



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

## **Title:** Producción de hidrógeno mediante digestión anaerobia de residuos de planta de jitomate

**Authors:** CAMARENA-MARTÍNEZ, Sarai , MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, Juan Humberto, SALDAÑA- ROBLES, Adriana y RUIZ-AGUILAR, Graciela M.L.

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2019-010  
BCIERMMI Classification (2019): 241019-0010

**Pages:** 12  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# I. Introducción

## En México....

76 millones de ton anuales



20 cultivos



80 % Paja maíz, sorgo, trigo y  
tops/hojas de caña

20% Bagazo de caña, maguey ,  
mazorca de maíz, pulpa de cafe

(Valdez-Vazquez *et al.*, 2010).

Otro cultivo de gran impacto económico es:



1° lugar a nivel mundial  
(SAGARPA, 2017)

51,861 hectáreas sembradas  
(2016)

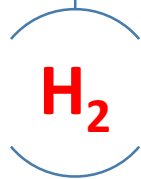
Residuos de planta  
1,068,082.76<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP),  
Año agrícola 2014.

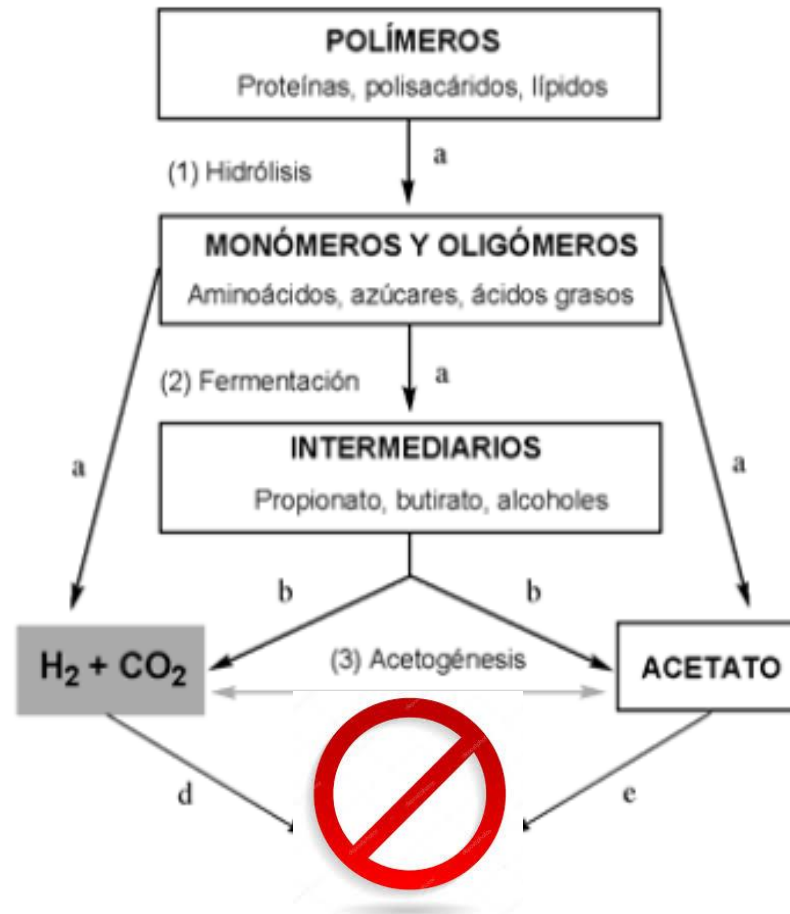
# I. Introducción

## Proceso de Fermentación Anaerobia

Residuos de planta



122 MJ / Kg

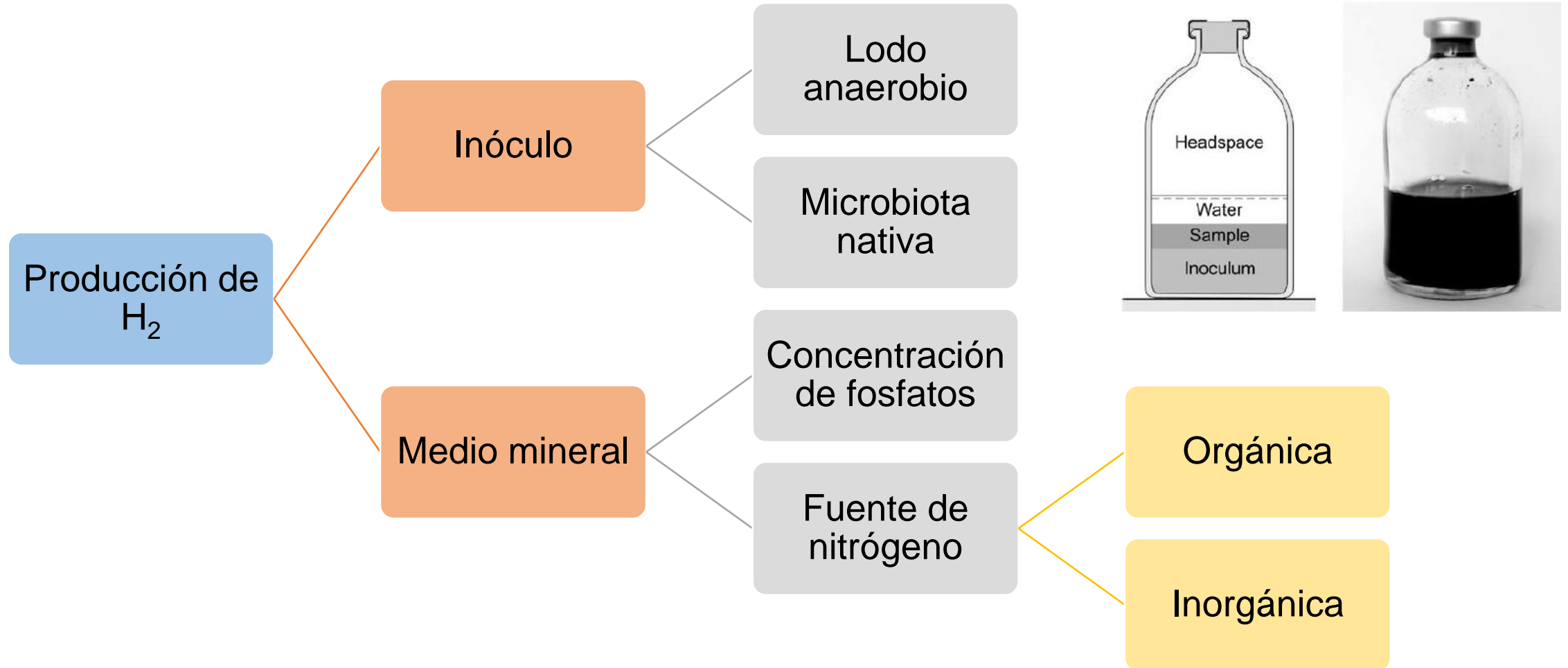


pH 5.0-6.5

Pretratamiento del inóculo para inhibir organismos metanogénicos

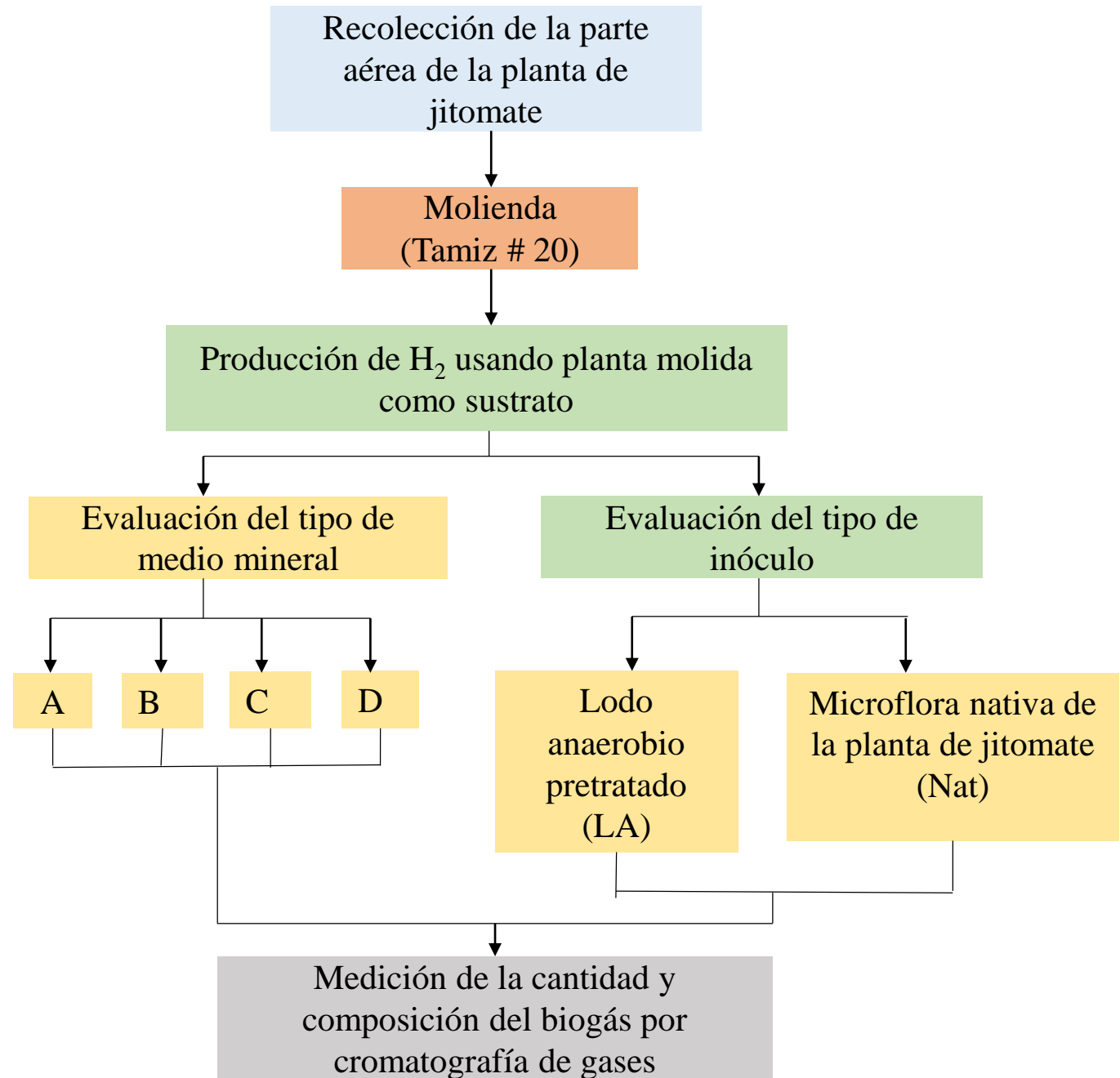
**Figura 1.** Etapas de la digestión anaerobia (Modificado de Angelidaki *et al.*, 2002). 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrógeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas.

# I. Introducción



## II. Metodología

**Figura 1.** Metodología general para la producción de  $H_2$  a partir de planta de jitomate Fuente: Elaboración propia.



## II. Metodología

### Saladette Expo Agroalimentaria



- **Carbono orgánico** (Dean, 1974)
- **Carbohidratos estructurales** (van Soest et al., 1973)
- **pH** (Kang et al., 2014)
- **Nitrógeno total Kjeldahl**-(APHA, 2005)
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**-(APHA, 2005)
- **Solidos totales y solidos volátiles (ST y SV)**-(APHA, 2005)



## II. Metodología

**Tabla 1.** Tipos de medio mineral evaluados para la producción de hidrógeno a partir de residuos de planta de jitomate. Fuente: Elaboración propia.

Medio mineral	Composición de medio mineral por litro:
A	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 4.6 g, $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 10.0 g, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 6.0 g, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.1g, $\text{CaCl}_2$ 0.02 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.015g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.005g, $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.125mg.
B	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 2.0 g, $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.92 g, Extracto de levadura 1.5 g/L, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.1g, $\text{CaCl}_2$ 0.02 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.015g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.005g, $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.125mg.
C	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 2.0 g, $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.92 g, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 6.0 g, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.1g, $\text{CaCl}_2$ 0.02 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.015g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.005g, $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.125mg.
D	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 4.8g, $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 6.98g, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 6.0 g, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.1g, $\text{CaCl}_2$ 0.02 g, $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.015g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.005g, $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.125mg.

→ 0.10 M,  $\text{NH}_4\text{Cl}$

→ 0.02 M, EL

→ 0.02 M,  $\text{NH}_4\text{Cl}$

→ 0.075 M,  $\text{NH}_4\text{Cl}$

## II. Metodología

**Regimen en lote**

**Condiciones estáticas**

**Temperatura de incubación: 37 °C**

**Tiempo de incubación : 15 d**

**pH inicial de 6.5 ± 0.2**

**Concentración de sustrato: 10.6 g SV/L**

**Concentración de inóculo LA: 6.25 g SV/L**

**Condiciones de pretratamiento de inóculo LA:  
100°C, 24 h**

**Cantidad de biogás: desplazamiento de líquido**

**Composición de biogás: CG**

**V útil 80 mL**

**V total 120 mL**

**Replicas: 2**

**Tabla 2.** *Tratamientos para evaluar la producción de H<sub>2</sub> en experimentos en lote a partir de residuos de planta de jitomate. Fuente: Elaboración propia.*

Clave	Medio mineral	Inóculo
T1	A	LA
T2	A	Nat
T3	B	LA
T4	B	Nat
T5	C	LA
T6	C	Nat
T7	D	LA



### III. Resultados

**Tabla 3.** Caracterización fisicoquímica de la planta recolectada de jitomate Fuente: Elaboración propia.

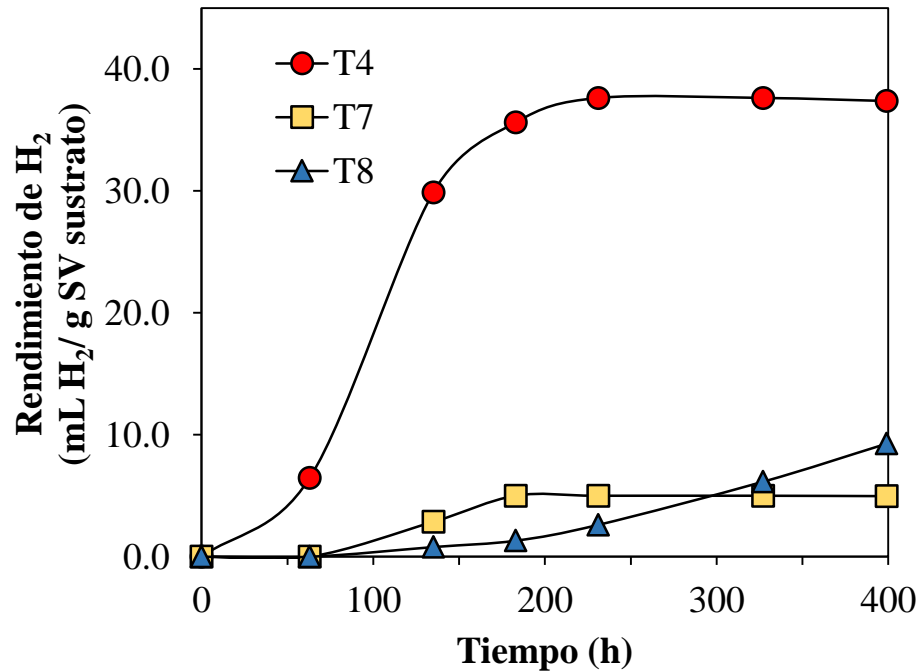
Parámetros	Planta de jitomate
C/N	19.86 ± 0.67
ST (%) <sup>1</sup>	90.74 ± 0.14
SV (%) <sup>2</sup>	73.59 ± 0.14
Celulosa (%) <sup>2</sup>	28.57 ± 1.40
Hemicelulosa (%) <sup>2</sup>	8.42 ± 1.08
Lignina (%) <sup>2</sup>	7.49 ± 1.13
DQO ( mg/ g SV)	787.96 ± 26.97
pH	6.60 ± 0.06

<sup>1</sup> Porcentaje base húmeda, <sup>2</sup> Porcentaje base seca.

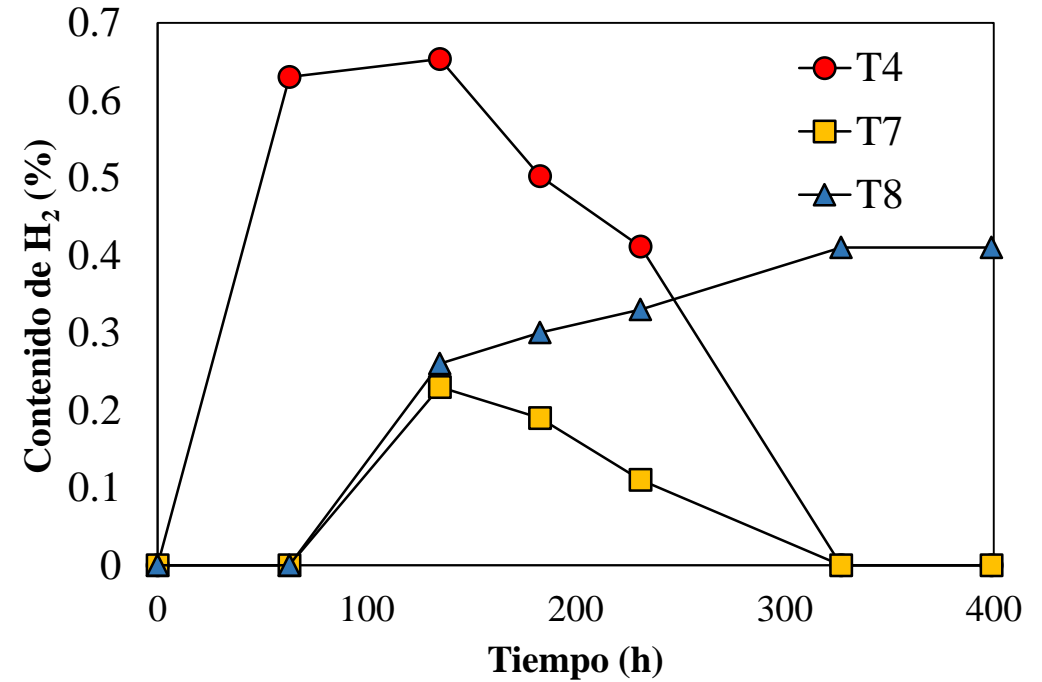
**Tabla 4.** Rendimientos de producción de biogás e hidrógeno obtenido en cada tratamiento para la producción de H<sub>2</sub> en experimentos en lote a partir de residuos de planta de jitomate. Fuente: Elaboración propia.

Clave	Medio mineral	Inóculo	Rendimiento Biogás (mL /g SV)	Rendimiento H <sub>2</sub> (mL /g SV)
T1	A	LA	25.5 ± 4.2	0.0
T2	A	Nat	33.6 ± 1.1	0.0
T3	B	LA	74.9 ± 1.5	0.0
T4	B	Nat	57.8 ± 4.8	37.4 ± 4.8
T5	C	LA	27.6 ± 3.0	0.0
T6	C	Nat	6.0 ± 0.4	0.0
T7	D	LA	28.6 ± 2.7	5.0 ± 2.0
T8	D	Nat	25.2 ± 7.1	9.3 ± 7.5

### III. Resultados



**Grafico 1.** *Cinéticas de producción de hidrógeno acumulado en los tratamientos T4, T7 y T8 durante 15 días de incubación. Fuente: Elaboración propia.*



**Grafico 2.** *Contenido de hidrógeno (%) en los tratamientos T4, T7 y T8 durante 15 días de incubación. Fuente: Elaboración propia.*

### III. Resultados

**Tabla 5.** Rendimiento de producción de hidrógeno a partir de residuos lignocelulosicos. Fuente: Elaboración propia.

Sustrato	Pretratamiento de sustrato	Inóculo	Pretratamiento de inóculo	Rendimiento (mL H <sub>2</sub> / g SV)	Referencia
Paja de trigo	Sin pretratamiento	Lodo anaerobio	Sin pretratamiento	10.6 mL	Pérez et al., 2015
Paja de trigo	Sin pretratamiento	Microflora nativa	Sin pretratamiento	7.0	
Paja de trigo	Sin pretratamiento	Composta de estiércol vacuno	Térmico	1.0	Fan et al., 2006
Paja de trigo	HCl + calentamiento de microondas	Composta de estiércol vacuno	Térmico	68.0	
Paja de trigo	Enzimático/ cepa Trichoderma	Lodo anaerobio	Térmico 90°C, 10 min	15.5	Quéméneur et al., 2012
Pasto	Ensilado/fermentación con ácido láctico pH <4.0	Microflora nativa	Ensilado	37.8±5.8mL H <sub>2</sub> /g ensilado	Li et al., 2012
Ensilado de pasto	Químico/ 4% NaOH 24 h 20°C	Lodo anaerobio	Térmico, Hervido 30 min	6.5	Pakarinen et al., 2009
Planta de jitomate	Sin pretratamiento	Microflora nativa	Sin pretratamiento	37.4 (T4) y 9.3 (T8)	Este estudio
Planta de jitomate	Sin pretratamiento	Lodo anaerobio	Térmico 100°C, 24 h	5.0 (T7)	

# IV. Conclusiones

- 1. El tipo de inóculo y la composición del medio mineral tuvieron efecto significativo sobre la producción de hidrógeno a partir de la fermentación anaerobia de residuos de planta jitomate.**
- 2. El inóculo procedente de la microflora nativa de la planta de jitomate (Inoculo Nat) presenta un mejor comportamiento en la producción de  $H_2$  con respecto al inóculo presente en el lodo anaerobio pretratado (Inóculo LA).**
- 3. La adición de extracto de levadura mejoró la adaptación de los microorganismos que conforman el Inóculo Nat lo cual se vio reflejado en una mayor producción a un menor tiempo de incubación.**
- 4. Por otro lado, a una concentración de buffer fosfatos de 0.075 M se observó producción de hidrógeno pero al incrementar el valor a 0.1 M se presentó una inhibición de la producción.**
- 5. El más alto rendimiento obtenido fue de 37.4 mL  $H_2$ /g SV al emplear Inóculo Nat y medio mineral con extracto de levadura a una concentración de buffer fosfatos de 0.02 M (Medio mineral B).**
- 6. En nuestro estudio no se llevó a cabo ningún pretratamiento térmico, biológico o químico al sustrato para lograr rendimientos similares o superiores a lo reportado en la literatura para otros tipos de residuos lignocelulosicos.**

# V. Referencias

- APHA, (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. APHA, Washington, DC.
- Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos J.L., Guwya, J., Kalyuzhnyi, S., Jenicek, P., & van Lie, r J.B. (2009). Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 59(5), 927–934.
- Dean, W. (1974). Determination of Carbonate and Organic Matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44 (1), 242-248.
- De Gioannis, G., Muntoni, A., Poletti, A., & Pomi, R. (2013). A review of dark fermentative hydrogen production from biodegradable municipal waste fractions. *Waste Management*, 33 (6), 1345–1361.
- Kang, J., Kim, K., Oh, G., & Rhee, S. (2013). Analysis on biochemical methane potential of agricultural byproducts with different types of silage storage. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(3), 468-474.
- SAGARPA, (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Jitomate mexicano. 1ª Edición, México.
- van Soest, P.J., Robertson J, B., & Lewis B.A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Sciences*, 74, 3583-3597.
- Wang, J., & Wan, W., (2009). Factors Influencing Fermentative Hydrogen Production: A Review, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, 799-811.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)