistencia Técnica y Control de Calidad	58
25.7.	Monitoreo y Evaluación	59
25.8.	I+D	61
25.9.	Asistencia Técnica Internacional	62
	Bibliografía utilizada y consultada.....	64
	ANEXOS	69
	Entradas y salidas productores lecheros.....	69
	Entradas y salidas porcicultores.....	71
	Estimación de emisiones de CO ₂ evitadas por el uso de biodigestores.....	73
	Control de calidad Biodigestores de bajo costo.....	78
	Control de Calidad de instalación	78
	Control de Calidad de funcionamiento	79

Tabla 1 Criterio para pequeños y medianos productores.....	21
Tabla 2 Regiones de Ecuador priorizadas.....	21
Tabla 3 Costes referenciales actuales de biodigestores	26
Tabla 4 Costes de accesorios/complementos	26
Tabla 5 Balance de emisiones de CO ₂ asociadas a cada tipo de productor con biodigestor	28
Tabla 6 Gasto en subsidio al GLP por tiempo de productor	29
Tabla 7 Ritmo de instalación de biodigestores según año y tipo de productor.....	38
Tabla 8 Número de instaladores no profesionales certificados por año y biodigestores que instalan	39
Tabla 9 Productos de aprendizaje y conocimiento	40
Tabla 10 Número de visitas a los biodigestores por año, según componentes del PNB	42
Tabla 11 Emisiones de CO ₂ evitadas por la implementación del PNB, por año y tipo de productor	42
Tabla 12 Ahorro en subsidio al GLP por implementación del PNB	43
Tabla 13 Esquema de subsidio a instalación de biodigestores	44
Tabla 14 Inversión en subsidios por año durante el PNB.....	44
Tabla 15 Resumen de presupuesto global del PNB en 5 años	52
Tabla 16 Presupuesto en personal por año	53
Tabla 17 Presupuesto de gastos de operación	54
Tabla 18 Actividades y productos por años del componente Fortalecimiento de la Demanda .	55
Tabla 19 Presupuesto por años del componente Fortalecimiento de la Demanda	55
Tabla 20 Actividades y productos por años del componente Fortalecimiento de la Oferta	56
Tabla 21 Presupuesto por años del componente Fortalecimiento de la Oferta.....	57
Tabla 22 Actividades y productos por años del componente Articulación de la Oferta y Demanda	57
Tabla 23 Presupuesto por años del componente Articulación Oferta Demanda	58
Tabla 24 Actividades y productos por años del componente Asistencia Técnica y Control de Calidad.....	59
Tabla 25 Presupuesto por años del componente Asistencia técnica y Control de Calidad	59
Tabla 26 Actividades y productos por años del componente Monitoreo y Evaluación.....	60
Tabla 27 Presupuesto por años del componente Monitoreo y Evaluación	60
Tabla 28 Actividades y productos por años del componente I+D.....	61
Tabla 29 Presupuesto por años del componente I+D	62
Tabla 30 Actividades por años de la Asistencia Técnica Internacional	62
Tabla 31 Presupuesto por años de la Asistencia Técnica Internacional	62

Tabla 32 Entradas y salidas productores lecheros	69
Tabla 33 Entradas y salidas porcicultores	71
Tabla 34 Emisiones de CO ₂ asociadas a la construcción del típico biodigestor asociado a cada tipo de productor	73
Tabla 35 Emisiones de CO ₂ asociadas al desplazamiento de consumo de GLP por biogás, según cada tipo de productor.....	74
Tabla 36 Emisiones CO ₂ asociadas al desplazamiento de fertilizantes sintéticos por el reciclaje de nutrientes	74
Tabla 37 Emisiones CO ₂ asociadas al cambio en el manejo del estiércol que ahora alimenta el biodigestor	75
Tabla 38 Balance total de emisiones de CO ₂ asociadas a cada tipo de productor con biodigestor	75
Tabla 39 Emisiones de CO ₂ evitadas por la implementación del PNB, por año y tipo de productor	75

1. Objetivo, metodología y limitantes de este documento

Este documento se encuadra 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, financiado por UNIDO, en el contexto del Climate Technology Centre & Network (CTCN). El proyecto es coordinado por el CIMNE siendo sus socios locales el INIAP y el Instituto de Investigación Geológico y Energético – IIGE (Antiguo INER), con colaboración del Ministerio del Ambiente y la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

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 4: Sistematización y comunicación de la información para producir aportes para el desarrollo de un Programa Nacional de Biodigestores (PNB). El objetivo de este documento es disponer de un plan operativo y económico para el PNB en Ecuador a partir de la información generada a lo largo del proyecto.

Los objetivos específicos del documento son:

- Contextualizar la tecnología de los biodigestores en pequeños y medianos productores agropecuarios
- Analizar la situación actual de la tecnología, los usuarios, proveedores de tecnología y actores principales
- Proponer unas metas a cinco años, estructura, funciones, actividades y presupuesto de un Programa Nacional de Biodigestores en Ecuador (PNBE).

La metodología empleada para alcanzar los objetivos propuestos se ha basado en la recopilación de información generada a lo largo de las actividades previas del proyecto, junto con entrevistas y conversiones con actores nacionales e internacionales.

Las propuestas que salen de este documento deben ser consideradas como directrices referenciales, y deben estar sujetas a cambios y actualizaciones según se vaya implementando el PNB, adaptándolo a las circunstancias concretas de ejecución.

PRIMERA PARTE: Introducción y justificación

2. Los biodigestores y los pequeños y medianos productores agropecuarios

2.1. 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 transnacional¹.

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.



Figura 1 : Biodigestor modelo Botero & Preston funcionando por 3 años en Las Lajas en 2013 (El Oro).

¹ Martí-Herrero J. 2019. Experiencias Latinoamericanas en la democratización de los biodigestores: Aportes a Ecuador. CTCN-UNIDO. Ecuador. ISBN: 978-9942-36-253-7

2.2. ¿Que son los biodigestores?

Los biodigestores son sistemas que producen biogás y fertilizante a partir de materia orgánica. 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 (CH_4), 40-20 % de dióxido de carbono (CO_2) y trazas de otros gases, entre los que cabe destacar el ácido sulfhídrico (H_2S). 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 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.

2.3. ¿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 desde diferentes enfoques. A continuación, se desarrollan diferentes aspectos en los que incide un biodigestor en los pequeños y medianos productores agropecuarios.

2.3.1. Biodigestor como productor de combustible

A los biodigestores se les conoce principalmente por la producción de biogás. La producción de un combustible (como el biogás) en la finca permite que el usuario pueda cocinar con él y 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 fuente de energía que produce el propio productor amplía las posibilidades de uso y de mejora de sus procesos, que quizás no consideraría en el caso de tener que incrementar su factura energética para las mismas actividades. De este modo, los biodigestores, mediante la producción de biogás, aumentan la soberanía energética del productor pudiendo ampliar los usos energéticos en su finca.

2.3.2. Biodigestor como productor de fertilizante

De otro lado está el uso del biol (fertilizante líquido producido en ellos biodigestores), 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. Su utilización 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.

2.3.3. 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.).

2.3.4. 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 CO₂. 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 CO₂ 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, el gas natural o licuado de petróleo, lo que reduce la deforestación y el uso de combustibles fósiles². 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

² 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.

(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.

2.3.5. 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).

3. 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 las décadas de los 70 y 80, en la mayoría de los 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 geomembrana³.

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

³ Garfí, M., Martí-Herrero, J., Garwood, A., & Ferrer, I. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 599-614.

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 (REDBIOLAC⁴), 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, microfinancieras 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 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 (SNV⁵ e Hivos⁶), 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 del programa a 1500 unidades).

4. Antecedentes de los biodigestores en Ecuador

Ecuador, que tiene una historia similar al resto del continente en cuanto al desarrollo e implementación de los biodigestores, no ha dado hasta ahora un impulso a la democratización

⁴ <http://redbiolac.org/>

⁵ Netherlands Development Organisation: <https://snv.org/>

⁶ <https://www.hivos.org/>

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. Uno 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).⁷ Han existido experiencias exitosas en Imbabura, Pichincha, Napo, Azuay y El Oro.

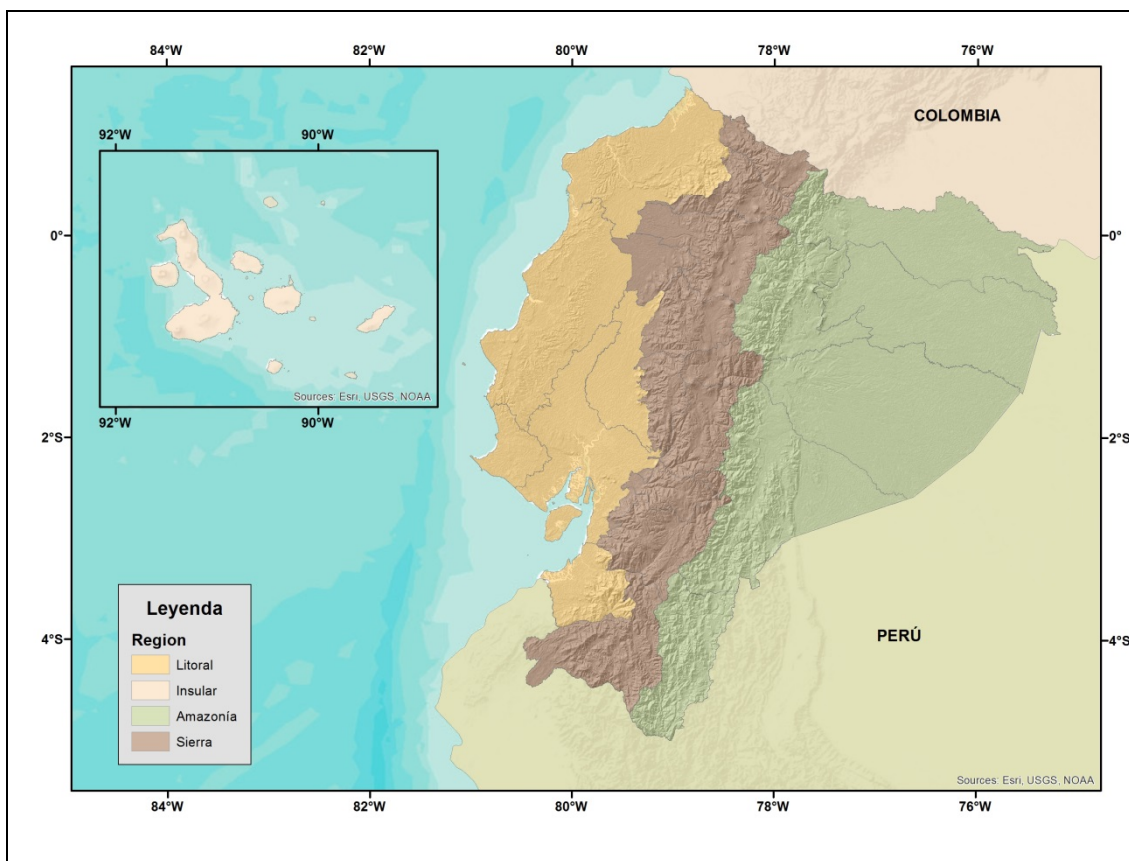


Figura 2 Mapa del Ecuador donde se distinguen tres regiones geográficas continentales: a la izquierda la costa; al centro la región andina y a la derecha la región amazónica, Fuente: ESRI, USGS, NOAA

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.

Universidades como la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Universidad San Francisco de Quito (USFQ) o la Universidad Regional Amazónica Ikiam

⁷ <http://www.agroecologia.ec/>

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 (REDBIOEC⁸), a modo de réplica de la Red de Biodigestores de Latinoamérica y Caribe (REDBIOLAC) o la Red de la Biomasa de Colombia (REDBIOLAC⁹), que ha desarrollado un único evento de presentación e intercambio de experiencias el 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.



Figura 3 Biodigestor tubular plástico (con un plástico protector por encima) instalado en el Valle de Intag por la ACAI en 2013 (Imbabura)

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 de Desarrollo:

⁸ <https://www.facebook.com/redbioec/>

⁹ <https://www.redbiocol.org/>

- El Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, anteriormente llamado MEER (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.
- El Ministerio del Ambiente (MAE) ha desarrollado el proyecto Generación de Capacidades para el Aprovechamiento Energético de Residuos Agropecuarios (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 Climate Technology Center & Network (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 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).
- El Ministerio de Comercio Exterior, Producción, Inversiones y Pesca (Anteriormente llamado 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 nicho de actores 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.

5. Resultados del estudio de potencial de biodigestores en Ecuador

Durante los años 2017 y 2018 se ha realizado un estudio de “Línea base y demanda potencial técnica de biodigestores en Ecuador: Análisis del contexto y tipologías de productores”¹⁰, como resultado inicial del proyecto “DESIGN AND SCALE-UP OF CLIMATE RESILIENT WASTE MANAGEMENT AND ENERGY CAPTURE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS” financiado por UNIDO, en el contexto del Climate Technology Centre & Network (CTCN).

¹⁰ <https://www.ctc-n.org/news/biodigestores-en-ecuador-lisis-del-contexto-y-tipolog-del-sector-agropecuario>

- **De la energía y el biogás:** El país tiene precios de la energía muy baratos y accesibles a la población, estando subsidiado el gas GLP, una familia promedio puede invertir en torno a 20USD/año en GLP, lo que hace menos atractivo el biogás producido por los biodigestores. En este caso, un programa nacional de biodigestores debe considerar difundir el uso del biogás no solo para sustituir el GLP para cocinar, si no para otros usos productivos como es hacer funcionar ordeñadoras, calefacción de lecheros, picadoras de pasto, molinos o generación de electricidad para consumo propio.
- **Del biol:** es conocido entre los pequeños productores agroecológicos del país, y en parte por los productores de cultivos intensivos como floricultura, brócoli y otros. Ante el menor interés en el biogás debido al subsidio existente en Ecuador al GLP, un programa nacional de biodigestores debe hacer un gran esfuerzo por visibilizar los aumentos de rendimiento de los cultivos al usar biol, realizando I+D específica por cultivos y regiones.
- **De la mitigación ambiental:** Los medianos productores porcícolas se encuentran en la necesidad de tomar medidas de mitigación ambiental respecto al estiércol producido, y en este contexto los biodigestores se convierten en una oportunidad de dar tratamiento a sus residuos y cumplir la normativa ambiental. En este caso, el tratamiento no se convierte en un gasto ya que la generación de biogás puede ser aprovechada en cocina y calefacción de lechones, mientras que el uso del biol queda sujeto a la disponibilidad de tierras de cultivo del mediano productor porcícola o su capacidad de venderlo. Los pequeños productores porcícolas, debido al bajo número de cerdos que poseen, que además combinan con agricultura familiar y disponen de espacio donde utilizar los estiércoles, la mitigación ambiental no es un incentivo. Sucede algo similar en los productores de leche (pequeños y medianos) por disponer igualmente de pastizales donde aplicar el estiércol de sus vacas. En estos últimos casos (pequeños productores porcícolas, pequeños y medianos lecheros) el enfoque debe dirigirse al uso del biol y aprovechamiento del biogás en cocción y usos productivos en la finca

- De la experiencia en biodigestores en Ecuador:** Ecuador cuenta con una historia similar a los países de la región en cuanto al desarrollo de biodigestores. En la actualidad la tecnología más implementada en pequeños y medianos productores lechero y

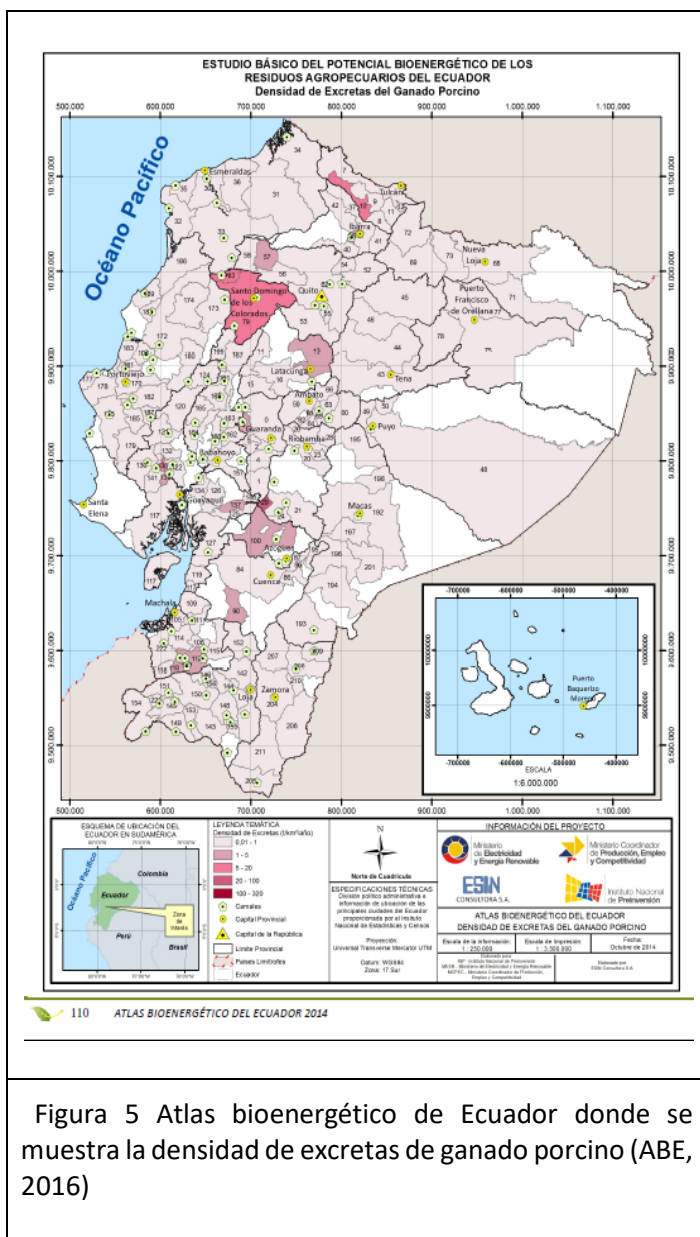


Figura 5 Atlas bioenergético de Ecuador donde se muestra la densidad de excretas de ganado porcino (ABE, 2016)

porcícolas es la de los biodigestores tubulares. Se utiliza polietileno tubular plástico (plástico de invernadero) generalmente para pequeños productores, y geomembrana de PVC para medianos productores. Existen experiencias con lagunas cubiertas y tecnologías sofisticadas, dedicadas a grandes productores pecuarios en el primer caso y tratamiento de residuos orgánicos de la industria alimentaria en el segundo. El uso del biogás se viene dando principalmente dentro de la finca para cocinar y otros usos térmicos productivos (calefacción de lecheros, por ejemplo). El uso del biol está extendido entre los pequeños productores. No hay experiencias visibles en usos del biogás para hacer funcionar maquinaria agropecuaria (ordeñadoras, picadoras de pasto, etc.) ni en producción de electricidad. Existen unos pocos proveedores de tecnología de biodigestores tubulares plásticos informales, y dos proveedores de biodigestores tubulares de

geomembrana consolidándose.

- Del potencial técnico de biodigestores:** El análisis de información secundaria muestra que entre la Costa y la Sierra existen al menos 201 mil pequeños y medianos productores lecheros y 231 mil pequeños y medianos productores porcícolas. Como ambos datos pueden estar solapados (un mismo productor puede tener lechería y cerdos), se estima que el potencial técnico de biodigestores enfocados a pequeños y medianos productores es de al menos 231 mil usuarios. Este valor indica que es factible el desarrollo de un programa nacional de biodigestores, ya que experiencias en otros países indican que un potencial superior a 50.000 usuarios es suficiente.



Figura 6 Biodigestores tubulares de geomembrana: Izquierda de la empresa "Biodigestores Ecuador" (<http://biodigestoresecuador.com>), derecha de la empresa Biodigestores Mundo Intag (<https://biodigestoresmundointag.blogspot.com>)

- **De la tipología de los productores:** La tipología de pequeños y medianos productores se ha desarrollado por sector de interés (lechería y porcicultura) así como por región (Costa y Sierra). Hay que destacar la baja inversión en infraestructura de los pequeños productores lecheros, que no disponen de corral y ordeñan en su mayoría en el mismo potrero (principalmente en la Sierra). Este es un aspecto para considerar ya que sin establo para ordeño la recolección de estiércol para alimentar un biodigester se dificulta. En este caso es necesario considerar complementar un programa nacional de biodigestores con incentivos a la mejora en infraestructura como es la instalación previa de establos para el ordeño (y supervisión de los animales, posibilidad de tratar animales específicos, higiene, comodidad, etc.) para poder instalar biodigestores.
En el caso de los productores porcícolas, suelen tener (pequeños y medianos, en Costa y Sierra) los animales en corrales, que en algunos casos el piso es de tierra. En este caso, igualmente conviene considerar este aspecto y complementar el programa nacional de biodigestores con mejoramiento de la infraestructura para que todos los corrales de cerdo tengan cubierta y piso de cemento, facilitando la carga del biodigester mediante el lavado con agua de los corrales.

6. Conclusiones primera parte

Las experiencias internacionales muestran que Ecuador cuenta con las condiciones habilitantes 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 empresas jóvenes 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 microfinancieras 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.

SEGUNDA PARTE: Evaluación y potencial de los biodigestores en Ecuador

7. Tipos de productores y regiones objetivo del PNB

Para identificar mejor los productores típicos objetivo del PNB, se clasifican en medianos y pequeños¹¹. El criterio para delimitar estas tipologías varía entre productores de vacas o cerdos, incluso por regiones, pero para lograr una clasificación común al PNB, se define para esta propuesta que:

- Los pequeños productores lecheros son aquellos que tienen menos de 20 vacas y producen hasta 100 litros de leche al día, mientras que los medianos son aquellos que tienen entre 20 y 40 vacas y producen hasta 300 litros de leche al día.
- Los pequeños productores de cerdos son aquellos que crían menos de 30 cerdos, mientras que los medianos se consideran aquellos que crían entre 30 y 300 cerdos.

Estos criterios ayudan a identificar el espectro de productores objetivo del PNB, siendo flexible en la frontera borrosa que existirá en algunos casos para considerar a un productor pequeño o mediano, o incluso mediano o grande. La siguiente tabla resume la clasificación de productores objetivo.

Tabla 1 Criterio para pequeños y medianos productores			
	Cerdos	Vacas	
Pequeño productor	Menos de 30 cerdos	Menos de 20 vacas	Hasta 100 l/d de leche
Mediano Productor	Entre 30 y 300 cerdos	Entre 20 y 40 vacas	Hasta 400 l/d de leche

A nivel de distribución geográfica, se han identificado dos macro regiones de interés para ser priorizadas en la implementación de biodigestores en Ecuador, debido al tipo de productores y ganado que concentran. En la siguiente tabla se muestran las provincias consideradas en estas regiones, a las que se denominan, para efectos del desarrollo del PNB, región norte y región Sur. Por cuestiones de integridad, se han incorporado una provincia más a cada región.

Tabla 2 Regiones de Ecuador priorizadas			
	Cerdos	Vacas	Por integridad
Sur	El Oro, Guayas, Los Ríos, Azuay, Cañar, Chimborazo	El Oro, Guayas, Los Ríos, Azuay, Cañar, Chimborazo	Bolívar
Norte	Santo Domingo, Pichincha, Imbabura	Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Imbabura	El Carchi

¹¹ <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuatoriano>

El dividir el país en dos regiones de trabajo facilita la descentralización del proceso. Esta delimitación ayuda a focalizar esfuerzos a nivel espacial, pero no significa una exclusión del resto de provincias del desarrollo del PNB.

8. Caracterización y análisis entrada/salida de los productores objetivo

Mediante un estudio de campo¹² que ha considerado 32 granjas representativas de los tipos de productor objetivo (Tabla 1) y repartidas por las regiones priorizadas (Tabla 2), se ha identificado un perfil típico de productor objetivo del PNB.

Este perfil identifica características generales de los productores, según si son grandes o medianos y según el tipo de ganado que manejan. Se identifica tanto el número típico de animales, infraestructura típica, manejo del estiércol y estiércol disponible para ser tratado y aprovechado en un biodigestor.

Para poder asociar un tipo de biodigestor a cada tipo de productor se han clasificado tipos de biodigestores según el objetivo de su aprovechamiento:

- **Biodigestor doméstico:** Biodigestores que producen entre 1 y 2 m³ de biogás por día, suficientes para cubrir todas las necesidades de combustible para cocinar en una familia
- **Biodigestor productivo:** Biodigestores que producen más de 2m³ de biogás al día y, por tanto, cubren las necesidades de combustible para cocinar, y además se puede utilizar el biogás en otros procesos (calefacción de lechones o polluelos, calentamiento de agua para limpieza de enseres de ordeño, picadoras de pasto, generadores de electricidad, ordeñadoras, motobombas, etc.)
- **Biodigestor ambiental:** Biodigestores cuya prioridad es el tratamiento total de los residuos orgánicos disponibles, sin importar la necesidad de biogás ni su potencial uso. En algunos casos, al producirse más biogás del que se puede consumir en la finca, el biogás sobrante es quemado en una antorcha.

Finalmente se ha evaluado el valor económico de la implementación del biodigestor en cada tipo de productor, considerando ahorro en combustible y en compra de fertilizantes sintéticos. Más información detallada se puede encontrar en la Tabla 32 y Tabla 33 en los anexos.

Los valores de adquisición de los cilindros de GLP pueden variar de un tipo de productor a otro debido a la accesibilidad a los mismos y los costes de transporte. En promedio, los pequeños productores de leche o cerdos dicen pagar a 2,90-2,95 USD, mientras que los medianos productores reportan valores de 3,13 a 5,75 USD por cilindro de GLP de 15 kg¹².

El típico pequeño productor de leche tiene unas 8 vacas, 5 de ella en producción, con una producción total de 50 litros de leche al día. Suele tener establo y ordeña en él. Dispone de unos 60 kg de estiércol al día, que suele acumular y posteriormente esparcir en el potrero (reciclaje de nutrientes). Consume unos 1,5 cilindros de GLP al mes, asumiendo un coste de alrededor de

¹² <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuadoriano>

50 USD por año por estar subsidiado (180 UDS/año de subsidio por parte del estado). Gasta unos 260 USD al año en fertilizantes.

- Con un biodigestor domestico podría tratar 30 kg de estiércol al día, mezclados con 90 litros de agua, produciendo 1 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 66 USD¹³. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 116 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 180 USD al año en el subsidio al gas.
- Con un biodigestor productivo podría tratar 60 kg de estiércol al día, mezclados con 180 litros de agua, produciendo 2 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 132 USD. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 182 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 180 USD al año en el subsidio al gas.

El típico productor mediano de leche tiene unas 47 vacas, 24 de ella en producción, con un total de 336 litros de leche al día. No posee establo y ordeña en el potrero. Dispone de unos 140 kg de estiércol al día, que suele acumular y posteriormente esparcir en el potrero (reciclaje de nutrientes). Consume unos 3,2 cilindros de GLP al mes, asumiendo un coste de unos 220 USD por año por estar subsidiado (400 UDS/año de subsidio por parte del estado). Gasta unos 2780 USD al año en fertilizantes.

- Con un biodigestor productivo podría tratar 120 kg de estiércol al día, mezclados con 360 litros de agua, produciendo 4,2 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 310 USD. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 530 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 400 USD al año en el subsidio al gas.

El típico pequeño productor de cerdos tiene unos 22 animales, siendo unas 4 madres y un reproductor. Los tiene en corral con piso de cemento. Dispone de unos 30 kg de estiércol al día, que suele acumular y posteriormente esparcir en cultivos. Consume unos 2,1 cilindros de GLP al mes, asumiendo un coste de unos 73 USD por año por estar subsidiado (260 UDS/año de subsidio por parte del estado). Gasta unos 400 USD al año en fertilizantes.

- Con un biodigestor ambiental podría tratar 30 kg de estiércol al día, mezclados con 150 litros de agua, produciendo 1,5 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar y calentar algunos lechones. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 190 USD. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 263 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 260 USD al año en el subsidio al gas.

El típico productor mediano de cerdos tiene unos 50 animales, siendo unas 9 madres y 2 reproductores. Los tiene en corral con piso de cemento. Dice disponer de unos 35 kg de estiércol al día, pero considerando el número de animales este valor puede subir a 60 kg/d. En muchos casos no tiene cultivos donde aplicar el estiércol, siendo un problema medioambiental. Consume unos 2 cilindros de GLP al mes, asumiendo un coste de unos 75 USD por año por estar

¹³ <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuatoriano>

subsidiado (260 UDS/año de subsidio por parte del estado). En caso de tener cultivos gasta unos 400 USD al año en fertilizantes.

- Con un biodigestor ambiental para tratar los 35 kg de estiércol al día que dice disponer, mezclados con 175 litros de agua, produciendo 2 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar y calentar algunos lechones. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 180 USD. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 255 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 250 USD al año en el subsidio al gas.
- Con un biodigestor ambiental para tratar los 60 kg de estiércol que se estima que realmente producirá por el número de animales, mezclados con 300 litros de agua, produciendo 3,5 m³ de biogás al día, suficiente para cocinar y calentar lechones. El valor económico del fertilizante generado sería de unos 300 USD. De usar el biogás y el biol de forma adecuada, ahorraría unos 375 USD al año en GLP y fertilizantes, y el estado ahorraría unos 250 USD al año en el subsidio al gas.

9. Diseño de biodigestores más adecuados

Debido a que existe experiencia previa en el país y se cuenta con proveedores de tecnología, no es necesario definir e introducir nuevos diseños de biodigestores para la implementación de un PNB (como si ha sucedido en otros países). Por ello, **el modelo de biodigestor principal será el biodigestor tubular**, ya sea fabricado usando plástico (para pequeños volúmenes hasta 12m³), geomembrana de PVC o polietileno (para volúmenes hasta 100m³)

Si es necesario considerar aspectos de diseño para adaptar estos biodigestores a climas más fríos, como se dan en la sierra andina, principalmente donde hay lechería.

- En climas con temperaturas ambientales medias por debajo de 20°C será necesario exigir colores oscuros para la fabricación de biodigestor.
- En climas con temperaturas ambientales medias por debajo de los 17°C, se exigirá, además de lo anterior, aislamiento (espumaflex de 5cm) en la zanja.
- En climas por debajo de 15°C de temperatura media ambiental se exigirá, además de los anteriores, invernadero compacto.

10. Tamaños y costes de los biodigestores

El análisis de costes de los biodigestores que actualmente están siendo ofrecidos por los proveedores de tecnología consolidados del Ecuador se puede dividir en tres conceptos:

- Mano de obra cualificada, que excluye los jornales de la construcción de la zanja
- Logística, que considera los desplazamientos y visitas
- Biodigestor, que considera zanja, reactor, reservorio, protección, accesorios, cocina, filtro H₂S y válvula de alivio
- Otros accesorios, que puede considerar tanques de entrada y salida, separadores de sólidos, calefactores para lechones, etc.

Un análisis de ofertas e implementación de biodigestores realizado sobre diferentes proveedores de tecnología de Ecuador muestra que el valor de mano de obra cualificada está entorno a los 500 USD por instalación, casi de forma independiente al tamaño de biodigestor.

Por otro lado, la logística es variable dependiendo de donde esté el usuario y del número de viajes y visitas que se realicen, varían en un rango de 40 a 210 USD, siendo que se puede considerar un promedio de 150 USD.

Bajo este esquema, los biodigestores fabricados en geomembrana, independientemente si es geomembrana de PVC o de Polietileno, tienen un coste por metro cúbico desde 139 USD/m³ para los volúmenes en torno a 10 m³, y hasta los 65 USD/m³ para los volúmenes de 40m³. Cabe destacar que en biodigestores de geomembrana de PVC y los de plástico, se incorpora un sistema de protección con techo con valores que varía entre 20 y 30 USD/m³ de biodigestor, mientras que en biodigestores de geomembrana de polietileno las protecciones son mínimas (por la robustez del material) y tiene un coste menor a 5 USD/m³ de biodigestor. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los costes por volumen de los biodigestores de geomembrana, ofertados por diferentes proveedores de tecnología consolidados de Ecuador.

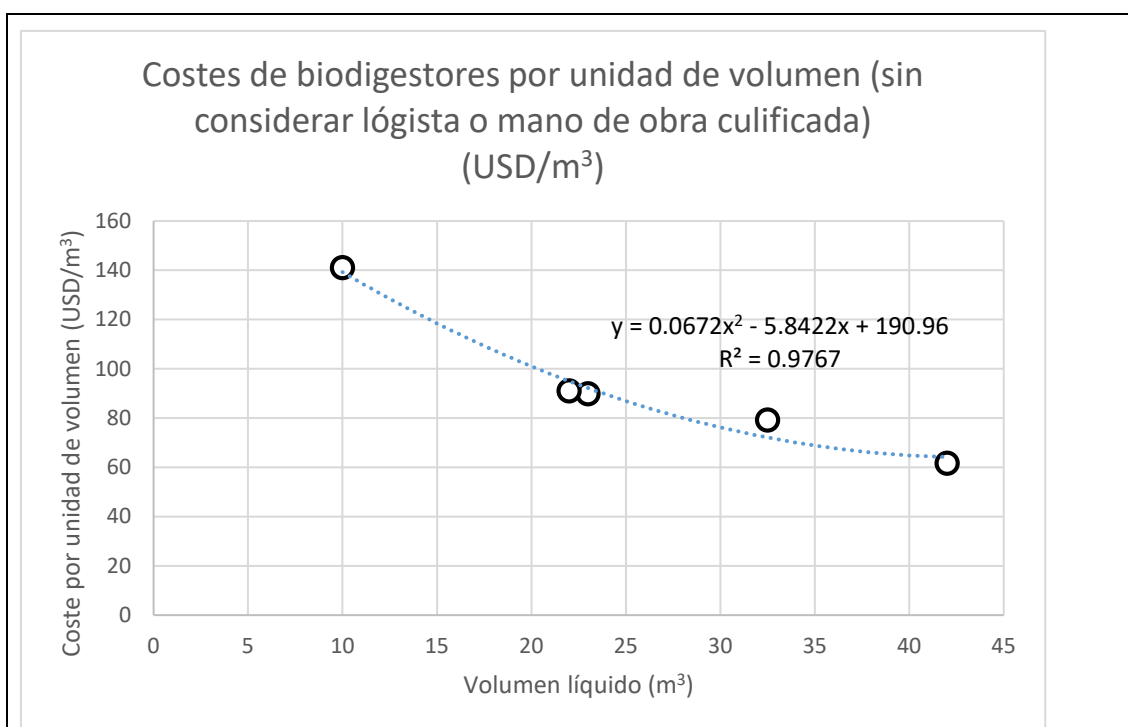


Figura 7 Costes de biodigestores por unidad de volumen (sin considerar logística o mano de obra cualificada) (USD/m³)

Llevando este ajuste a valores concretos, se tiene que, como referencia, un biodigestor de geomembrana de 10m³ está costando 1390 USD, mientras que uno de 40 m³ estará costando 2600 USD.

Los biodigestores de plástico son más baratos y tienen un coste de unos 100 USD/m³ en biodigestores de 10 m³ (1000 USD por 10m³) y de 75 USD/m³ para sistemas de 20m³ (1500 USD por dos biodigestores en serie de 10m³ cada uno), a los que hay que sumar la logística y mano de obra cualificada. En estos casos la logística es menor al ser instalados estos biodigestores por técnicos más locales, suponiendo unos 50 USD. La mano de obra cualificada, igualmente se abarata hasta los 200 USD por biodigestor.

La Tabla 3 muestra los costes referenciales de biodigestores de geomembrana para diferentes volúmenes líquidos, considerando la mano de obra y la logística.

Tabla 3 Costes referenciales actuales de biodigestores					
Volumen líquido del biodigestor en geomembrana (m ³)	Costo biodigestor por unidad de volumen (USD/m ³)	Coste total biodigestor (USD)	Costo mano de obra cualificada (USD)	Logística (USD)	Total (USD)
Geomembrana 10	139	1390	500	150	2040
Geomembrana 20	101	2020	500	150	2670
Geomembrana 30	76	2280	500	150	2930
Geomembrana 40	65	2600	500	150	3150
Plástico 7,5	100	750	200	50	1000
Plástico 10	100	1000	200	50	1250
Plástico 20	75	1500	200	50	1500

En las ofertas de instalación analizadas, se ofrecen en algunos casos otros accesorios o complementos que se muestran en la Tabla 4, Este tipo de complementos no son específicos de cada instalación (por ejemplo, los calefactores de lechones) o de cada proveedor (lo separadores de sólidos).

Tabla 4 Costes de accesorios/complementos	
Accesorio/complemento	Coste
Calefactor de lechones a biogás (x2)	130 USD
Separador de sólidos	300 USD
Pozas de entrada y salida)	150 USD
Reservorio extra de biogás (1,5 a 2 m ³)	100 USD

11. Retos de la tecnología actual de los biodigestores

Los precios de instalación de biodigestores en Ecuador, según la Tabla 3, resultan costosos principalmente en los volúmenes menores. La capacidad de pago de un pequeño productor agropecuario está por debajo de los 1000 USD que cuesta el biodigestor doméstico más barato (el de plástico). Respecto a los biodigestores de geomembrana sus costes son mayores, pero normalmente están enfocados a medianos productores que tienen urgencia por resolver el tratamiento de los residuos y evitar multas o cierre de la explotación por la regulación ambiental.

En el análisis de costos, la implementación de cubiertas en los **biodigestores de geomembrana de PVC**, puede implicar entre un 20 y un 25% del presupuesto total de la instalación de

biodigestor. Debido al comportamiento de este material de PVC es necesario protegerlo de la radiación solar y por ellos se construyen cubiertas de zinc. Este, además es un limitante para usar geomembrana de PVC para el reactor en climas fríos, donde es necesario considerar criterios de calefacción solar y meter a los biodigestores en invernaderos compactos, pues este material tiene mucha elongación con el calor y dificulta, o encarece, la construcción de invernaderos apropiados. Como alternativa para seguir usando geomembrana de PVC abaratando costes y poderlo usar en clima frío, la alternativa, a ser validada por el componente de I+D del PNB, es cubrir el biodigestor con una lona de un material que resiste que contenga la expansión por elongación de la cúpula del biodigestor, los proteja de la radiación solar y elimine la necesidad de hacer una cubierta. Este material puede ser una lámina de geomembrana de polietileno de 500 micrones.

En los **biodigestores de plástico** de 10m³, la inversión en protección y cubierta ronda igualmente del 20 al 25% del presupuesto total. Para abaratar estos costes, la propuesta, a ser validada por el componente de I+D del PNB, es cambiar el uso de plástico para construir el reactor, por geomembrana de polietileno de 500 micrones. De este modo, los costes para fabricar el reactor se abaratan, y se elimina la necesidad de hacer una cubierta. Debido al color oscuro de este geomembrana sencilla y maleable, el biodigestor podrá aumentar hasta 3°C la temperatura interna, mejorando su productividad. El objetivo debe ser lograr que los biodigestores domésticos de 7,5 m³ con un coste total de instalación en torno a 750 USD para hacerlo accesible a la mayoría de los pequeños productores agropecuarios.

En el caso de los **biodigestores de geomembrana de polietileno**, su coste es mayor que en el caso de los biodigestores de geomembrana de PVC, pero al no requerir cubierta el presupuesto total es similar entre una y otra alternativa. Al no necesitar de cubierta tienen cierta ganancia de temperatura interior (en torno a 3°C extras, debido al color negro de la geomembrana de polietileno).

Un reto de cualquiera de los sistemas propuestos es consolidar y trabajar en **condiciones de clima frío**, como los que se pueden encontrar en las regiones lecheras. Para ello es necesario incorporar diseños de calefacción solar a través de colores oscuros, aislante en zanja e invernadero. Solo uno de los tres proveedores de tecnología consolidados de Ecuador ha tenido experiencia en el aprovechamiento de estos diseños de calefacción solar, por lo que se hace necesario reforzar las capacidades de los proveedores en este aspecto.

12. Implementación de biodigestores

La implementación de los biodigestores ha venido dada por dos procesos diferenciados de si se trata de pequeños productores o de medianos.

En el caso de pequeños productores los biodigestores normalmente han sido vinculados a proyectos de cooperación o desarrollado donde se han subsidiado fuertemente, a veces el 100%. Por experiencias previas, este financiamiento suele implicar un riesgo alto de abandono de los biodigestores, que solo se evita si se ha realizado una buena selección de beneficiarios previa a la instalación y con una fuerte actividad de seguimiento posterior a la instalación. Debida a esta situación, se hace imprescindible que, para llegar a los pequeños productores, se disponga de un subsidio a la instalación.

En el caso de los productores medianos, si bien algunos biodigestores se han instalado en el marco de proyectos con subsidiados, la mayoría se están instalando pagados completamente por los usuarios. Esto es debido principalmente a la necesidad que tienen los poricultores de dar un tratamiento adecuado de sus residuos y evitar el cierre de la explotación o multas.

13. Emisiones de CO₂ evitadas por la implementación de biodigestores

Se pueden estimar los kg de CO₂ que se han evitado emitir a la atmósfera por la introducción de un biodigestor en la actividad agropecuaria. Para ello es necesario considerar:

- las emisiones de CO₂ asociadas a la construcción del biodigestor
- las emisiones evitadas por desplazamiento en el uso de GLP o combustible fósil que reemplace,
- las emisiones evitadas por el desplazamiento en el uso de fertilizantes sintéticos,
- Las emisiones evitadas por cambio de manejo del estiércol (que de ser apilado pasa a ser introducido en un biodigestor).

En la Tabla 5 se muestra el resultado de este análisis para cada uno de los tipos de productores identificados en el PNB. Más detalle sobre las estimaciones de CO₂ se puede encontrar en los Anexos (página 73).

Tabla 5 Balance de emisiones de CO ₂ asociadas a cada tipo de productor con biodigestor						
	Aportados	Evitados (kg CO ₂ /año)				Total kg CO ₂ evitados Año 10
	Construcción (kg CO ₂)	Combustible	Fertilizantes	Estiércol	Total evitado	
Pequeños leche	150	510	223	29	763	7477
Medianos leche	600	2142	673	117	2933	28729
Pequeños cerdos	150	765	300	494	1560	15445
Medianos cerdos	300	1785	558	988	3382	33010

14. Gasto en subsidio al GLP evitado por la implementación de biodigestores

La introducción de biodigestores en la actividad agropecuaria tiene un impacto económico sobre el desplazamiento de GLP como combustible, al pasar a utilizarse biogás por parte de los productores. Según Martínez et al (2018)¹⁴ el subsidio al GLP en Ecuador es de 18,60 USD por cada cilindro de GLP de 15 kg al comparar con los precios de venta al público de Perú y Colombia. La Agencia de Control y Regulación de Hidrocarburos¹⁵ tiene publicado en su web el precio del GLP doméstico (subsidiado) con un valor de 0,106667 USD/kg GLP, y el precio del GLP industrial

¹⁴ Martínez, J., Martí-Herrero, J., Villacís, S., Riofrio, A. J., & Vaca, D. (2017). Analysis of energy, CO₂ emissions and economy of the technological migration for clean cooking in Ecuador. *Energy Policy*, 107, 182-187.

¹⁵ <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precios-combustibles/>

(no subsidiado) con un valor de 0,6505470 USD/kg GLP. Estos valores indican que un cilindro de 15 kg de GLP lleva asociado un subsidio de 8,16 USD. De este modo, a partir de la producción de biogás esperada por tipo de productor que tiene biodigestor, se puede estimar la cantidad de cilindros desplazados por año, y el subsidio asociado, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6 Gasto en subsidio al GLP por tiempo de productor					
	Estiércol (kg/d)	biogás (m ³ /d)	GLP Equivalente (kg/d)	Cilindros GLP(#/año)	Subsidio ¹⁶ (USD/año)
Pequeños leche	30	1	0,40	9,64	78,63
Medianos leche	120	4,2	1,66	40,48	330,23
Pequeños cerdos	30	1,5	0,59	14,46	117,94
Medianos cerdos	60	3,5	1,39	33,73	275,19

Así, el Estado puede ahorrarse al año entre 78 y 118 USD por pequeño productor, y de 275 a 330 USD en los medianos productores, cuando estos cuentan con biodigestor.

El gasto que ya realiza el estado ecuatoriano subsidiando el GLP, puede ser una inversión, si es que se utiliza para subsidiar un PNB en Ecuador. De este modo, las familias que incorporen un biodigestor a sus sistemas productivos estarán generando un ahorro al estado.

15. Descripción del sector de los biodigestores en Ecuador

15.1. Red de biodigestores de Ecuador

En Ecuador existe una red de biodigestores llamada RedBioEc¹⁷ que hasta la fecha ha realizado dos encuentros nacionales de actores vinculados al sector y varios talleres prácticos de instalación de biodigestores. En los encuentros han asistido principalmente técnicos de municipios, productores, ONGs, estudiantes y profesores de universidad. En los talleres realizados (en Imbabura, Los Ríos, Azuay y Pichincha) siempre se han completado los cupos, mostrando el interés que existe por la tecnología. Los talleres han sido gestionados por la ONG GreenEmpowerment (EEUU), con financiamiento de WISIONS (Alemania), y participación de CIMNE (España), Universidad Regional Amazónica Ikiam (Ecuador) y Biodigestores Mundo Intag (Ecuador). A través de la red se han instalado varios biodigestores, como réplica a los talleres, gracias a las gestiones de la ONG GreenEmpowerment.

La red tiene un enfoque muy claro hacia los pequeños productores, y con gran presencia de productores o asociaciones vinculadas a la agroecología. En la red colaboran de forma habitual, hasta ahora, los proveedores de tecnología Biodigestores Mundo Intag y Biodigestores Ecuador.

¹⁶ Se ha considerado que cada cilindro de 15 kg de GLP lleva asociado un subsidio de 8,16 USD, a partir de datos de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precios-combustibles/>

¹⁷ <https://es-la.facebook.com/redbioec/>

15.2. Proveedores de tecnología

En Ecuador se han venido implementando, principalmente, biodigestores tubulares. Hasta el 2014 se han instalado biodigestores tubulares fabricados con plástico tubular de polietileno (típico plástico para invernadero). Debido a las dimensiones que se pueden encontrar (hasta 4 metros de circunferencia) se vio limitado el tamaño de biodigestor que se podía instalar (hasta unos 12 m³ de volumen líquido). A partir de 2014 se comienza a utilizar geomembrana de PVC nacional para la fabricación de los biodigestores, ampliando la posibilidad de volúmenes hasta los 100m³ por biodigestor. En general se tiene a no hacer biodigestores superiores a los 100m³, y si se requiere mayores volúmenes, se tiende a conectar en serie dos, o más biodigestores de hasta 100m³. En 2018, se comienza a instalar en el país biodigestores fabricados con geomembrana de polietileno en tamaños que alcanzan hasta los 60m³.

Durante los años 2018 y 2019, se ha realizado un análisis de los proveedores de tecnología existentes en Ecuador, como parte del proyecto “DESIGN AND SCALE-UP OF CLIMATE RESILIENT WASTE MANAGEMENT AND ENERGY CAPTURE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS” financiado por UNIDO, en el contexto del Climate Technology Centre & Network (CTCN). Para realizar este análisis se realizó una convocatoria abierta a proveedores de tecnología para instalar biodigestores, los cuales serían evaluados. Se presentaron seis proveedores de tecnología y fueron seleccionados 4 cuatros de ellos. Cada proveedor seleccionado instaló dos biodigestores, haciendo un total de 8 biodigestores a ser evaluados. Tras varios meses de operación tres proveedores de tecnología han sido identificados con suficiente

capacidad técnica y de seguimiento, en la instalación de biodigestores. Estos tres proveedores de tecnología de tecnología consolidados son:

- **Biodigestores Mundo Intag:** Esta iniciativa nace de las experiencias con biodigestores en el valle de Intag (Imbabura) desde 2002. Ofrece biodigestores tubulares plástico y de geomembrana de PVC. Su experiencia es principalmente con porcicultores pequeños, y algunos medianos. Ha trabajado principalmente en la región norte del país. El tamaño de los biodigestores se ajusta a cada instalación específica.
- **Biodigestores Ecuador:** inicia en 2015 en el sur del País, en Machala, tras varias experiencias con biodigestores plásticos, actualmente ofrece biodigestores de geomembrana de PVC. Trabaja principalmente con medianos porcicultores medianos, y algunos pequeños. Se centra en la región sur país principalmente. El tamaño de los biodigestores se ajusta a cada instalación específica.
- **Sistema Biobolsa:** Esta es una iniciativa basada en la experiencia internacional de la empresa Biobolsa, nacida en México en 2010, y actualmente con presencia en multitud de países. Ofrecen biodigestores de geomembrana de polietileno, y en el país, hasta ahora, han tenido mayor número de instalaciones en el sector lechero de la región norte. En general ofrecen sistemas de volumen estandarizado de 6, 8, 12, 16, 20, 30 y 40 m³.

Existen otros proveedores de tecnología no profesionales, que trabajan de forma esporádica en la instalación de biodigestores, en concreto al norte del país en Carchi, en el centro en Riobamba y Ambato, y en el sur en Azuay y Loja.

15.3. Universidades e institutos públicos de investigación

En Ecuador, existe una actividad en investigación y desarrollo de biodigestores incipiente, pero aun inconexa.

Como universidades cabe resaltar la Escuela Politécnica Nacional (EPN), la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y la Universidad San Francisco en Quito, con experiencia de laboratorio y de forma incipiente en implementación de biodigestores. El Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE (antiguo INER) que ha participado en proyectos de monitoreo e implementación de biodigestores junto con el CIMNE (España), actor internacional que también ha impulsado la I+D en la EPN y la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Fuera de Quito, en Ambato (Tungurahua), la Universidad Técnica de Ambato (UTA) cuenta con una experiencia incipiente en biodigestores tubulares de geomembrana de polietileno, y la Universidad Técnica del Norte (UTN) ha desarrollado biodigestores de domo fijo en hormigón. La Universidad Regional Amazónica Ikiam en Tena (Napo) cuenta con investigación, desarrollo e implementación de biodigestores en tratamiento de aguas residuales y tratamiento de residuos sólidos orgánicos (cuenta con cinco biodigestores operativos en su campus), también en colaboración con el CIMNE (España). Además, cuenta con personal científico con experiencia en diseño y adaptación de biodigestores a clima frío.

El INIAP, ha participado en proyectos de biodigestores (junto con IIGE, CIMNE e Ikiam), y está por instalar biodigestores en sus fincas experimentales. Este instituto tiene gran potencial de aportar la investigación agronómica y zootecnista en el desarrollo de los biodigestores en el país.

15.4. Otras instituciones vinculadas al sector de los biodigestores

La Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología (CEA) es un organismo que articula a nivel nacional a actores locales vinculados a la agroecología, y desde hace más de 15 años ha estado relacionada al desarrollo y promoción de biodigestores en pequeños productores agropecuarios. Es parte activa de la RedBioEC, y ha participado en el desarrollo de los talleres organizados por la Red. Además, fue pionera en facilitar el intercambio de experiencias y transferencia de tecnología de biodigestores desde los productores del valle de Intag (Imbabura) a Loja y Azuay. Al tener contacto con multitud de actores locales, tiene acceso a los pequeños productores de todo el país.

La ONG GreeEmpowerment, de Estados Unidos, ha desarrollado proyectos de implementación de biodigestores por todo el país desde 2014. Participa activamente en la RedBioEC, ha sido agente dinamizador y con capacidad de gestión de los talleres de capacitación de la red y de las réplicas de instalación de biodigestores. Esta institución monitorea las nuevas instalaciones de biodigestores instalados por otros actores que nos sean los proveedores de tecnología consolidados, disponiendo de un registro de experiencias, biodigestores, antecedentes, e instaladores no profesionales.

El CIMNE es un centro público de investigación español, con presencia en Ecuador desde 2014. Ha transferido conocimiento al IIGE (antiguo INER) y a la EPN en proyectos concretos de implementación y monitoreo de biodigestores. Participa en la RedBioEC, dictando cursos en los talleres desarrollados por esta. Ha dado asistencia técnica a varios de los proveedores de tecnología consolidados del país, y actualmente trabaja estrechamente con la Universidad

Regional Amazónica Ikiam. CIMNE tiene experiencia en el desarrollo de programas nacionales de biodigestores en Bolivia y Perú (coordinó el proyecto de biogás de la GIZ de Bolivia con la instalación de 750 biodigestores). Es el organismo coordinador de la ejecución de la asistencia técnica al CTCN para el desarrollo del plan del programa nacional de biodigestores de Ecuador.

El Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador es la institución gubernamental que más involucrada ha estado en el sector de los biodigestores, impulsando proyectos de difusión e implementación desde 2014. Es el organismo solicitante de la asistencia técnica al CTCN para el desarrollo del plan del programa nacional de biodigestores de Ecuador, y actualmente asesora y evalúa los resultados de este proyecto.

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables de Ecuador (Antiguo MEER) también ha sido activo en la difusión en implementación de biodigestores en el país desde 2014 a 2017, junto con el IIGE (en aquel momento era el INER), pero en la actualidad no tiene actividad en este aspecto.

15.5. Otras instituciones no vinculadas al sector de los biodigestores

El Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP) es la institución del estado que ofrece formación profesionalizante y puede jugar un papel importante en la certificación de los nuevos instaladores de biodigestores que se capaciten dentro del PNB.

Las asociaciones de productores agropecuarios también tendrán un papel estratégico para el PNB, ya que a través de ellos se puede dar a conocer la tecnología. En el sector porcicultor el interés principal está en el tratamiento de los residuos para cumplir con la normativa ambiental y de forma secundaria el aprovechamiento del biogás para calefactar los lechones. En el sector lechero el mayor interés está en la mejora del rendimiento de los pastos, y de forma secundaria en el aprovechamiento del biogás para limpiar enseres de ordeño, calentar agua y en algunos casos alimentar a biogás el ordeño mecánico. Principalmente en el sector lechero, las empresas acopiadoras también son interesantes, pues mediante los biodigestores pueden fidelizar a sus productores, aumentar cantidad de leche recogida, y mejorar procesos de calidad. Estas empresas y las asociaciones pueden facilitar procesos de crédito hacia sus socios para adquirir biodigestores.

El sector financiero como bancos y cooperativas de crédito participarán en el desarrollo del PNB facilitando líneas de crédito específicas para adquisición de biodigestores, que estando dentro del PNB, se aseguran la calidad de las instalaciones y el aprovechamiento de los sistemas por parte de los usuarios, y por tanto reduciendo la morosidad. Esto se podrá ver reflejado en niveles de interés bancario al crédito reducido y facilidades de pago.

TERCERA PARTE: Plan operativo y económico de la propuesta de Programa Nacional de Biodigestores

16. Propósito y objetivo de un Programa Nacional de Biodigestores

El propósito del Programa Nacional de Biodigestores de Ecuador es establecer las bases para la consolidación de un sector viable de biodigestores, mediante la implementación de 3500 biodigestores en pequeñas y medianas granjas de Ecuador, beneficiando directamente a 17.500 personas como mínimo, en el lapso de 5 años.

El objetivo de desarrollo es contribuir a la tecnificación sustentable de la actividad agropecuaria de los medianos y pequeños productores en Ecuador, con el aprovechamiento de los residuos generados en la actividad agropecuaria para producir energía y reciclaje de nutrientes, aumentando la resiliencia de las familias ante el cambio climático y evitando la posible contaminación de suelos, aguas y aire y por tanto evitando un impacto negativo en la salud humana y la biodiversidad.

El objetivo general es el desarrollo y establecimiento de un sector sostenible en el tiempo de biodigestores en Ecuador, que promueva la implementación, consolide el desarrollo sustentable de la actividad pecuaria de pequeña y mediana escala, incremente la soberanía energética y de nutrientes de los productores, aumentando la productividad, estimulando la protección del medio ambiente y mejorando la calidad de vida de las personas.

Los objetivos específicos son:

- Desarrollar y consolidar de un sector de biodigestores, considerando todo el ecosistema de actores, permitiendo la participación de microempresas del área rural y urbana
- Implementar 3500 biodigestores de calidad en Ecuador en 5 años
- Garantizar la calidad, operación y aprovechamiento de los biodigestores instalados
- Investigar, desarrollar y difundir la tecnología de los biodigestores como sistema de tratamiento de residuos orgánicos en procesos de transformación de alimentos y de tratamiento de aguas residuales urbanas mediante la implementación de plantas piloto demostrativas
- Maximizar los beneficios de los usuarios de los biodigestores instalados, especialmente en reducción de la contaminación, aprovechamiento óptimo del biol y biogás, y en su incidencia positiva en la actividad agropecuaria

17. Resultados esperados del PNB a cinco años

Resumen de resultados esperados al cabo de cinco de implementación de un PNB. Estos resultados se sustentan en las posteriores secciones del documento.

- 3500 familias disponen de un biodigestor en que tratan adecuadamente los residuos agropecuarios produciendo biogás y biol.
- 189 t de estiércol al día tratados adecuadamente en biodigestores (69 mil t al año).
- Producir alrededor de 8016 m³ de biogás cada día, equivalente a 47,9 MWh. En un año la energía primaria generada es de 17475 MWh.
- Desplazar el consumo de al menos 77260 cilindros de GLP al año
- Ahorrar alrededor 1.13 M USD al año en subsidio al GLP
- Reciclar fertilizantes en cantidades aproximadas a 434 t de Nitrógeno (N), 194 t de Fósforo (P) y 158 t de Potasio (K) al año.
- Evitar emisiones a la atmosfera de 6523 toneladas de CO₂ cada año
- Incrementar la producción agropecuaria, y por tanto los ingresos (por aplicación de biol), estimado en un 15% promedio.
- Generar microempresas rurales y empleo a través de la formación y certificación de alrededor de 71 instaladores no profesionales.
- Mejorar el ambiente en fincas y ríos por tratamiento adecuado de residuos agropecuarios

18. Marco político y legal del PNB

La Constitución de la República del Ecuador indica:

*Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.*

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

18.1. Articulación con la planificación nacional

Art. 280.-El Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados. Su observancia será de carácter obligatorio para el sector público e indicativo para los demás sectores.

Alineación del proyecto a un objetivo y política del Plan Nacional de Desarrollo

Objetivo 5. Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

Política 5.6 Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Política 5.7 Garantizar el suministro energético con calidad, oportunidad, continuidad y seguridad, con una matriz energética diversificada, eficiente, sostenible y soberana como eje de la transformación productiva y social.

Metas

- Aumentar de 98,9 a 112 el índice de productividad agrícola nacional a 2021
- Incrementar de 68,8% al 90% la generación eléctrica a través de fuentes de energías renovables a 2021.
- Incrementar el ahorro de combustible por la optimización en generación eléctrica y eficiencia energética en el sector hidrocarburos de 9,09 a 26,6 millones de Barriles Equivalentes de Petróleo a 2021.
- Incrementar el porcentaje de las actividades económicas que utilizan recursos de origen biológico como insumo para la provisión de bienes y servicios a 2021.

Aporte a los objetivos y políticas sectoriales

- **Agenda de Coordinación Intersectorial, Lineamientos Estrategia Territorial Nacional:** d.15. Impulsar programas de investigación, formación, capacitación y actualización que respondan a las potencialidades y necesidades territoriales, promoviendo la inserción laboral de manera eficiente.
- **Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE) 2016 – 2035,** Objetivo General: Incrementar el uso eficiente de los recursos energéticos mediante la ejecución de programas y proyectos de eficiencia energética en los sectores relacionados con la oferta y demanda de energía, a fin de reducir la importación de derivados del petróleo, contribuir a la mitigación del cambio climático y crear una cultura de eficiencia energética respaldada por una sólida base jurídica e Institucional.
- **Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012 – 2025:**
 - Línea Estratégica: Mitigación del cambio climático
 - Objetivo Específico 1: Identificar e incorporar prácticas apropiadas para mitigar el cambio climático en el sector agropecuario, que puedan además fortalecer y mejorar su eficiencia productiva y competitividad.
 - Objetivo Específico 3: Fortalecer la implementación de medidas para fomentar la eficiencia y soberanía energética, así como el cambio gradual de la matriz energética, incrementando la proporción de generación de energías de fuente renovable, contribuyendo así con la mitigación del cambio climático.
 - Objetivo Específico 4: Fomentar la aplicación de prácticas que permitan reducir emisiones de GEI en los procesos relacionados con la provisión de servicios y la generación de bienes, desde su fabricación, distribución, consumo, hasta su disposición final.
 - Objetivo Específico 5: Promover la transformación de la matriz productiva, incorporando medidas que contribuyen a reducir las emisiones de GEI y la huella de carbono, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y el uso responsable de los recursos naturales o renovables.

19. Metas del Programa Nacional de biodigestores

19.1. Instalación de biodigestores

La instalación de biodigestores es el indicador del avance de la implementación del Programa Nacional de Biodigestores. El objetivo establecido es de 3500 instalaciones en 5 años. En PNBs de otros países de Asia y África se suelen considerar metas mayores superiores a 5000 unidades instaladas en 5 años, pero la reciente experiencia del PNB de Nicaragua, donde se logró instalar 1200 biodigestor en cinco años (a pesar de tener una meta original mucho mayor)¹⁸, inducen a tomar metas más modestas y alcanzables, aprendiendo de las lecciones de otros países.

Se han identificado dos sectores (lechería y porcicultura) y dos macrorregiones de prioridad para la implementación de estos 3500 biodigestores. Estos sectores y macrorregiones son las piedras angulares donde poner los esfuerzos y centrar las actividades, pero no significa que se excluyan otros sectores y provincias, si ayudan a alcanzar los objetivos del PNB.

En la Figura 8 se muestra el ritmo de instalación de biodigestores esperado para lograr las metas propuestas. Cabe destacar que el número de biodigestores que se instalan cada año va aumentando hasta alcanzar un estado estacionario de en torno a 1200 en los años finales. Esto es debido a que en los primeros años es necesario dedicar muchos esfuerzos desde el PNB para romper barreras de desconocimiento de la tecnología entre los productores y para consolidar los procesos y estrategias desarrolladas. También existe una diferencia en el ritmo entre las regiones sur y norte, y esto se justifica por dos causas: en la región norte hay dos proveedores de tecnología ya consolidados y se encuentra un fuerte sector lechero en Pichincha y un fuerte sector porcicultor en Santo Domingo de los Tsáchilas, mientras que en el sur solo hay un proveedor consolidado y cuenta con un potente sector porcicultor, pero con pequeños productores lecheros y porcicultores en la zona de la sierra sur. Por esta razón es de esperar que el ritmo de implementación sea algo menor en la región sur.

¹⁸ Martí-Herrero J. 2019. Experiencias Latinoamericanas en la democratización de los biodigestores: Aportes a Ecuador. CTCN-UNIDO. Ecuador. ISBN: 978-9942-36-253-7

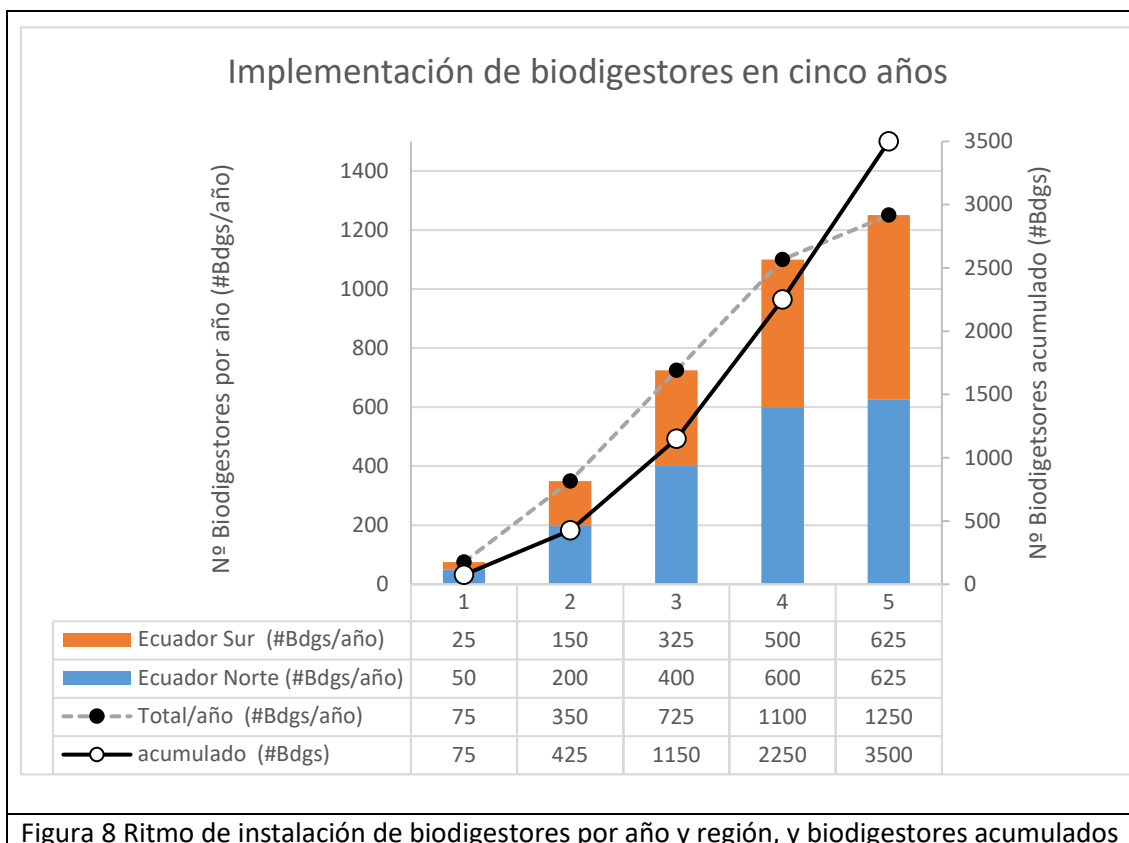


Figura 8 Ritmo de instalación de biodigestores por año y región, y biodigestores acumulados

De los 3500 biodigestores, se espera que el 40% corresponda a medianos productores (1400), y el 60% a pequeños productores (2100). Esta diferenciación se debe a que el número de pequeños productores es mucho mayor que el de medianos tanto en el sector lechero (233 mil productores de leche con hasta 10 vacas, frente a 40 mil con 25 a 40 vacas) como en el porcícola (160 mil pequeños productores frente a 82 mil medianos)¹⁹.

El ritmo de implementación de unos y otros también será diferente, ya que los medianos productores tienen mayor capacidad de pago y están más presionados por la normativa ambiental para resolver el tratamiento de los residuos. Como se ha comentado anteriormente, los pequeños productores han venido instalando biodigestores normalmente en el marco de proyectos con subsidios, lo que implica que es necesario romper barreras de desconocimiento y accesibilidad a la tecnología. Por ello se espera que el ritmo de instalación de biodigestores en medianos productores sea más rápido que en pequeños. En la Tabla 7 se muestra el ritmo de instalación esperado de biodigestores según año y tipología de productor.

Tabla 7 Ritmo de instalación de biodigestores según año y tipo de productor						
Año	1	2	3	4	5	Total
Pequeños productores (#bdgs/año)	25	150	325	725	875	2100
Medianos productores (#bdgs/año)	50	200	390	380	380	1400
Total/año (#bdgs/año)	75	350	725	1100	1250	3500
Total acumulado (#Bdgs)	75	425	1150	2250	3500	

¹⁹ <https://www.ctc-n.org/content/l-nea-base-y-demanda-potencial-tcnica-de-biodigestores-en-ecuador-lisis-del-contexto-y>

19.2. Instaladores no profesionales certificados

Para lograr el ritmo de instalaciones presentadas en la 8 y Tabla 7, es necesario contar con un número de proveedores de tecnología capaces de abarcar el ritmo propuesto.

Hay que considerar que cuando se superan ritmos de instalación superiores a 350 biodigestores por año significan que, más o menos, hay que instalar un biodigestor por día en alguna parte de Ecuador. Esto conlleva la necesidad de tener varios equipos de personas instaladoras de biodigestores operando a la vez en el país. Los primeros dos años, los proveedores de tecnología existentes, y ya consolidados, serán capaces de lograr las metas propuestas, pero a partir del tercero será necesario contar con nuevos proveedores de tecnología que sean capaces de atender al creciente número de pequeños productores que se incorporan al PNB.

Se incentivará la formación de instaladores no profesionales, esto es, personas con la capacidad de realizar instalaciones de biodigestores de calidad, donde esta actividad les suponga un extra a otras actividades económicas que ya venían realizando. De este modo la economía del instalador no depende únicamente de la instalación de biodigestores. La formación de nuevos instaladores se basará en los biodigestores tubulares de plástico.

Se puede considerar que un instalador no profesional capacitado puede instalar unos 12 biodigestores por año (uno al mes). Para el tercer año de PNB se pretenden instalar 725 biodigestores, 325 de ellos en pequeños productores, por lo que sería necesario disponer al menos de unos 20 instaladores no profesionales formados para ese momento. Por lo tanto, durante el segundo año será necesario formar y certificar a 12 instaladores que estarán en capacidad de instalar 144 biodigestores en el tercer año. Durante este tercer año se formarán otros 14 nuevos instaladores no profesionales que empezarán a operar en el cuarto año. Se puede ver la progresión de instaladores no profesionales capacitados, en activo y biodigestores instalados por ellos en la Tabla 8.

Se pueden dar casos de sinergias entre nuevos instaladores no profesionales y proveedores de tecnología existente, donde los primeros se convierten en extensionistas de los segundos, pero se incentivará la independencia de estos nuevos instaladores para disponer de mayor abanico tecnológico y de actores. También se puede dar el caso de que instaladores no profesionales pasen a profesionalizarse y se conviertan en proveedores de tecnología consolidados, para lo cual deberán de ser certificados por el Componente de I+D del PNB.

Tabla 8 Número de instaladores no profesionales certificados por año y biodigestores que instalan						
Año	1	2	3	4	5	Total
Número de nuevos instaladores no profesionales por año	0	12	14	33	12	71
Total instaladores no profesionales activos acumulado	0	0	12	26	59	71
Bdgs estimados instalados por instaladores no profesionales	0	0	144	312	708	1164
Número de talleres de certificación de instaladores	0	2	2	3	2	9

19.3. Talleres de formación y certificación de instaladores no profesionales

Para formar y certificar instaladores no profesionales, es necesario realizar talleres. Por experiencia, el 80% del personal capacitado replica lo aprendido. Si se consideran grupos de 10 a 15 personas que son capacitados en cada taller, y considerando que el PNB se despliega en dos macrorregiones, se realizarán al menos dos talleres por año, siendo que el cuarto año se realizarán al menos tres talleres (ver Tabla 8). En total se desarrollarán al menos 9 talleres a lo largo del PNB.

Estos talleres se realizan durante 5 días donde hay una formación técnica en biodigestores, una práctica, y se complementa con formación en contabilidad y emprendimiento. Para asegurar igualdad de oportunidades, en los talleres se ofrecerán espacios para cuidado de hijos, de modo que mujeres y hombres puedan participar por igual. Estos talleres podrían ser realizados en instalaciones del INIAP en colaboración con el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP) para la certificación de la formación.

19.4. Productos de aprendizaje y conocimiento

Para generar un sector sostenible de biodigestores en Ecuador es muy importante hacer accesible información actualizada que sirva de referencia para la instalación, operación y aprovechamiento de los biodigestores.

Por ello, durante el primer año se preparará un manual de instalación de biodigestores tubulares adaptados al contexto ecuatoriano, que servirá como base para los talleres de formación de instaladores no profesionales a partir del segundo año. Este manual se revisará durante el tercer, publicando una actualización.

Además, se desarrollará una manual de operación de biodigestor y aprovechamiento de biogás y biol durante el primer año, actualizado al tercer año.

Para fomentar un mejor y mayor aprovechamiento del biol y otros aspectos de los biodigestores, se publicarán cartillas de resultados de I+D semestrales con nuevos avances de resultados de investigación de aplicación de biol en diferentes cultivos y ecoregiones, a partir del segundo año se espera realizar 8 cartillas.

Para fomentar el intercambio de experiencias entre usuarios, proveedores de tecnología y otros actores se realizará un evento nacional anual a partir del segundo año.

Para reportar los avances del propio PNB en ejecución, capacitación, investigación, monitoreo, etc. Se realizará un seminario cada dos años con la participación de actores del sector, gobierno y medios de comunicación. El primer año este evento servirá para presentar el PNB, sus objetivos, mecanismos y retos. El tercer año servirá para mostrar los avances y posibles cambios estratégicos, y el quinto año servirá para mostrar los resultados finales y valoración del PNB.

Tabla 9 Productos de aprendizaje y conocimiento						
Año	1	2	3	4	5	Total
Manual de instalación de biodigestores	1		1			2

Manual del usuario	1		1			2
Impresión de manuales del usuario	1200		2800			4000
Cartilla de avances en I+D		2	2	2	2	8
Impresión de cartillas		300	900	1200	1500	3900
Seminarios avance PNB	1		1		1	3
Evento Intercambio de experiencias		1	1	1	1	4

19.5. Proveedores de aplicaciones

Entorno a los biodigestores existen diversidad de accesorios que contribuyen el aprovechamiento del biogás y biol, pero también al pretratamiento de los residuos. Separadores de sólidos (tanto para el influente como el efluente), cocinas, calefones, calentadores, lámparas, ordeñadoras, generadores, filtros de sulfhídrico, sistemas de ferti-riego, hidroponía y reservorios de biogás, son algunos de los accesorios que complementan a los biodigestores.

Las empresas proveedoras de tecnología ya consolidadas están ofreciendo algunos de estos accesorios. Para hacer más universal el acceso a estos accesorios, es importante incentivar que existan otros proveedores de tecnología, que pueden asociarse a los canales de distribución de ferreterías (para hacer llegar los accesorios a los usuarios y proveedores) o pueden tener contacto directo con proveedores de tecnología e instaladores no profesionales.

Algunos de estos accesorios se pueden importar desde Brasil, Colombia o China, pero otros se pueden fabricar en Ecuador a través de empresas que ya elaboran accesorios que funcionan a gas (como cocinas, lámparas, calefones, etc.).

Incluso, se puede considerar en este aspecto que exista la capacidad de enviar a cualquier parte del país biodigestores prefabricados, que serán instalados por instaladores no profesionales. Esta cadena facilitaría la incursión de la tecnología en el área rural. Los proveedores de kits de instalación pueden ser nuevos o las mismas empresas proveedoras de tecnología ya consolidadas.

19.6. Calidad de los procesos

La calidad de los procesos, no solo en las instalaciones, es una de las claves para alcanzar los objetivos propuestos. En este aspecto es necesario certificar la calidad de las mismas, la calidad de las capacitaciones de los instaladores no profesionales, la calidad de accesorios de los biodigestores y calidad del uso y aprovechamiento de los biodigestores.

- Se dará asistencia técnica a los usuarios de biodigestores, realizando visitas desde el PNB dos veces al año a todos los biodigestores instalados durante ese año. Esto impone un ritmo muy fuerte de seguimiento a los usuarios, necesario para una adecuada apropiación y aprovechamiento de la tecnología, suponiendo 7000 visitas. Estas actividades se realizarán dentro del componente de asistencia técnica.
- Se realizará un control de calidad de cada una de las instalaciones de biodigestores realizadas dentro del PNB, suponiendo un total de 3500 visitas. Esto garantizará también la calidad de las capacitaciones de los instaladores no profesionales. Actividad realizada por el componente de control de calidad

- Se realizarán visitas de seguimiento al 5% de los sistemas existentes cada año para evaluar la apropiación e impacto en las familias usuarias, suponiendo un total de 366 visitas. Estas visitas permitirán obtener indicadores de desarrollo y avance del PNB.
- Se monitorearán 30 biodigestores por año, para caracterizar su funcionamiento en cuanto a producción de biogás, temperatura, operación, y algunos parámetros fisicoquímicos²⁰. El monitoreo de cada biodigestor será de al menos un año completo, de modo que al cabo de 5 años se hayan monitoreado 150 sistemas. Esta actividad estará a cargo del componente I+D

Tabla 10 Número de visitas a los biodigestores por año, según componentes del PNB						
Año	1	2	3	4	5	TOTAL
Visitas asistencia técnica	150	700	1450	2200	2500	7000
Visitas Control de Calidad	75	350	725	1100	1250	3500
Visitas Monitoreo y evaluación	0	21	58	113	175	367
Monitoreo de biodigestores	30	30	30	30	30	150
Biodigestores por año	75	350	725	1100	1250	3500
Total biodigestores instalados	75	425	1150	2250	3500	3500

20. Emisiones de CO₂ evitadas por la implementación del PNB

La introducción de biodigestores en la actividad agropecuaria tiene impacto directo en la reducción de emisiones de la actividad. Esta reducción viene dada por el desplazamiento del uso de combustible fósil (GLP en el caso de Ecuador) por biogás, desplazamiento en el uso de fertilizantes sintéticos por la aplicación de biol, y por el cambio en el manejo del estiércol, que pasa de ser acumulado a ser introducido en el biodigestor. En el Anexo “Estimación de emisiones de CO₂ evitadas por el uso de biodigestores” (página 73) se desarrolla la metodología y cálculos de forma detallada. La Tabla 5 muestra las emisiones de CO₂ evitadas por tipo de productor, y esto se puede vincular con el ritmo de instalación de biodigestores de la Tabla 7. Si se consideran estos valores, y se supone que el ritmo de instalación de biodigestores entre lecheros y porcicultores en 50%-50%, entonces se puede estimar las toneladas de emisiones de CO₂ evitadas cada año, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11 Emisiones de CO ₂ evitadas por la implementación del PNB, por año y tipo de productor						
Año	1	2	3	4	5	TOTAL evitado (tCO ₂)
Pequeños leche (tCO ₂)	6,1	53,6	164,1	409,0	732,6	1365,3
Medianos leche (tCO ₂)	58,3	306,6	821,5	1381,8	1939,0	4507,3
Pequeños cerdos (tCO ₂)	21,1	129,1	370,1	902,0	1576,2	1998,6
Medianos cerdos (tCO ₂)	75,8	386,5	1007,7	1642,2	2275,3	5387,4
TOTAL evitado (tCO₂)	161,4	875,8	2363,4	4335,0	6523,1	14258,6

Esto muestra que al cabo de cinco años de PNB se habrán evitado la emisión de 14 mil toneladas de CO₂ a la atmosfera.

²⁰ Se ha desarrollado una propuesta de “Caracterización y método de monitoreo de biodigestores” disponible en https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/e3.1a_monitoreo.pdf

21. Ahorro en subsidio del gas por la implementación de PNB

Al implementar un PNB con la meta de lograr la instalación de 3500 biodigestores, existirá un impacto en la reducción en el consumo de GLP por parte de los productores.

La Tabla 6 muestra el gasto en subsidio al GLP por tipo de productor que puede ser ahorrado de implementar un biodigestor, y esto se puede vincular con el ritmo de instalación de biodigestores de la Tabla 7. Si se consideran estos valores, y se supone que el ritmo de instalación de biodigestores entre lecheros y porcicultores en 50%-50%, entonces se puede estimar el ahorro en subsidio al GLP cada año del PNB, como se muestra en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12 Ahorro en subsidio al GLP por implementación del PNB						
	1	2	3	4	5	Total (USD)
Pequeños leche	786.25	6683.15	20206.71	56138.50	118173.90	201988.51
Medianos leche	8255.66	41278.31	113928.13	226205.12	452410.24	842077.46
Pequeños cerdos	1769.07	10614.42	31607.39	86802.38	182450.12	313243.38
Medianos cerdos	6879.72	34398.59	94940.11	188504.27	377008.54	701731.22
Total USD	17690.70	92974.47	260682.34	557650.27	1130042.79	2059040.57

De este modo, el primer año de funcionamiento del PNB el estado se ahorraría unos 17000 USD, pero al tercer año el ahorro acumulado ya significaría cerca de 370000 USD. En el quinto año el ahorro estará en torno a los 1,1 M USD. En total, durante los cinco años de PNB se habrá generado un ahorro superior a 2 M USD.

22. Subsidio a los biodigestores implementados

La implementación de un esquema de subsidios es necesaria para romper las barreras de desconocimiento inicial de la tecnología, para consolidar el sector y que pueda optimizar procesos y oferta económica los proveedores de tecnología y, sobre todo, para hacer la tecnología accesible a los pequeños productores más vulnerables.

El coste estimado de los biodigestores, mostrado en la Tabla 3, implica que los biodigestores domésticos más pequeños requieren una inversión de 1000 USD. Para hacer accesible estos sistemas a los pequeños productores agropecuarios es necesario que la inversión baje hasta unos al menos 600 USD, implicando la necesidad de que el PNB aporte 400 USD por biodigestor. Estos valores de capacidad de pago varían de una región a otra del país, pero 600 USD es un valor promedio referencial de capacidad de pago.

El objetivo principal del subsidio es hacer accesible los biodigestores a los productores más vulnerables, y esto marcará el subsidio para todos los demás productores. De este modo se propone un subsidio plano inicial de 400 USD por cada sistema implementado, independientemente del tamaño del biodigestor. A partir del tercer año este subsidio se propone bajar a 300 USD por sistema, ya que se habrá superado la barrera del desconocimiento de la tecnología.

Además, en el caso de biodigestores de clima frío, es necesaria una inversión mayor para integrar el invernadero y aislamiento. En este caso se propone un subsidio extra de 200 USD a los sistemas instalados por encima de los 2800 msnm.

Tabla 13 Esquema de subsidio a instalación de biodigestores		
Periodo	Año 1 y 2	Año 3, 4 y 5
Por instalación de biodigestor	400 USD	300 USD
Extra por biodigestor por encima de los 2800 msnm	200 USD	200 USD

De este modo, considerando que un 20% de los sistemas serán instalados cada año por encima de los 2800 msnm, si se considera el ritmo de instalación de biodigestores de la Tabla 7, se puede establecer la inversión en subsidios por año, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14 Inversión en subsidios por año durante el PNB						
Año	1	2	3	4	5	TOTAL
Subsidio PNB (USD)	33000	154000	246500	374000	425000	1232500
Total/año (#bdgs/año)	75	350	725	1100	1250	
Total acumulado (#Bdgs)	75	425	1150	2250	3500	3500

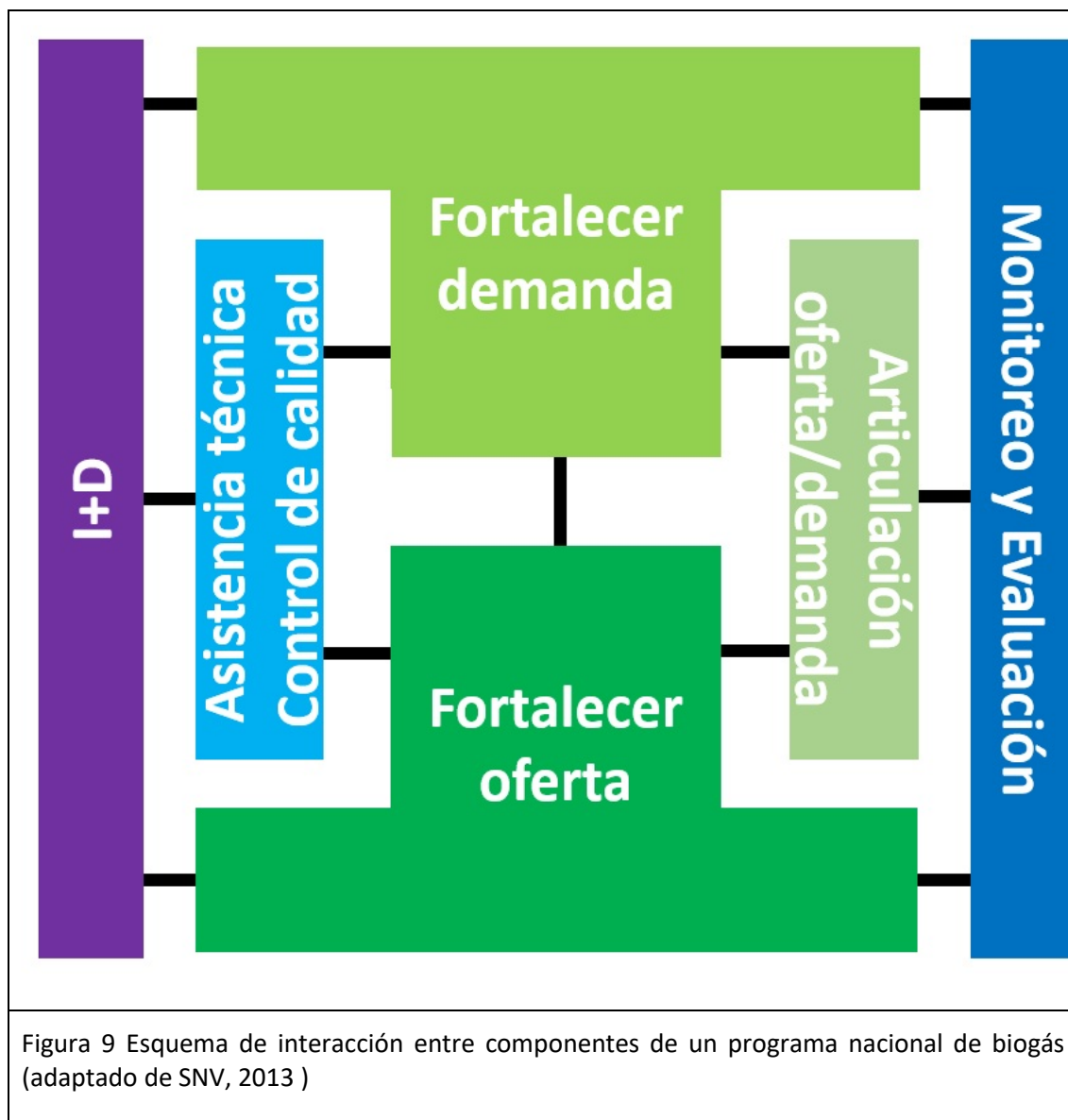
El requerimiento en inversión en subsidios para todo el PNB es menor a 1.25 M USD, muy por debajo de los 2 M USD de subsidios al GLP que ahorra este PNB (ver Tabla 12).

23. Componentes de un programa nacional de biodigestores

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

- Enfoque de mercado en el cual 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 sostenible, 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.

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.



23.1. 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.

Este componente trabajará por llevar a los productores agropecuarios la información necesaria para que estos puedan elegir si les conviene instalarse un biodigestor. Para este proceso, el componente se realizará en colaboración con el Ministerio del Ambiente el Ministerio de Agricultura y Ganadería, pero también con organismos como el INIAP, que ya tiene canales de comunicación con los productores. Gobernaciones, prefecturas y municipios de las regiones con alta actividad agropecuaria también serán agentes de comunicación. Las ONGs en muchos casos trabajan en lugares donde otros organismos tienen dificultad para llegar, por lo que también será necesario colaborar con ellas, quienes a su vez se pueden convertir en proveedores de tecnología. Las asociaciones de productores y empresas acopiadoras son entes que están interesados en fortalecer y mejorar la productividad de sus asociados, por lo que podrán ayudar en la difusión de la tecnología.

Este componente deberá trabajar con el componente de I+D y con el Componente de monitoreo y evaluación para generar una información neutral (respecto a los diferentes proveedores de tecnología), de calidad y contrastada.

Actividades - Fortalecimiento de la demanda

- Desarrollar una estrategia de difusión y promoción de los biodigestores dirigida a los potenciales usuarios
- Generar material de difusión escrito, radio y televisión.
- Implementar campañas de promoción de biodigestores mediante visitas a biodigestores demostrativos, talleres
- Capacitar a actores involucrados en el PNB para dar una información clara, veraz y homogénea.
- Desarrollo e impresión de manual de del usuario de biodigestores.

23.2. Fortalecimiento de la oferta

Los ofertantes son los proveedores de tecnología y los instaladores no profesionales. Los ofertantes pueden ser desde empresas unipersonales, ONGs o 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 proveedores de tecnología. Las actividades de fortalecimiento de los proveedores van dirigidas inicialmente a formar y/o certificar a los proveedores de tecnología, accesorios e instaladores no profesionales. De este modo los biodigestores implementados dentro del PNB son 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 iniciar el PNB ya existen tres empresas validadas como proveedores de tecnología (ver sección 15.2). Mediante talleres de capacitación se formarán instaladores no profesionales a partir del segundo año. Para tener instaladores distribuidos por todo el país, se realizarán talleres independientes (al menos uno al año) en cada macrorregión identificada). En la formación de los instaladores, deben incluirse, además, de aspectos técnicos, aspectos de gestión de pequeñas y medianas empresas, contabilidad, *marketing* y servicios postventa.

Este componente se podrá apoyar en el INIAP para la realización de los talleres en sus instalaciones, y podrá coordinar con el SECAP la certificación de los técnicos. Como alternativa,

una universidad puede certificar la formación (ver universidades en la Sección 15.3). La propuesta de temario de las capacitaciones podría ser definido por instituciones como CIMNE y GreenEmpowerment, que ya han realizado talleres de instalación de biodigestores en colaboración con la RedbioEC, considerando a la universidades implicadas en el sector.

Este componente deberá trabajar con el componente de I+D para contar con información contrastada y con el componente de Control de calidad para identificar debilidades de los proveedores de tecnología e instaladores no profesionales que deban ser reforzadas.

Actividades - Fortalecimiento de la Oferta

- Fortalecimiento de proveedores de tecnología ya validados
- Capacitación de capacitadores de instaladores no profesionales de biodigestores tubulares, formación de usuarios, servicio postventa y plan de negocios.
- Desarrollo de talleres de capacitación para instaladores no profesionales de biodigestores tubulares, formación de usuarios, servicio postventa y plan de negocios.
- Fortalecimiento de proveedores de tecnología e instaladores no profesionales.
- Desarrollo e impresión de manual de instalación de biodigestores
- Instalación de 3500 biodigestores

23.3. 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 bancos y cooperativas de ahorro y crédito. 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, en las experiencias latinoamericanas de democratización de biodigestores, no ha sido un mecanismo clave²¹.

Por ello, en Ecuador, además de los canales tradicionales para facilitar el acceso económico a los biodigestores a través de crédito otorgado por bancos o cooperativas de crédito, es necesario explorar otras vías. 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. Otro mecanismo exitoso para facilitar el acceso económico de los productores a los biodigestores ha sido el de fondos rotatorios, gestionados desde asociaciones de productores. De este modo, con un capital semilla aportado por el PNB, se puede generar un círculo virtuoso dentro de asociaciones consolidadas, de modo que cada productor que accede a un préstamo a muy bajo interés lo va devolviendo al fondo rotario, al que podrán acceder sucesivamente diferentes productores asociados.

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

²¹ https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/del_1.2_biodigestotes_latinoamerica_espanol.pdf

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.

Este componente debe trabajar con bancos y cooperativas de crédito, y debe explorar otros mecanismos de financiamiento a productores mediante empresas acopiadoras y asociaciones de productores.

Actividades – Articulación oferta-demanda

- Desarrollar y promover productos financieros aprovechando sinergias entre diferentes actores para hacer más accesible el crédito.
- Implementar y controlar fondos rotatorios en asociaciones para acceder a biodigestores
- Implementar la política de subsidios y gestión su pago.

23.4. 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, del INIAP, la CEA²², municipios y ONGs.

Este componente debe coordinar con el componente de I+D para actualizar la información que va a transferir hacia los usuarios, y los componentes de fortalecimiento de oferta y fortalecimiento de la demanda.

Actividades – Asistencia Técnica

- Dar asistencia técnica en el uso y aprovechamiento de los biodigestores a los usuarios (talleres, visitas, material escrito, radio, etc.)
- Generar sinergias con otras instituciones para apoyar la asistencia técnica a usuarios

²² CEA: Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología: <http://www.agroecologia.ec/>

- Fortalecer conocimientos proveedores de tecnología e instaladores no profesionales

23.5. 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. Se ha desarrollado un protocolo de control de calidad que se encuentra en los anexos: Control de calidad Biodigestores de bajo costo (pag. 78).

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.

Este componente es un eje fundamental del PNB y debe ser ejecutado por personal del propio PNB. Este componente deberá trabajar con el componente de articulación oferta-demanda para permitir el pago del subsidio tras la aprobación de la instalación, con el componente de fortalecimiento de la oferta para identificar debilidades y con el resto de componente para retroalimentar la calidad de sus procesos.

Actividades – Control de calidad

- Desarrollo de un sistema de control de calidad de los biodigestores instalados
- Control de la calidad de los biodigestores instalados
- Control de calidad de los procesos de las actividades de otros componentes del PNB.

23.6. 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 cómo 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 en la gestión, ejecución, y seguimiento de proyectos vinculados a biodigestores en Ecuador, considerando actores actores ya identificados en la sección “Descripción del sector de los biodigestores en Ecuador” (pag 29).

Este componente debe coordinar acciones con el componente de fortalecimiento de la oferta para aportar información sobre los usuarios y la marcha de la apropiación y uso de la tecnología por parte de estos.

Actividades – Monitoreo y Evaluación

- Desarrollo de la base de datos del PNB y registro de números para alcanzar las metas
- Informes de encuestas de satisfacción de los usuarios, cuantificación de los impactos y barreras a superar en difusión, implementación y acceso al crédito
- Publicación de resultados y retroalimentación a actores
- Seminarios bianuales de presentación de resultados

23.7. 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.

Se requiere de una fuerte inversión en investigación dedicada a aprovechamiento del biol en diferentes cultivos y climas, pues este será uno de los grandes valores de los biodigestores en un país en el que el gas es accesible y está subsidiado.

Universidades como la Universidad Regional Amazónica Ikiam, la Escuela Politécnica Nacional (EPN) o la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) pueden ser participantes, junto con institutos públicos de investigación como el INIAP y el IIGE (antiguo INER).

Actividades – Investigación y desarrollo (I+D)

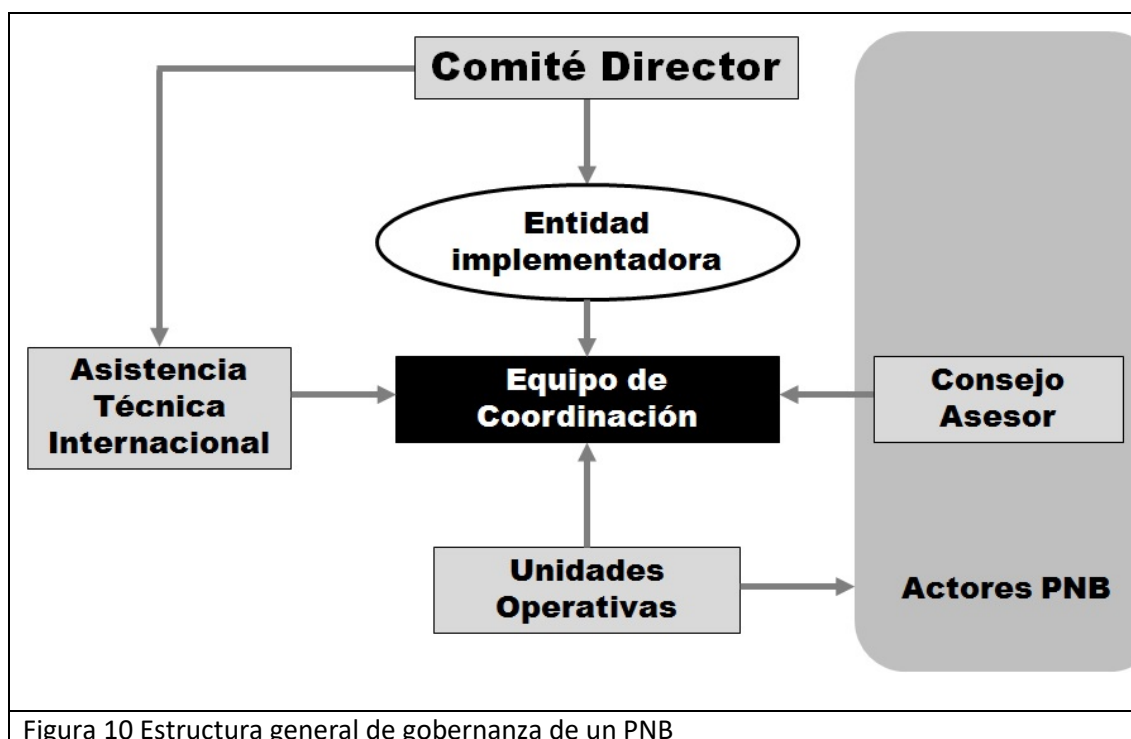
- Disponer de lugares experimentales con diferentes biodigestores alimentados con diferentes estiércoles y en diferentes climas (en fincas experimentales del INIAP y Universidades)
- Validación de diseños de biodigestores de proveedores de tecnología y aplicaciones
- Monitoreo del comportamiento técnico de biodigestores en uso real (mitigación y adaptación al cambio climático)
- Optimización de las tecnologías y avances en aplicación de biol en diferentes cultivos y eco-regiones.
- Transferencia de resultados de I+D a proveedores y usuarios a través de la asistencia técnica.
- Validación y certificación de nuevos proveedores de tecnología

24. Gobernanza del PNB

La estructura de gobernanza del PNB se centra en el Equipo de Coordinación, que es el grupo de profesionales encargados de lograr las metas propuestas. Los componentes descritos son parte del Equipo de coordinación del PNB. Este equipo es contratado por la Entidad implementadora, en coordinación con las entidades públicas participantes del plan, que es la institución independiente encargada de gestionar el PNB. El Comité Director de PNB, formado por Gobierno y donantes, es quién designa la Entidad implementadora y la asistencia técnica internacional que la apoya.

El equipo de coordinación contará con el apoyo consultivo de un Consejo asesor formado por actores vinculados al sector de los biodigestores (usuarios, proveedores, financieros, etc.), y a su vez tendrá sus propias herramientas para la recopilación de información a través de sus componentes de I+D, monitoreo y Evaluación, asistencia técnica y control de calidad.

El Equipo de Coordinación tendrá, además de los componentes ya descritos, presencia en territorio a través de unidades operativas, un grupo en la macrorregión Sur y otro en la macrorregión Norte.



-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, microfinanzas, 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 Directivo. 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 con 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: Se necesitan dos unidades operativas, una por macrorregión. Son las unidades de ejecución del PNB vinculadas al territorio. Están formadas principalmente por técnicos de campo (de promoción, asistencia técnica, monitoreo, control de calidad, etc.). Estas Unidades Operativas son coordinadas por el Equipo de Coordinación del PNB, al que reportan 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.

25. Operatividad y presupuesto

23.1. Resumen de presupuesto global

Tabla 15 Resumen de presupuesto global del PNB en 5 años						
Años	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
TOTAL PERSONAL	309900	300198	339415	345603	351915	1647032
Insumos	143000	33320	45806	40771	41407	304304
Subsidio	33000	154000	246500	374000	425000	1232500
Fortalecimiento demanda	78750	57500	95500	37500	31250	300500
Fortalecimiento Oferta	45600	16000	72900	21000	16000	171500
Articulación Oferta demanda	20000	54000	93000	77000	0	244000
Asistencia técnica y CC	9750	52100	62779	91817	103792	320238

Monitoreo y evaluación	18000	10125	31750	34250	48500	142625
I+D	61500	33500	36500	33500	27500	192500
Asist Tec internacional	45000	30000	45000	15000	30000	165000
TOTAL (USD)	764500	740743	1069150	1070441	1075364	4720198

25.2. Equipo de coordinación

El equipo de coordinación tendrá sede en Quito, donde estará integrada la Unidad operativa que atiende al macrorregión norte. La unidad operativa de trabajo en la macrorregión del sur estará ubicada en Cuenca.

El Equipo coordinador estará formado por un Coordinador de programa con un asesor jurídico, un contable y más un especialista por cada componente, exceptuando el componente I+D (que se organiza de otra forma). Este equipo diseñará las actividades a realizar en el país. Realizará las actividades en la macrorregión norte, y delegará esta ejecución en la macrorregión Sur en un responsable de dicha macrorregión.

En cada macrorregión se contará con un técnico de campo, principalmente para apoyar al Componente de fortalecimiento de la Demanda y la Asistencia técnica.

A partir del tercer año, es necesario contratar un técnico más por macrorregión, debido al gran número de biodigestores que se instalan (725 biodigestores nuevos en el tercer año).

Se reserva un presupuesto para la realización de consultorías específicas, que el equipo coordinador no pueda realizar. Este presupuesto equivale a un 10% del presupuesto total en personal del PNB, y que se puede identificar como presupuestos para estudios y/o trabajos "imprevistos".

De este modo, el presupuesto del equipo coordinador para cinco años se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16 Presupuesto en personal por año						
Personal	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Gerente del programa	39400	40188	40992	41812	42648	205039
Administración	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Asesor jurídico	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Especialista Fortalecimiento de la Demanda	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Especialista Fortalecimiento de la Oferta	34200	34884	35582	36293	37019	177978
Especialista monitoreo y evaluación	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Especialista Articulación Oferta Demanda	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Especialista asistencia técnica y Control calidad	22500	22950	23409	23877	24355	117091
Consultorías	45000	30000	30000	30000	30000	165000
Responsable macrorregión Sur	23800	24276	24762	25257	25762	123856
Técnico 1	16250	16575	16907	17245	17590	84566
Técnico 2	16250	16575	16907	17245	17590	84566
Técnico 3			16907	17245	17590	51741
Técnico 4			16907	17245	17590	51741
TOTAL PERSONAL (USD)	309900	300198	339418	345604	351919	1647033

A nivel de gastos de operación (ver Tabla 17), el Equipo coordinador y las unidades operativas se ubicarán en espacios cedidos que no requieran de pago de alquiler. Estos espacios pueden estar vinculados al Ministerio del Ambiente, o algún otro ministerio.

Es necesario, por logística, la compra de un auto por macrorregión, y una moto por macrorregión. A partir del tercer año, con la contratación de dos nuevos técnicos, también se realizará la compra de dos motos nuevas. La coordinación de logística con GADs será una de las prioridades.

Tabla 17 Presupuesto de gastos de operación						
Gastos	1	2	3	4	5	TOTAL
Compra auto y mantenimiento	35000	3000	3060.00	3121.20	3183.62	47365
Compra auto y mantenimiento	35000	3000	3060.00	3121.20	3183.62	47365
Compra de motos (2x)	10000	2000	2040.00	2080.80	2122.42	18243
Compra de motos (2x)			10000.00	2080.80	2122.42	14203
Viáticos	10000	10200	10404	15000	15300	60904
Servicios de oficinas (2x)	6000	6120	6242	6367	6495	31224
Puesta a punto oficina (2x)	8000		2000			10000
Equipos de oficina (2x)	30000	2000	2000	2000	2000	38000
Material oficina (2x)	6000	4000	4000	4000	4000	22000
Varios	3000	3000	3000	3000	3000	15000
TOTAL Operación	143000	33320	45806	40771	41407	304304

25.3. Fortalecimiento de la Demanda

Las actividades y productos considerados en el componente de Fortalecimiento de la Demanda se encuentran en la Tabla 18 y el presupuesto asociado en la Tabla 19. Estas actividades y logros van encaminadas a la difusión de la tecnología, y de la oportunidad que representa el PNB para acceder a ella, entre los pequeños y medianos productores agropecuarios.

Para la promoción de los biodigestores, además de los mecanismos propios de cada proveedor de tecnología consolidado, el PNB generará material de difusión complementario y referencial, con información clara y validada.

Una de las claves en la promoción es el “ver para creer”. Para ellos una estrategia exitosa es desarrollar talleres en asociaciones de productores, y posteriormente, a los interesados, llevarlos a visitar biodigestores cercanos. En los casos donde no haya biodigestores cercanos será necesario implementar biodigestores demostrativos.

Como fortalecimiento de la demanda, también se encuentra el desarrollo de una guía del usuario, pues ayuda a dar seguridad a los futuros usuarios la existencia de material impreso de apoyo a la operación y aprovechamiento del biodigestor. Se puede usar de referencia la guía ya desarrollada por Hivos y CIMNE en Bolivia y adaptarla al contexto ecuatoriano²³.

²³ <https://www.beegroup-cimne.com/sistema-bio-nati-manual-de-operacion-y-mantenimiento-en-zona-andina/>

Un mensaje clave de este componente es que el PNB garantiza las instalaciones, pues los proveedores están validados, y los instaladores no profesionales certificados. El control de calidad de las instalaciones será clave para este fortalecer este mensaje.

Tabla 18 Actividades y productos por años del componente Fortalecimiento de la Demanda						
Fortalecimiento de la demanda	1	2	3	4	5	TOTAL (#)
Desarrollo de material de promoción	1		1			2
Reproducción de material de promoción	2500		5000		2500	10000
Campañas de TV, Prensa y radio	2	2	1	1	1	7
Actividades de promoción y demostración	1	1	1	1	1	5
Capacitación actores PNB	1		1			2
Talleres de promoción y sensibilización	10	20	30	30	30	120
Biodigestores demostrativos	15	15	10	5		45
Giras de demostración	10	20	20	10		60
Desarrollo guía del usuario	1		1			2
Impresión guía del usuario	1200		2800			4000

Tabla 19 Presupuesto por años del componente Fortalecimiento de la Demanda							
Fortalecimiento de la demanda	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Desarrollo de material de promoción	10000	10000	0	10000	0	0	20000
Reproducción de material de promoción	2,5	6250	0	12500	0	6250	25000
Campañas de TV, Prensa y radio	5000	10000	10000	5000	5000	5000	35000
Actividades de promoción y demostración	5000	5000	5000	5000	5000	5000	25000
Capacitación actores PNB	3000	3000	0	3000	0	0	6000
Talleres de promoción y sensibilización	500	5000	10000	15000	15000	15000	60000
Biodigestores demostrativos	1500	22500	22500	15000	7500	0	67500
Giras de demostración	500	5000	10000	10000	5000	0	30000
Desarrollo guía del usuario	6000	6000	0	6000	0	0	12000
Impresión guía del usuario	5	6000	0	14000	0	0	20000
Total Fort. Demanda (USD)		78750	57500	95500	37500	31250	300500

25.4. Fortalecimiento de la Oferta

Las actividades y productos considerados en el componente de Fortalecimiento de la Oferta se encuentran en la Tabla 20 y el presupuesto asociado en la Tabla 21.

La oferta de biodigestores viene dada inicialmente por los proveedores de tecnología consolidados. Será necesario formar y certificar nuevos instaladores no profesionales que atiendan regiones rurales lejanas a los circuitos comerciales, y que, por logística, los proveedores consolidados es más difícil que atiendan.

La formación de estos instaladores no formales será foco de este componente, y para ello lo primero que hay que definir es el modelo final, materiales, adaptación a clima frío de los biodigestores en que se les va a capacitar. Se ha dicho anteriormente que el modelo en este caso será el modelo tubular plástico. Esta primera definición final del biodigestor de referencia se deberá realizar junto con el componente de I+D. Para ello se adaptarán al contexto ecuatoriano diseños y manuales ya realizados en otros países de la región, como Bolivia (por Hivos y CIMNE)²⁴.

El desarrollo de los talleres de capacitación requerirá de generar material didáctico de referencia, disponer de materiales y herramientas. El primer taller puede ser desarrollado para formadores, dirigido a personal del SECAP que posteriormente se harán cargo impartir los cursos y certificar a los participantes que aprueben. El desarrollo de los talleres debe ser en campo, práctico, aterrizado al territorio, con una primera clase teórica y posteriores prácticas de instalación. Esto se puede desarrollar junto con el INIAP ya que dispone de espacios preparados para el desarrollo de este tipo de actividades con infraestructura real. La certificación final de los instaladores será tras la instalación de un biodigestor en una familia superando el Control de Calidad del PNB.

Es importante considerar la formación en contabilidad, marketing y servicio postventa en los futuros instaladores no profesionales. No se descarta que instaladores no profesionales (dedicación esporádica a la instalación de biodigestores) decidan pasar a convertirse en proveedores de tecnología dentro del PNB (convirtiendo está en su primera o segunda actividad económica).

Por otro lado, este componente estará encargado de ayudar a generar un mercado sostenible, competitivo y de calidad de biodigestores en Ecuador. Para ello, también debe adaptar y validar dispositivos a biogás (bombas, ordeñadoras, picadoras de pasto, generadores, etc.) y lograr que estos estén accesibles en el mercado a los productores usuarios de biodigestores. En este aspecto es importante apoyarse en los avances que ya se hicieron en el PNB de Nicaragua (desarrollado por SNV e Hivos) para promocionar el “biogás en usos productivos en la finca”²⁵.

Este componente trabajará fuertemente con el Componente de I+D.

Este es un componente clave que requiere de un especialista con experiencia previa en la tecnología del biogás.

Tabla 20 Actividades y productos por años del componente Fortalecimiento de la Oferta						
Fortalecimiento de la Oferta	1	2	3	4	5	TOTAL (#)
Fortalecimiento de socios estratégicos	2	2	2	2	2	10
Nº de talleres	0	2	2	3	2	9
Desarrollo material de entrenamiento	1		1			2
Impresión de materiales	40		60			100

²⁴ <https://www.beegroup-cimne.com/sistema-bio-nati-manual-de-instalacion-en-zona-andina/>

²⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=bBUf35ntSwQ>

kit herramientas	40		60			100
Kit material bdgs	40		60			100

Tabla 21 Presupuesto por años del componente Fortalecimiento de la Oferta							
Fortalecimiento de la Oferta	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Fortalecimiento de socios estratégicos	3000	6000	6000	6000	6000	6000	30000
Realización de Talleres	5000	0	10000	10000	15000	10000	45000
Desarrollo material de entañamiento	5000	5000	0	5000	0	0	10000
Impresión de materiales	15	600	0	900	0	0	1500
kit herramientas	100	4000	0	6000	0	0	10000
Kit material bdgs académicos	750	30000	0	45000	0	0	75000
Total Fort. Oferta (USD)		45600	16000	72900	21000	16000	171500

25.5. Articulación Oferta-Demanda

Las actividades y productos considerados en el componente de Articulación Oferta Demanda se encuentran en la Tabla 22 y el presupuesto asociado en la Tabla 23.

Este componente tiene el objetivo de facilitar el acceso económico de los productores interesados a los biodigestores. Habrá tres ejes básicos complementarios entre sí y que en algunos casos pueden ser sinérgicos: desarrollo de productos financieros a través de entidades bancarias, cooperativas de ahorro y crédito y microfinanzas; desarrollo de alianzas estratégicas con asociaciones y/o empresas acopiadoras para facilitar crédito a sus socios; desarrollo implementación y monitoreo de fondos rotatorios en asociaciones de productores.

En el ciclo de la leche, las empresas acopiadoras pueden facilitar crédito a los productores que les proveen, haciendo de agente de retención que va retirando una cuota acordada en cada pago de la lecha. Esquemas similares se pueden evaluar con el sector porcino.

Asociaciones de productores consolidadas y con capacidad de gestión, pueden manejar sus propios fondos rotativos, de modo que un productor solicita un crédito al mismo, y lo va devolviendo al mismo fondo, de modo que el fondo se mantiene.

Este componente, aprobará los pagos de los subsidios a cada instalación, una vez que la instalación supere en control de calidad pertinente. El componente trabajará muy de cerca con el componente de fortalecimiento de oferta, fortalecimiento de demanda y el Componente Monitoreo y Evaluación y control de calidad.

Tabla 22 Actividades y productos por años del componente Articulación de la Oferta y Demanda						
Articulación Oferta y demanda	1	2	3	4	5	TOTAL (#)
Desarrollo de productos financieros (encuentros multiactores)	2	2	1	1		6
desarrollo de mecanismo de fondos rotativos	1		1			2

Identificación de implementadores de fondos rotatorios	1		1			2
Creación de fondos rotatorios		2	3	3		8

Tabla 23 Presupuesto por años del componente Articulación Oferta Demanda							
Articulación Oferta y demanda	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Desarrollo de productos financieros (encuentros multiactores)	2000	4000	4000	2000	2000	0	12000
desarrollo de mecanismo de fondos rotativos	8000	8000	0	8000	0	0	16000
Identificación de implementadores de fondos rotatorios	8000	8000	0	8000	0	0	16000
Creación de fondos rotatorios	25000	0	50000	75000	75000	0	200000
Total Art. Oferta Demanda (USD)		20000	54000	93000	77000	0	244000

25.6. Asistencia Técnica y Control de Calidad

Las actividades y productos considerados en el componente de Asistencia Técnica y Control de Calidad se encuentran en la Tabla 24 y el presupuesto asociado en la Tabla 25.

La asistencia técnica asegurará el buen funcionamiento, correcto uso, y completo aprovechamiento de los biodigestores. Se enfocará a fortalecer y dar seguimiento a los usuarios de biodigestores, con dos visitas por familia usuario de biodigestor. Hay que considerar que esta es una actividad complementaria al servicio postventa que realizarán proveedores de tecnología e instaladores no profesionales. De este modo, mediante estas visitas, se asegura que los usuarios estén actualizados sobre uso, mantenimiento y aprovechamiento de los biodigestores.

Aprovechando la logística invertida en las visitas a las familias productoras que tienen biodigestores, se aprovechará para ir entregando los resultados de los avances en investigación (del Componente I+D) principalmente en uso del biol, a través de las cartillas de I+D. Estas visitas también servirán para conocer las demandas de investigación de los usuarios, que se trasladará al componente de I+D.

Una herramienta muy útil es la realización de eventos de intercambios de experiencias entre usuarios de diferentes regiones, donde también se puede considerar el intercambio de experiencias entre proveedores de tecnología e instaladores no profesionales. Estos eventos se pueden realizar a nivel macro-regional y/o nacional.

La asistencia técnica se puede delegar, o compartir con el INIAP, ya que este instituto público de investigación ya realiza este tipo de actividades con el sector agropecuario y conoce las

dinámicas. Será necesario una formación específica en biodigestores, uso, mantenimiento y aprovechamiento a los técnicos que den esta asistencia.

Las visitas de Control de Calidad también entran en este componente. Como se ha dicho esta es una herramienta fundamental del PNB que asegura la confiabilidad de las acciones desarrolladas por el PNB. Por ello, se asegura que se visitarán cada una de las instalaciones realizadas bajo el PNB para evaluarse calidad. Cuando se llegan a ritmos de instalación cercanos a 1000 biodigestores por año (una media de 3 biodigestores por día) se dificulta realizar este control de calidad por la logística que implica, y se realiza esta evaluación a un número significativo de instalaciones realizadas por cada proveedor o instalador. Es importante asegurar la efectividad de estas acciones, pues de la aprobación del control de calidad depende el pago final del subsidio, y este proceso debe ser ágil.

Este componente deberá de coordinar con el Componente de I+D, el componente de Monitoreo y Evaluación, y el Componente de Articulación Oferta Demanda.

Tabla 24 Actividades y productos por años del componente Asistencia Técnica y Control de Calidad

Asistencia técnica y control de calidad	1	2	3	4	5	TOTAL (#)
Visitas de AT	150	700	1450	2200	2500	7000
Visitas de CC	75	350	725	1100	1250	3500
Impresión Cartillas I+D		300	900	1200	1500	3900
Eventos de intercambio de experiencias		1	1	1	1	4

Tabla 25 Presupuesto por años del componente Asistencia técnica y Control de Calidad

Asistencia técnica y control de calidad	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Visitas de AT	*	4875	22750	31417	47667	54167	160875
Visitas de CC	*	4875	22750	23563	35750	40625	127563
Impresión Cartillas I+D	2	0	600	1800	2400	3000	7800
Eventos de intercambio de experiencias	6000	0	6000	6000	6000	6000	24000
Total AT y C&C (USD)		9750	52100	62779	91817	103792	320238

25.7. Monitoreo y Evaluación

Las actividades de este componente están dirigidas a registrar la información que permita evaluar el desempeño del PNB. Comenzando por una línea base donde se identifique la situación de inicio de los productores agropecuarios. Mantener un grupo focal amplio de productores a los que se pueda dar seguimiento a lo largo de todo el PNB, permitirá evaluar como es el impacto en aquellos que incorporan un biodigestor a su sistema productivo y aquellos que no.

Este componente dará seguimiento al 5% de los biodigestores instalados, de modo que se puede ver la progresión de los primeros biodigestores instalados durante el primer año, y poder comparar con los biodigestores instalados en el 3 o cuarto año.

La información obtenida de este monitoreo es de interés para todos los componentes del PNB, pues permitirá corregir actividades, reforzar otras, a partir de la información generada. Es recomendable que el monitoreo y evaluación sea realizado por alguna institución externa, con experiencia de trabajo en campo, en proyectos de implementación de biodigestores, y capacidad de entrar a regiones de difícil acceso para el monitoreo.

Los criterios de equidad de género deben considerarse en cada uno de los resultados de este componente, desde la línea base hasta el estudio de impactos. Este componente, además, velará por que la equidad de género este considerada en todas las acciones del resto de componente del PNB.

Se realizará un estudio anual, a partir del segundo año, de monitoreo y evaluación del PNB, más un estudio en profundidad de evaluación intermedia del PNB. El estudio de impactos se recomienda hacerlo durante el cuarto año en curso aprovechando la consolidación de familias apropiadas de biodigestores con experiencias por varios años, aunque algunos casos de estudio se pueden adelantar en su realización.

A modo de transferencia, este componente prepara un evento bianual para mostrar los avances del PNB.

Tabla 26 Actividades y productos por años del componente Monitoreo y Evaluación						
Monitoreo y evaluación	1	2	3	4	5	TOTAL (#)
Monitoreo 5% bdgs existentes		21	58	113	175	367
Estudio línea base	1					1
Estudios de M&E		1	1	1	1	4
Estudio impactos				1		1
Evaluación intermedia			1			1
Evaluación final					1	1
Seminario bianual	1		1		1	3

Tabla 27 Presupuesto por años del componente Monitoreo y Evaluación							
Monitoreo y evaluación	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Monitoreo 5% bdgs existentes			2125	5750	11250	17500	36625
Estudio línea base	10000	10000	0	0	0	0	0
Estudio de M&E	8000	0	8000	8000	8000	8000	32000
Estudio impactos	15000	0	0	0	15000	0	15000
Evaluación intermedia	10000	0	0	10000	0	0	10000
Evaluación final	15000	0	0	0	0	15000	15000
Seminario bianual	8000	8000	0	8000	0	8000	16000

Total M&E (USD)		18000	10125	31750	34250	48500	124625
----------------------------	--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

25.8. I+D

Este componente debe generar y consolidar conocimiento en el contexto ecuatoriano en torno a los biodigestores, uso de biogás y biol.

Un aspecto clave es generar conocimiento sobre la dosis y frecuencia de biol en los diferentes cultivos y eco-regiones del país. Este es uno de los mayores potenciales de uso de los biodigestores (el biol) en un país que tiene subsidiado el gas. Por ello, un actor clave puede ser el INIAP, ara desarrollar de forma sistemática en las diferentes eco-regiones y con diferentes cultivos, estudios de aplicación de Biol. Estos estudios también pueden ser desarrollados por universidades que dispongan de fincas experimentales como es la Universidad de Cuenca o la Universidad Central del Ecuador. Se considera dentro de este componente el desarrollo de varias investigaciones en biol por año. Los resultados de estas investigaciones deben ser plasmados en cartillas y transferido a los usuarios de biodigestores a través del componente de asistencia técnica.

La tecnología ya es conocida y esta validada, pero es necesario optimizar la tecnología en condiciones de clima, en las que no ha habido suficiente experiencia en Ecuador. Durante el primer año será necesario desarrollar actividades de validación en clima frío, y transferir este conocimiento a las empresas proveedoras, e incluirlo en el temario de las formaciones de instaladores no profesionales. Durante el primer año, también será cuando se trabaje con la geomembrana de 500 micrones (ver sección 11), para validar esta propuesta (La Universidad Técnica de Ambato y la Universidad Regional Amazónica Ikiam ya han tenido experiencias con este material). Por ello también se considera n otras investigaciones en este componente (más allá del biol). Y como se ha comentado anteriormente, el tema de estas investigaciones puede venir definido por los mismos productores agropecuarios.

Además, para generar una base de datos de referencia en el comportamiento técnico de los biodigestores instalados, su producción de biogás, el reciclaje de nutrientes logrado y su impacto en la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, se monitorearán 30 biodigestores por año, haciendo un total de 150 sistemas al final de proyecto.

Ya que son varias universidades y centros de investigación los que pueden aportar en este componente, se sugiere que se forme un consorcio entre las universidades interesadas con experiencia previa junto con institutos públicos de investigación (ver Sección 15.3, página 31) para el desarrollo descentralizado de las actividades del componente.

Tabla 28 Actividades y productos por años del componente I+D						
I+D	1	2	3	4	5	TOTAL
Habilitación de espacio experimental de investigación Norte	1					1
Reactivos y análisis	30	30	30	30	30	150
kits monitoreo	30	5	5	5	5	50
Logística	1	1	1	1	1	5
investigaciones en Biol	5	5	5	5	3	23
Otras investigaciones	2	2	2	2	1	9
congresos	1		1		1	3

Tabla 29 Presupuesto por años del componente I+D							
I+D	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Habilitación de espacio experimental de investigación	15000	15000	0	0	0	0	15000
Reactivos y análisis+	250	7500	7500	7500	7500	7500	37500
kits monitoreo	400	12000	2000	2000	2000	2000	20000
Logística	3000	3000	3000	3000	3000	3000	15000
investigaciones en Biol	3000	15000	15000	15000	15000	9000	69000
Otras investigaciones	3000	6000	6000	6000	6000	3000	27000
congresos	3000	3000	0	3000	0	3000	9000
Total I+D (USD)	27650	61500	33500	36500	33500	27500	192500

25.9. Asistencia Técnica Internacional

Es necesario contar con las experiencias en programas nacionales de biogás de otros países, para no repetir los errores que ya se cometieron en otros lugares, y poder adaptar las estrategias exitosas. Se trata de poder contar con el asesoramiento, evaluación, y propuestas estratégicas de instituciones con experiencia previa. Posibles actores a considerar pueden ser, a nivel internacional Netherlands Development Organisation (SNV) que es la institución más conocida ya que inició a implementar los primeros PNBs en Asia en la década de los 90. Cuando se comenzaron a implementar este tipo de programas en África (década de los 2000s) SNV lo hizo en alianza con Hivos. Y en la primera experiencia de PNB en Latinoamérica en Nicaragua fueron SNV e Hivos quienes coordinaron su ejecución. SNV e Hivos trabajaron en Perú y Bolivia en el análisis en la viabilidad de PNBs, asociándose con CIMNE, con larga experiencia en Bolivia coordinado el proyecto biogás de la GIZ.

Es por esta experiencia previa, que se considera que hay que contar con estos tres actores para que acompañen y aporten en el proceso de desarrollo del PNB en Ecuador.

Tabla 30 Actividades por años de la Asistencia Técnica Internacional						
Asistencia técnica internacional	1	2	3	4	5	TOTAL
Hivos (mes equivalente/año)	1,5	1	1,5	0,5	1	5.5
CIMNE (mes equivalente/año)	1,5	1	1,5	0,5	1	5.5
SNV (mes equivalente/año)	1,5	1	1,5	0,5	1	5.5

Tabla 31 Presupuesto por años de la Asistencia Técnica Internacional							
Asistencia técnica internacional	Coste unidad (USD)	1	2	3	4	5	TOTAL (USD)
Hivos (mes de trabajo)	10000	15000	10000	15000	5000	10000	55000
CIMNE (mes de trabajo)	10000	15000	10000	15000	5000	10000	55000
SNV (mes de trabajo)	10000	15000	10000	15000	5000	10000	55000

Total AT Internacional (USD)		45000	30000	45000	15000	30000	165000
---	--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Bibliografía utilizada y consultada

- ABE (2015). Atlas Bioenergético de Ecuador. MCPEC, INP, MEER.
<http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>
- AGROCALIDAD. (2012). Manual de procedimientos para el registro de granjas porcinas. Obtenido de www.agrocalidad.gob.ec/.../6%20PNSP-M-01-Manual%20de%20registro%20
- AGROCALIDAD. (2016). Programa nacional sanitario de vigilancia y prevención de la encefalopatía espongiiforme bovina. Obtenido de www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/daj-2016144-0201.0036.pdf
- AGROCALIDAD, et al. (2010). Encuesta nacional de granjas de ganado porcino. Obtenido de www.agrocalidad.gob.ec/.../7%20Informe%20Encuesta%20Nacional%20Sanitaria
- AGRYTEC. (2010). Producción de cerdos en Ecuador. Obtenido de www.agrytec.com/pecuario/index.ph
- AGSO. (2016). AGSO. Recuperado el 2017, de www.agso.ec
- ANCO. (2001). Asociación nacional de criadores de ovejas del Ecuador. Obtenido de www.geocities.ws/ancoec/
- Aqualimpia Engineering. (2006, Agosto 2). Aqualimpia Engineering. Retrieved Marzo 27, 2015, from <http://www.aqualimpia.com/PDF/BD-San-Francisco.pdf>
- Araujo, A. C. Puesta en marcha de la planta semi-industrial de digestión anaeróbica en Latinoamérica de Jugos S.A. Tesis de grado (<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3276/1/000110348.pdf>). Quito: Universidad San Francisco de Quito, Junio 2014.
- ASPE. (2010). Asociación de Porcicultores del Ecuador. Obtenido de www.aspe.org.ec/
- Banco Mundial. (11 de abril de 2017). Banco Mundial. Obtenido de Banco Mundial: <http://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/overview#1>
- Bavera, G., & Peñafort, H. (2006). Las heces del bovino y su relación con la alimentación. Recuperado el 2017, de www.produccion-animal.com.ar/.../61-heces_del_bovino_y_relacion_con_la_aliment...
- BCE. (2014). Banco Central del Ecuador. Recuperado el 2017, de www.bce.fin.ec
- Botero, R, H. C. (2006). Manejo productivo de excretas en sistemas ganaderos tropicales. Recuperado el 2017, de www.engormix.com › Ganadería › Artículos técnicos ›
- Botero, R., & Preston, T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Cali: CIPAV. Disponible en : <http://www.utafoundation.org/publications/botero&preston.pdf>.

- Canales García, M. R. (2010). Estudio del Proceso bioquímico de fermentación de biodigestores para la producción de biogás y biofertilizante a partir de residuos provenientes del campus de la Universidad de El Salvador. Recuperado el 2017, de www.yumpu.com/es/document/view/15352261/descargar-4mb-universidad-de-elsalvador
- Castillo, M. (2014). Análisis de la Productividad y competitividad de la ganadería de carne en el Litoral ecuatoriano. Santiago.
- CGSIN - MAGAP. (2016). Sistema de información del Ministerio de Agricultura. Obtenido de sinagap.agricultura.gob.ec/
- CIL. (2015). La leche del Ecuador - Historia de la lechería ecuatoriana. Quito: Effecto studio.
- CONAVE. (2017). Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Obtenido de www.conave.org/
- Consejo Nacional de Planificación. (2009). Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. Obtenido de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo: [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_\(version_resumida_en_espanol\).pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_(version_resumida_en_espanol).pdf)
- Donald. B, M. N. (1993). Manual de producción avícola. México.
- Duque, F. (2010). El abonado: tipos. Obtenido de <http://www.horticulturaintensiva.blogspot.com/>
- ENEMDU. (2017). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-2017/
- ENIGHUR. (2011). Encuesta de ingresos y gastos de hogares. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-de-los-hogares
- ESPAC. (2016). Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec/.../espac/espac...
- ESPAC. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec/.../espac/espac.../
- ESTRADA, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Quito, Ecuador.
- Francois Houtart, M. L. (2016). Manifiesto para la agricultura familiar, campesina e indígena. Quito: IAEN.
- González Chong, W., Chao Tung-San, J., Zavala Ortíz, G., & Duque Rivera, J. (1987). Biodigestores y biogás: Recuento de la experiencia en ESPOL. Encuentro Nacional sobre Biodigestores:

Memorias (pp. 15-22). Machala: Universidad Técnica de Machala - Instituto Nacional de Energía

GENCAPER (2015). Manual Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador: Un aporte para la mitigación y adaptación al cambio climático". MAE. http://beegroup-cimne.com/kt-content/uploads/2017/02/2015_Manual_Biodigestores_Ecuador.pdf

Grupo El Comercio. (2017). Crianza y comercialización de cuyes en Ecuador. Lideres.

Haro, R. (2003). I Informe sobre recursos zoogenéticos en el Ecuador. Quito: MAG.

INEC. (2000). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado el 09 de 2017, de www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/

INEC. (2008). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de www.anda.inec.gob.ec

INEC. (2017). ENEMDU. Recuperado el 09 de 2017, de www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-2017

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (11 de Septiembre de 2017). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>

INER. (2011). ENIGHUR. Recuperado el 2017, de anda.inec.gob.ec › Página principal › Catálogo Central de Datos › SOCDEMO

INIA. (2005). Producción de excretas porcinas y contaminación ambiental. Obtenido de www.aacporcinos.com.ar/.../manejo_porcino_03-2013_produccion_de_excretas_por

Instituto Nacional de Preinversión. (2014). Atlas Bionergético del Ecuador.

M, E. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Recuperado el 2017, de redalyc.uaemex.mx/pdf

MAE. (2015). Introducción de biodigestores en sistemas agropecuarios en el Ecuador. Quito.

Maestas, G., Jones, D. W., Samuels Jr., G., & Younger, D. R. (1986). Final evaluation of USAID Project No. 518-0029/Loan No. 518-w-039, Alternative Energy Sources. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.

MAGAP. (2016). La política agropecuaria ecuatoriana. Quito: MAGAP.

Marchaim, U. (1992). Biogas processes for sustainable development. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Martí-Herrero, J. (2013). Intercambio de experiencias en biodigestores entre Ecuador y Bolivia. Redbiolac. http://redbiolac.org/wp-content/uploads/Informe_Ecuador_Bolivia_2013.pdf.

- Martí-Herrero, J., Chipana, M., Cuevas, C., Paco, G., Víctor, S., Zyma, B., . . . Gamarra, A. (2014). Low cost tubular digesters as appropriate technology for widespread application: Results and lessons learned from Bolivia. *Renewable Energy* (71), 156-165.
- MINERGÍA . (2011). Producción de biogás. Quito.
- Ministerio Coordinador de Patrimonio - UNICEF. (2001). UNICEF. Obtenido de UNICEF: https://www.unicef.org/ecuador/nacionalidades_y_pueblos_indigenas_web_Parte1.pdf
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2016). Balance Energético Nacional.
- Saber es práctico. (2016). Obtenido de <https://www.saberespractico.com/demografia/densidad-de-poblacion-de-los-paises-de-america/>
- MIPRO. (2011). Distribución de camales municipales. Quito.
- Nieto, C. (2006). Ecuador Nota de análisis sectorial, agricultura y desarrollo rural. Quito: FAO.
- PROECUADOR. (2016). Perfil sectorial de carnes y lácteos. Recuperado el 09 de 2017, de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec_psi2016_lacteos.pdf
- RRCNC (2016). Reporte de Resultados Censo Nacional Completo. <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-nacional/file/591-report-de-resultados-censo-nacional-completo>
- Roberts, T. (s.f.). Breves agronómicas. Recuperado el 2017, de [www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/.../\\$file/Breves+El+Estiercol.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/.../$file/Breves+El+Estiercol.pdf)
- Secretaría del Buen Vivir. (2016). Secretaría del Buen Vivir. Obtenido de Secretaría del Buen Vivir: <http://www.secretariabuenvivir.gob.ec/sabias-que-en-el-ecuador-se-hablan-14-lenguas-ancestrales/>
- SNV, 2010. Estudio de factibilidad para un programa nacional de en Nicaragua. www.bibalex.org/search4dev/files/419124/442098.pdf
- SNV, 2012a. Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Bolivia. http://beegroup-cimne.com/kt-content/uploads/2017/02/PNB_Bolivia_factibilidad_2012.pdf
- SNV, 2012b. Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Perú. <https://vdocuments.site/documents/estudio-factibilidad-programa-biodigestores-domesticos-peru-corregido-ok-20ago2012.html>
- SNV 2012c. Domestic biogas program in Zambia.

The observatory of economic complexity. (2017). The observatory of economic complexity. Obtenido de The observatory of economic complexity: <http://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/ecu/#Importaciones>

USDA FAS. (2015). Ecuador livestock annual global agricultural information. Recuperado el 2017

ANEXOS

Entradas y salidas productores lecheros

La Tabla 32 muestra el análisis entrada/salida para productores lecheros. Para el caso del pequeño productor de leche, en promedio tienen disponible unos 60 kg de estiércol al día que podrían ser usados para alimentar un biodigestor, llevando a la frontera de producción de biogás de 2m³ diarios, entre un biodigestor doméstico y un biodigestor productivo. Por ello se han planteado dos escenarios, para este tipo de pequeño productor, donde en un caso se analiza la introducción de un biodigestor doméstico sencillo y en otro un biodigestor productivo.

Tabla 32 Entradas y salidas productores lecheros			
ENTRADAS	Pequeño productor de leche		Mediano productor de leche
Tiene establo	No		Si
Donde ordeña ordeño	En potrero/ corral de palos		Sala de ordeño
Número total de animales	8		47
Vacas en ordeño	5		24
Vacas secas u otro tipo	3		12
Producción de leche por animal (l/a/d)	9,6		14
Producción diaria de leche (l/d)	48		336
Manejo del estiércol	Acumula estiércol y lo esparce en potrero		Acumula estiércol y lo esparce en potrero
Estiércol disponible para biodigestor (kg/d)	60		138
SALIDAS			
Tipo de biodigestor	Biodigestor productivo	Biodigestor doméstico	Biodigestor productivo
Estiércol diario disponible (kg/d)	60	30	120
Agua diaria (l/d)	180	90	360
Potencial de biogás diario (m ³ /d)	2	1	4,2
Usos biogás	Cocina + usos productivos	Cocina	Cocina + usos productivos
Consumo de GLP (cilindros/mes)	1,4	1,4	3,2

Gasto productor GLP (USD/año)	49,71	49,71	220,8
Gasto estado subsidio GLP (USD/año) ²⁶	137,09	137,09	313,34
Gasto referencia en fertilizantes sintéticos (USD/año)	257,6	257,6	2787,5
Precio estimado nutrientes reciclados biodigestor (USD/año)	131,18	65,59	309,63
Nitrógeno (N); Fósforo (P); Potasio (K) reciclados (kg/año)	68; 16; 62	34; 8; 31	223,4; 40,3; 61,3

²⁶ Se ha considerado que cada cilindro de 15 kg de GLP lleva asociado un subsidio de 8,16 USD, a partir de datos de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precios-combustibles/>

Entradas y salidas porcicultores

Para el caso de los productores de cerdos, el análisis entrada/salida se muestra en la Tabla 33. En este caso, la cantidad de estiércol que consideran los productores medianos de cerdos es de 34,5 kg/d, siendo un valor menor al que se esperaría si se consideran el número de animales promedio (57,4 kg/d de estiércol). Por ellos se han considerado dos escenarios para los medianos productores de cerdos.

Tabla 33 Entradas y salidas porcicultores			
ENTRADAS	Pequeño productor porcícola	Mediano productor porcícola	
Tiene establo	Si	Si	
Piso de cemento	Si	Si	
Número total de animales	22	50	
Madres	4	9	
Lechones	11	35	
Reproductor	1	2	
Engorde	6	4	
Manejo del estiércol	Acumula estiércol y lo esparce en cultivos	Acumula estiércol y lo esparce en cultivos	
Estiércol disponible para biodigestor (kg/d)	29	34.5	
SALIDAS			
Tipo de biodigestor	Biodigestor ambiental	Biodigestor ambiental	Biodigestor ambiental
Estiércol diario disponible (kg/d)	29	34,5	57,4
Agua diaria (l/d)	174	172,5	287
Potencial de biogás diario (m3/d)	1,5	2	3,5
Usos	Cocina + usos productivos (calentar lechones)	Cocina + usos productivos (calentar lechones)	Cocina + usos productivos (calentar lechones)
Consumo de GLP (cilindros/mes)	2,1	2	2
Gasto productor GLP (USD/año)	73,08	75,12	75,12

Gasto estado subsidio GLP (USD/año) ²⁷	205,63	195,84	195,84
Gasto referencia en fertilizantes sintéticos (USD/año)	405,6	Muy variable, desde 0 a 40000 USD	Muy variable, desde 0 a 40000 USD
Precio estimado nutrientes reciclados biodigestor (USD/año)	193,33	182,33	303,33
Nitrógeno (N); Fósforo (P); Potasio (K) reciclados (kg/año) reciclados (kg/año)	86; 66; 33	105; 85; 31	167; 114; 23

²⁷ Se ha considerado que cada cilindro de 15 kg de GLP lleva asociado un subsidio de 8,16 USD, a partir de datos de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precios-combustibles/>

Estimación de emisiones de CO₂ evitadas por el uso de biodigestores

Según Harianto and Cahyani (2019), la construcción de biodigestor tubular plástico lleva asociada la emisión de 306,624 kg CO₂. Los materiales empleados para construir un biodigestor varían de un lugar a otro, y en el caso de los autores consideran un biodigestor de 4 m de largo e incluyen ladrillos y cemento que suponen el 66% de las emisiones de CO₂ asociadas a la construcción. En el caso de Ecuador, no se suele usar ni cemento ni ladrillos, y las longitudes de los biodigestores domésticos suelen estar en los 8m, por lo que se puede considerar que el uso de doble plástico compensa la falta de uso de materiales de obra, y se puede como valor conservador biodigestores domésticos unas emisiones asociadas a la construcción de 150 kg CO₂. Para facilitar la aproximación, se puede trabajar extrapolar este valor a otros tamaños de biodigestores, de forma proporcional a la carga diaria de estiércol que reciban. Es decir, que para un biodigestor domésticos que se alimenta con 30 kg se han emitido 150 kg CO₂ y para un biodigestor productivo que se alimente con 120 kg de estiércol se han emitido cuatro veces más CO₂ en su fabricación. Estos valores se resumen en la siguiente Tabla 34.

	Estiércol/día (kg/d)	Emisiones de CO ₂ asociado a construcción del biodigestor
Pequeños leche	30	150
Medianos Leche	120	600
Pequeños cerdos	30	150
Medianos cerdos	60	300

Para estimar la cantidad de emisiones que se evitan por sustitución de LPG al usar biogás se considera que: Los pequeños y medianos productores de leche producen 30 y 120 kg de estiércol al día, y tiene un potencial de producir 1 y 4,2 m³ de biogás al día, respectivamente. Los pequeños y medianos porcicultores disponen de 30 y 60 kg de estiércol, y tiene la capacidad de producir entre 1,5 y 3,5 m³ de biogás²⁸.

Si se asume que el biogás tiene un contenido en metano del 60%, esto implica que 1m³ de biogás tiene 21,5 MJ de energía. Según Martínez et al 2018, la energía contenida en un cilindro de 15 kg de GLP en Ecuador es de 54,284 MJ, por lo que 1m³ de biogás equivale a 0,396 kg de LPG. Según IDEA (2010) 1 kg de LPG tiene asociadas unas emisiones de 3,5285 kg CO₂²⁹.

²⁸ <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuadoriano>

²⁹ 1m³ de biogás equivale a 0,0572 kg de LPG (Wang and Zhang, 2012)

1 kg de LPG tiene 54,2840909 MJ de energía en Ecuador (Martinez et al, 2018)

1kg de LPG tiene asociadas unas emisiones de 3,5285 kgCO₂ (IDAE, 2010)

En la Tabla 35 se muestra las emisiones de CO₂ ahorradas por sustitución de GLP por biogás, si se usa el biogás en cocina y otros usos productivos que lo desplacen.

	Estiércol/día (kg/d)	Biogás/día (m ³ /d)	Energía (MJ/d)	kg LPG equivalentes (kg/d)	Kg CO ₂ /año
Pequeños leche	30	1	21,5	0,396	510,09
Medianos leche	120	4,2	90,3	1,664	2142,39
Pequeños cerdos	30	1,5	32,25	0,594	765,14
Medianos cerdos	60	3,5	75,25	1,386	1785,33

De este modo un pequeño productor de leche evita la emisión de 510 kg CO₂ al año, y un pequeño productor de cerdos 765 kg CO₂ al año, mientras que los medianos llegan a 2141 kg CO₂ al año en el caso de los lecheros, y 1785 kg CO₂ al año en el caso de los porcicultores.

También se produce un ahorro de emisiones en el desplazamiento que se produce al dejar de utilizar fertilizantes sintéticos, y ser reemplazados por el reciclaje de nutrientes que se produce al usar el biol del biodigestor. Las emisiones asociadas a la producción de 1 kg de Nitrógeno (N) son de 2,79 kg CO₂, 1 kg de Fósforo (P) 0,74 kg CO₂ y 1 kg de Potasio (K) 0,35 kg CO₂ según Jayasundara et al (2014). De este modo, sabiendo la tipología de productores, y el potencial de reciclaje de nutrientes al año, se puede estimar las emisiones de CO₂ ahorradas por evitar el uso de fertilizantes sintéticos, como se muestra en la Tabla 36. Los valores de nutrientes recuperados han sido extraídos del estudio Análisis entrada-salida de los biodigestores en el contexto ecuatoriano (CTCN, 2018)³⁰.

	Nutrientes reciclados (kg/año)			CO ₂ evitado (tCO ₂ /año)			Total (tCO ₂ /año)
	N	P	K	N	P	K	
Pequeños leche	68	16	62	189.72	11.84	21.7	223.26
Medianos leche	223	40	61	622.17	29.6	21.35	673.12
Pequeños cerdos	86	66	33	239.94	48.84	11.55	300.33
Medianos cerdos	167	114	23	465.93	84.36	8.05	558.34

El cambio en el manejo del estiércol también evita emisiones de CO₂ a la atmosfera. En el estudio de Hou et al (2017) se muestra como la acumulación de estiércol de vaca produce 2,68 kg de CO₂ equivalente por cada tonelada de estiércol (considerando CH₄ y NO₂). En caso de estiércol de cerdo que se deja acumular la relación de CO₂ asociado sería 45,12 kg CO₂ por tonelada de estiércol, vinculado con los productores porcícolas. Un caso que se dará actualmente entre algunos medianos productores porcícolas es cuando el estiércol de cerdo va a un pozo purinero, o laguna descubierta, siendo que se asocia a este manejo 1737,14 kg CO₂ equivalente por cada tonelada de estiércol. En este caso se va a considerar que todos los productores solo acumulan el estiércol y lo esparcen en los cultivos posteriormente, como se muestra en los resultados del

³⁰ <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuatoriano>

estudio Análisis entrada-salida de los biodigestores en el contexto ecuatoriano³¹. Considerando estos valores, en la Tabla 37 se muestran las emisiones de CO₂ evitadas debidas al cambio de manejo del estiércol

	Estiércol/día	Kg CO ₂ /año evitados
Pequeños leche	30	29,35
Medianos leche	120	117,40
Pequeños cerdos	30	494,07
Medianos cerdos	60	988,14

Una vez se tienen las emisiones de CO₂ asociadas a la construcción, y las ahorradas asociadas al uso del biogás, desplazamiento de fertilizantes y manejo de estiércol, se puede hacer el balance en emisiones de CO₂ para cada tipo de productor, como se muestra en la Tabla 38

	Aportados	Evitados (kg CO ₂ /año)				Total kg CO ₂ evitados Año 10 ³²
	Construcción (kg CO ₂)	Combustible	Fertilizantes	Estiércol	Total evitado	
Pequeños leche	150	510	223	29	762	7470
Medianos leche	600	2142	673	117	2932	28720
Pequeños cerdos	150	765	300	494	1559	15440
Medianos cerdos	300	1785	558	988	3331	33010

Si se consideran estos valores, y se supone que el ritmo de instalación de biodigestores entre lecheros y porcicultores en 50%-50%, entonces se puede estimar el CO₂ evitado cada año, como se muestra en la siguiente Tabla 39.

Año	1	2	3	4	5	TOTAL evitado (tCO ₂)
Pequeños leche (t CO ₂)	6,1	53,6	164,1	409,0	732,6	1365,3
Medianos leche (t CO ₂)	58,3	306,6	821,5	1381,8	1939,0	4507,3
Pequeños cerdos (t CO ₂)	21,1	129,1	370,1	906,0	15781,2	2998,6
Medianos cerdos (t CO ₂)	75,8	386,5	1007,7	1642,2	2275,3	5387,4
TOTAL evitado (t CO₂)	161,4	875,8	2363,3	4335,0	6523,1	14258,6

Bibliografía

³¹ <https://www.ctc-n.org/content/act-2-lisis-entrada-salida-de-los-biodigestores-en-el-contexto-ecuatoriano>

³² Total kg CO₂ evitados Año 10 calculado como "Total Evitado (kg CO₂/año)" por 10, menos "Aportado por construcción (kg CO₂)"

- Haryanto, A., & Cahyani, D. (2019, April). Greenhouse gas emission of household plastic biogas digester using life cycle assessment approach. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 258, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Hou, J., Zhang, W., Wang, P., Dou, Z., Gao, L., & Styles, D. (2017). Greenhouse gas mitigation of rural household biogas systems in China: A life cycle assessment. *Energies*, 10(2), 239.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía of Spain , 2010. Finally – primary energy conversion factors primary energy and CO2 emission factors, 1. [Cited January 2016] Available from: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_\(2010\)_931cce1e.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_(2010)_931cce1e.pdf)
- Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., Dias G., Kariyapperuma, K.A., (2014) Energy and greenhouse gas intensity of corn (*Zea mays* L.) production in Ontario: A regional assessment, *Canadian Journal of Soil Science*, 94(1): 77-95
- Martínez, J., Martí-Herrero, J., Villacís, S., Riofrio, A. J., & Vaca, D. (2017). Analysis of energy, CO2 emissions and economy of the technological migration for clean cooking in Ecuador. *Energy Policy*, 107, 182-187.
- Wang, C. B., & Zhang, L. X. (2012). Life cycle assessment of carbon emission from a household biogas digester: Implications for policy. *Procedia Environ. Sci*, 13, 778-789.

Control de calidad Biodigestores de bajo costo

Los biodigestores de bajo costo son aquellos que evitan la incorporación de sistemas activos de agitación y/o calefacción³³. 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 de domo fijo, domo flotante y los biodigestores plásticos³⁴.

En Ecuador, los biodigestores de bajo costo que se vienen instalando son los plásticos, ya sean de geomembrana de PVC, polietileno o plástico de invernadero. Han existido múltiples experiencias de instalación de biodigestores, pero nunca se ha realizado un Control de Calidad (CdC) externo de las mismas. Este CdC se realiza ya en campo, con el sistema instalado, y no considera los protocolos internos de cada empresa proveedora de tecnología o de los fabricantes de materiales, antes de la instalación del biodigestor.

Para el presente proyecto se realizarán dos actividades de control de calidad, una puntual de validación de la instalación mediante una visita, y otra prolongada en el tipo para evaluar el funcionamiento del biodigestor mediante monitoreo.

Control de Calidad de instalación

El proceso de control de calidad de la instalación se realizará cuando haya transcurrido al menos un Tiempo de Retención Hidráulico³⁵ (establecido en el diseño del biodigestor) desde la instalación. También se puede realizar antes bajo propuesta del proveedor de tecnología.

- Verificación de la calidad del material usado para el biodigestor:
 - Estado del biodigestor. Si el biodigestor está inflado es un buen indicador de hermeticidad. Este parámetro adicionalmente se evaluará en uniones, amarres y soldaduras, como recurso se utilizará una mezcla de agua y jabón, la presencia de burbujas será un indicio de fugas.
 - Tipo de plástico (plástico de invernadero, geomembrana de PVC o de polietileno). Se evaluará en función de lo ofertado (cumple o no cumple).
 - Color del plástico o geomembrana. Se evaluará en función de lo ofertado (cumple o no cumple).
 - Grosor del plástico o geomembrana. Se evaluará en función de lo ofertado (cumple o no cumple).
- Verificación de las medidas de protección del biodigestor (vallado y cubierta).
 - Si el biodigestor usa geomembrana de polietileno no es imprescindible el vallado y cubierta.

³³ Martí-Herrero, J. (2011). Reduced hydraulic retention times in low-cost tubular digesters: two issues. *biomass and bioenergy*, 35(10), 4481-4484.

³⁴ <http://beegroup-cimne.com/kt-content/uploads/2018/06/Guia-Biogas-sector-lechero-2018.pdf>

³⁵ Tiempo de Retención Hidráulico (THR): Tiempo promedio que tarda el sustrato desde que entró y salió del sistema, o bien relación aritmética entre el volumen líquido (útil) o sólido del biodigestor y el caudal promedio. (<http://beegroup-cimne.com/kt-content/uploads/2018/06/Guia-Biogas-sector-lechero-2018.pdf>)

- Si el biodigestor se encuentra por encima de 3000msnm, la cubierta debe ser translúcida.
 - Verificar que el vallado impide el acceso de animales pequeños como cachorros.
- Verificación de las dimensiones de biodigestor:
 - Ancho, largo y profundidad.
 - Estimación volumen de zanja.
- Verificación de que el usuario conoce la operación y mantenimiento
 - Carga diaria (cuanto estiércol y cuanta agua).
 - Actividades de mantenimiento (válvula de alivio, filtro sulfhídrico y condensación agua en tuberías).
 - Comprobar Tiempo de Retención hidráulico a partir de volumen de zanja estimado y carga diaria.
- Verificación de que se produce biogás y este combustiona en el lugar de uso
 - Abriendo la llave en el punto de consumo, combustionar el biogás y comprobar que se mantiene estable la llama.
- Verificación de que el biol no produce olores
 - Tomar una muestra de biol e identificar la presencia de olores. El mismo no debe ser semejante a estiércol fresco.
 - Verificar ausencia de moscas en torno a la salida de biol.
- Verificación de que el usuario conoce el aprovechamiento del biogás y biol
 - Uso del biogás: Muestra de encendido y uso por parte del usuario, uso potencial del biogás en la finca.
 - Uso del biol: muestra de uso actual de biol, y uso potencial.
- Verificación de satisfacción de usuario
 - ¿Volvería a invertir en un biodigestor? ¿se lo ha recomendado a alguno vecino, conocido o familiar?

Control de Calidad de funcionamiento

Se realizará un proceso de monitoreo³⁶ de producción de biogás, contenido de metano, y toma de muestras de entradas y salidas al biodigestor durante varios meses. Para establecer el funcionamiento del biodigestor este debe estar estabilizado y por tanto las mediciones deben realizarse al menos, a partir de que ya hayan sucedido tres Tiempos de Retención Hidráulico (establecidos en el diseño del biodigestor). Para este monitoreo se requerirá de datos de al menos una semana completa, siendo preferible obtener datos de 1 mes completo.

- Se registrará la masa de estiércol (kg) y agua (l) cargados por día al biodigestor.
- Se registrará la producción acumulada de biogás (m³).
- Se tomará una muestra de biogás y se evaluará su contenido de metano (%CH₄).

³⁶ 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.

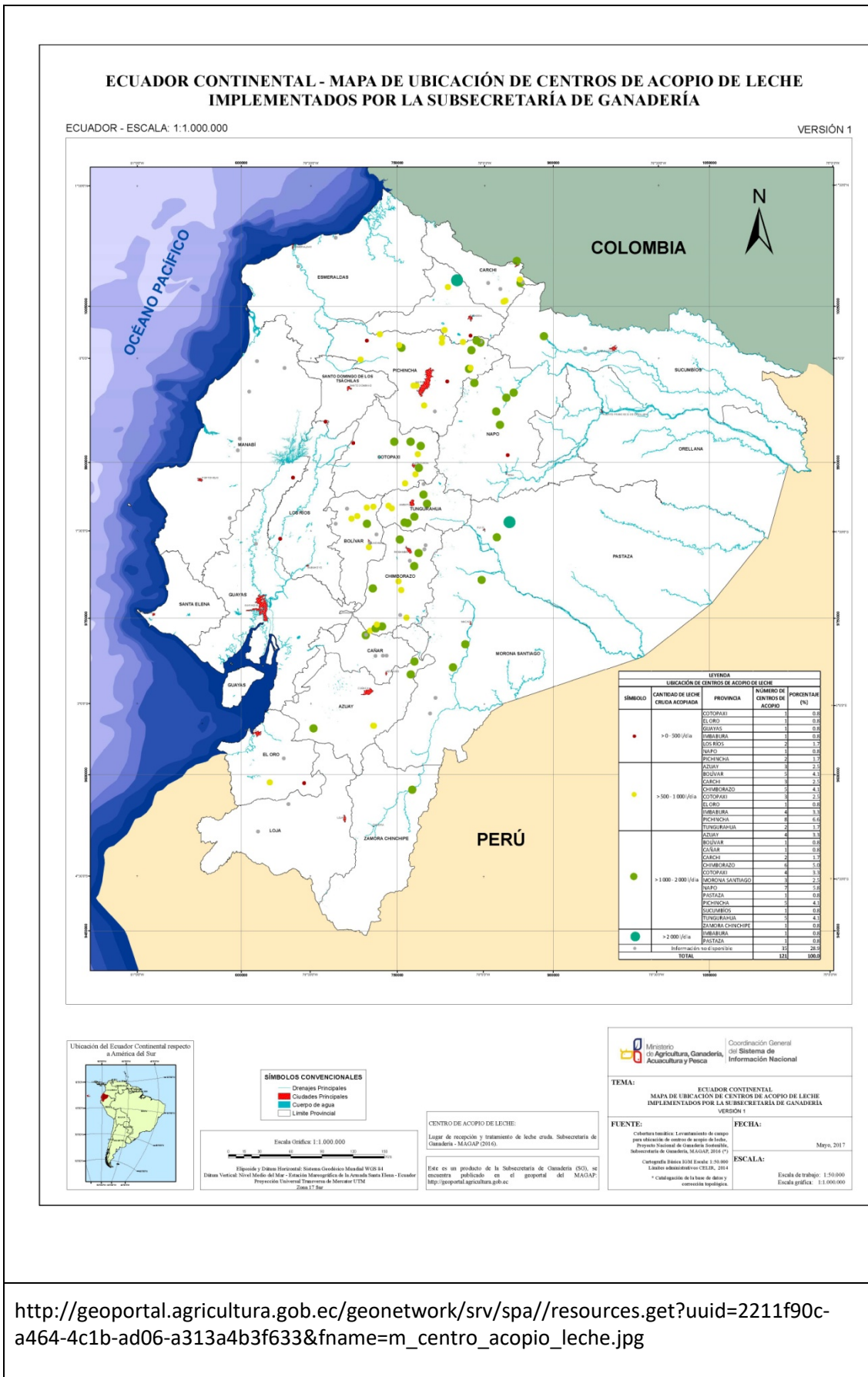
- Se tomará una muestra de estiércol fresco y se analizará para conocer los sólidos totales (% ST), sólidos volátiles (%SV en base húmeda) y pH.
- Se tomará una muestra de la mezcla que entra al biodigestor (agua+ estiércol) y se analizará para conocer los sólidos totales (% ST), sólidos volátiles (%SV en base húmeda), pH y NPK.
- Se tomará una muestra de biol y se analizará para conocer los sólidos totales (% ST), sólidos volátiles (%SV en base húmeda), pH y NPK.
- Se registrará la temperatura ambiente y la temperatura del biodigestor.
- Se calcularán los parámetros³⁷
 - Tasa de carga orgánica ($\text{kg}_{\text{SV}}/\text{m}^3_{\text{biodigestor}}/\text{d}$)
 - Tiempo de retención hidráulico (d)
 - Producción específica de biogás ($\text{m}^3_{\text{biogas}}/\text{kg}_{\text{SV}}$)
 - Tasa de producción de biogás ($\text{m}^3_{\text{biogas}}/\text{m}^3_{\text{biodigestor}}/\text{d}$)
 - Temperatura de trabajo (°C)

³⁷ 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.

GANADO VACUNO	TAMAÑOS DE Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) (hectáreas)										
	TOTAL	< 1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-50	50-100	100-200	<200
Total											
UPAs	427.514	93.839	57.747	40.295	47.143	52.574	44.793	51.434	24.803	9.948	4.939
Cabezas	4.486.020	226.729	186.007	153.237	225.745	340.466	437.177	855.871	708.152	545.982	806.653
Criollo											
UPAs	359.305	88.510	54.397	37.695	43.140	46.016	35.584	34.015	13.730	4.279	1.940
Cabezas	2.428.731	211.887	172.960	138.095	198.652	278.389	318.577	476.301	305.902	163.816	164.151
Mestizo sin registro											
UPAs	71.632	5.594	3.474	2.730	4.285	7.010	9.860	18.019	11.651	5.889	3.118
Cabezas	1.902.197	14.724	12.992	14.952	26.665	59.121	114.747	358.974	385.867	357.749	556.406
Mestizo con registro											
UPAs	649	23	9	27	30	25	43	192	105	98	96
Cabezas	63.903	116	52	45	195	1.467	559	5.459	5.403	12.164	38.443
Pura sangre de carne											
UPAs	816	.	.	*	*	48	94	233	134	103	140
Cabezas	36.436	.	.	*	*	209	882	3.179	3.003	3.769	25.212
Pura sangre de leche											
UPAs	999	*	*	42	12	72	103	329	171	145	123
Cabezas	39.173	*	*	123	60	1.131	2.198	10.269	5.833	4.778	14.780
Pura sangre de doble propósito											
UPAs	472	*	*	*	*	14	42	137	79	80	112
Cabezas	15.579	*	*	*	*	148	213	1.690	2.144	3.706	7.661
Producción de leche de vaca											
Cabezas	808.856	52.232	45.558	39.396	54.720	80.210	87.353	151.665	119.962	87.581	90.179
Litros	3.525.027	224.469	191.574	160.288	227.188	327.755	345.282	644.654	531.871	432.847	439.098

Fuente: RRCNC, 2016

GANADO PORCINO	TAMAÑOS DE UPA										
	TOTAL	Menos de 1 Hectárea	De 1 hasta menos de 2 ha	De 2 hasta menos de 3 ha	De 3 hasta menos de 5 ha	De 5 hasta menos de 10 ha	De 10 hasta menos de 20 ha	De 20 hasta menos de 50 ha	De 50 hasta menos de 100 ha	De 100 hasta menos de 200 ha	De 200 hectáreas y más
Total											
UPAs	440.475	124.210	61.175	42.428	49.765	54.593	41.163	40.453	17.655	6.358	2.674
Cabezas	1.527.114	289.951	149.021	111.806	167.044	180.289	178.697	227.163	106.717	46.885	69.540
Criollo											
UPAs	404.153	114.169	57.143	40.263	46.729	51.158	37.582	35.670	14.582	4.833	2.024
Cabezas	1.193.052	246.887	130.950	100.387	124.185	159.222	134.875	147.656	71.000	28.980	48.909
Mestizo											
UPAs	38.585	10.809	4.324	2.336	3.252	3.550	3.915	4.984	3.181	1.559	675
Cabezas	297.695	38.462	16.604	10.660	35.542	18.443	39.622	73.714	28.526	16.730	19.392
Pura sangre											
UPAs	1.344	383	153	38	68	126	155	225	77	72	49
Cabezas	36.368	4.602	1.467	759	7.316	2.623	4.201	5.792	7.192	1.176	1.239
Fuente: RRCNC, 2016											



http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa//resources.get?uid=2211f90c-a464-4c1b-ad06-a313a4b3f633&fname=m_centro_acopio_leche.jpg