



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
AMBIENTALES**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN FOTOBIORREACTOR
PLANO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CONDICIONES
AMBIENTALES A PARTIR DE MICROALGAS Y SU USO POSTERIOR EN LA
INDUSTRIA ENERGÉTICA.**

ANNY MARÍA CORAL ZAMBRANO

Quito, 2 de Agosto del 2017

BIOCOMBUSTIBLE

Combustible que se obtiene a partir de Biomasa

Primarios

Secundarios

Residuos de animales,
Leña, Cáscaras de
frutos secos , Restos
de la industria del
corcho

1ra. Generación
Trigo, cebada, maíz
papas, azucares, colza,
soya, palma.

2da. Generación
cultivos basados en
almidón, madera,
hierba.

3ra. Generación
Microalgas,
Cianobacterias.

Gas de relleno
sanitario o Biogás

Biodiesel, Bioetanol.

Bioetanol, Biodiesel.

Biodiesel, Bioetanol.



TIPOS DE PRODUCCIÓN DE MICROALGAS

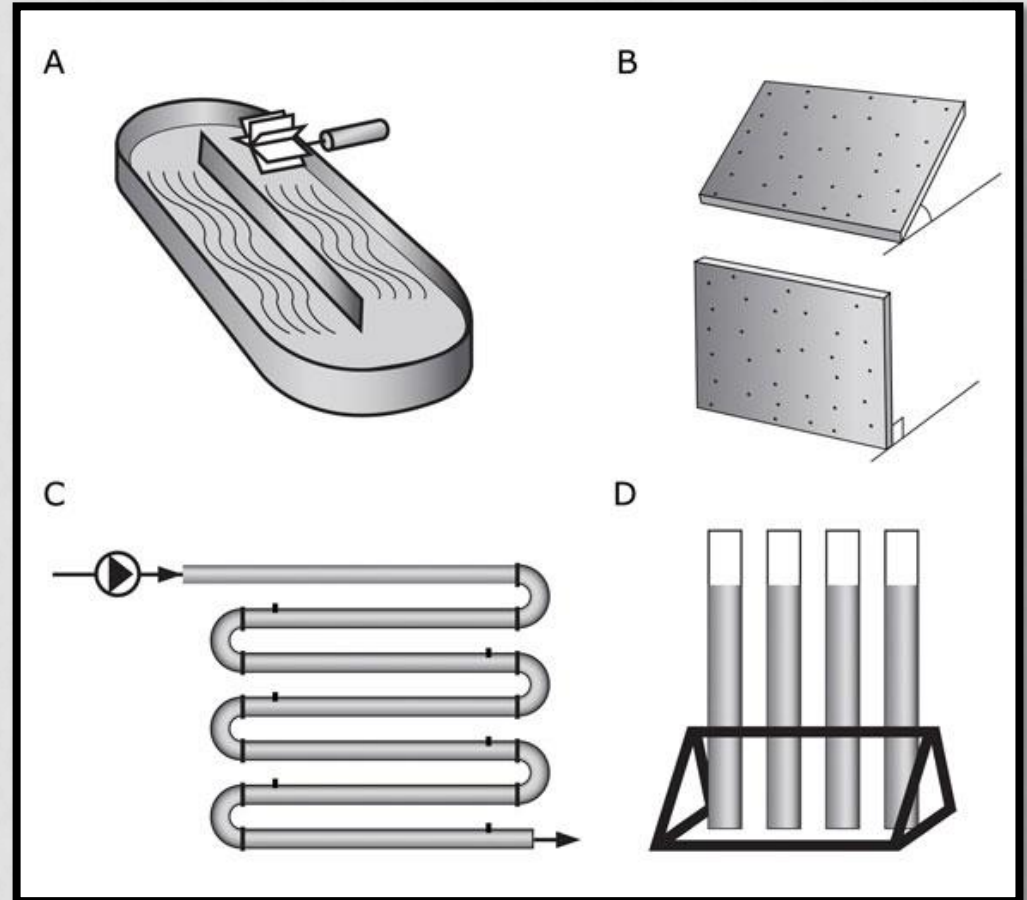
Variedad de diseños diferentes.

Se pueden separar en 2 grandes grupos. Sistemas abiertos (A) y sistemas cerrados (B, C y D).

a) cultivo tipo carrusel

b) fotobiorreactor de placas planas

c) y d) fotobiorreactores tubulares



(Hernández. A, 2014)

TIPOS DE PRODUCCIÓN DE MICROALGAS



Sistema Abierto

- Facilidad de construcción, operación, bajo coste y durabilidad.
- Perdidas por evaporación.
- Uso de grandes extensiones de terreno.
- Contaminación del cultivo.
- Tipo natural como estanques, lagos etc.



Sistema Cerrado

- Facilitan el control de variables.
- Mejor protección al cultivo.
- Costos de operación elevados.
- Se realiza en Fotobiorreactores (PBR).
- PBRs deben proporcionar determinadas condiciones.

HIPÓTESIS

“Por lo tanto al utilizar un fotobiorreactor plano, en condiciones ambientales de la ciudad Quito se producirá biomasa, se obtendrá la curva de crecimiento, y su contenido lipídico para su posible utilización en la industria energética”.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Producir Biomasa a escala piloto en un Fotobiorreactor plano en las condiciones ambientales del Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos Específicos:

- Diseñar, construir, montar y arrancar el Fotobiorreactor de placas planas.
- Obtener la curva de crecimiento del consorcio.
- Determinar las variables ambientales que promuevan el crecimiento del consorcio "*Chlorella vulgaris* 0,4% -*Monoraphidium Contortum* 99.6%".
- Cuantificar el contenido de lípidos y proteínas del consorcio.

CRITERIOS DE DISEÑO DEL FOTOBIORREACTOR

Relación superficie iluminada y volumen del cultivo (S/V)

- Incremento del (S/V) Mayor será concentración celular en el cultivo.

Transferencia de masa del gas

- Afectada por la propiedades del fluido, velocidad del gas, por la geometría y tipo de PBR

Hidrodinámica

- Genera daño celular.
- Mezcla ineficiente.

Materiales de Construcción

- Bajo coste, facilidad de instalación, durabilidad, alta transparencia y protección del cultivo.

Controles

- Temperatura, pH, Crecimiento.

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

MATERIALES

Vidrio

Aluminio

PVC

Mangueras de
silicona

Cable de acero
inoxidable

Válvula de media
vuelta

Silicona fría

Control de
Temperatura



20 Días



15 Días



DISEÑO DEL FOTOBIORREACTOR DE PLACAS PLANAS

Diseño

Largo = 0.6 m

Ancho = 0.7 m

Volumen = 60 L

Volumen Ope. = 55 L

$(S/V) = 6 \text{ m}^{-1}$

D. Burbuja = 0,0067 m

Control de temperatura=PID
REX-C100



Hidrodinámica

$T_m = 0.018 \text{ sg}$

$\varepsilon = 0,011$

$U_G = 0.007 \text{ m sg}^{-1}$

$Kla = 0,005 \text{ sg}^{-1}$

Hidrodinámica de acuerdo a Barbosa, (2003)

$T_m = 0.010 \text{ sg}$

$\varepsilon = 0,011$

$U_G = 0.007 \text{ m sg}^{-1}$

$Kla = 0,005 \text{ sg}^{-1}$

CULTIVO

Monoraphidium Contortum 99.6%

- Resistente a condiciones ambientales.
- Productora de Lípidos.

Chlorella vulgaris 0,4%

- Productora de Lípidos.
- Productora de Proteínas.



Medio Liquido BBM

Cantidad 300 ml

55 L

SEGUIMIENTO DEL CRECIMIENTO CELULAR EN EL FOTOBIORREACTOR

Periodo de cultivo 15 Días, seguimiento Diario

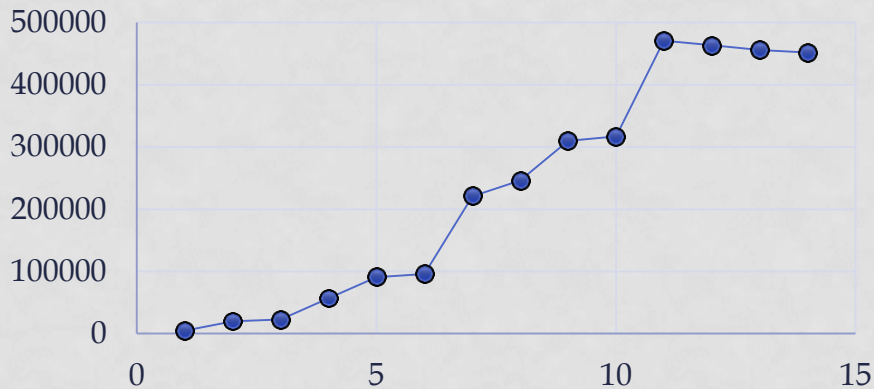
Toma de muestra 1ml en el centro y lado derecho

Medir pH, Temperatura insitu

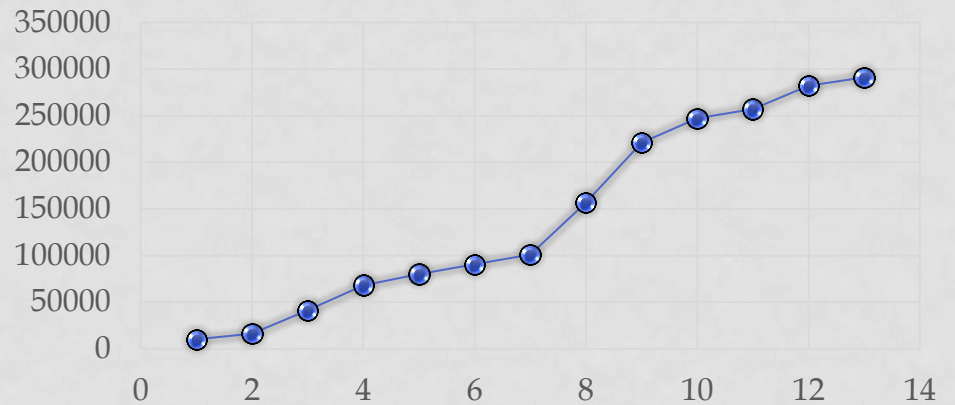
Verificar aeración

Realizar conteo celular con la Cámara de Neubauer

Curva crecimiento PBR 1



Curva de crecimiento PBR 2



OBTENCIÓN DE LA BIOMASA



Descarga del Fotobiorreactor

- Alrededor de cinco minutos
- Se coloca en un recipiente de 60 L
- pH entre 6-7, se baja con HCl al 15%.



Separación

- Se coloca 112 ml de Flocculante
- Muestras cada media hora durante 2 horas.
- Se separa el sobrenadante de la biomasa precipitada.



Secado

- Se coloca en recipientes de Aluminio
- Se lleva a la estufa durante 24 h a 105°C.



Rompimiento Celular

- Se coloca en el congelador durante 1 h a -80°C
- Se pulveriza la Biomasa

PRODUCTIVIDAD DE LA BIOMASA

PBR 1 (2 al 16 de Mayo)

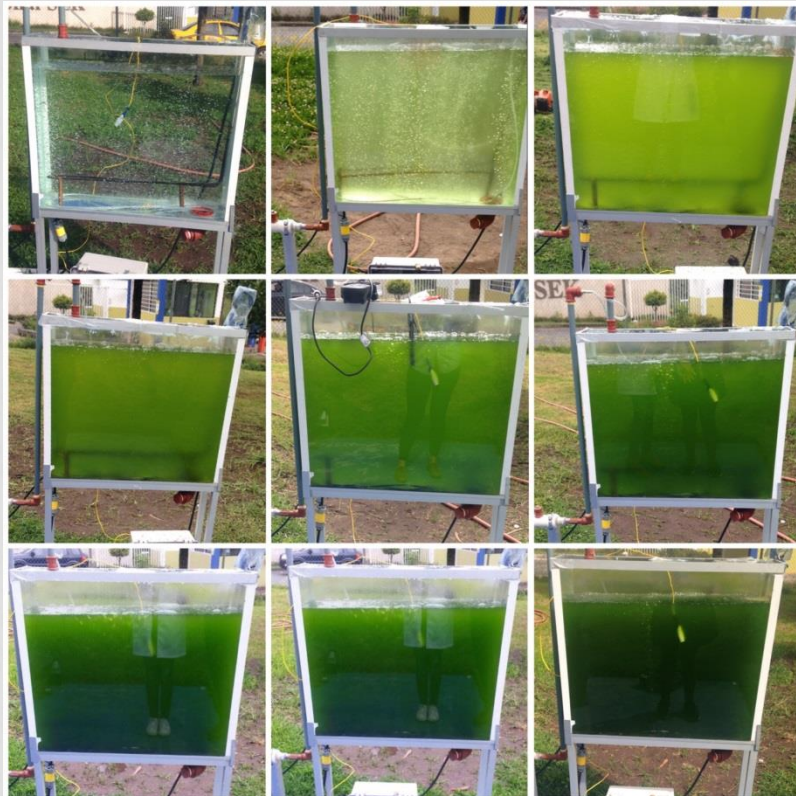
Productividad de biomasa	g/L.d	0,79
Biomasa final	g/L	12
Biomasa inicial	g/L	0,025
Tiempo inicial	D	0
Tiempo final	D	15
Tasa de crecimiento	d⁻¹	0,4

PBR 2 (23 de Mayo al 6 de Junio)

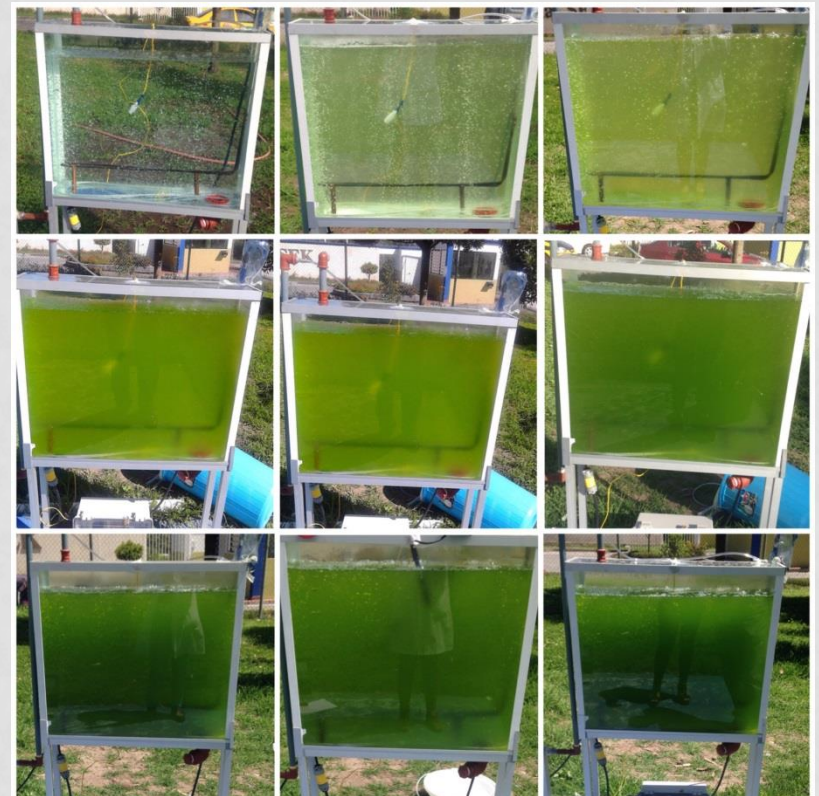
Productividad de biomasa	g/L.d	0,53
Biomasa final	g/L	8
Biomasa inicial	g/L	0,015
Tiempo inicial	D	0
Tiempo final	D	15
Tasa de crecimiento	d⁻¹	0,3

REGISTRO FOTOGRÁFICO

PBR 1 (2 al 16 de Mayo)

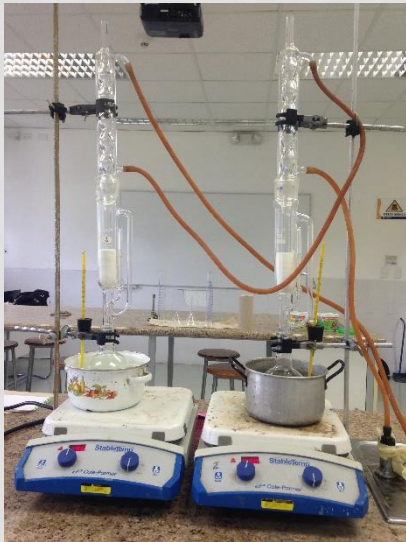


PBR 2 (23 de Mayo al 6 de Junio)



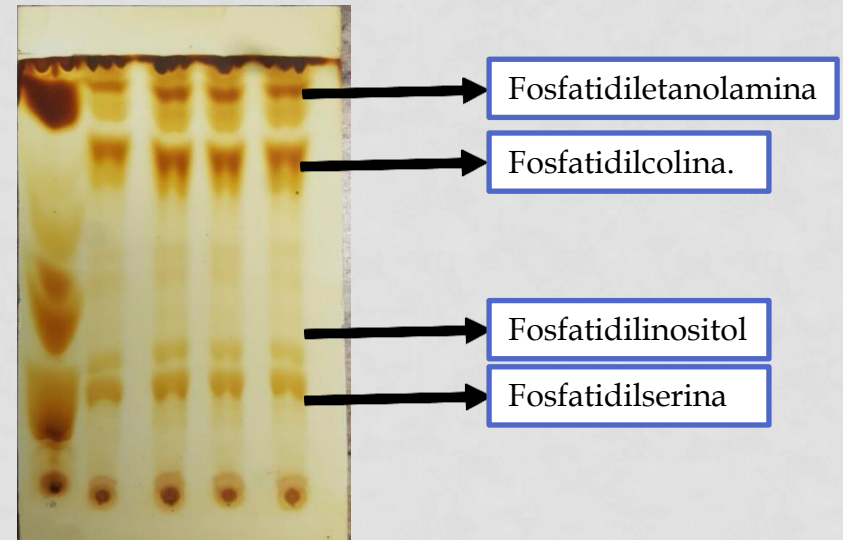
CUANTIFICACIÓN DE LÍPIDOS

Extracción de Lípidos



- Equipo Soxhlet
- 5 g Muestra
- Cloroformo-metanol
- 41% Lípidos Totales
- 29% Lípidos Totales

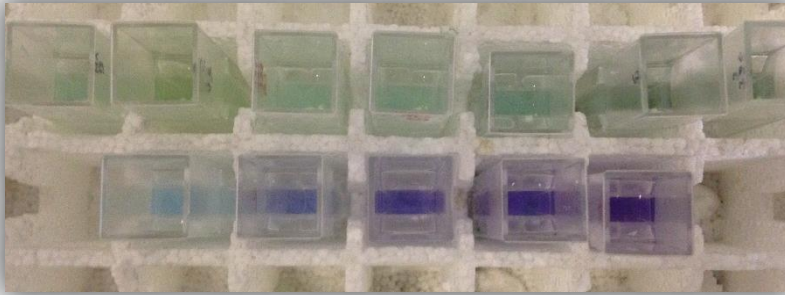
Perfil Lipídico



- Cromatografía de Capa Fina
- 100 uL Muestra
- Cloroformo-metanol
- Revelado en Yodo

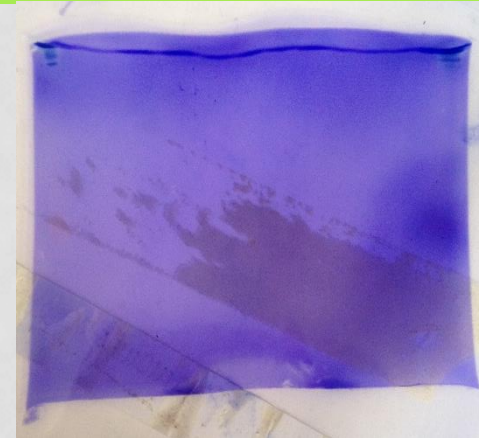
CUANTIFICACIÓN DE PROTEÍNAS

Extracción de Proteínas



- Método Biuret
- 50 mg Muestra
- sero albumina bovina (BSA)
- 1,40 % de Proteínas

Cuantificación de Proteínas



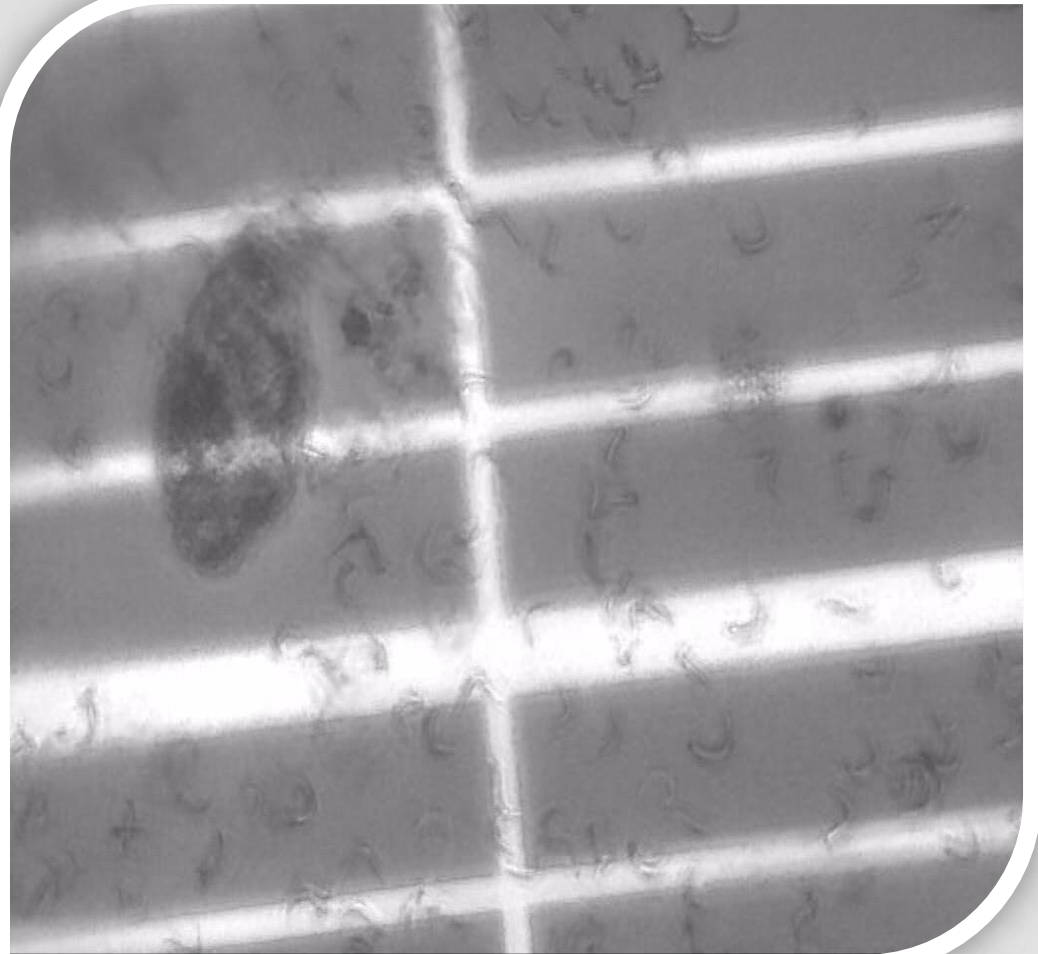
- Método Electroforesis en geles de Poliacrilamida
- 7,5 uL Muestra
- No se logró saber el peso Molecular de las Proteínas

CONTAMINACIÓN

Euglena



- Protozoo
- Heterótrofo
- Resiste altas temperaturas
- Hábitat: agua, suelo, aire



CONCLUSIONES

- El tiempo de mezcla de 0,018 m²/sg es óptimo para la difusión del CO₂ y nutrientes fueran aprovechados en cada punto del reactor promoviendo el crecimiento celular.
- La transferencia de CO₂ en el medio de cultivo afecta el crecimiento de la biomasa, los valores de su absorción fueron de 1,74% para la primera corrida y 1,172 % para la segunda corrida del reactor y su absorción fue casi nula.
- Las condiciones ambientales extremas promueven la proliferación de *Monoraphidium Contortum* .
- Las condiciones extremas inhiben el crecimiento de *Chlorella vulgaris*.

CONCLUSIONES

- Una relación superficie volumen de 6 m^{-1} afecta negativamente al crecimiento del consorcio debido a que no permite la incidencia correcta de luz para alcanzar el crecimiento celular máximo.
- El consorcio *Chlorella vulgaris* 0,4% - *Monoraphidium Contortum* 99.6% " es apto para su utilización en la industria energética.
- El perfil lipídico según el método de Cromatografía de capa fina es insuficiente para determinar triacilglicéridos, digliceridos y ácidos grasos de interés para esta investigación.
- Las cepas de *Chlorella vulgaris* 0,4% - *Monoraphidium Contortum* 99.6% " no son susceptibles de romperse utilizando el método de congelamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbosa, M. J., Albrecht, M., & Wijffels, R. H. (2003). Hydrodynamic stress and lethal events in sparged microalgae cultures. *Biotechnology and Bioengineering*, 83(1), 112–120. <https://doi.org/10.1002/bit.10657>
- Bravo, A. (2017). “CARACTERIZACIÓN DE MICROALGAS DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA Y OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CULTIVO IN VITRO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMASA; 2017. Universidad Intenacional SEK. Retrieved from file:///C:/Users/ANI PC/Downloads/ALEX BRAVO TESIS MICROALGAS.pdf
- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. (Abya-Yala, Ed.), *Igarss 2014, Universidad Politécnica Salesiana*. Cuenca: Universidad Salesiana. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Carvalho, A. P., Meireles, L. A., & Malcata, F. X. (2006). *Microalgal reactors: A review of enclosed system designs and performances*. *Biotechnology Progress* (Society fo, Vol. 22). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bp060065r>
- Galvan, I., Sierra Rangel, E., & Venegas Camelo, D. (2014). *Diseño Conceptual De Un Biorreactor Para Producir Biocombustible A Partir De Microalgas*. Universidad Popular del Cesar. Retrieved from file:///C:/Users/ANI PC/Desktop/TESIS/Fotobiorreactor/DISEÑO_CONCEPTUAL_DE_UN_BIORREACTOR_PARA.pdf
- Héctor M. Alvarez, Matías Blanco, María A. Fajardo, P. S. T. (2007). La producción de Biocombustible s con eficiencia , estabilidad y equidad. In *Xv Simposio Electronico Internacional* (pp. 1–7). Ceid. Retrieved from http://www.ceid.edu.ar/biblioteca/biocombustibles/isabel_albarracin_microalgas_potenciales_productoras.pdf
- Hernández, A., & Labbé, J. I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Biología Marina Y Oceanografía*, 49(2), 157–173. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001>
- Huntley, M. E., & Redalje, D. G. (2007). CO2 mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: A new appraisal. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(4), 573–608. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-7304-1>
- Martínez García, L. (2012). *Eliminación de CO2 con microalgas autóctonas*. Universidad de Leòn. <https://doi.org/226>
- Posten, C. (2009). Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 165–177. <https://doi.org/10.1002/elsc.200900003>
- Ramírez, L. G., Queiroz Zepka, L., & Jacob-Lopes, E. (2013). Fotobiorreactor: Herramienta para cultivo de cianobacterias. *Ciencia Y Tecnología*, 6(2), 9–19. <https://doi.org/ISSN 1390-4043>
- Ramos, P., Rodríguez, A., Miranda, Y. S., Cárdenas, L. M. Z. de, Ones, O. P., Milán, A. H., ... Lombardi, A. T. (2015). Obtención de biomasa de microalga *Chlorella vulgaris* en un banco de prueba de fotobiorreactores de columna de burbujeo. *AFINIDAD*, 73(574), 125–129. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/312011/402106>

GRACIAS