



**Title:** Estudio de la evolución de C:N:Chl en microalgas verdes considerando la irradiación solar a través de un modelo dinámico

**Authors:** GUZMÁN-PALOMINO, Abraham, AGUILERA-VÁZQUEZ, Luciano, GARCÍA-VITE, Pedro Martin y MENDOZA-MARTÍNEZ, Ana María.

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-015

BCIERMMI Classification (2019): 241019-0015

Pages: 14

RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 | 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

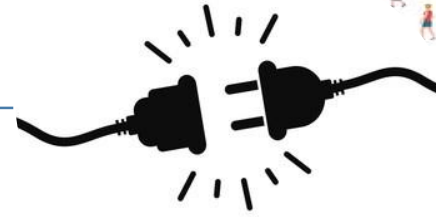
# Contenido

1. Introducción
2. Objetivo General
3. Metodología
4. Resultados
5. Conclusiones
6. Agradecimientos

# Introducción: Problema Actual



Incremento de población mundial.



Demanda energética



Combustibles fósiles



Contaminación atmosférica

# Introducción: Alternativas



Laguna “El conejo” Altamira, Tamaulipas.  
Fuente: Elaboración propia



Obtención de  
biomasa



Reducción  
de los GEI



Control y  
simulación  
matemática

# Objetivo General

El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución dinámica de los cocientes de Glutamina- Carbono (G:C), Nitrógeno-Carbono (N:C), Clorofila-Carbono (Chl:C) y el crecimiento de biomasa (C) en microalgas verdes a través de un modelo mecanicista que responda a cambios de la irradiancia (DFF) y disponibilidad de nutrientes como Amonio (A) y Nitrógeno (N) utilizando herramientas de modelado matemático para simular fenómenos como la fotoaclimatación e interacciones multinutriente en dichos organismos.

# Metodología

INICIO

Selección de modelos  
dinámicos

Personalización de  
componentes mecanicistas  
para microalgas verdes

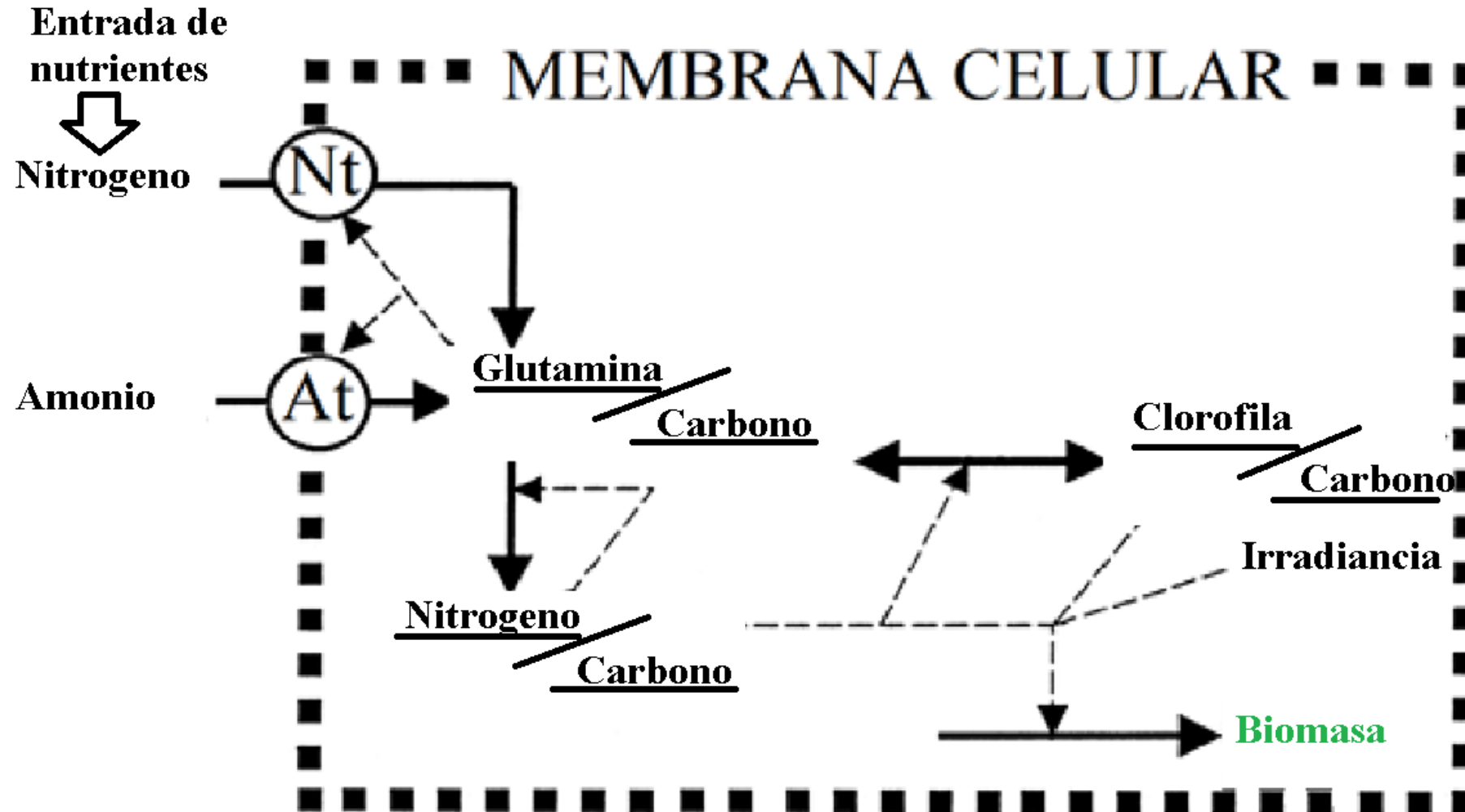
Selección de los  
parámetros auxiliares  
y constantes

Codificación del modelo en  
GNU® Octave, versión 4.4.1

Resolución numérica del modelo con  
la función la LSODE (Livermore Solver  
for ODEs) y representación gráfica de  
resultados con el uso de Python®  
3.7.1.

FIN

# Esquema de la estructura del modelo dinámico



**Figura 1** Esquema de la estructura del modelo dinámico que muestra los principales flujos dentro y fuera de las variables de estado y de los parámetros externos (nutrientes e irradiancia, DFF). Fuente: *Elaboración propia basada en* (Kevin J. Flynn, 2001a)

# Principales Variables del modelo

$$At = \{(AmG - GC) > 0\} \cdot Atq \cdot \frac{A}{A + Akt} \cdot \frac{\left(1 - \frac{GC}{AmG}\right)^4}{\left(1 - \frac{GC}{AmG}\right)^4 + AhG}$$

$$Nt = \left( \frac{\{GC < NmG1\} \cdot Ntq \cdot N}{N + Nkt} \cdot \frac{\left(1 - \frac{GC}{NmG1}\right)^4}{\left(1 - \frac{GC}{NmG1}\right)^4 + NhG} \right) + \left( \frac{\{GC < NmG2\} \cdot 10 \cdot Ntq \cdot N}{N + 200 + Nkt} \cdot \frac{\left(1 - \frac{GC}{NmG2}\right)^4}{\left(1 - \frac{GC}{NmG2}\right)^4 + NhG} \right)$$

Transporte Nutritivo de Amonio y Nitrógeno

$$\frac{d}{dt} \cdot GC = At + Nt - 2 \cdot Um \cdot NCm \cdot NCu \cdot \left(2 - \frac{NC - NC_0}{NCm - NC_0}\right) \cdot \frac{(1 + AAmG) \cdot GC}{GC + AAmG} \cdot CAAs - GC \cdot C\mu \longrightarrow \text{g Glutamina / g Carbono}$$

$$\frac{d}{dt} \cdot NC = Um \cdot NCm \cdot NC\mu \cdot \left(2 - \frac{NC - NC_0}{NCm - NC_0}\right) \cdot \frac{(1 + AAmG) \cdot GC}{GC + AAmG} \cdot CAAs - NC \cdot C\mu \longrightarrow \text{g Nitrógeno / g Carbono}$$

$$\frac{d}{dt} \cdot ChlC = ChlCm \cdot NC\mu \cdot M \cdot Um \cdot CAAs \cdot \left(1 - \frac{PS}{Pqm}\right) \cdot \frac{\left(1 - \frac{ChlC}{ChlCm}\right)}{\left(1 - \frac{ChlC}{ChlCm}\right) + 0.05} - ChlC \cdot (C\mu + (1 - NC\mu)) \cdot Um$$

$$\frac{d}{dt} \cdot C = C \cdot C\mu \longrightarrow \text{Biomasa } \mu\text{g de Carbono /L}$$

g Clorofila / g Carbono

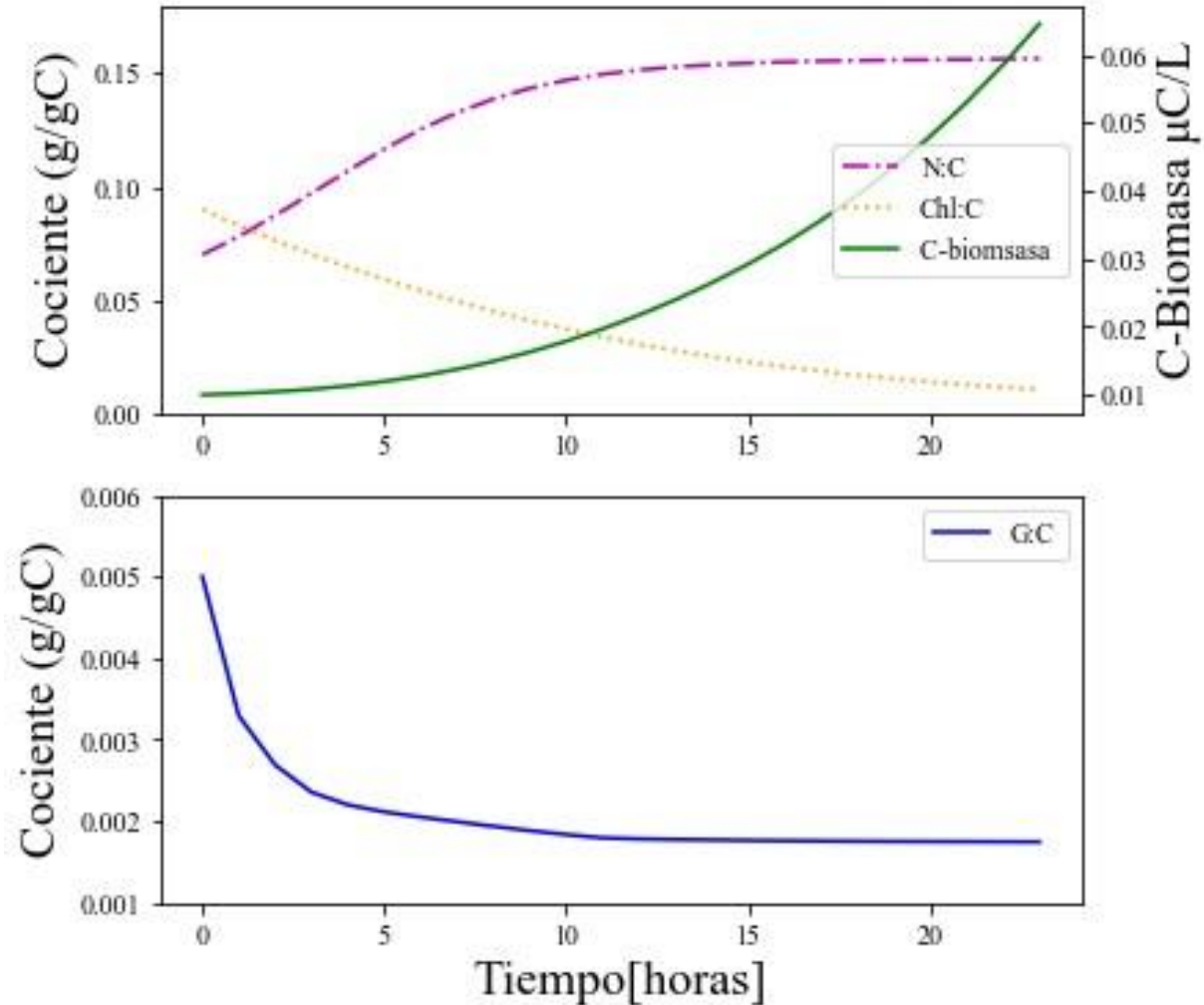


# Escenarios de Simulación

Escenario	Parámetros externos		
	Nitrógeno $\mu\text{gNl}^{-1}$	Amonio $\mu\text{gNl}^{-1}$	Irradiancia $\mu\text{molm}^{-2}\text{d}^{-1}$
<b>1</b>	10	10	1000
<b>2</b>	10	10	0
<b>3</b>	1	1	1000

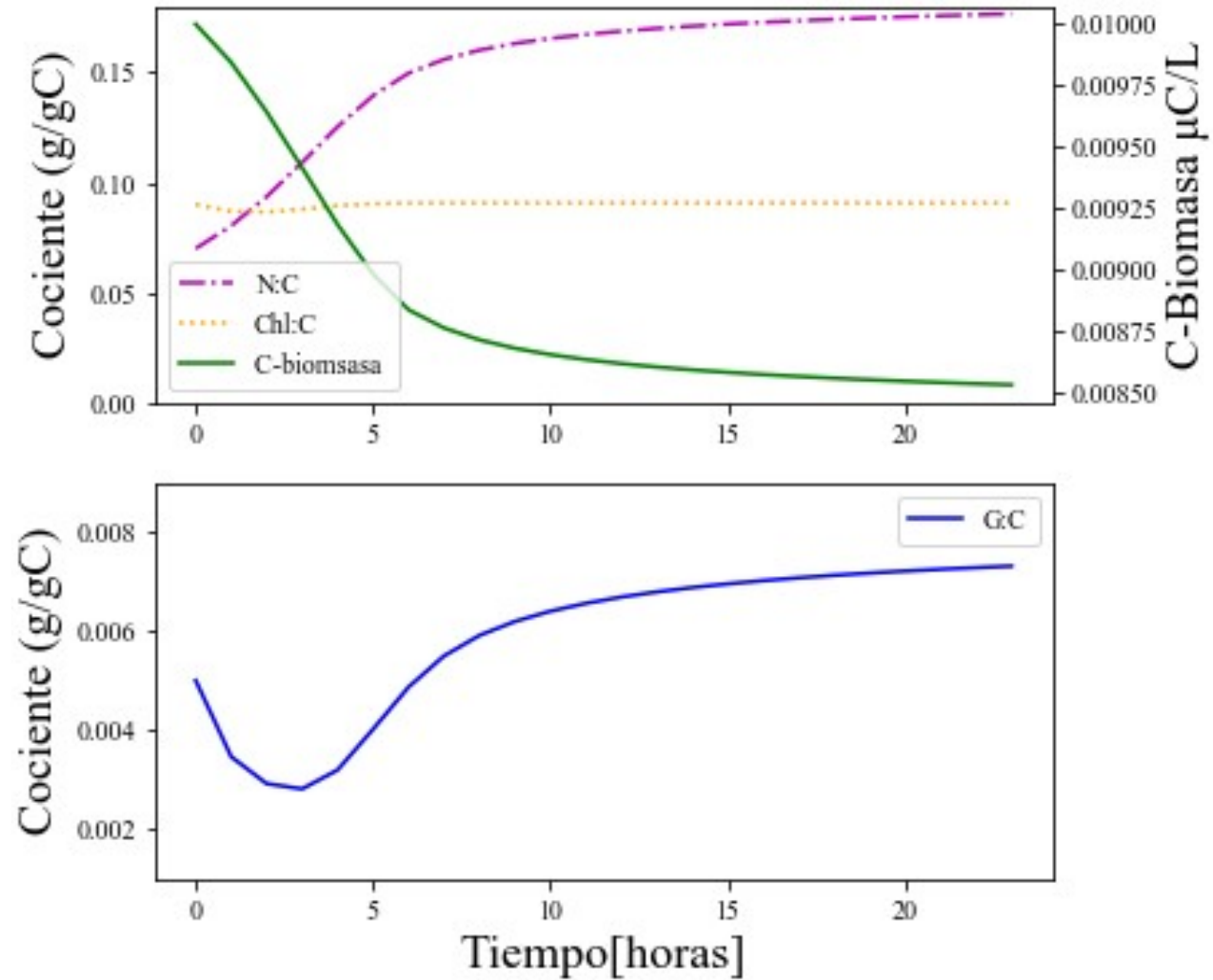
**Tabla 1** Valores de los parámetros externos A, N y DFF colocados en cada escenario de simulación.

# Resultados de la simulación 1. Fase luminosa



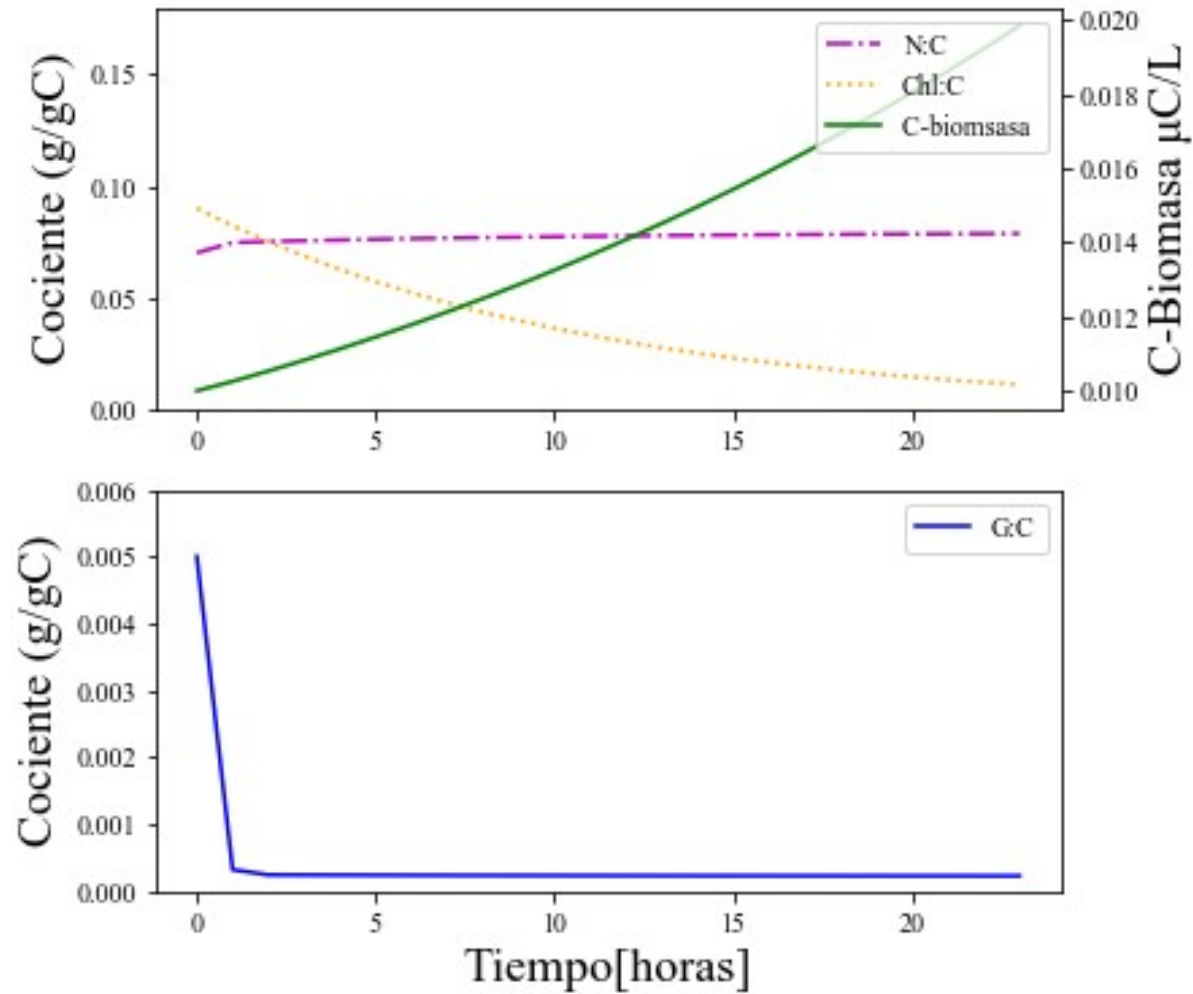
**Gráfico 1** Evolución dinámica de N:C, Chl:C, G:C y C-biomasa en un periodo de 24 horas. *Escenario de simulación 1.*  
*Fuente: Elaboración propia en Python<sup>®</sup> 3.7.1.*

# Resultados de la simulación 2. Fase oscura



**Gráfico 2** Evolución dinámica de N:C, Chl:C, G:C y C-biomasa en un periodo de 24 horas. *Escenario de simulación 2. Fuente: Elaboración propia en Python<sup>®</sup> 3.7.1.*

# Resultados de la simulación 3. Fase luminosa y limitada de nutrientes



**Gráfico 3** Evolución dinámica de N:C, Chl:C, G:C y C-biomasa en un periodo de 24 horas. *Escenario de simulación 3. Fuente: Elaboración propia en Python® 3.7.1.*

# Conclusiones

Se encontró que el modelo mecanicista propuesto es capaz de simular la evolución dinámica de los cocientes de Glutamina- Carbono (G:C), Nitrógeno-Carbono (N:C), Clorofila-Carbono (Chl:C) y el crecimiento de biomasa (C) en microalgas verdes. El modelo responde a cambios de la irradiancia (DFF) y disponibilidad de nutrientes como Amonio (A) y Nitrógeno (N) con las herramientas de modelado matemático utilizadas y muestra coherencia con planteamientos teóricos revisados en la literatura.

# Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico de Ciudad Madero por todos los apoyos y servicios prestados por mis profesores para la realización de este trabajo.

Así mismo a CONACYT por la beca otorgada durante mis estudios de doctorado.



# Referencias

1. Caperon, J. (1967). Population Growth in Micro-Organisms Limited by Food Supply. *Ecology*, 48(5), 715–722. <https://doi.org/10.2307/1933728>
2. Davidson, K. (1996). Modelling microbial food webs. *Marine Ecology Progress Series*, 145(1–3), 279–296. <https://doi.org/10.3354/meps145279>
3. Finkel, Z. V., Beardall, J., Flynn, K. J., Quigg, A., Rees, T. A. V., & Raven, J. A. (2010). Phytoplankton in a changing world: Cell size and elemental stoichiometry. *Journal of Plankton Research*, 32(1), 119–137. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbp098>
4. Flynn, K., & Butler, I. (2007). Nitrogen sources for the growth of marine microalgae: role of dissolved free amino acids. *Marine Ecology Progress Series*, 34(December 1986), 281–304. <https://doi.org/10.3354/meps034281>
5. Flynn, K. J. (1997). Modelling the interactions between ammonium and nitrate. *Philosophical Transactions B*, 352.
6. Flynn, Kevin J. (2001a). A mechanistic model for describing dynamic multi-nutrient, light, temperature interactions in phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 23, 977–997. Retrieved from <http://www.swan.ac.uk/biosci/>
7. Flynn, Kevin J. (2001b). Temperature Interactions in Phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 23(9), 977–997. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2010.10.005>
8. Flynn, Kevin J. (2013). Do we need complex mechanistic models for photoacclimation phytoplankton?. *Journal of Theoretical Biology*, 304, 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.JTBI.2012.03.021>
9. García-Camacho, F., Sánchez-Mirón, A., Molina-Grima, E., Camacho-Rubio, F., & Merchuck, J. C. (2012). A mechanistic model of photosynthesis in microalgae including photoacclimation dynamics. *Journal of Theoretical Biology*, 304, 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.JTBI.2012.03.021>
10. Hindmarsh, A. C. (1982). Toward a Systematized Collection of Ode Solvers. *Engineering Journal*, 27(2), 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2005.08.017>
11. Jeon, Y. C., Cho, C. W., & Yun, Y. S. (2005). Measurement of microalgal photosynthetic activity depending on light intensity and quality. *Biochemical Engineering Journal*, 27(2), 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2005.08.017>
12. Kenny, P., & Flynn, K. J. (2014). In silico optimization for production of biomass and biofuel feedstocks from microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 27(1), 33–48. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0342-2>
13. Lehmuskero, A., Chauton, M. S., & Boström, T. (2018). Light and photosynthetic microalgae: A review of cellular- and molecular-scale optical processes. *Progress in Oceanography*. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.09.002>
14. Lopez Ponte, W. M. (2019). Evaluación de dos especies de microalgas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes de aguas residuales de la PTAR taboada del callao, Perú. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
15. ts into algae factories of the future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(September 2016), 643–654. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.024>
16. Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S. A., Lee, K., & Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(March 2017), 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.034>
17. Shuba, E. S., & Kifle, D. (2018). Microalgae to biofuels: ‘Promising’ alternative and renewable energy, review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(April 2016), 743–755. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.042>



**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)