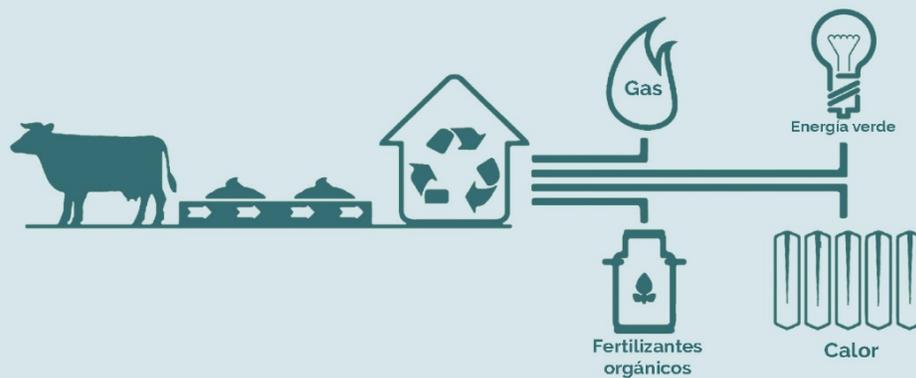
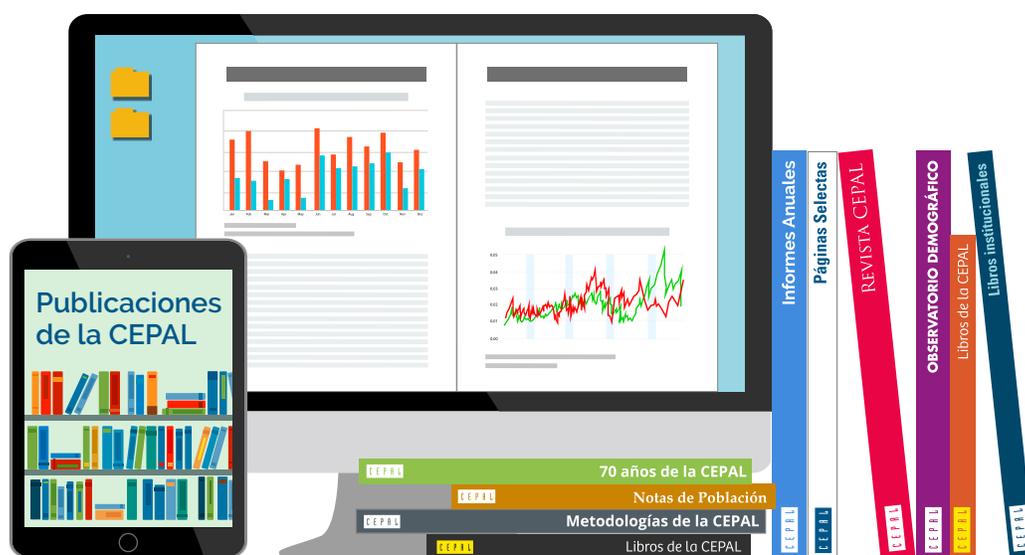




Evaluación e implementación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



www.cepal.org/es/publications



www.cepal.org/apps

Este documento y su consultoría fueron llevados a cabo por Juan Carlos Hidalgo y Edlin Alfaro, Consultores de Grupo INCOMER, y los funcionarios del Consejo Nacional de Energía (CNE) de El Salvador, Rocío Aquino, Directora de Combustibles, y Edwin Alvarado, Analista de Combustibles, con apoyo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Se agradecen los comentarios, revisiones y edición realizados por los funcionarios y consultores de la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la Sede subregional en México de la CEPAL: Víctor Hugo Ventura Ruiz, Jefe, Debora Ley, Oficial de Asuntos Económicos, José Manuel Arroyo Sánchez, Oficial Asociado de Asuntos Económicos, Eugenio Torijano Navarro, Asistente de Investigación, y Rosa Estela Félix, Consultora. La implementación del sistema de biodigestión en la granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez (Chalatenango, El Salvador) fue posible gracias al apoyo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y el financiamiento de la Provincia China de Taiwán en el marco del Proyecto Uso Racional y Sostenible de la Leña.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la CEPAL y de las instituciones socias.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas de este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

El formato de números de signo en decimales y en miles corresponde a la edición de CEPAL: comas para decimales y puntos en texto y espacio en cuadros y gráficos para miles.

El término *dólares* se refiere a la moneda de los Estados Unidos.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/MEX/TS.2019/26

Copyright © Naciones Unidas, diciembre de 2019

Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México, 2019-040

Esta publicación debe citarse como: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2019), *Evaluación e implementación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador*, LC/MEX/TS.2019/26, Ciudad de México.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Directorio institucional	7
Abreviaturas	9
Resumen	13
Presentación	15
Prólogo	17
Introducción	21
Capítulo I. Marco teórico	25
A. Generalidades del biogás	25
1. ¿Qué es el biogás?	25
2. ¿Cuáles son las propiedades del biogás?	27
B. La biodigestión	28
1. El proceso de biodigestión anaeróbica	28
2. Los biodigestores	29
C. Tamaño y tipo de biodigestores	30
1. Los biodigestores domésticos	30
2. Los biodigestores industriales	30
3. Los biodigestores de pequeña escala	31
D. Rendimiento de biogás por tipo de biomasa	34

E.	Posibles aplicaciones energéticas.....	36
1.	Motores	36
2.	Quemadores	36
3.	Lámparas y calentadores	36
4.	Microturbinas	37
F.	Acondicionamiento y medidas de seguridad sobre el biogás.....	38
1.	Limpieza y comprensión del biogás.....	38
G.	Riesgos y seguridad del biogás.....	39
1.	Válvula de alivio	39
2.	Antorchas.....	39
3.	Arrestallamas.....	40
Capítulo II. Evaluación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador		41
A.	Definición de usuarios potenciales	41
B.	Preselección de sitios con potencial para realizar los proyectos piloto de biodigestores	43
C.	Selección de comunidades para visitas de campo	45
D.	Ficha de información recabada en las comunidades o caseríos e instituciones educativas visitados.....	46
E.	Evaluación de lugares para llevar a cabo proyectos piloto de biodigestores.....	48
Capítulo III. Información de la institución educativa seleccionada como beneficiaria del proyecto piloto de biodigestor		53
A.	Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez.....	53
1.	Ubicación	53
2.	Descripción del sitio	54
3.	Disponibilidad de biomasa.....	54
4.	Descripción del sistema de biodigestión.....	55
5.	Producción estimada de biogás	61
6.	Presupuesto de construcción	61
7.	Análisis financiero.....	63
Capítulo IV. Implementación del sistema de biodigestión en la granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez (Chalatenango)		65
	Componentes del sistema de biodigestión.....	66
IV. Conclusiones		69
Bibliografía		71
Anexo. Información de los otros dos sitios seleccionados como potenciales beneficiarios del proyecto piloto de biodigestores		73

Cuadros

Cuadro I.1	Equivalente de energía: biogás y otros combustibles fósiles	28
Cuadro I.2	Rendimiento de biogás por tipo de biomasa.....	34
Cuadro II.1	El Salvador: usuarios potenciales de biodigestores en el país.....	42
Cuadro II.2	El Salvador: comunidades sugeridas por el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) como potenciales beneficiarios de biodigestores.....	43
Cuadro II.3	El Salvador: instituciones educativas sugeridas por la Gerencia de Educación Técnica y Tecnológica (GETT) del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINED) como potenciales beneficiarios de biodigestores	44
Cuadro II.4	El Salvador: comunidades seleccionadas para visitas de campo.....	45
Cuadro II.5	El Salvador: centros educativos seleccionados para visitas de campo.....	45
Cuadro II.6	El Salvador: evaluación de las comunidades o caseríos visitados.....	49
Cuadro II.7	El Salvador: evaluación de las instituciones educativas visitadas.....	50
Cuadro II.8	El Salvador: resultados de la evaluación de las comunidades visitadas	52
Cuadro II.9	El Salvador: resultados de la evaluación de los centros educativos.....	52
Cuadro III.1	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): biomasa disponible.....	55
Cuadro III.2	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): biomasa disponible y producción de biogás.....	61
Cuadro III.3	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): dimensiones de las estructuras principales.....	61
Cuadro III.4	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): costo del sistema de biodigestión	62
Cuadro III.5	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): beneficios totales del sistema de biodigestión.....	63
Cuadro III.6	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): período de recuperación de la inversión del sistema de biodigestión	63

Gráficos

Gráfico I.1	Rendimiento potencial de biogás por tipo de biomasa.....	35
-------------	----------------------------------------------------------	----

Recuadros

Recuadro 1	Contribución del biogás a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	23
Recuadro I.1	Tipos de plantas de biogás.....	27

Diagramas

Diagrama I.1	Ciclo biológico del biogás.....	26
Diagrama I.2	Proceso de degradación de la materia orgánica	28
Diagrama I.3	Biodigestores de pequeña escala.....	31
Diagrama I.4	Biodigestor de domo fijo.....	33
Diagrama I.5	Biodigestor de tambor flotante.....	33

Diagrama I.6	Biodigestor de balón o de bolsa.....	34
Diagrama I.6	Rendimiento de biogás	35
Diagrama III.1	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): plano de edificaciones existentes.....	55
Diagrama III.2	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): ubicación del biodigestor	56
Diagrama III.3	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): conformación del biodigestor	56
Diagrama III.4	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): tanque de mezcla.....	57
Diagrama III.5	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): biodigestor semienterrado.....	58
Diagrama III.6	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): detalles del biodigestor	58
Diagrama III.7	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): laguna de descarga y separador de sólidos.....	59
Diagrama III.8	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): patio de secado de lodos	59

Mapas

Mapa III.1	Ubicación del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez (Chalatenango, El Salvador)	53
Mapa III.2	Acercamiento a la ubicación del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez (Chalatenango, El Salvador)	54

Imágenes

Imagen I.1	Sistemas domésticos	30
Imagen I.2	Biodigestores industriales.....	31
Imagen I.3	Biodigestor de balón o de bolsa.....	34
Imagen I.4	Parrilla con doble quemador a base de biogás	36
Imagen I.5	Calentador (izquierda) y lámpara (derecha), ambos a base de biogás	37
Imagen I.6	Generador de microturbina Capstone C30.....	37
Imagen I.7	Válvula de alivio.....	39
Imagen I.8	Antorcha	40
Imagen I.9	Arrestallamas	40
Imagen III.1	Ejemplo de biodigestor semienterrado con muro perimetral	57
Imagen III.2	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): biodigestor y patio de secado de lodos	60
Imagen III.3	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): clarificador y laguna de descarga.....	60
Imagen III.4	Granja del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez (Chalatenango, El Salvador): imagen de conjunto del sistema de biodigestión	60
Imagen IV.1	El Salvador: proceso de construcción del biodigestor del Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez (Chalatenango, El Salvador).....	67

Directorio institucional

Consejo Nacional de Energía (CNE) de El Salvador (2018)

Junta Directiva

- Dra. Luz Estrella Rodríguez
Ministra de Economía y Presidenta de la Junta Directiva
- Lic. Óscar Samuel Ortiz
Vicepresidente de la República de El Salvador y Secretario Técnico
y de Planificación de la Presidencia
- Lic. Lina Pohl
Ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Arq. Eliud Ayala
Ministro de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano
- Lic. Nelson Fuentes
Ministro de Hacienda
- Lic. Ricardo Arturo Salazar Villalta
Presidente de la Defensoría del Consumidor
- Ing. Luis Roberto Reyes Fabián
Secretario Ejecutivo

Funcionarios

- Ing. Luis Alonso Castañeda
Subsecretario Ejecutivo
- Lic. Rocío Aquino
Directora de Combustibles
- Ing. Edwin Alvarado
Analista de Combustibles

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINED) de El Salvador

- Ing. Carlos Mauricio Canjura Linares
Ministro de Educación
- *Viceministerio de Educación*
- Lic. Francisco Humberto Castañeda Monterrosa
Viceministro de Educación y Director Nacional de Gestión Educativa (*Ad honorem*)
- *Viceministerio de Ciencia y Tecnología*

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index?reportId=5_487

