

Leonardo Tullio

(Organizadores)



Investigación, tecnología e innovación

# EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

Leonardo Tullio

(Organizadores)



Investigación, tecnología e innovación

# EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## 2

**Atena**  
Editora  
Año 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Leonardo Tullio

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
162	<p>Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 2 / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0275-6 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.756222705">https://doi.org/10.22533/at.ed.756222705</a></p> <p>1. Ciencias agrícolas. I. Tullio, Leonardo (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A obra “Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas” aborda uma apresentação de 23 capítulos em sua grande maioria internacional.

A disseminação de conhecimentos entre países faz da pesquisa algo inédito para a resolução de problemas.

Compreender a visão de demais pesquisadores a nível internacional e nacional traz resultados das mais diversas aplicações a nível de campo, com pesquisas que demonstram o comportamento de pragas ou novas tecnologias que podem ser aplicáveis em diferentes regiões.

Nesta obra podemos relatar experiências na área agrícola, envolvendo o uso de novas técnicas de agricultura, bem como estudos sobre reflexos da pandemia no meio rural.

Também apresenta ao leitor os relatos de pesquisa a nível mundial, que traz sem dúvida o que mais recente está sendo descoberto e relatado, demonstrando ao mundo os resultados inovadores que a pesquisa compartilha neste momento.

Espero assim, que seus conhecimentos vão além-fronteiras e se abram para novas possibilidades através da leitura destes capítulos aqui apresentados.

Boas descobertas.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

PROTOTIPO DE BIORREACTOR PARA SISTEMAS DE INMERSION TEMPORAL Y AUTOMATIZACIÓN CON SOFTWARE LIBRE

Clara Anabel Arredondo Ramírez

Gregorio Arellano Ostoa

Oziel Lugo Espinosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227051>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

PRODUCTIVIDAD EN UNA HUERTA DE MANGO HADEN CONTROLADA AUTOMATICAMENTE CON MICRO ASPERSIÓN

Federico Hahn Schlam

Jesús García Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227052>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

DESARROLLO DE UNA BOTANA TIPO CHIP A BASE DE BETABEL (BETA VULGARIS L.) BAJO EN GRASA APLICANDO DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO

María Andrea Trejo- Márquez

Alma Nohemi Camacho-Franco

Selene Pascual-Bustamante

Alma Adela Lira-Vargas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227053>

### **CAPÍTULO 4..... 35**

CRECIMIENTO DE MUDAS DE *Annona squamosa* L. EM DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

Angelica Alves Gomes

Matheus Marangon Debastiani

Mariana Pizzato

Samuel Silva Carneiro

Cássia Kathleen Schwengber

Angria Ferreira Donato

Andréa Carvalho da Silva

Adilson Pacheco de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227054>

### **CAPÍTULO 5..... 63**

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE BIODIGESTORES A ESCALA DOMÉSTICA EN AMÉRICA LATINA A PARTIR DE LA PANDEMIA

Cisneros De La Cueva Sergio

Mejias Brizuela Nildia Yamileth

Paniagua Solar Laura Alicia

San Pedro Cedillo Liliana

Téllez Méndez Nallely

Luna Del Risco Mario Alberto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227055>

**CAPÍTULO 6..... 80**

ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE JITOMATE: CASO DE ESTUDIO AMAZCALA

María Concepción Vega Meza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227056>

**CAPÍTULO 7..... 94**

IMPACTOS DEL COVID-19 EN LA SALUD DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS TEMPORALES MEXICANOS EN ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ

Ofelia Becerril Quintana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227057>

**CAPÍTULO 8..... 108**

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE FORRAJE SECO EN CINCO VARIEDADES DE AVENA A DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN, ORGÁNICA Y MINERAL

Jesús García Pereyra

Sergio de los Santos Villalobos

Rosa Bertha Rubio Graciano

Gabriel N. Aviña Martínez

Fannie Isela Parra Cota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227058>

**CAPÍTULO 9..... 114**

*Ganaspis brasiliensis* COMO ALTERNATIVA DE BIOCONTROLE DE *Drosophila suzukii* NO BRASIL.I. ZONEAMENTO TERRITORIAL DE ÁREAS FAVORÁVEIS

Rafael Mingoti

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Bárbara de Oliveira Jacomo

Beatriz Giordano Aguiar Paranhos

Catarina de Araújo Siqueira

Tainara Gimenes Damaceno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7562227059>

**CAPÍTULO 10..... 129**

*Ganaspis brasiliensis* COMO ALTERNATIVA DE BIOCONTROLE DE *Drosophila suzukii* NO BRASIL.II. ESTIMATIVAS DE DESENVOLVIMENTO POR DEMANDAS TÉRMICAS

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti

Beatriz Giordano Aguiar Paranhos

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Giovanna Galhardo Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270510>

**CAPÍTULO 11..... 149**

IDENTIFICACIÓN DE *BEGOMOVIRUS* EN CUCURBITÁCEAS Y MALEZAS EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA Y DURANGO, MÉXICO

Perla Belén Torres-Trujillo  
Omar Guadalupe Alvarado-Gómez  
Verónica Ávila-Rodríguez  
Urbano Nava-Camberos  
Ramiro González-Garza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270511>

**CAPÍTULO 12..... 159**

IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO SERINGAL

Elaine Cristine Piffer Gonçalves  
Antônio Lúcio Mello Martins  
Marli Dias Mascarenhas Oliveira  
Ivana Marino Bárbaro-Torneli  
José Antônio Alberto da Silva  
Monica Helena Martins  
Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270512>

**CAPÍTULO 13..... 174**

MEXOIL: NUEVA VARIEDAD DE HIGUERILLA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE INDUSTRIAL DE MALEZA A CULTIVADA

Hernández Martínez Miguel  
Medina Cazares Tomas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270513>

**CAPÍTULO 14..... 182**

MICOSIS EN MASCOTAS DE LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO

Espinosa Taxis Alejandra Paula  
Avelino Flores Fabiola  
Teresita Spezia Mazzocco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270514>

**CAPÍTULO 15..... 191**

MORFOANATOMIA FOLIAR DE *Hancornia speciosa* GOMEZ (APOCYNACEAE) OCORRENTE NA FAZENDA ÁGUA CRISTALINA, ANÁPOLIS - GO

Robson Lopes Cardoso  
Cássia Aparecida Nogueira  
Níbia Sales Damasceno Corioletti  
Rosemeire Terezinha da Silva  
Juliano de Almeida Rabelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270515>

**CAPÍTULO 16.....201**

**O USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA RASTREABILIDADE AGROALIMENTAR**

Geneci da Silva Ribeiro Rocha

Letícia de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270516>

**CAPÍTULO 17.....214**

**PROSPECÇÃO DE POTENCIAIS BIOAGENTES PARA CONTROLE DA DROSÓFILA-DA-ASA-MANCHADA**

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Janaína Beatriz Aparecida Borges

Beatriz Giordano Aguiar Paranhos

Rafael Mingoti

Giovanna Galhardo Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270517>

**CAPÍTULO 18.....227**

**TIERRA DE DIATOMEAS: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA PROTECCIÓN DE MAIZ ALMACENADO**

Loya Ramírez José Guadalupe

Beltrán Morales Félix Alfredo

Zamora Salgado Sergio

Ruiz Espinoza Francisco Higinio

Navejas Jiménez Jesús

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270518>

**CAPÍTULO 19.....232**

**PRACTICAS PROFESIONALES COMO UNIDAD DE APRENDIZAJE**

Bárbara Beatriz Rodríguez Guerrero

Citlalli Hernández Ortega

Elizabet Rojas Márquez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270519>

**CAPÍTULO 20.....239**

**ESCALANDO LA AGROECOLOGÍA: ESCUELA DE PENSAMIENTOS AGROECOLÓGICOS**

Angela Maria Londoño M.

Judith Rodríguez S.

Alexander Hurtado L.

Marina Sánchez de Prager

Johana Stephany Muñoz C.

Elsa Maria Guetocüe L.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270520>

<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>254</b>
LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL SECTOR RURAL: UNA EVALUACIÓN DESDE EL PLAN DE INTEGRACIÓN DE COMPONENTES CURRICULARES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA JOSÉ ANTONIO GALÁN	
Nohemí Gutiérrez	
Linny Brillid Aldana Díaz	
Lady Bell Martínez Cepeda	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270521">https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270521</a>	
<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>275</b>
PRESENCIA DE <i>Diaphorina citri</i> VECTOR DEL HUANGLONGBING (HLB) EN EL ESTADO DE VERACRUZ: UNA REVISIÓN	
Benito Hernández-Castellanos	
Julio César Castañeda-Ortega	
Araceli Flores-Aguilar	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270522">https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270522</a>	
<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>284</b>
ZEÓLITO E A FERTILIZAÇÃO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS DE SEQUEIRO. CONSTRUÇÃO DE UMA POLÍTICA PÚBLICA PARA O MUNICÍPIO DE SAN DAMIÃO TEXOLOC, TLAXCALA	
Andrés María Ramírez	
Gerardo Juárez Hernández	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270523">https://doi.org/10.22533/at.ed.75622270523</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>296</b>

## ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE BIODIGESTORES A ESCALA DOMÉSTICA EN AMÉRICA LATINA A PARTIR DE LA PANDEMIA

*Data de aceite:* 02/05/2022

*Data de submissão:* 07/04/2022

### **Cisneros De La Cueva Sergio**

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Química  
Chihuahua, Chihuahua México  
<https://orcid.org/0000-0001-5320-1904>

### **Mejias Brizuela Nildia Yamileth**

Universidad Politécnica de Sinaloa, Programa Académico de Ing. en Energía  
Mazatlán, Sinaloa, México  
<https://orcid.org/0000-0003-2973-473X>

### **Paniagua Solar Laura Alicia**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Puebla, Puebla, México  
<https://orcid.org/0000-0001-8961-1868>

### **San Pedro Cedillo Liliana**

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingenierías  
Mérida, Yucatán, México  
<https://orcid.org/0000-0002-6533-6571>

### **Téllez Méndez Nallely**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Puebla, Puebla, México  
<https://orcid.org/0000-0002-3605-5412>

### **Luna Del Risco Mario Alberto**

Universidad de Medellín, Facultad de Ingenierías  
Medellín, Colombia  
<https://orcid.org/0000-0002-4679-2125>

**RESUMEN:** La digestión anaerobia, es una tecnología difundida a escala familiar en algunos países de Latinoamérica. En estos sistemas los residuos orgánicos generados a escala doméstica son convertidos en productos aprovechables como el biogás y el biol. El objetivo de este trabajo es un análisis de la operatividad de trescientos seis biodigestores de producción doméstica en el periodo de la pandemia en países latinoamericanos, por lo que, la metodología desarrollada consistió en una revisión de la literatura relacionada con el acondicionamiento y calidad del biogás y en un cuestionario aplicado a empresas dedicadas al ramo de la biodigestión a escala rural doméstica. Los resultados arrojaron biodigestores operando en México, Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile y Argentina. Entre los aspectos relevantes se incluye la inexistencia de una limpieza adecuada de los contaminantes generados a lo largo del proceso de producción de biogás, el abandono de la tecnología por la falta de apoyos gubernamentales, la falta de asesoría técnica después de un año de producción y efectos de la pandemia por confinamiento o baja producción de sustratos residuales. A partir del análisis los autores infieren la falta de un marco regulatorio de producción y venta de biodigestores, se recomienda a las empresas que la limpieza del biogás sea más controlada para evitar daños a la salud de las personas que hacen uso de este biogás para cocción, así como la certificación del personal que instala y asesora a los usuarios tal como ocurre con otras tecnologías renovables como la solar fotovoltaica.

**PALABRAS CLAVE:** Biodigestión anaerobia,

## 1 | INTRODUCCIÓN

Dadas las reservas de fuentes fósiles la matriz energética de América Latina se compone fundamentalmente de gas natural y petróleo y de los productos que surgen de ellos. Sin embargo, la disponibilidad de estos recursos y el acceso a ellos por ingresos, geolocalización e infraestructura hacen que exista desigualdad entre países como entre localidades que los conforman, principalmente en zonas urbanas rurales o zonas vulnerables donde, por ejemplo, es muy común sistemas clásicos para cocción de alimentos como leña y carbón vegetal que al quemarse generan un impacto a la salud por las emisiones de óxidos de carbono que afectan la calidad del aire.

Por ello, cada día son más las regiones latinoamericanas que estudian el potencial de sus fuentes renovables para beneficios a su población y al ambiente, tal es el caso, de la biomasa agrícola residual para la generación de biogás en zonas rurales, ya que puede otorgar en primer lugar acceso a la cocción de alimentos con menos daños a la salud familiar, también a la energía eléctrica y a productos orgánicos para abono de suelos agrícolas, siempre y cuando el biodigestor se instale, opere y mantenga en buenas condiciones de drenaje de agua y captura de contaminantes.

En muchos países de América Latina el desarrollo de la tecnología no se logra concretar debido a los altos costos de instalación y mantenimiento de los biodigestores, ya que se tienen que importar, en otros casos por abandono por la falta de asesoría técnica durante el tiempo de vida útil del biodigestor o porque la investigación que se desarrolla no se compensa con la idea de venta de las empresas. Es necesario que los académicos investigadores asesoren directamente a instaladores para la mejora en la limpieza del biogás sin ser descomunal los costos y redituable a las empresas. El enfoque gobierno-academia debe estar en la validación de los procesos de instalación a través de certificaciones que realicen los instaladores para asegurar al usuario un buen funcionamiento de la tecnología adquirida y no se sienta defraudado por el costo que pagó.

El objetivo de este trabajo es un análisis de la producción, control de contaminantes y parámetros fundamentales y la asistencia técnica de 306 biodigestores instalados y en operación durante 2020-2021 y distribuidos en México, Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile y Argentina, como países que atendieron un cuestionario validado por expertos en el tema.

### 1.1 Antecedentes

El biogás, ha mostrado un gran potencial y ha ganado importancia gracias a sus bajas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a su accesible obtención mediante procesos bioquímicos de digestión anaerobia llevado a cabo mediante la participación de diferentes

tipos de microorganismos que poseen una relación sintrófica muy estrecha y favorecida por condiciones ambientales como la temperatura y el pH, considerados los parámetros esenciales para el crecimiento de tales microorganismos. La digestión anaeróbica se puede clasificar como: a) psicrófila (los microorganismos crecen a una temperatura mínima límite de 4 °C y máximo 25 °C) b) mesófila (de 15 a 45 °C) y c) termófila (de 25 a 80 °C). De los tres tipos la digestión mesófila y termófila son las más importantes porque en el rango psicrófilico la producción de biogás es muy baja (BRISEÑO, 2017). A su vez, la temperatura también afecta la velocidad de reacción y también influye en los efectos sobre la solubilidad de los metales, la solubilidad de los biogases y, en consecuencia, sobre la capacidad amortiguadora y la composición del biogás.

La solubilidad del biogás de acuerdo con la Ley de Henry es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura, así el metano ( $\text{CH}_4$ ) por ser un biogás más pequeño que el  $\text{CO}_2$  y tener menor capacidad polar, es menos soluble en el sistema, mientras que, el  $\text{CO}_2$  es muy polar y por tanto tiene una alta solubilidad en agua lo que puede provocar cambios drásticos en el pH trayendo como consecuencia la inhibición del proceso metanogénico. Queda claro que los factores que influyen en el pH son la producción del ácido carbónico y la de los ácidos volátiles (HAWKES et al., 1993).

## 2 | ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS

Consiste en realizar un ajuste requerido de los parámetros de humedad, temperatura y presión, por lo tanto, es un paso fundamental en la producción de este combustible para uso doméstico, industrial y transporte. El acondicionamiento se realiza principalmente para aumentar el poder calorífico del biogás y en sus aplicaciones garantizar la eficiencia y el tiempo de vida útil de los dispositivos (quemadores, motores, conversores, etc.) que vayan a ser alimentados con este combustible biogaseoso y cuya afectación a ellos fundamentalmente es por los procesos químicos que se suscitan por la presencia de componentes en el biogás como el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), siloxanos, vapor de agua, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), compuestos orgánicos volátiles (COVs), y partículas sólidas.

## 3 | CALIDAD DEL BIOGÁS

Depende de las concentraciones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , su combustión no produce emisiones de material particulado y por esta razón se considera un biogás de combustión limpio a pesar de las trazas de  $\text{H}_2\text{S}$ . Se han realizado evaluaciones de la calidad del aire interior de las cocinas y encontraron que los niveles de  $\text{H}_2\text{S}$  permanecían por debajo de los límites detectables (<2 ppm) después de 5 horas de combustión de biogás (Merino, 2017). Los seres humanos pueden oler  $\text{H}_2\text{S}$  cuando está en concentraciones bajas (entre 0.0005 ppm

y 0.3 ppm en una parte del aire, lo equivalente a 0.0005 a 0.3 partes de H<sub>2</sub>S en 1.000.000 de partes de aire atmosférico) pero en altas concentraciones, una persona puede perder la capacidad de olerlo; en la atmósfera el H<sub>2</sub>S permanece en un tiempo aproximado de 18 horas para transformarse luego en anhídrido sulfuroso y sulfatos (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2014).

#### 4 I SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL BIOGÁS

El valor entregado por una medición de biogás está estrechamente relacionado con la presión acumulada del biogás producido debido a como se mencionó anteriormente, bajo condiciones anaerobias el CO<sub>2</sub> es mucho más soluble en agua que el CH<sub>4</sub>, por tanto, un aumento en la presión interna en el digestor da como resultado un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en el líquido, lo que provoca un cambio en el pH, estimulando la tasa de producción de CH<sub>4</sub> (LIU et al., 2018).

La medición del biogás de forma manométrica consiste en mantener el volumen constante y medir el aumento de presión en el biodigestor, mientras que, la medición volumétrica consiste en mantener la presión constante y medir el volumen de biogás. Los diferentes ensayos de biodegradabilidad anaerobia a escala laboratorio permiten medir la tasa y volumen de biogás producidos a partir de diferentes metodologías como el uso de jeringas lubricadas, dispositivos de desplazamiento de volumen, manómetros.

Los gasómetros ampliamente usados incluso a escala doméstica funcionan bajo el principio de almacenamiento de biogás, pero no proporcionan el caudal directamente. La recolección del biogás generalmente se realiza con el uso de recipientes que contienen un líquido adecuado que se desplaza a medida que se recoge el biogás.

Para el caso de los medidores volumétricos de biogás, el principio de funcionamiento es el desplazamiento de un líquido por diferencia de la presión que existe a la entrada y salida de un contador. Son dispositivos sencillos y económicos que funcionan por largos periodos de tiempo sin requerir un mantenimiento riguroso, eso hace que estén hechos de vidrio o plástico y sean cilíndricos (frascos generalmente). En función de los requerimientos en investigaciones realizadas se han desarrollado dispositivos basados en un desplazamiento de volumen, donde el volumen total de biogás es la sumatoria de llenados o vaciados que se realicen (SMITH; STÖCKLE, 2008). La Figura 1 muestra un sistema sencillo de medición de biogás por desplazamiento de volumen basado en una columna graduada acoplada a un biodigestor metálico de 30 L de capacidad máxima, utilizado para investigación en Querétaro México.

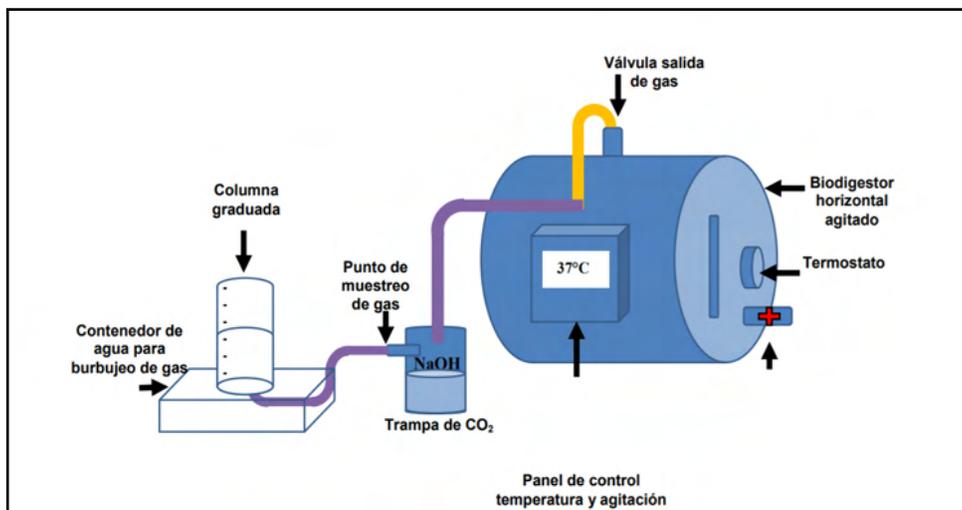


Figura 1 Sistema de medición de biogás por desplazamiento de volumen.

Fuente: Briseño, 2017.

## 5 I ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS DOMÉSTICO

El biogás producido en el contexto doméstico productivo generalmente es usado como sustituto del gas licuado de petróleo (GLP) para la cocción de alimentos (ZĀBAVĀ et al., 2019), para el calentamiento de agua para rastros, establos, queserías, para el calentamiento del aire en invernaderos, para procesos de esterilización y pasteurización, o para producir energía eléctrica para iluminación o para bombeo de agua, estos son ejemplos de algunas experiencias en México (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA y ALIMENTACIÓN EN MÉXICO [SAGARPA] 2008), (FIDEICOMISO DE RIESGO COMPARTIDO [FIRCO], 2008), (SISTEMA. BIO, 2021).

La eficacia calorífica para el uso de biogás en estufas domésticas es aproximadamente del 55 %, tiene por ventaja que se puede encender y apagar inmediatamente, por ello la cocción con biogás es mejor en comparación con otros recursos energéticos utilizados como leña o carbón, la flama se produce y arde sin humo y por tanto evita problemas de salud como los respiratorios y oculares (TILLEY et al., 2018).

En muchas de las producciones que se realizan en los sectores mencionados se considera que la limpieza, purificación o remoción de impurezas en el biogás es innecesario debido al uso que se le da, a los dispositivos quemadores utilizados y mayoritariamente por el alto costo que implica implementar una tecnología diseñada para la remoción de uno u otro componente químico. Sin embargo, un sistema de limpieza permite un aumento en el poder calorífico del biogás ahora rico en  $\text{CH}_4$  por lo menos en un 80 %, permite la nula afectación a la salud humana de las personas que realizan las actividades domésticas o

agropecuarias y la nula emisión de contaminantes atmosféricos. La Tabla 1 muestra la condición de remoción de los gases no combustibles de alta proporción en la composición total del biogás, responsables del bajo poder calorífico y de emisiones atmosféricas.

Aplicaciones finales de biogás	Condición de remoción de componentes presentes en el biogás		
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> O
Estufas domésticas	Remoción no requerida	Remoción requerida	Remoción requerida
Estaciones de Gas (caldera)	Remoción no requerida	< 1000 ppm	Remoción no requerida
Combustible para automóviles	Remoción requerida	Remoción requerida	Remoción requerida

Tabla 1 Componentes del biogás y su necesidad de remoción para diferentes aplicaciones finales del biogás

Fuente: (ZÁBAVÁ et al., 2019).

La remoción del CO<sub>2</sub> en el biogás se justifica sólo en aquellas producciones donde el objetivo final es la obtención de metano que se quiera inyectar a la red de distribución de gas natural o ser usado como gas natural vehicular.

Mientras que, el vapor de agua y el H<sub>2</sub>S si deben ser removidos para uso en estufas domésticas, esto porque el biogás generalmente está saturado de agua por las reacciones químicas que inician en la etapa de hidrólisis (aún más si se trabaja sobre temperaturas termofílicas) y provocan que a la salida del biodigestor se produzcan procesos de condensación. Esta condensación puede dar origen a la formación de ácidos corrosivos si reacciona con el H<sub>2</sub>S, que en el biogás se encuentra en concentraciones variadas; porque depende de la composición de la biomasa a digerir y aún en concentraciones muy bajas el H<sub>2</sub>S es un componente altamente corrosivo. Estas concentraciones afectan drásticamente cualquier componente metálico que forme parte de la instalación. Además, es tóxico para todos los seres vivos (CASANOVAS et al., 2019) (TILLEY et al., 2018) (VARNERO et al., 2012).

Los biodigestores domésticos generalmente no cuentan con algún tipo de secado hídrico por ello el agua condensada se puede eliminar a través de trampas que se coloquen en diferentes puntos de la instalación con materiales salinos capaces de retenerla; un ejemplo puede ser la sílica gel pues es inerte, no tóxica e inodora, de bajo costo y se puede regenerar. Al mismo tiempo las tuberías deben instalarse con pendiente ascendente y tener válvulas de goteo para que el agua condensada que se acumula en los puntos más bajos de las mismas se drene sin problemas periódicamente.

Para el H<sub>2</sub>S algunos biodigestores incluyen filtros comerciales (a base de hierro) para evitar malos olores y corrosión cuando se dé la combustión, si no se incluye, se puede

preparar fácilmente empleando virutas de madera impregnadas de óxido de hierro hidratado dentro de un recipiente hermético. El objetivo siempre es generar reacciones químicas controladas que conlleven a un sulfuro de hierro que es menos dañino (CASANOVAS et al., 2019).

En México, las empresas AgCert International, Kent&Sorensen, Sistema Biobolsa® han instalado biodigestores en pequeñas, medianas y grandes granjas ubicadas en Puebla, Jalisco y Yucatán para aplicaciones del biogás en lo doméstico o productivo (energía eléctrica, mecánica, elaboración a pequeña escala de lácteos, vinagretas, etc.) (PÉREZ ESPEJO; CERVANTES HERNÁNDEZ, 2018).

El sistema biobolsa consiste en un biodigestor fabricado con geomembrana de PVC alimentado bajo régimen continuo, componentes modulares para adaptación de necesidades de producción, con trampas para agua condensada, filtro para reducir  $H_2S$ , kit de estufa y quemador, fácil operación y mantenimiento con capacitación incluida por la empresa, lo que ha hecho que sea atractivo a productores agropecuarios y que la empresa se posicione en el país y otros países con más de cuatro mil sistemas instalados. La Figura 2 muestra un ejemplo representativo de los componentes de un sistema biobolsa y biodigestores instalados en regiones de México (SISTEMABIO, 2021).



Figura 2 (a) Componentes de la instalación de producción de biogás. (b) Estufa de biogás. (c) Modelos de sistemas biobolsa instalados.

Fuente: [www.sistemabiobolsa.com](http://www.sistemabiobolsa.com), 2021.

Los autores consideran pertinente la mención de las tecnologías comerciales para la remoción de  $H_2S$ ,  $CO_2$ , y  $H_2O$  en el biogás, dejando claro que no hay hasta el momento una mejor que otra y la selección depende del caudal de producción de biogás, de análisis tecno-económicos que se realicen, de políticas de crédito y de costos de productos y/o

servicios, son de costo similar y con factibilidad tecno-económica demostrada. Las tecnologías clásicas empleadas a nivel mundial en producciones a diferentes escalas en el sector agrícola e industrial están basadas en tratamientos primarios centrados en procesos físicos simples, también existen tratamientos químicos y biológicos (VIERA et al., 2015) (GRANDE, 2011).

En los procesos biológicos se han empleado un sinnúmero de bacterias aerobias y anaerobias con muy buenos resultados de remoción de  $H_2S$  y  $CO_2$  (de 80 % a 100 %) en tiempos relativamente cortos (de 24 h a 3 meses) (MEIER et al., 2017) (VIERA et al., 2015) (SYED et al., 2006). La mayoría de ellas crecen de forma natural en cuerpos de agua, aguas residuales, suelo, animales, plantas, por lo que no hay que comprarlas de forma pura, pueden ser tomadas y llevadas a los laboratorios de investigación, adaptarlas, cultivarlas, para luego trasladarlas y utilizarlas en las producciones de biogás que se realicen en el sector doméstico.

Las microalgas también se han empleado como tecnología para la purificación de sistemas de biogás ya que pueden fijar  $CO_2$ , crecen de forma rápida en medios naturales como aguas dulces, saladas, salobres o en aguas residuales bajo un amplio rango de temperaturas. Las especies que se seleccionen deben ser capaces de tolerar concentraciones de contaminantes como óxidos de azufre y nitrógeno ( $SO_x$ ,  $NO_x$ ). Ejemplos de especies con resultados favorables para depurar  $CO_2$  en biogás (sobre un 90 %) y usarlo luego en el hogar y vehículos son *Dunaliella tertiolecta*, *Chlorella vulgaris*, *Tetraselmis sp*, *Nannochloropsis oculata* (BRUNET-RAMOS et al., 2021)(MEIER et al., 2017).

La purificación de biogás sigue siendo un proceso limitado y es por los costos que implican las metodologías, por lo que la investigación científica e ingenieril continúa. En pro de los tres pilares de la sostenibilidad (ambiente-economía-sociedad) la investigación e implementación de metodologías independientemente sean en el sector doméstico, transporte o industrial son necesarias.

Bajo este propósito de sostenibilidad, el desarrollo de nuevas tecnologías en el acondicionamiento del biogás debe también centrarse en el desarrollo adecuado de la transferencia del conocimiento sobre todo a las comunidades de difícil acceso para suministrar los servicios básicos, en la generación organizada de empleo entre los participantes comunitarios y de allí partir al estudio de la disminución de los costos operativos, a tecnologías normalizadas a las condiciones de cada región latinoamericana que garanticen una producción de biogás eficaz, segura y sostenible ambientalmente porque está libre de componentes químicos perjudiciales.

## 6 | ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA DURANTE LA PANDEMIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la encuesta

realizada en 2021 a personas dedicadas a instalar biodigestores a escala doméstica y productiva en zonas rurales de algunos países en América Latina, el objetivo es mostrar las realidades que se enfrentaron en la producción y uso del biogás en el periodo 2020-2021.

- En cuanto a biodigestores instalados a escala doméstica y en operación se registraron 306 distribuidos entre México, Colombia, Ecuador, Chile, Argentina, Venezuela. El número pudo ser mayor, pero los encuestados coinciden que, por la pandemia generada en 2020 algunos biodigestores dejaron de operar; bien por abandono en producciones agrícolas cuyos residuales son la materia prima de los biodigestores o bien por incremento de precios en algunos insumos, materiales, etc., en otros casos por cuestiones de falta de conocimiento en el manejo y operación del biodigestor como la carga periódica de sustratos orgánicos adicionales o por mal diseño del biodigestor principalmente en el volumen.
- Respecto al asesoramiento técnico se presenta el Gráfico 1 donde se aprecia que el 76 % de los biodigestores registrados en la encuesta reciben asesoría técnica por parte de las empresas instaladoras únicamente el primer año de la garantía del sistema, el 8 % de ellos se les otorga asistencia técnica hasta la quema del primer biogás, mientras que el 5 % se le da atención sólo cuando se presentan fallas que el usuario no puede resolver, el 1 % restante mantiene comunicación por redes sociales y finalmente, el 10 % no otorga asesoramiento una vez instalados los biodigestores.

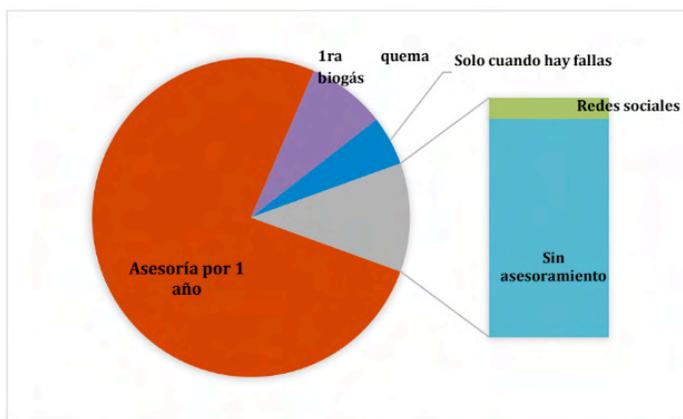


Gráfico 1 Tipos de asesoría después de instalar un biodigestor

De acuerdo con una entrevista realizada a Gutiérrez-Vargas en octubre 2021 quien se dedica al diseño, instalación y monitoreo de biodigestores domésticos productivos en México manifestó que todos los biodigestores hechos de geomembrana presentan problemas técnicos después de los 3 años operando y generalmente, las empresas instaladoras otorgan solo 1 año de garantía y si el material con el que se construyó el biodigestor se deteriora la reparación

puede llegar a costar aproximadamente \$750 USD, además la tasa de interés de los créditos para comprar un biodigestor de este tipo es alta, alrededor del 20 %.

- En cuanto al uso final que se le da al biogás producido, el Gráfico 2 muestra que el 45 % de los biodigestores se instalaron para aprovechamiento del biogás para la cocción de alimentos, el 38 % se instalaron para el aprovechamiento del digestato como fertilizante, mientras que, el 10 % de ellos se instalaron para ambos usos: generación de biogás aprovechado en algunos casos (en otros no) para cubrir necesidades energéticas en zonas no interconectadas a la red eléctrica y aprovechamiento del digestato debido a los resultados favorables que obtienen en la mejora de nutrientes en el suelo, finalmente, solo el 7 % de los biodigestores se instalan para quema de biogás.

Una condición que deben cumplir los biodigestores con producción de biogás para la cocción de alimentos es garantizar el desayuno, la comida y la cena para una familia compuesta por 6-7 personas.

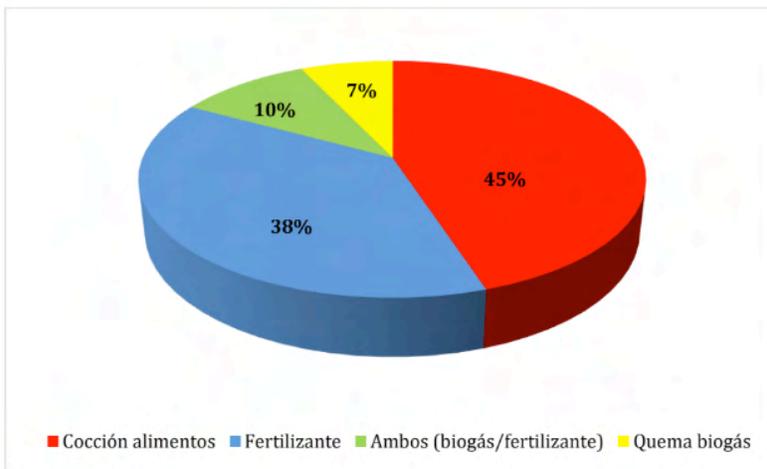


Gráfico 2 Usos que tienen los productos de los biodigestores instalados y en operación

- En el Gráfico 3 se presentan los resultados obtenidos respecto a la medición de parámetros fundamentales en la operación y desempeño de un biodigestor anaerobio. Se tiene que, el 60 % de los encuestados realiza mediciones, siendo el pH el parámetro de mayor medición seguido de la temperatura y la presión respectivamente, en el rango “Otros” se incluyen parámetros como los sólidos volátiles (SV), ácidos grasos volátiles (AGV) y la demanda química de oxígeno (DQO).

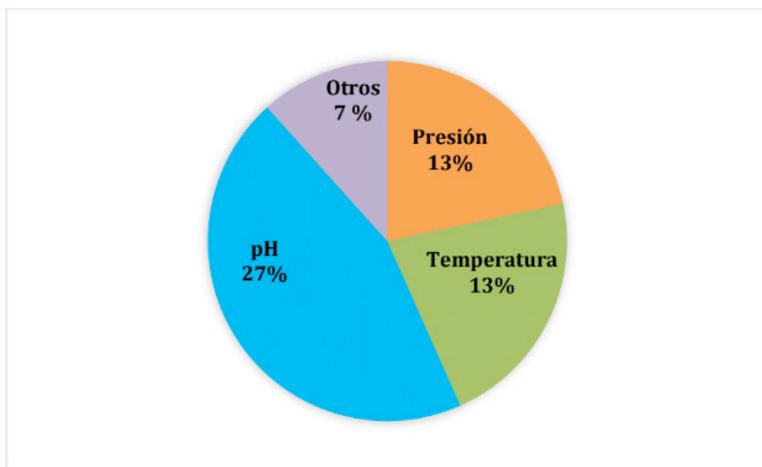


Gráfico 3 Parámetros que se determinan en los biodigestores instalados y en operación

- Respecto a si los biodigestores en operación cuentan con un sistema de limpieza, el 60 % de los participantes en la encuesta manifestaron que no lo realizan, por lo que, el 40 % manifiesta que sí, unos describen que estos sistemas consisten en trampa para agua condensada en la línea de producción de biogás y un filtro artesanal para  $H_2S$ , mientras que, otros indican que solo colocan filtros artesanales para  $H_2S$ , tal como lo muestra el Gráfico 4. Este filtro artesanal puede estar hecho de esponjas metálicas de brillo para lavado de utensilios caseros o virutas de hierro oxidadas, ambas formas dentro de un tubo PVC. Todas las empresas instaladoras coinciden en que no realizan mediciones de  $H_2S$  porque carecen de instrumentos, generalmente, se guían por el olor característico del gas. En la entrevista realizada a Gutiérrez-Vargas en México manifiesto que las mediciones *in situ* que ha realizado reportan valores por debajo de 200 ppm de  $H_2S$  y por ello recomienda a las personas que al momento de usar las cocinas se mantengan ventilados los espacios para que no presenten problemas de salud por irritación ocular o mucosa.

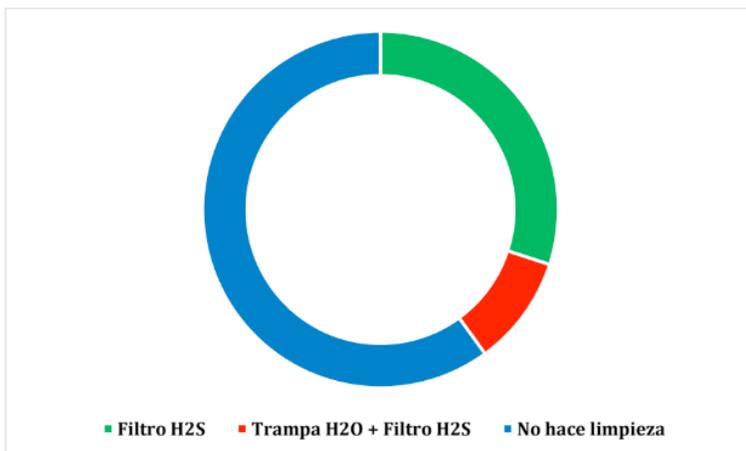


Gráfico 4: Sistemas de limpieza aplicados a biodigestores instalados y en operación

## 7 | MARCO REGULATORIO EN AMÉRICA LATINA PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS DOMÉSTICO

Teniendo en cuenta lo expuesto respecto a las impurezas principales en el biogás para uso doméstico (vapor de agua,  $H_2S$ ) y las necesidades de remoción por las averías que pueden causar a los dispositivos que forman parte de la instalación, por la afectación nociva a la salud de las personas involucradas en las actividades a realizar usando el biogás, al ambiente por efectos adversos de contaminación y por los daños de corrosión a los aparatos, dispositivos o equipos en los que se aplicará el biogás como combustible, tales como estufas, motores de combustión, etc., se puede asegurar que se pueden propiciar situaciones de riesgo o peligro por accidentes en los usuarios directos o no, tales como incendios, quemaduras inclusive la muerte (CASANOVAS et al., 2019).

Para evitar estos inconvenientes es necesario implementar técnicas adecuadas de uso y manejo seguro de biogás a escala doméstica basadas en una normatividad regulatoria oficial avalada por expertos en el área, que permitan el desarrollo exitoso de los proyectos y que se garantice la protección al usuario, instalaciones y al ambiente.

En la última década algunos proyectos importantes que pueden mencionarse son: Vivienda Autoenergética en Bolivia (CAMPERO, 2009), Energías en Transformación en Colombia (RODRÍGUEZ y GARCÍA, 2017), Programa Nacional de Biogás en Nicaragua, Programa Nacional de Biodigestores en Ecuador cuyo objetivo es implementar 3500 biodigestores en pequeñas y medianas granjas acompañado por el control de calidad de biodigestores de bajo costo, control de calidad en la instalación y el control de calidad del funcionamiento, donde proponen dos actividades: una puntual de validación de la instalación mediante una visita, y otra prolongada en el tiempo para evaluar el funcionamiento del biodigestor mediante monitoreo (HERRERO, 2019).

Chile es uno de los países donde sí existe normatividad:

- Decreto Supremo 199 “Reglamento de seguridad de las plantas de biogás” en donde existen 3 categorías de tamaños, y la escala doméstica queda sobre exigida
- Norma Chilena 3375: digestato, requisitos de calidad
- Norma Chilena 3381: Plantas de digestión anaeróbica, consideraciones para el diseño y operación
- Instalador de gas clase 4
- Existen 4 perfiles de competencias laborales de ChileValora que es el Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales: Instalador de Plantas de Biogás hasta 200 KW de potencia nominal, Mantenedor de plantas de biogás, operario de plantas de biogás, supervisor de operaciones de plantas de biogás.

México a partir de 2018 cuenta con el estándar de competencia laboral EC1128: “Prestación de servicios para la conformación documental de proyectos para generación y uso de biogás” avalado por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). Describe la metodología y actividades que deben realizar las personas que preparan el portafolio documental de un proyecto para la generación y uso de biogás (memoria descriptiva, diseño, manuales de operación entre otros). Desde 2019, el EC1077 “Prestación de servicios para la operación de sistemas de producción y uso de biogás” que es referente para certificación del desempeño de personal responsable de la operación en plantas de producción de biogás. Cuenta con una Ley para promoción y desarrollo de bioenergéticos líquidos (alcoholes, biodiésel) pero no hay regulación para biogás a pequeña escala y uso final doméstico.

Colombia, en 2009 a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) publicó un Documento de Propuesta de Regulación Aplicable al Biogás en función de dos grandes proyectos de producción a gran escala, deja claro que dicha Comisión no ha adoptado aún una regulación específica para el combustible bajo ninguna escala de producción.

Como se aprecia en los países mencionados no se tiene un marco regulatorio para biogás a escala doméstica y los proyectos sólo están regidos por recomendaciones técnicas generales de empresas vendedoras de biodigestores como uso de válvulas, mantenimiento de biodigestor y tuberías, distancia para el paso de animales, etc. posiblemente esta situación esté pasando en otros países latinoamericanos. Hace falta mucho por hacer en este rubro, pero se están dando avances para lograr una normativa de producción segura de biogás, mientras puede iniciarse con la concientización en el control de calidad del uso de biogás a escala doméstica como un parámetro esencial para el éxito de esta tecnología.

## 8 | CONCLUSIONES

Con la tecnología que se cuenta hasta el momento, la producción de biogás para aplicaciones en el sector doméstico se fundamenta en la generación térmica centrada principalmente para cubrir necesidades básicas de cocción de alimentos, para confort térmico de animales y aprovechamiento de bioles. Actualmente producir 1 KW se estima en un costo de \$1,000 USD usando los métodos tradicionales de generación de energía eléctrica. Sin embargo, se tienen ciertos apoyos gubernamentales y estratégicas alianzas con el sector industrial, empresarial y académico para realizar prototipos que permitan incrementar la eficiencia térmica y sustentabilidad de esta tecnología.

A pesar de los esfuerzos realizados esta tecnología no logra posicionarse como la energía solar fotovoltaica y térmica, eólica e hidráulica, las cuales son más atractivas a las inversiones públicas y privadas. Tampoco se puede comparar con la producción de biocombustibles líquidos (bioetanol, biodiésel) que pueden ser mezclados con los combustibles fósiles y por ello se les ha dado prioridad en investigación y producción, por lo tanto, son más atractivos que un combustible gaseoso como el biogás.

Se debe incrementar la capacitación y la concientización a los usuarios del biogás doméstico bajo el conocimiento que los biodigestores son una forma de gestionar residuos y no una forma de producción energética de alto valor monetario, esto implica una sinergia entre gobierno- -empresa-usuario y lograr un incremento en los subsidios que se destinen y se apliquen a esta tecnología de una manera eficaz.

Se sugiere la creación de un organismo regulatorio para controlar la venta de la tecnología de los biodigestores en el sector doméstico y evitar con ello deserción de la tecnología adquirida y el abandono por la falta de asesorías posteriores a la instalación tratando de que por lo menos se garantice su funcionamiento y vigilancia después de un año.

De acuerdo con las experiencias vividas de los encuestados en cuanto a los biodigestores instalados y en operación se observa que, a pesar de las estrategias aplicadas, se cuenta con pocos biodigestores instalados en Latinoamérica, los factores pueden ser diversos, destacándose los efectos de la pandemia por el confinamiento, la poca o nula información sobre el manejo de la tecnología y los beneficios que se obtienen al contar con un biodigestor doméstico, así como los costos porque en algunos países se tienen que importar.

Los resultados mostraron que gran parte de los biodigestores registrados se utilizan para la producción de bioles fertilizantes, sin embargo, existen hogares que lo utilizan para cocción de sus alimentos, pero como la producción de biogás no cubre las necesidades esenciales de una vivienda terminan comprado gas LP o regresando a el uso de leña y carbón vegetal.

Con respecto a la eliminación de los contaminantes naturales del biogás hay muchas

limitantes ya que los instaladores que se dedican a esta tecnología no le dan la importancia a las consecuencias que se pueden ocasionar a las personas que hacen uso de este gas sobre todo si el biogás es producido por desechos de animales (vacas, cerdos etc.), y por ello las pocas trampas que se utilizan son muy artesanales, por lo que no garantizan una limpieza adecuada del 80 % que debería tener este gas si se utiliza para cocción de alimentos.

Por ello se recomienda establecer una alianza entre investigadores e instaladores de biodigestores para mejorar esta condición, con apoyo de la investigación se obtendrán materiales no altamente costosos que permitan garantizar la seguridad y limpieza del biogás con mayor calidad, y proteger la salud de las personas que utilizan los biodigestores para la cocción.

En México a partir de la reforma energética se apertura la puesta en marcha de las tecnologías renovables y limpias lo que dio paso a muchas empresas instaladoras de biodigestores que desconocían el proceso de digestión anaerobia para la producción de biogás y bioles, lo que conllevó a no resolver problemas generados una vez realizada la instalación y el abandono de muchos de ellos por parte de los productores agrícolas.

También se generaron proyectos que fueron financiados por el gobierno federal y estatales donde el agricultor aportaba la mitad del costo del biodigestor, sin embargo, se presentaron muchos problemas porque no les permitían seleccionar una empresa que les ofreciera el digestor adecuado a sus necesidades, tampoco se proporcionaba información sobre el mantenimiento y la generación, la consecuencia fue descontento y abandono de la tecnología porque esperaban la producción de energía eléctrica o calor tal como se promocionaba a partir de las empresas instaladoras.

A partir de septiembre de 2021 el gobierno federal en curso está tratando de regular las condiciones de operación, instalación y producción de las tecnologías renovables, se espera exista un mayor y eficiente registro y control de estadísticas en cuanto a los biodigestores en México.

Es de resaltar que durante la reunión de la COP 26 celebrada en octubre 2021, el Secretario General de las Naciones Unidas, Antonio Guterres declaró “...**Acojo con satisfacción el renacimiento de este hecho en el acuerdo de cooperación entre Estados Unidos y China es un paso importante**” después de esta frase realiza una crítica indiscutible en la cual menciona “*las promesas suenan vacías cuando la industria de los combustibles fósiles sigue recibiendo billones en subvenciones*”, de acuerdo con el Fondo Monetario Internacional, o cuando los países siguen construyendo centrales de carbón. También hizo un llamado a todos los países, ciudades, empresas e instituciones financieras para que reduzcan de forma “radical creíble y verificable” sus emisiones y descarbonicen sus carteras.

A pesar de todos estos esfuerzos las energías renovables no logran cubrir las necesidades de energía que demanda el mundo. Sin embargo, se debe realizar un esfuerzo

en conjunto para disminuir tanto emisiones como el deterioro del planeta. Se espera que la alianza para poner fin a la exploración y explotación de combustibles fósiles (BOGA) desarrolle acciones concretas en el negocio de las energías renovables que puedan llamar la atención a los gobiernos, principalmente los productores de petróleo.

## REFERENCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Hydrogen sulfide CAS # 7783-06-4Atsdr**. [s.l: s.n.]. Disponible em: <<https://www.ntis.gov>>.

BRISEÑO, L. A. A. **Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía**. [s.l.] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), 2017.

BRUNET-RAMOS, S. DE LA C. et al. Consorcios de microalgas-bacterias para la purificación biológica de biogás Microalgae-bacterial consortia for the biological purification of biogas. **Tecnología Química**, v. 41, n. 2, p. 277–295, 2021.

CAMPERO, O. BIOGAS EN BOLIVIA PROGRAMA “VIVIENDAS AUTOENERGÉTICAS” UNA NUEVA FORMA DE VER EL FUTURO ENERGÉTICO-AMBIENTAL DEL PAÍS, EN ÁREA RURAL. **Revista Desarrollo Local Sostenible**, v. 2, n. 4, p. 1–8, 2009.

CASANOVAS, G. et al. **Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores**. Primer ed. Buenos Aires, Argentina: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019.

GRANDE, C. A. Biogas Upgrading by Pressure Swing Adsorption. In: BERNARDES, M. A. DOS S. (Ed.). **Intech**. [s.l.] August 1st, 2011, 2011. p. 66–84.

HAWKES, F. R. et al. A new instrument for on-line measurement of bicarbonate alkalinity. **Water Research**, v. 27, n. 1, p. 167–170, 1993.

HERRERO, J. M. **Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador : Insumos para un componente de biodigestores de PNABE**. Ecuador: [s.n.]. Disponible em: <[https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/EN\\_R4.1-20191210\\_Programa nacional de biodigestores en Ecuador-CTCN.pdf](https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/EN_R4.1-20191210_Programa%20nacional%20de%20biodigestores%20en%20Ecuador-CTCN.pdf)>.

LIU, X. et al. Establishment of analysis method for methane detection by gas chromatography. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 113, n. 1, p. 3–8, 2018.

MEIER, L. et al. Photosynthetic biogas upgrading using microalgae: Effect of light/dark photoperiod. **Renewable Energy**, v. 106, p. 17–23, 2017.

ORTIZ, V. et al. **Cartera de Necesidades Y Desarrollo Innovación y Desarrollo Tecnológico del Biogás**. Mexico: [s.n.]. Disponible em: <<https://www.gob.mx/cms>>.

PÉREZ ESPEJO, R. H.; CERVANTES HERNÁNDEZ, G. I. Mitigation Strategies . the Biodigester Program in Yucatan , Mexico. **Península**, v. XIII, n. 2, p. 235–262, 2018.

RODRÍGUEZ, D. A.; GARCÍA, A. F. **Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogás a partir de heces caninas**. [s.l.] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, P. Y A. Y F. DE R. C. **Uso de biogás en el sector agropecuario de México y opciones de financiamiento.** México: [s.n.]. Disponible em: <[https://www.globalmethane.org/documents/events\\_ag\\_20080423\\_rodrigo\\_diez\\_de\\_sollano.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/events_ag_20080423_rodrigo_diez_de_sollano.pdf)>

SISTEMA. BIO. **SISTEMA. Bio.** [s.l.: s.n.]. Disponible em: <<https://sistema.bio/mx/recursos-descargas>>.

SMITH, S. A.; STÖCKLE, C. O. A biogas meter with adjustable resolution and minimal back-pressure. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 17, p. 8537–8539, 2008.

SYED, M. et al. Removal of hydrogen sulfide from gas streams using biological processes - A review. **Canadian Biosystems Engineering / Le Genie des biosystems au Canada**, v. 48, n. Roth 1993, 2006.

TILLEY, E. et al. **Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. Segunda Edición Revisada.** 2a. ed. Suiza: Banco Interamericano de Desarrollo, 2018.

VARNERO, M. T. et al. Tecnologías disponibles para la purificación de biogás usado en la generación eléctrica. **Información Tecnológica**, 2012.

VIERA, L. O. et al. Principales métodos para la desulfuración del biogás. **INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL**, v. XXXVI, n. April, p. 45–56, 2015.

ZĂBAVĂ, B.-ȘTEFANIA et al. Methods of Biogas Purification-A Review. **Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering**, v. 12, n. 1, p. 65–68, 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorción 24, 28, 34

Alimento 28, 30, 201, 202, 209

Anaerobia 63, 64, 66, 77

Análise 36, 39, 40, 41, 44, 47, 49, 50, 53, 56, 57, 60, 62, 162, 165, 169, 172, 173, 191, 195, 199, 201, 205, 210

Automatización 1, 2, 7, 11

### B

Begomovirus 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157

Biodigestión 63

Biorreactores 1, 2, 3

Blockchain 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213

### C

Cadeia produtiva 201, 203

Características morfológicas 58, 191, 192

Controle biológico 115, 116, 129, 130, 214, 216, 219, 221, 223

Costos de producción agrícola 80

Covid-19 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

Crecimiento 35, 36, 37, 39, 40, 41, 46, 47, 50, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 167, 170, 206, 211, 287

Cucurbitáceas 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156

Cultivo de tejidos 1

### D

Dendrómetro 14, 16, 21

Desglose 80, 91

Drosófila-da-asa-manchada (DAM) 115, 129, 130, 214, 215

### E

Estudos 170, 192, 195, 199, 201, 203, 205, 206, 208, 210, 211, 212, 218, 219, 220, 221, 222

### I

Innovación 1, 78, 247, 254, 256, 257, 258, 259, 265, 267, 270, 272, 273, 274

## L

Latinoamérica 63, 64, 76, 276

Limpieza de biogás 64

Luminosidade 36, 43, 53, 55

## M

Malezas 109, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156

Metodología basada en casos 80

Micro aspersores 14, 18

Micropropagación 1, 2, 12

Modelagem 209

## O

Oligonucleótidos 149, 151, 185

## P

Pets 182

Precisão 39, 164

## R

Rastreabilidade 162, 163, 201, 202, 203, 204, 205, 209, 210, 211, 212

## S

Solos 105, 165, 169, 193, 286, 290, 292

Soma térmica 36, 40, 41, 46, 131, 132

## T

Técnicacon 80

Tecnologia 172, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 209, 210, 211, 212

Tempo 53, 57, 58, 129, 138, 142, 143, 144, 145, 146, 209, 210, 211, 222, 286

Temporary workers 94, 95

## V

Valorização 204

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



Investigación, tecnología e innovación  
**EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

2

  
Ano 2022

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



Investigación, tecnología e innovación  
**EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

2

**Atena**  
Editora  
Año 2022