

EVALUACIÓN DEL PROCESO AVANZADO DE OXIDACIÓN FENTON COMO PRETRATAMIENTO DE LA BIOMASA DE MICROALGAS (*Chlorella sp*) EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN UN REACTOR TIPO UASB.



Karen Daniela Parada Palacios

Jovanna Acero Godoy- MSc
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Asesora Interna

Jaime Ernesto Vargas Rodriguez- cPh.D.
Universidad Antonio Nariño
Asesor Externa

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Facultad de Ciencias de la Salud
Programa Bacteriología y Laboratorio clínico
Trabajo de grado



INTRODUCCIÓN

MICROALGAS (*Chlorella sp*)



MEGAPROYECTO

Evaluación de dos pre-tratamientos sobre la biomasa de microalgas (*Chlorella sp*) para mejorar la producción de metano al procesarla en un biorreactor tipo UASB a cargo del Jaime Vargas

APLICACIONES

Biofertilizante

Industria farmacológica

Cosmetología

Industria alimentaria

Dermatología

Nutrición Humana

Producción de biocombustibles

Biomasa Algal

Ruptura Celular

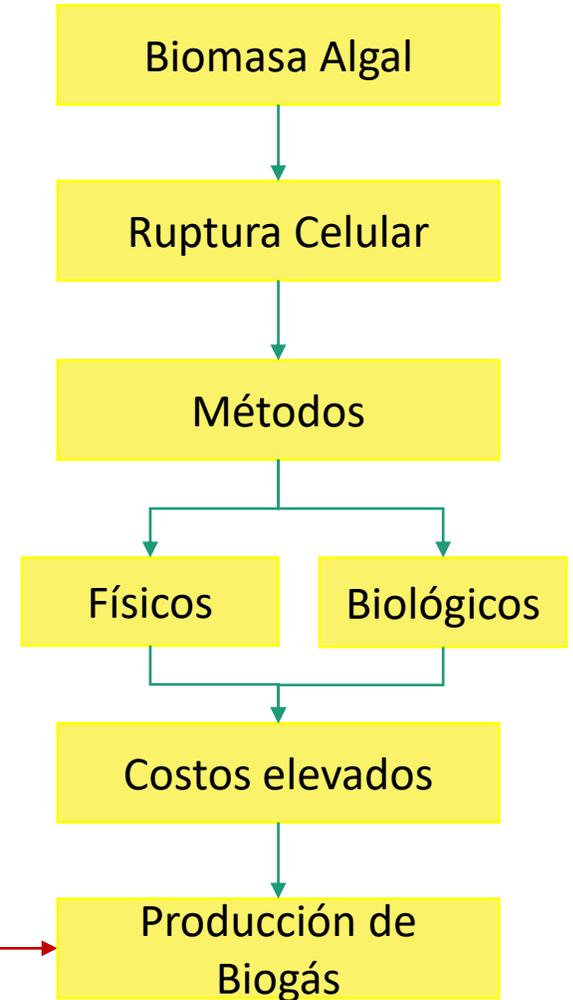
Métodos

Físicos

Biológicos

Costos elevados

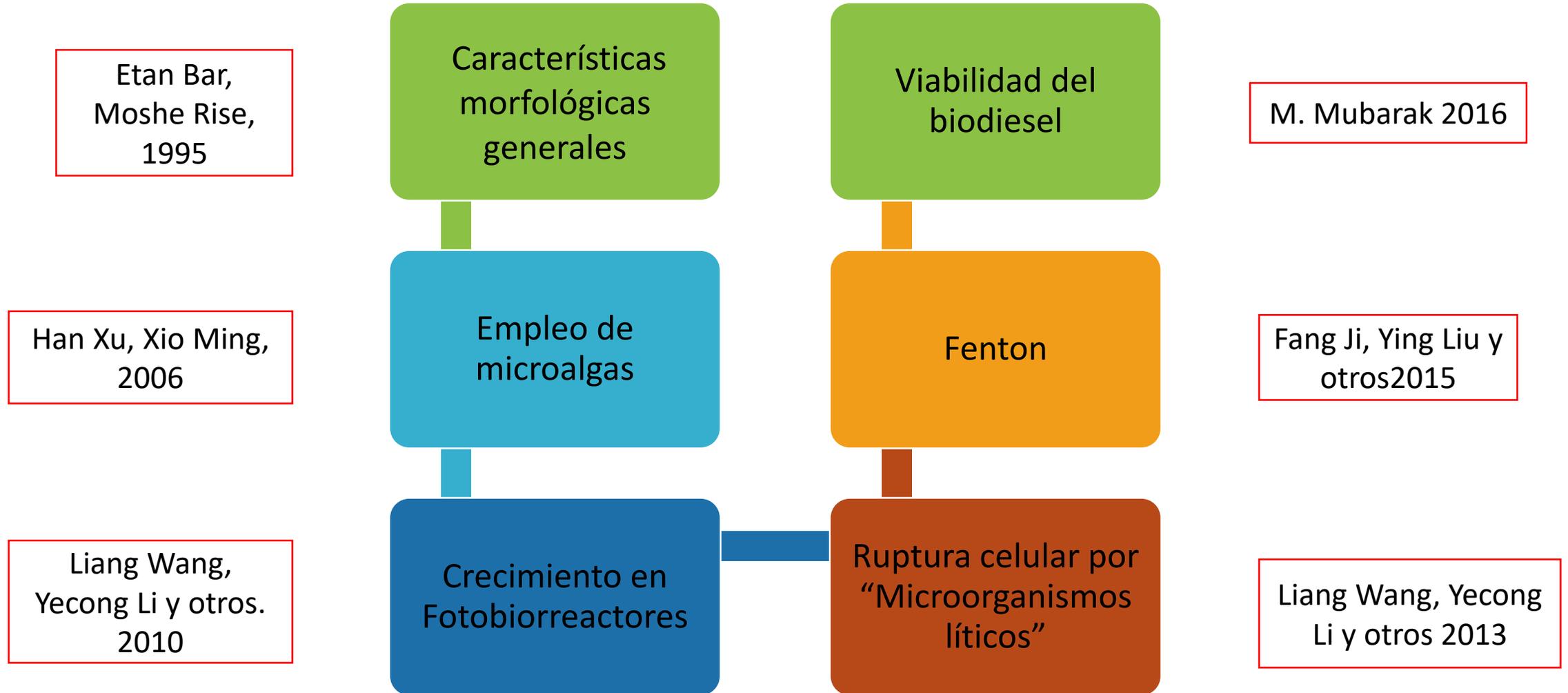
Producción de Biogás



Pregunta de investigación

¿Qué tan eficiente es la reacción Fenton como pre-tratamiento en la biomasa producida por microalgas (*Chlorella sp*), para el rompimiento de la pared celular y la liberación de los compuestos orgánicos en la producción de biogás?

ANTECEDENTES



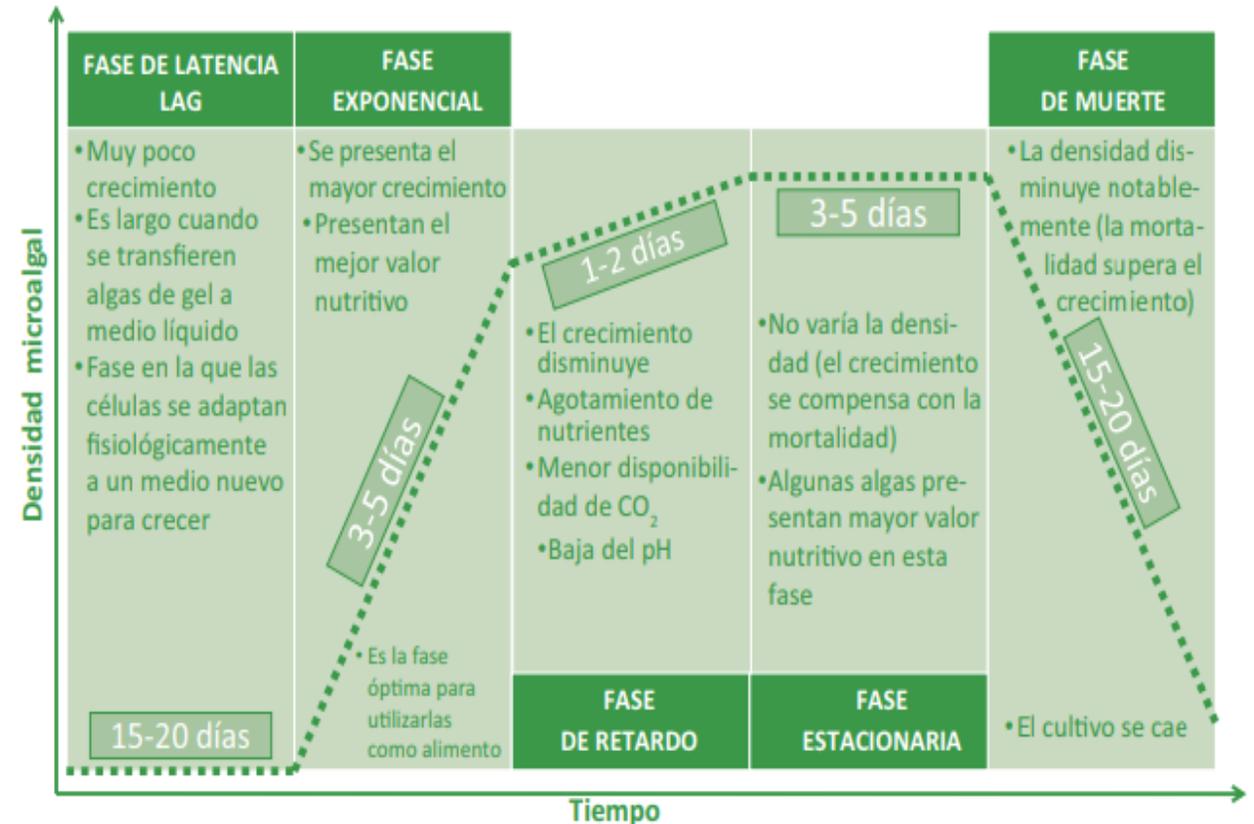
MARCO TEORICO

MICROALGAS

Chlorella sp.

TAXONOMIA
Reino: Plantae (Primoplantae)
División: Chlorophyta
Clase: Trebouxiophyceae
Orden: Chlorellales
Familia: Chlorellaceae
Género: *Chlorella sp.*

- Alga unicelular
- forma esférica, diámetro de 2 a 10 μm .
- Color verde (cloroplastos)
- Reproducción asexual (fisión, esporulación y liberación de fragmentos nucleados).
- Habita en ambientes húmedos
- Contiene cantidades de proteínas, lípidos.
- Organismo fotosintético
- Generación de oxígeno como subproducto



Chlorella sp.



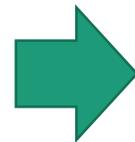
Intervienen en procesos metabólicos y reproductivos

- Nitrógeno
- Fosforo
- Azufre
- Magnesio
- Calcio
- Hierro
- Manganeso
- Cobre

Fotobiorreactor



BIOMASA ALGAL



Ruptura de la membrana celular

Físicos

Químicos

Biológicos

Proceso de oxidación avanzada Fenton

Biorreactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)

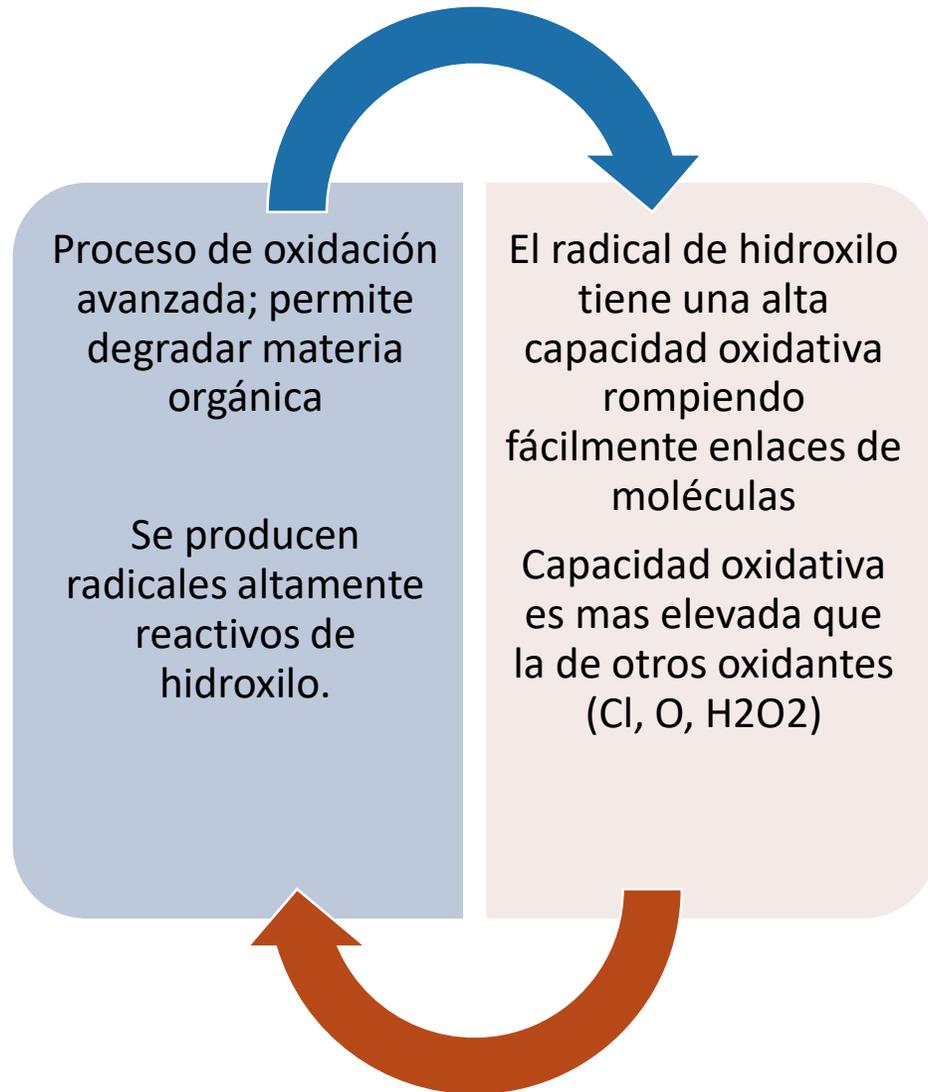
Método Bradford

Liberación de componentes orgánicos

Producción de biogás

Medioambientalmente sostenibles
Reducción en los costos de producción
Balance energético

MÉTODO FENTON



PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

- Las algas contribuyen aproximadamente la mitad de la productividad global del carbón.
- Producción de biocombustible se debe a su alto contenido de proteínas y lípidos
- Logran convertir entre el 3.0% y el 8.0 % de la energía solar en biomasa.
- Periodos de cultivo y crecimiento son muy cortos (menores a diez días).
- Adaptabilidad en zonas áridas y semiáridas.
- Pueden utilizar agua no potable y su cultivo no requiere la adición de herbicidas o pesticidas.
- Las microalgas son capaces de fijar grandes cantidades de CO_2

BIORREACTORES

Fotobiorreactor Acumulación masiva de biomasa

Variables	Reactor abierto	Reactor cerrado
Contaminación	Fácil	Difícil
Control de condiciones de operación	Difícil	Fácil
Evaporación	Si	No
Densidad celular	Baja	Alta
Condiciones climáticas	Dependientes	Independientes
Esterilización	Imposible	Posible
Costos de operación	Altos	Altos
Eficiencia de absorción de luz	Bajo	Alto
Control de temperatura	Difícil	Más uniforme

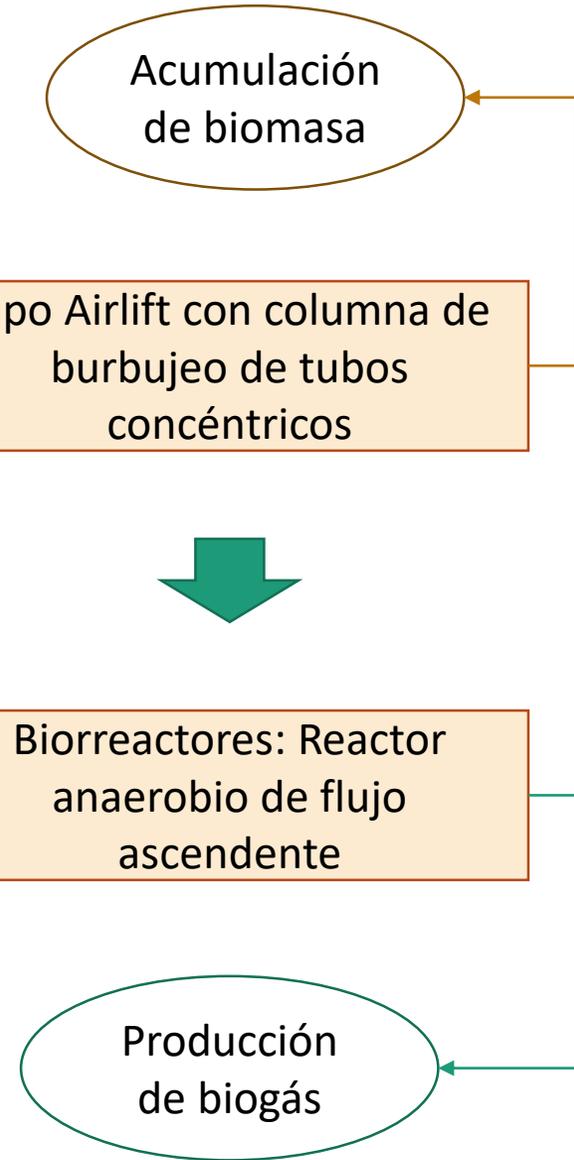
Tipo Airlift con columna de burbujeo de tubos concéntricos



Biorreactores: Reactor anaerobio de flujo ascendente

Producción de biogás

Acumulación de biomasa



OBJETIVOS

General

Evaluar el proceso de oxidación avanzada de Fenton en el pre-tratamiento de la biomasa producida por el cultivo de microalgas (*Chlorella sp*) para la posterior producción de biogás en un biorreactor tipo UASB.

Específicos

- Estandarizar y optimizar la producción de biomasa algal en fotobiorreactores a escala de laboratorio.
- Optimizar el proceso de Fenton como pretratamiento de la biomasa, garantizando la ruptura de la pared celular de las células *Chlorella sp*. con el fin de liberar los componentes orgánicos que serán empleados en la obtención del biogás.
- Analizar la producción de biogás en el biorreactor tipo UASB una vez se ha utilizado el método Fenton como pretratamiento

METODOLOGÍA

Universo: Microalgas

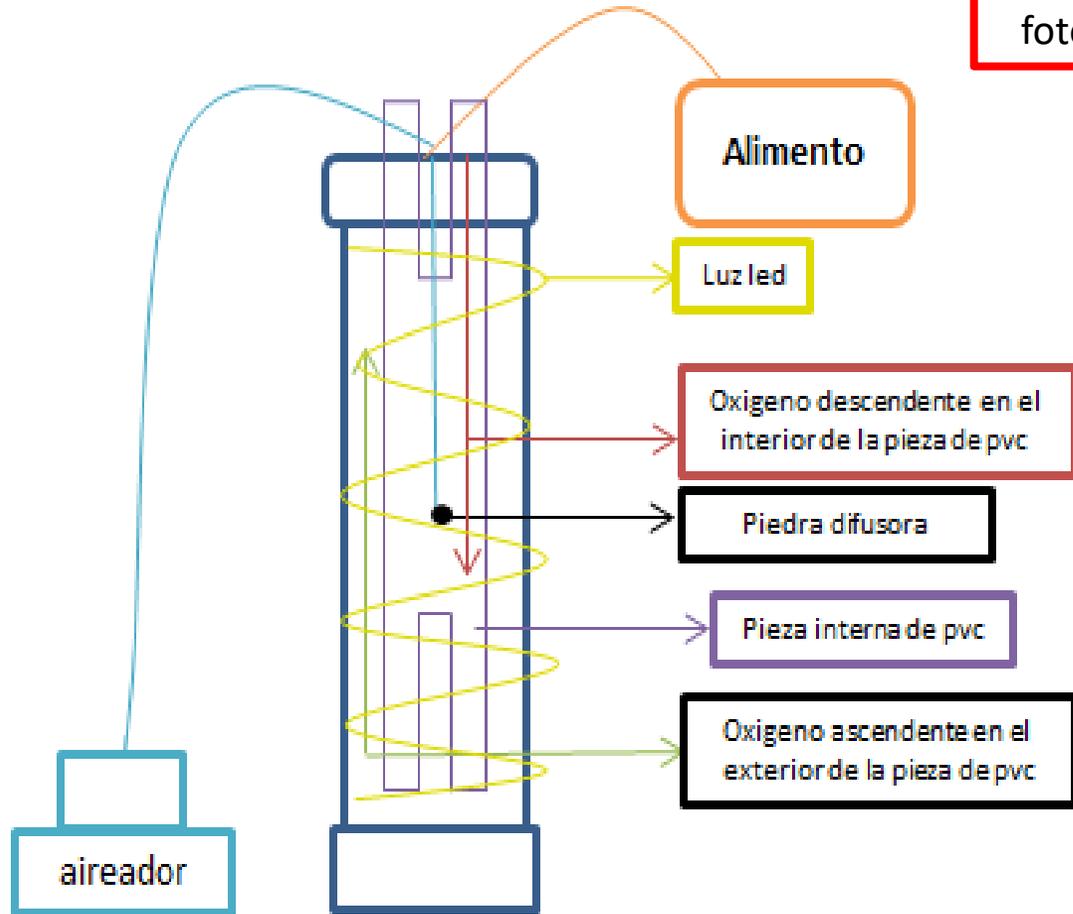
Población: Microalgas del género *Chlorella sp*

Muestra: Cultivo de Microalgas del género *Chlorella sp*, obtenidas del laboratorio de ingeniería ambiental de la universidad Antonio Nariño

Tipo de estudio: El trabajo realizado corresponde a una **investigación experimental exploratoria**; se realizó para obtener más información respecto al pretratamiento Fenton en microalgas y así posteriormente realizar investigaciones más específicas; enfocado a un **diseño explicativo** donde se identificó la alternativa para la generación de biogás a partir de microalgas; el desarrollo del estudio fue mediante el **análisis estadístico descriptivo** en donde se evaluó la producción de biogás a partir de la ruptura de la pared celular mediante el pre-tratamiento Fenton.

METODOLOGÍA

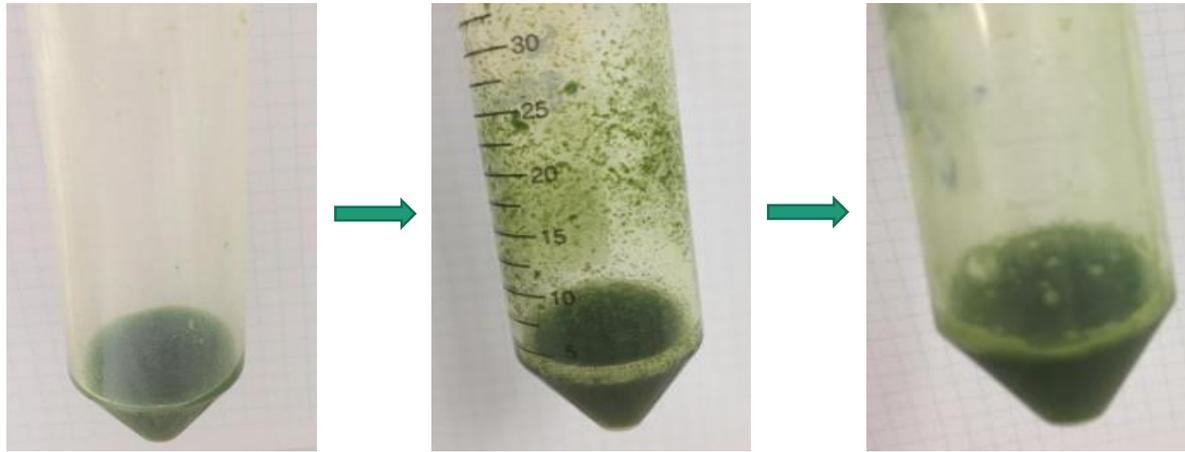
PRIMER OBJETIVO Estandarizar y optimizar la producción de biomasa algal en fotobiorreactores a escala de laboratorio



FOTOBIORREACTOR CERRADO TIPO AIRLIFT DE BURBUJEO CON TUBOS CONCÉNTRICOS



MONTAJE DEL ENSAYO FENTON



concentración del pellet de 100 ml

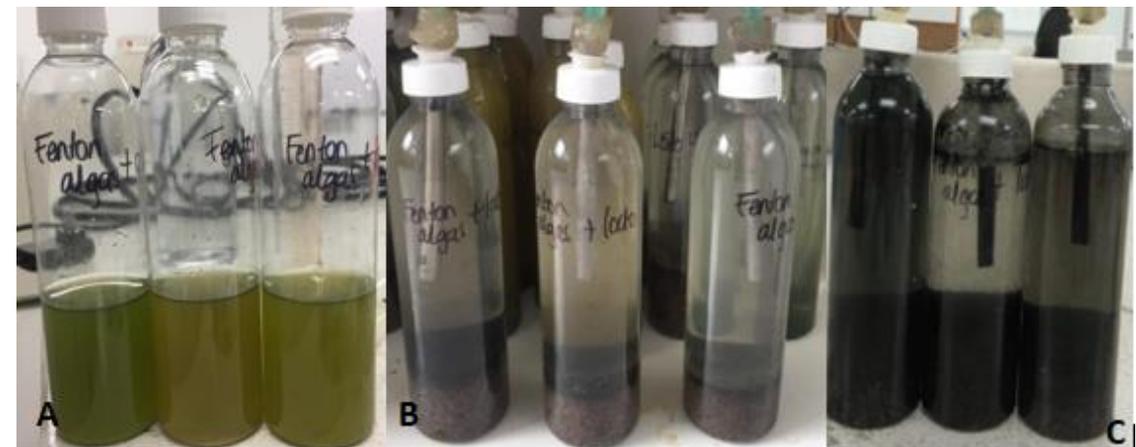
2800µl de $FeSO_4$
200µl de H_2O_2

Ruptura de la membrana Celular

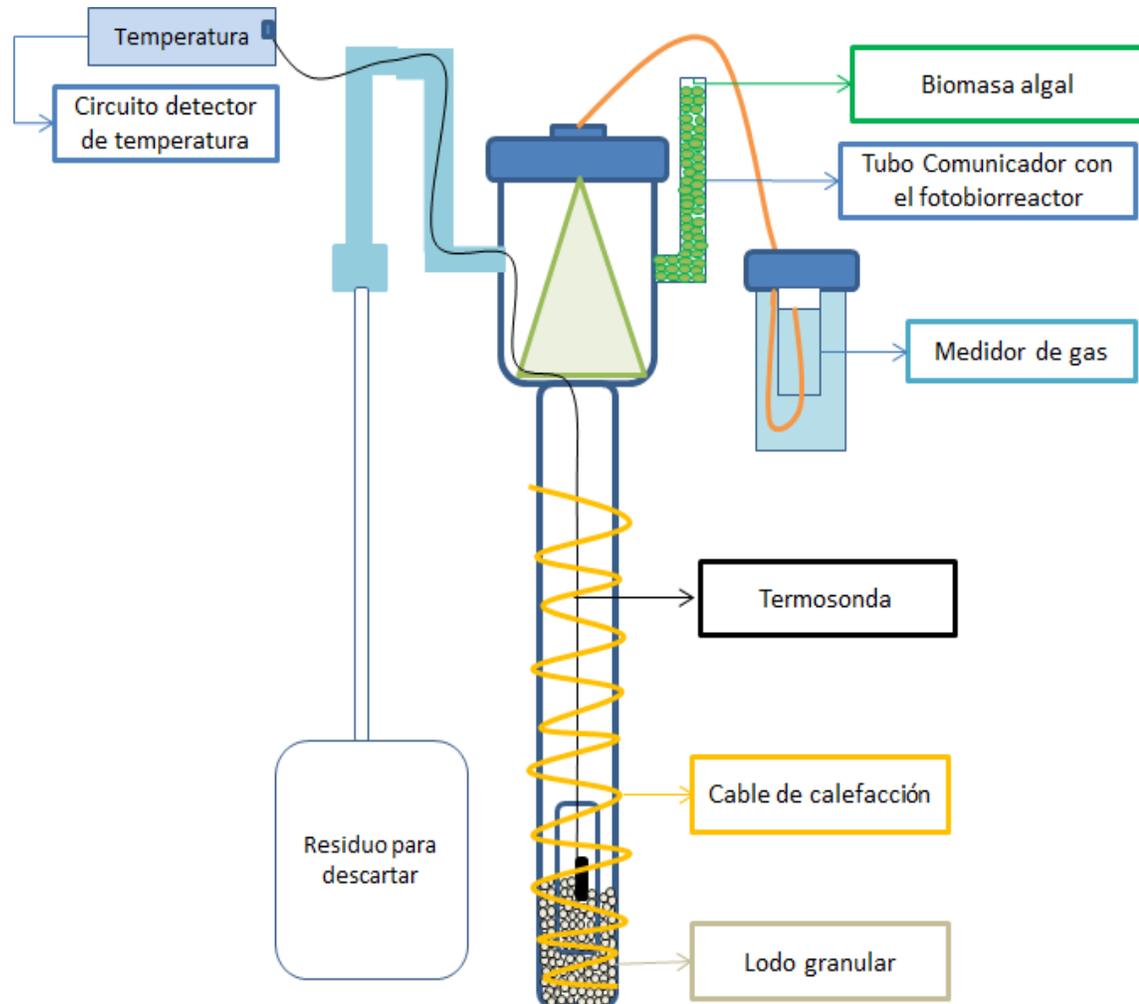
400µl de bisulfito $NaHSO_3$

Evita degradación de Proteínas

SEGUNDO OBJETIVO Optimizar el proceso de Fenton como pretratamiento de la biomasa, garantizando la ruptura de la pared celular de las células *Chlorella sp.* con el fin de liberar los componentes orgánicos que serán empleados en la obtención del biogás.



REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

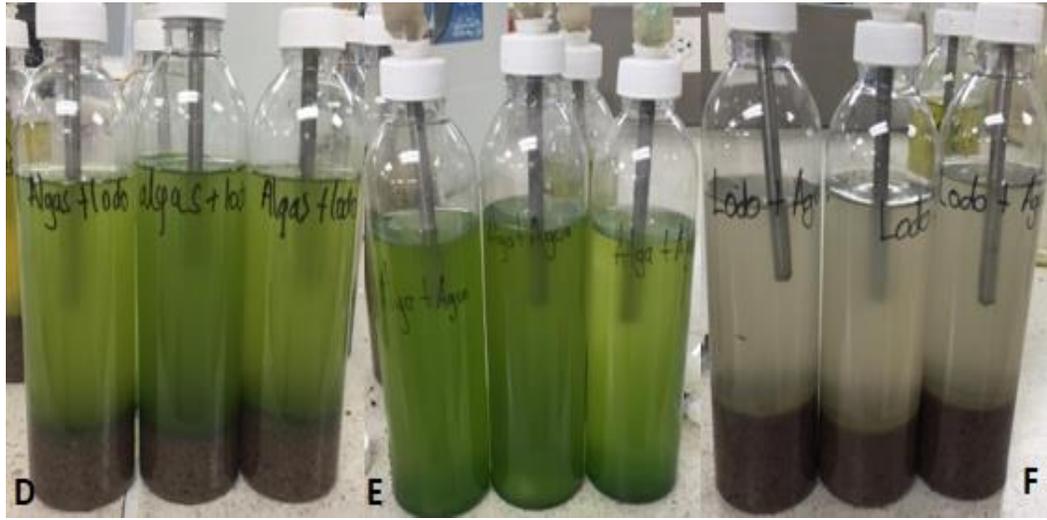


TERCER OBJETIVO Analizar la producción de biogás en el biorreactor tipo UASB una vez se ha utilizado el método Fenton como pretratamiento



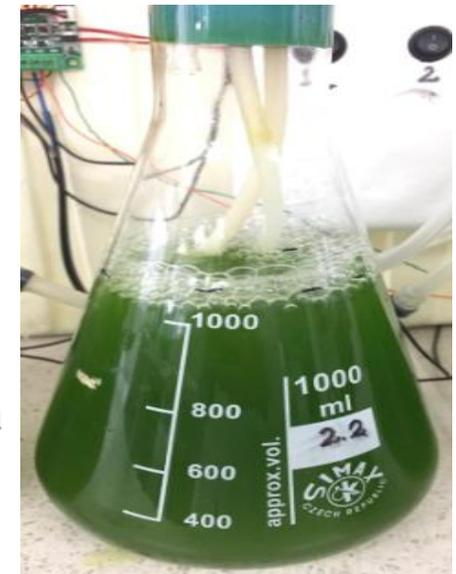
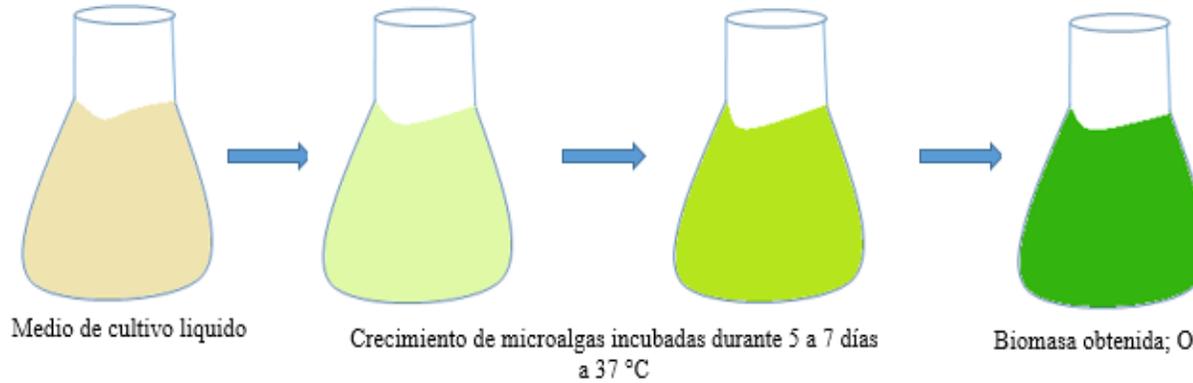
MONTAJE DE LOS ENSAYOS

CONTINUIDAD TERCER OBJETIVO

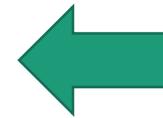


D. 100ml Algas sin tratar mas lodo granular
E. Algas sin tratar en agua destilada
F. Lodo granular en agua destilada
G y H. Ensayos montados con la jeringa, incubados a 37°C durante dos semanas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



[] Muestra de microalgas del Erlenmeyer, OD = 1	[] Agua para realizar la dilución	[] Dilución en Cámara de Neubauer	Absorbancia a 675nm
Muestra pura, tomada directamente del Erlenmeyer	0ml H ₂ O	1	1
4,5ml	1,5 ml H ₂ O	0.75	0,416
4ml	2.0ml H ₂ O	0.66	0.821
3ml	3.0ml H ₂ O	0.5	0.618
1ml	9.0ml H ₂ O	0,1	0.136



Asterio Sánchez Mirón y colaboradores. 2003. Emplearon reactores de tanque agitado continuo (CSTRs); demostraron que la producción de biomasa tuvo una eficiencia de generación superior 40% al 50%.

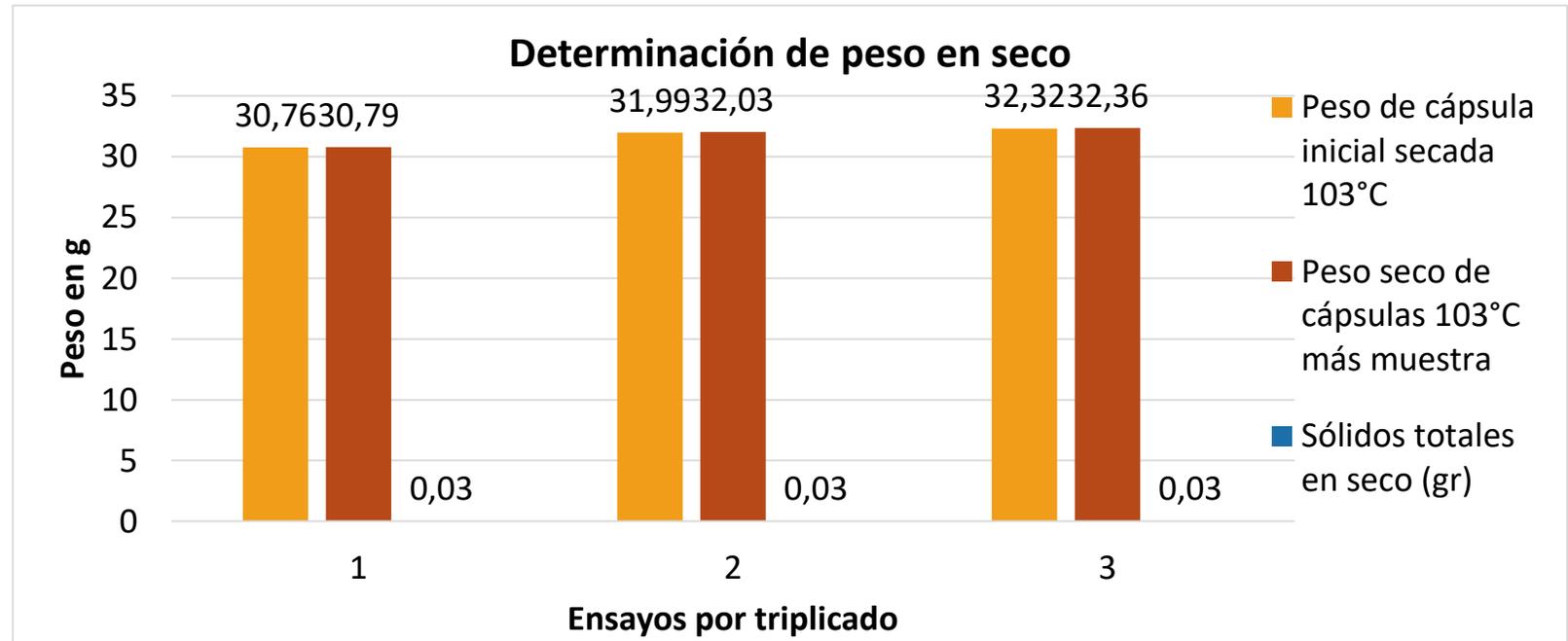
[] Dilución en Cámara de Neubauer	Células/mm ³	Coeficiente de correlación de Pearson	Absorbancia a 675nm
1,0	475,4		1
0,75	9,3		0,416
0,66	56,87		0.821
0,5	109		0.618
0,1	4,97		0.136

Peso seco en una concentración algal de 100ml corresponde ≈ 0,06g .

Muestra total (ml)	OD	Sólidos totales en seco (g)
50	1	0,0336
50		0,0356
50		0,0347
PROMEDIO	1	0,03

Si; $0 < 0,96 < 1$
 Correlación positiva Dependencia entre las dos variables, refiriéndose que cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.

Ana P. Abreu, 2012. Biomasa algal, materia prima para la producción de biocombustibles, fácil cultivo, prolífico crecimiento, baja cantidad de requerimientos nutricionales, múltiples compuestos orgánicos empleados en la producción de biogás.



DETERMINACIÓN DE RUPTURA CELULAR MEDIANTE EL ENSAYO FENTON

Muestra	\bar{X} reacción Fenton
Blanco	0
Fenton 1	0.072
Fenton 2	
Fenton 3	
BCA 1250ul (100mg/L)	0.054
BCA 5000ul (200mg/L)	0.653

1. Ruptura celular
2. Liberación de proteínas entre 100 a 200mg/L

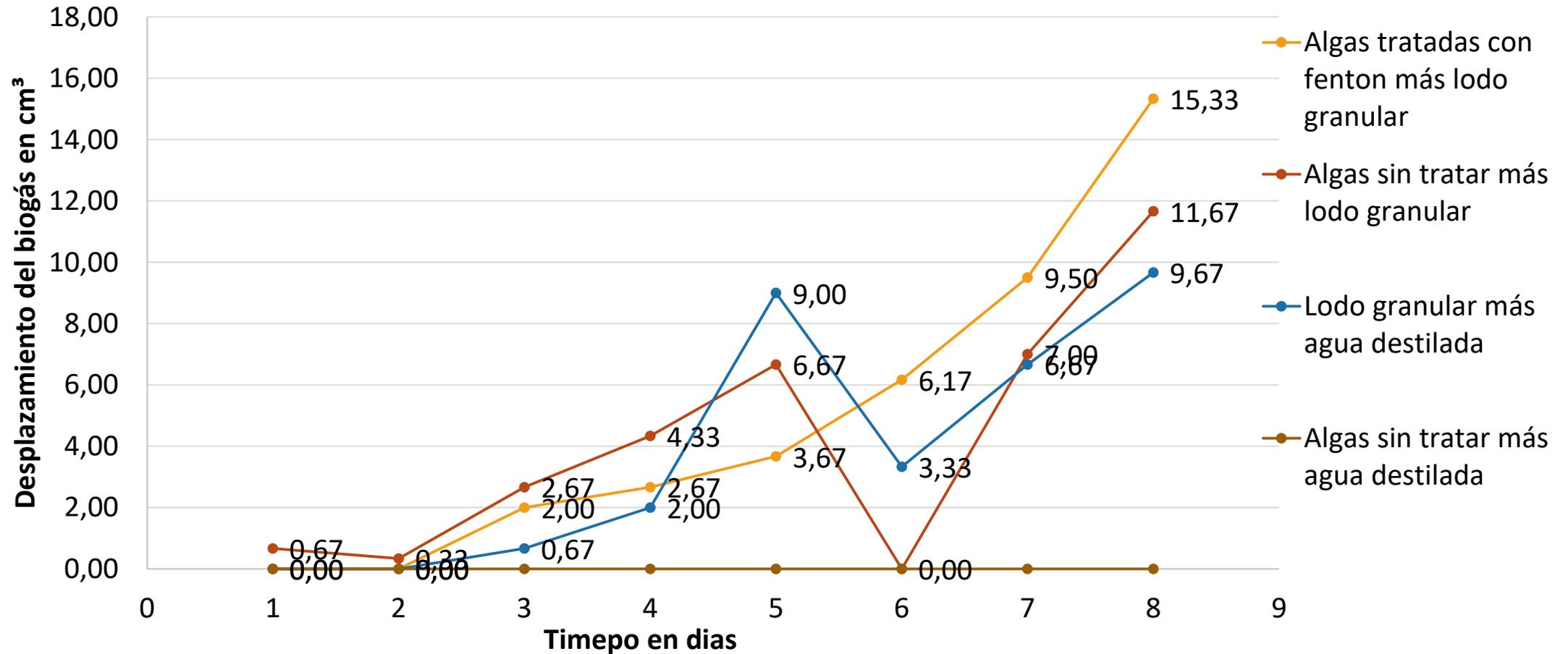


1. Algas – Fenton
2. Solución 100mg/L BCA
3. Agua destilada

M.A. Fernández de Dios y colaboradores 2014. Empleo de Fenton en aguas residuales, eliminando mediante oxidantes carga microbiológica generando baja viabilidad en la membrana celular

Desplazamiento en cm³ correspondientes a la medición de biogás

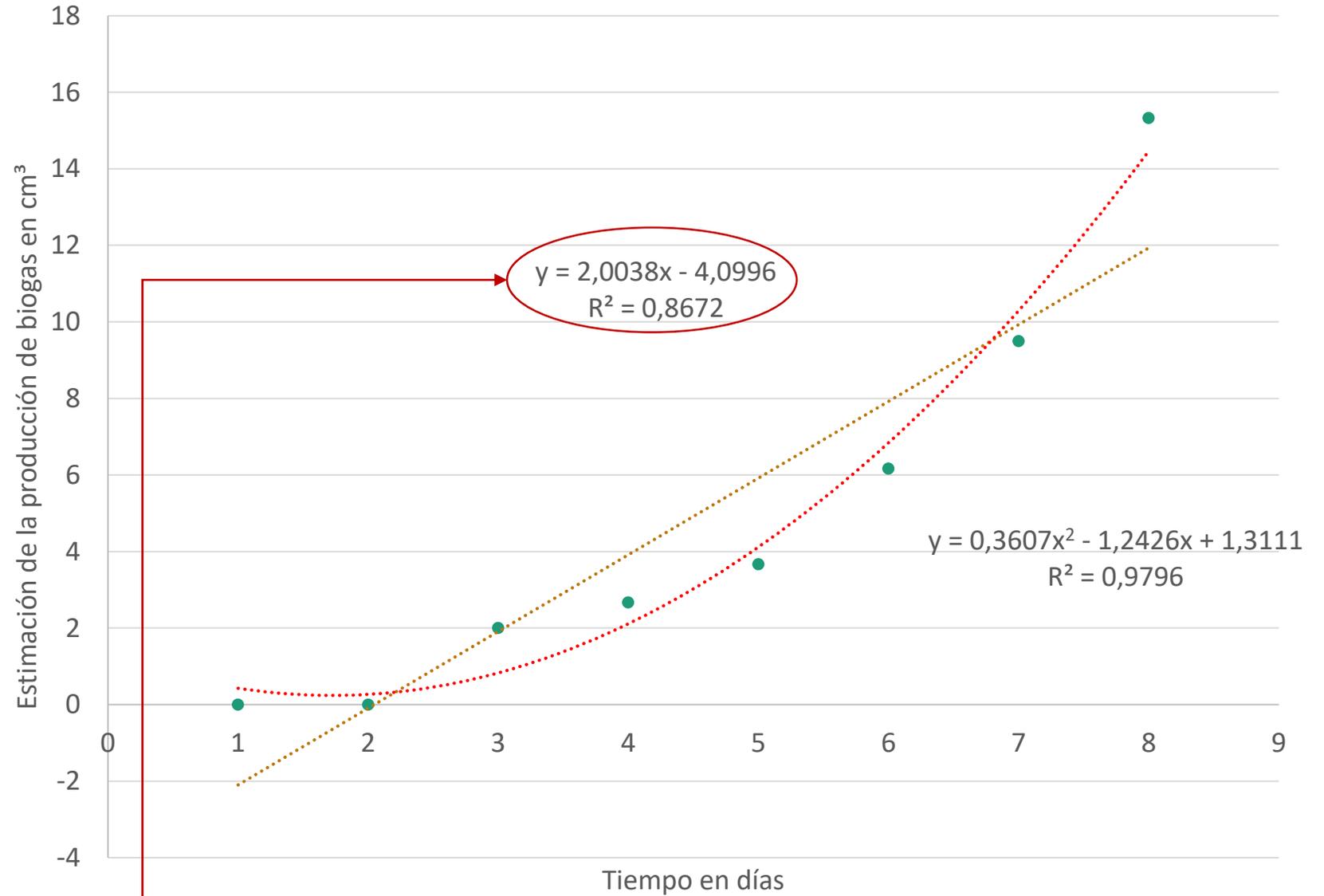
Medición de biogás



Ana P. Abreu, 2012 Destaca el empleo del reactor anaerobio de flujo ascendente como un proceso de secuestro de biogás” que garantiza la producción eficiente de una fuente de energía renovable.

PROYECCIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Tiempo en días	Tendencia Lineal cm ³	Tendencia polinómica cm ³
1	0	0
2	0	0
3	2	2
4	2,67	2,67
5	3,67	3,67
6	6,17	6,17
7	9,5	9,5
8	15,33	15,33
9	13,93	21,34
10	15,93	26,95
11	17,94	33,28
12	19,94	40,34



PRODUCCIÓN DE BIOGAS

ENSAYO	PRODUCCION DE BIOGAS (cm ³)	% PRODCCION DE BIOGAS
Algas tratadas con Fenton mas lodo granular	15,33	76,65
Algas sin tratar más lodo granular	11,67	58,35
Lodo granular más agua destilada	9,67	48,35
Algas sin tratar más agua destilada	0	0

Ana P. Abreu,2012. La concentración porcentual de biogás a partir de la biomasa algal al ser concentrada mediante la digestión anaeróbica en los biorreactores tipo UASB durante un tiempo determinado fue superior al 80%.

CONCLUSIONES

El fotobiorreactor Airlift de burbujeo concéntrico:
Estabilidad, acumulación en la biomasa OD = 1
(475,5 células/mm³)

100ml de Biomasa algal tiene
un peso seco ≈ 0,06g

Biomasa pre-tratada con Fenton trasferida al
bioreactor tipo UASB

La reacción Fenton fue evaluada
mediante el método Bradford,
indicando la liberación de proteínas
y por ende la ruptura de la pared
celular

El Fenton permite ser estandarizado
como modelo, para el diseño de
plantas a nivel industrial, que
optimicen su operación con el fin de
evitar variaciones en el sistema.

El ensayo de microalgas tratadas con Fenton mas
lodo granular obtuvo 76,65% de producción en
biogás con respecto al ensayo de microalgas sin
tratar con lodo granular y lodo granular en agua
destilada

el ensayo de las algas pre-tratadas
con Fenton mas el lodo granular
presenta un desplazamiento
mayor de producción de biogás de
3,67cm³; 5,67cm³ y 15,33cm³

Las algas tratadas con el método Fenton genera baja
viabilidad en las microalgas, permitiendo una rápida
degradación por parte de la acción anaeróbica

RECOMENDACIONES

- Evaluar mecanismos alternos para la eliminación de agentes micóticos los cuales atacan y alteran la biomasa algal
- Evidenciar el empleo del Fenton bajo concentraciones aptas las cuales garanticen la ruptura de la membrana celular en microalgas incentivando la liberación de los componentes orgánicos, y evitando la degradación de los mismos
- Evaluar el consumo mínimo de requerimientos nutricionales que orienten el diseño de biorreactores, garantizando la generación de biomasa en menor tiempo posible y la reducción de los costos

AGRADECIMIENTOS



“Mucha gente pequeña, en lugares pequeños, haciendo cosas pequeñas, puede cambiar el mundo”

Eduardo Galeano

Dios, por ser el inspirador

A mis padres *Elizabeth* y *Cesar*; a mis abuelos *Lucelida*, *Elias* y *Marta* por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años

A mi hermano *Camilo* por estar siempre presente

A *Nicolas* por siempre brindarme su cariño y amor profundo

A todas las personas que me han apoyado en especial a mis amigas *Angelica* y *Carolina* que fueron las acompañantes en esta aventura que parecía ser infinita

Bibliografía

- M.A. Fernández de Dios, O. Iglesias, E. Bocos, M. Pazos and M.A. Sanromán. Application of benthonic microbial fuel cells and electro-Fenton process to dye decolourisation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2014 January; Vol 20 págs 1-7.
- Ana P. Abreu, Bruno Fernandes, António A.Vicente, José Teixeira and Giuliano Dragone. Mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* using industrial dairy waste as organic carbon source. *Bioresource Technology*. 2012 May; Vol 117 págs 61-66.
- Fang Ji, Ying Liu y otros. Biomass production and nutrients removal by a new microalgae strain *Desmodesmus* sp. in anaerobic digestion wastewater. *Bioresource Technology*. 2014 March; Vol 161 págs 200-207.
- Ana P. Abreu y otros. Mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* using industrial dairy waste as organic carbon source. *Bioresource Technology*. 2012 May; Vol 118 págs 61-66.
- Yecong Li, Wenguang Zhou y otros. Integration of algae cultivation as biodiesel production feedstock with municipal wastewater treatment: Strains screening and significance evaluation of environmental factors. *Bioresource Technology*. 2011 September; Vol 102 págs 10861-10867.
- Jian-Ming Lv, Li-Hua Cheng, Xin-Hua Xu, Lin Zhang and Huan-Lin Chen. Enhanced lipid production of *Chlorella vulgaris* by adjustment of cultivation conditions. *Bioresource Technology*. 2010 April; Vol 101 págs 6797-6804.
- Liang Wang, Yecong Li y otros. Anaerobic digested dairy manure as a nutrient supplement for cultivation of oil-rich green microalgae *Chlorella* sp. *Bioresource Technology*. 2010 November; Vol 101 págs 2623-2628.
- E. Günerken E. D'Hondt y otros. Cell disruption for microalgae biorefineries. *Biotechnology Advances*. 2015 February; Vol 33 págs 243-260.