



# Title: Biogas production using cheese whey in a bioreactor controlled by an arduino-based system

Authors: Nava-Saldaña, Alberto, Rojas-Escobar, Silvino, González-Contreras, Brian Manuel and Guevara-García, José Antonio

ROR Autonomous University of Tlaxcala KLZ-5292-2024 ID 0009-0003-4224-170X 1096410  
ROR National Polytechnic Institute KLZ-9859-2024 ID 0000-0003-3312-9604 705186  
ROR Autonomous university of Tlaxcala AGE-7390-2022 ID 0000-0003-1556-8435 99192  
ROR Autonomous university of Tlaxcala 3856-2019 ID 0000-0002-5097-1345 204020

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2024-01  
BCIERMMI Classification (2024): 241024-0001  
RNA: 03-2010-032610115700-14  
Pages: 13

CONAHCYT classification:  
Area: Engineering  
Field: Engineering  
Discipline: Chemical engineering  
Subdiscipline: Environmental technology

ECORFAN-México, S.C.

Park Pedregal Business. 3580,  
Anillo Perif., San Jerónimo  
Aculco, Álvaro Obregón,  
01900 Ciudad de México, CDMX,  
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

## Holdings

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

# CONTENIDO

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

Referencias

# INTRODUCCIÓN

## Los combustibles alternativos se han extendido considerablemente



<https://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-esquema-de-la-protecci%C3%B3n-del-medio-ambiente-image53476364>

## El hidrógeno en automotores de combustión interna



<https://www.culvercityhonda.com/2021-honda-clarity-fuel-cell/>

24 y 25 de Octubre de 2024.

# INTRODUCCIÓN

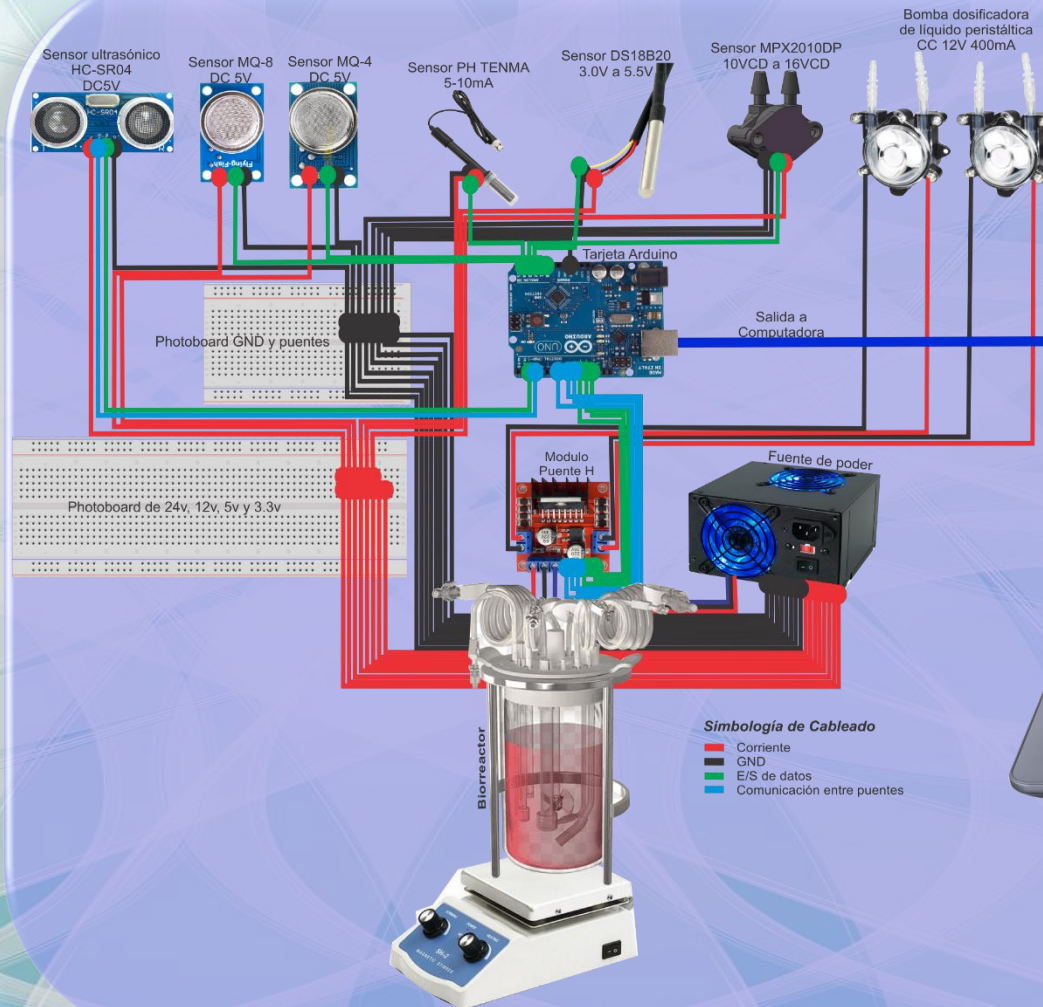
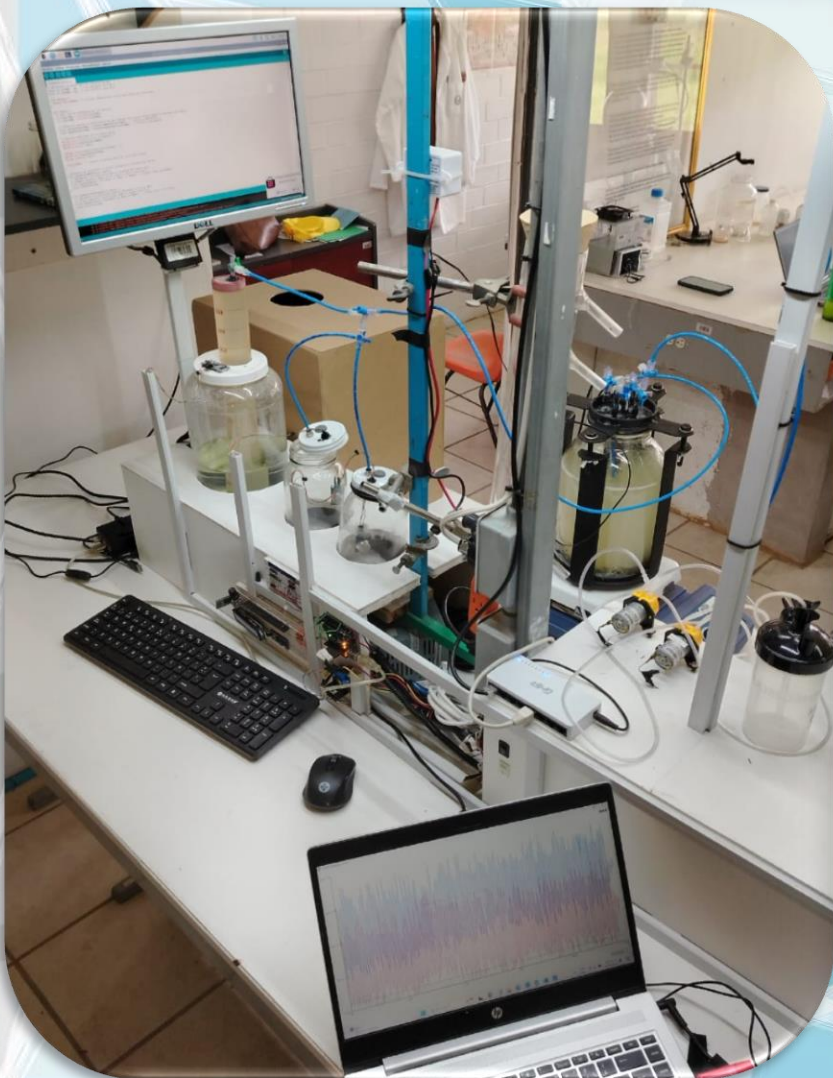
## Los beneficios económicos y al medio ambiente

- Fuente de energía renovable y sostenible.
- Reduce la dependencia de combustibles fósiles.
- Contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Aprovecha residuos orgánicos, ayudando en la gestión de desechos.
- Puede utilizarse para diversas aplicaciones, como calefacción, generación de electricidad y combustible para vehículos.

## El lactosuero como una materia prima con alto potencial



# METODOLOGÍA



```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
OneWire oneWire(2);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

#define MQ8_PIN A0
#define MQ4_PIN A1
#define PH_PIN A2
#define MPX2010DP_PIN A3

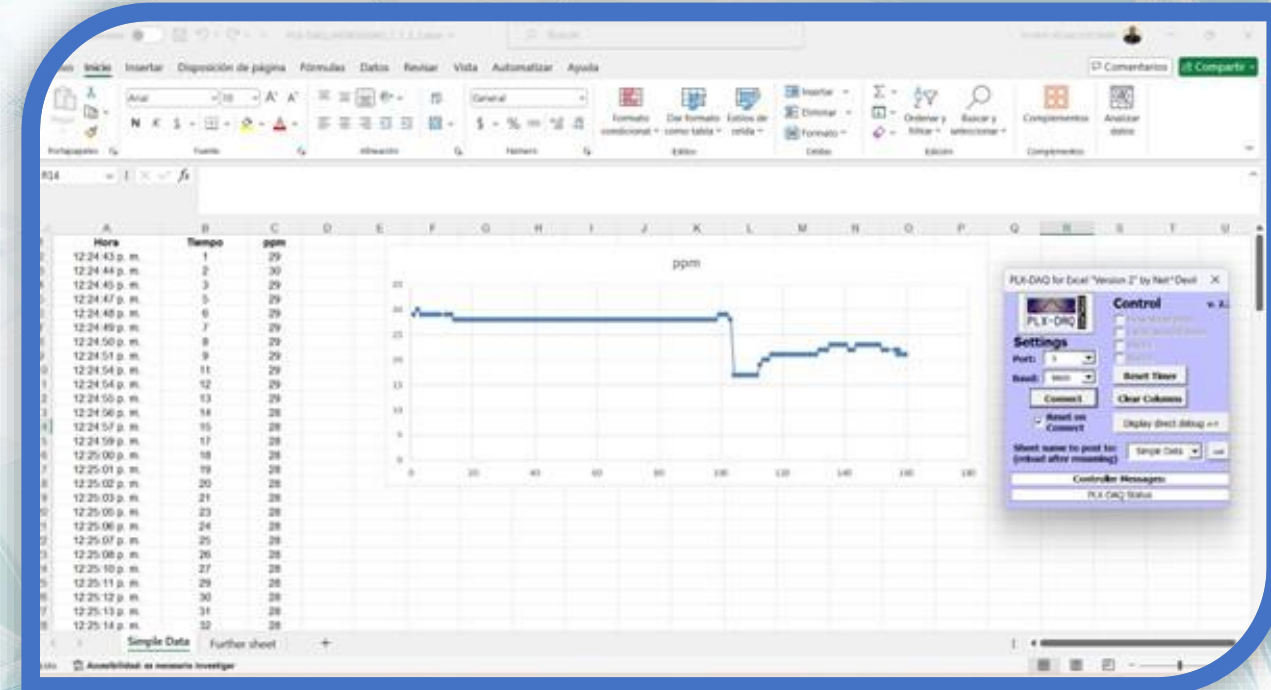
#define TRIG_PIN 9
#define ECHO_PIN 10

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  pinMode(MQ8_PIN, INPUT);
  pinMode(MQ4_PIN, INPUT);
  pinMode(PH_PIN, INPUT);
  pinMode(MPX2010DP_PIN, INPUT);
  pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
  pinMode(MOTOR1_ENA, INPUT);
  pinMode(MOTOR1_IN1, INPUT);
  pinMode(MOTOR1_IN2, INPUT);
  pinMode(MOTOR2_ENB, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR2_IN3, INPUT);
  pinMode(MOTOR2_IN4, INPUT);
}
```

## METODOLOGÍA

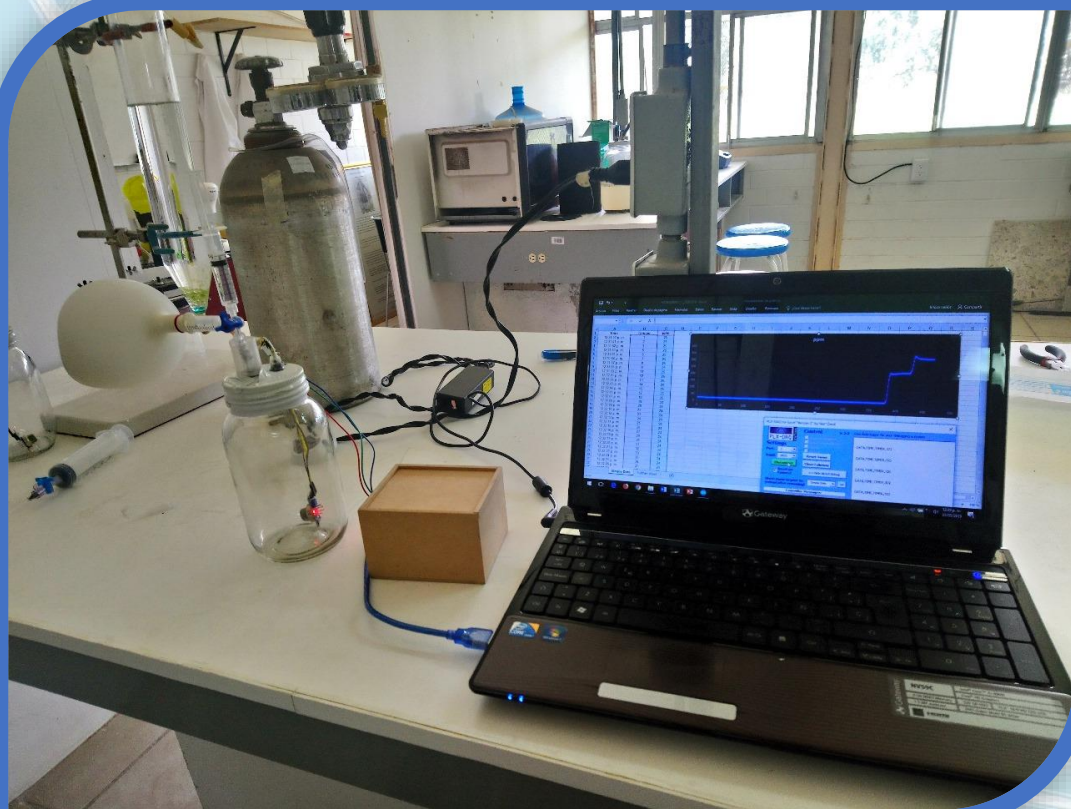
## Desarrollo de un biorreactor para la obtención de biogás hidrógeno y metano, a partir de suero lácteo

## Procesamiento de gráficas e interpretación de los datos obtenidos

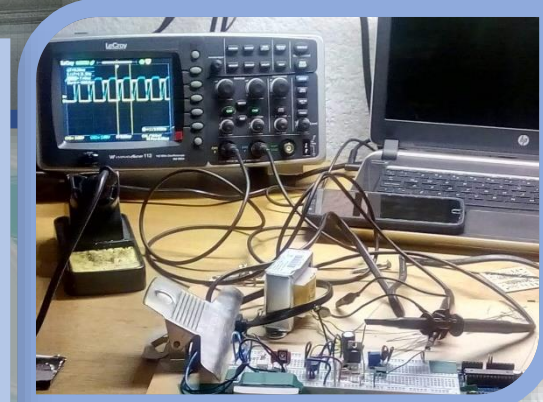


## METODOLOGÍA

## Lectura de datos emitidas por cada sensor en sus diversas fases



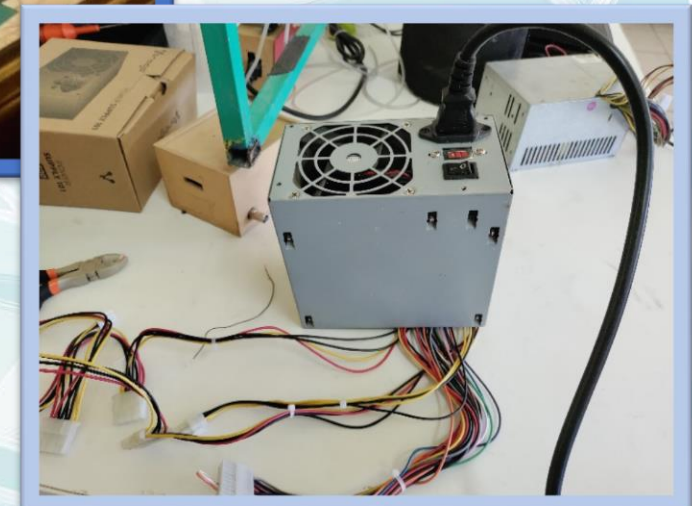
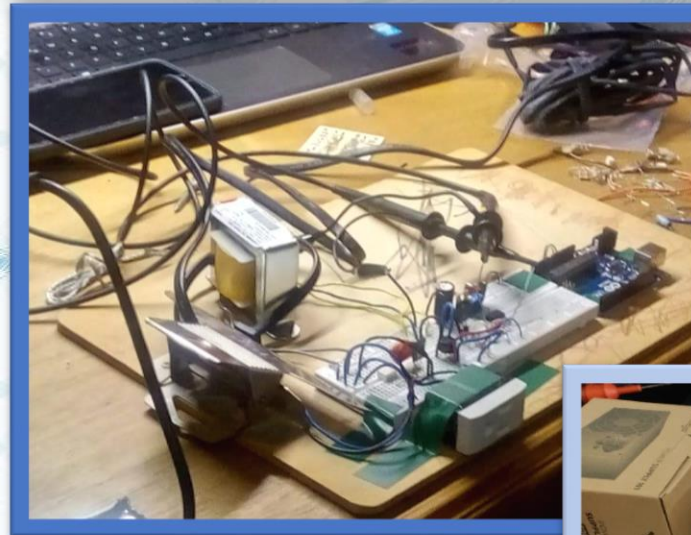
**Métodos computacionales combinados con circuitos electrónicos y programación de Inteligencia Artificial es la mejor alternativa.**



## Recolección de información

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| MQ-4 GAS sensor           | <p>Detect concentrations ranging from 200 to 10,000 ppm with high sensitivity.</p> <p>Operates with an input voltage of 5Vdc and a power consumption of less than 900mW.</p> <p>Response time is less than or equal to 10 seconds, with a load resistance of 20 K<math>\Omega</math> and a detection resistance (Rs) of 10 K<math>\Omega</math> to 60 K<math>\Omega</math> at 1000 ppm of CH<sub>4</sub>. Humidity levels of up to 95% RH and operates effectively at temperatures between -20°C and 50°C.</p> |    |
| MQ-8 Hydrogen Sensor      | <p>Input voltage of 5V DC with a quiescent current of less than 2mA</p> <p>Induction angle of no more than 15°</p> <p>Detection range of 2 cm to 450 cm.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |
| HC-SR04 ultrasonic sensor | <p>Reads from 2cm to 400cm</p> <p>Accuracy of 0.3cm</p> <p>Power supply: +5Vdc</p> <p>Quiescent Current : &lt;2mA</p> <p>Working Current: 15mA</p> <p>Effectual Angle: &lt;15°</p> <p>Res.: 0.3 cm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

## Desarrollo de Diversas formas de conexión





## RESULTADOS

Una vez cargado el biorreactor, se realizó la prueba de producción de biogás mediante el sensor de presión. Esto ocurrió a las 72 hrs. de operación

El volumen de los gases se midieron por desplazamiento de agua utilizando una probeta invertida en la que se colocó un sensor de distancia con un módulo transmisor y receptor ultrasónico compatible con Arduino Uno

Se abrieron las válvulas y se operaron los sensores de metano MQ-4 y de hidrógeno MQ-8, colocados cada uno en un contenedor herméticamente cerrado, para determinar la composición del biogás

Se realizó una calibración para convertir la distancia a volumen y emitir una señal de alerta cuando la cantidad de biogás llene el recipiente para realizar la liberación y almacenamiento del biogás

Las lecturas del sensor de gas se monitorearon a través del programa principal donde se obtienen los datos

se calculó la producción acumulada de biohidrógeno teniendo en cuenta el volumen de biogás, su composición, la carga orgánica inicial procedente del suero del queso y el valor final de DQO de la mezcla reactiva

La composición registró variaciones a lo largo del tiempo de operación, siendo la media de un 25% de hidrógeno con solo trazas de metano.

Se espera que la operación del biorreactor en modo continuo produzca mayores cantidades de biohidrógeno

## CONCLUSIONES

En la parte del software se logró obtener los resultados de lectura de cada uno de los sensores en un solo programa

Se eliminaron todas las entradas y salidas de cada sensor logrando una sola conexión al equipo de cómputo que ejecuta el código de monitoreo de datos emitidos por los sensores colocados a lo largo del proceso de producción de biogás

En la parte del hardware se desarrollaron modificaciones a los sensores, bombas peristálticas y valores de voltaje en el equipo

Este trabajo también aporta tecnología clave a la creciente comunidad de hardware de código abierto orientado a la biotecnología, cuyo progreso se ve facilitado por la capacidad de crear prototipos, electrónica de bajo coste, optoelectrónica y microcomputadoras de forma rápida.

Se creó una gráfica que monitorea en cada momento el comportamiento de los datos emitidos de cada uno de los sensores.

El procesamiento del suero a través de un reactor de bajo costo ofrece la posibilidad a las pequeñas y medianas industrias queseras de procesar sus efluentes de manera económica, al mismo tiempo que reduce considerablemente el impacto ambiental.

la obtención de biohidrógeno ofrece la posibilidad de obtener mayores ganancias para los productores ya sea por la venta de combustible o por su utilización en plantas industriales para generar electricidad o para quemarlo en calderas.

## REFERENCIAS DE INTRODUCCION

- Asunis, F., De Gioannis, G., Dessì, P., Isipato, M., Lens, P. N., Muntoni, A., ... & Spiga, D. (2020). [The dairy biorefinery: Integrating treatment processes for cheese whey valorisation](#). Journal of environmental Management, 276, 111240.
- Corona-Montiel, V., Ibarra, M. M., Moiseev, S. R., & Guevara-García, J. A. (2015). [Producción de Hidrógeno por Fermentación Oscura a Partir de Residuos Vegetales y Cascarán de Huevo como Amortiguador de pH](#). Quimica Hoy, 5(2), 1-4.
- Habib, M. A., Abdulrahman, G. A., Alquaity, A. B., & Qasem, N. A. (2024). [Hydrogen combustion, production, and applications: A review](#). Alexandria Engineering Journal, 100, 182-207.
- Oeller, M., Sormanni, P., & Vendruscolo, M. (2021). [An open-source automated PEG precipitation assay to measure the relative solubility of proteins with low material requirement](#). Scientific Reports, 11(1), 21932.
- Omelyanchik, A., Marqués, J. L., Rivas, M., Rodionova, V., Canepa, F., & Peddis, D. (2023). [A do-it-yourself approach for developing a magnetic field mapping setup using a 3D printer](#). Measurement Science and Technology, 34(10), 107001.
- Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012). [Cheese whey management: A review](#). Journal of Environmental Management, 110, 48-68.
- Qazi, A., Hussain, F., Rahim, N. A., Hardaker, G., Alghazzawi, D., Shaban, K., & Haruna, K. (2019). [Towards sustainable energy: a systematic review of renewable energy sources, technologies, and public opinions](#). IEEE access, 7, 63837-63851.

## REFERENCIAS DE INTRODUCCION

- Rojas Escobar S., Guevara García J.A., García Nieto E., Jaramillo Quintero L.P., Calvario Rivera C.I. Reducción del impacto ambiental del suero lácteo a través de la producción de biohidrógeno en la región norte de Tlaxcala, México. ID: 217. Huatulco, XL Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Oaxaca, del 7 al 10 de mayo de 2019.
- Rojas-Escobar, S., González-Contreras, B., Jaramillo-Quintero, P., Guevara-García, José Antonio. (2019). Low-cost method for quantification of hydrogen and methane in continuous flow bioreactors. Journal of Research and Development. V-5 N-16, 1-6. ISSN: 2444-4987. Journal edited by ECORFAN-Mexico, S.C. Holding Spain. (2019) and DOI: 10.35429/JRD.2019.16.5.1.6.
- Teworte, S., Malcı, K., Walls, L. E., Halim, M., & Rios-Solis, L. (2022). [Recent advances in fed-batch microscale bioreactor design](#). Biotechnology Advances, 55, 107888.
- Xie, Y., Sattari, K., Zhang, C., & Lin, J. (2023). [Toward autonomous laboratories: Convergence of artificial intelligence and experimental automation](#). Progress in Materials Science, 132, 101043.

## REFERENCIAS DE LA METODOLOGIA

- Damodaran S. (2010). [Zinc induced precipitation of milk fat globule membranes: A simple method for the preparation of at free whey protein isolate](#). J. Agric. Food. Chem. 58, 11052 – 11057.
- Mizuno, O., Dinsdale, R., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L., Noike, T., 2000. [Enhancement of hydrogen production desde glucose by nitrogen gas sparging](#). Bioresour. Technol. 73, 59–65
- Ziemann, V. (2023). A hands-on course in sensors using the Arduino and Raspberry PI (Second edition). CRC Press.

## REFERENCIAS BASICAS

Cruz-López, A., Cruz-Méndez, A., Suárez-Vázquez, S. I., Reyna-Gómez, L. M., Pecina-Chacón, D. E., & de León Gómez, H. (2024). Effect of hydraulic retention time on continuous biohydrogen production by the codigestion of brewery wastewater and cheese whey. BioEnergy Research, 17(2), 1155-1166.

Davila-Vazquez, G., Alatríste-Mondragón, F., de León-Rodríguez, A., Razo-Flores, E., 2008. Fermentative hydrogen production in batch experiments using lactose, cheese whey and glucose: influence of initial substrate concentration and pH. Int. J. Hydrogen Energy 33, 4989–4997.

Ferreira Rosa, P.R., Santos, S.C., Sakamoto, I.K., Varesche, M.B.A., Silva, E.L., 2014. Hydrogen production from cheese whey with ethanol-type fermentation: effect of hydraulic retention time on the microbial community composition. Bioresour. Technol. 161, 10–19.

Muñoz-Páez, K. M., Vargas, A., & Buitrón, G. (2023). Feedback control-based strategy applied for biohydrogen production from acid cheese whey. Waste and Biomass Valorization, 14(2), 447-460.

Osorio-González, C. S., Gómez-Falcon, N., Brar, S. K., & Ramírez, A. A. (2022). Cheese whey as a potential feedstock for producing renewable biofuels: A review. Energies, 15(18), 6828.

Ottaviano, L.M., Ramos, L.R., Botta, L.S., Amâncio Varesche, M.B., Silva, E.L., 2017. Continuous thermophilic hydrogen production from cheese whey powder solution in an anaerobic fluidized bed reactor: effect of hydraulic retention time and initial substrate concentration. Int. J. Hydrogen Energy 42, 4848–4860.



**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)