



U n i v e r s i d a d d e C o n c e p c i ó n

**Dirección de Posgrado
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Departamento de Oceanografía
Magíster en Ciencias con mención en Oceanografía**

**"Fijación biológica de óxido nítrico en los giros subtropicales del océano
Pacífico (30°N-35°S) y en tres especies de cianobacterias diazótroficas
cultivadas"**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias con mención en Oceanografía

**SANDRA CAROLINA SANHUEZA GUEVARA
CONCEPCION-CHILE
2014**

Profesor Guía: Dra. Laura Farías
Departamento de Oceanografía
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción

RESUMEN

“Fijación biológica de óxido nitroso en los giros subtropicales del océano Pacífico (35°N-30°S) y un estudio de tres especies de cianobacterias diazótroficas cultivadas”

Sandra Sanhueza-Guevara. 2014. Profesor Guía: Dra. Laura Farías

Programa Magíster en ciencias con mención en Oceanografía. UdeC.

En el océano existen extensas regiones donde el Nitrógeno (N) es el elemento limitante para productividad biológica. Este es el caso de los grandes giros subtropicales, que representan hasta un 40% de la superficie del océano mundial, y donde la Fijación Biológica de N₂ (FBN₂) es fundamental en el ingreso de N nuevo al sistema. Estudios recientes demuestran que los micro-organismos que fijan N₂O “diazótrofos”, usan también el N₂O como sustrato, el cual por su menor estabilidad molecular podría tener mayor afinidad con la enzima Nitrogenasa, implicando un menor costo energético. El uso de N₂O en la FBN₂ tendría un efecto mitigador sobre el Calentamiento Global, al ser un importante gas de efecto invernadero de propiedades ozonolíticas con un poder radiativo hasta 300 veces superior al del CO₂.

Se cuantificaron las tasas de fijación de N₂ y N₂O, usando trazadores isotópicos de ¹⁵N, en los giros subtropicales del Pacífico Norte y Sur (35°N-30°S), y en tres profundidades representativas de la capa fótica. Además, se estimaron flujos de N₂O a través de la interface océano-atmosfera y los inventarios de NID y N₂O con el objeto de evaluar la contribución relativa de la FBN₂O y FBN₂, como fuentes de N nuevo a la capa superficial. Además, se determinó la FBN₂O en tres cianobacterias diazótroficas cultivadas, dos de ellas presentes también en los giros subtropicales (*Trichodesmium* IMS 101, *Crocospaera* WH 8501) y en *Anabaena* PCC 7120; además en una cianobacteria no diazótrofa cultivada (*Synechocystis* PCC 6803) y una cepa mutada en su gen *hetR* no pudiendo diferenciar heterocistos, perdiendo con esto su capacidad fijadora de N (*Anabaena* PCC 7120 *hetR*) con el fin de estudiar sus respuestas fisiológicas y la actividad de la enzima Nitrogenasa frente a la disponibilidad de N₂O.

Los resultados indican que la FBN_2O fue mayor en el Giro subtropical del Pacífico Norte (GSPN), con una tasa promedio de $5.14 \pm 0.74 \text{ nmol L}^{-1}\text{d}^{-1}$. Esto podría relacionarse con la mayor biomasa fotosintética y con la predominancia de la cianobacteria diazótropa filamentosa *Trichodesmium* sp en esa zona, según estudios previos. En el Giro Subtropical del Pacífico Sur (GSPS), la tasa promedio de FBN_2O fue $1.66 \pm 0.55 \text{ nmol L}^{-1}\text{d}^{-1}$ lo que podría estar asociada a la menor biomasa fotosintética y a la mayor dominancia del micro-organismos unicelulares diazotrofos como *Crocospaera* sp. Estas tasas fueron además mayores en superficie en ambos giros (por encima del máximo primario de clorofila) y en la base de la capa fótica (ca. 200 m con porcentaje de luz $< 0.1\%$), donde posiblemente la FBN_2O sea realizada por diazótrofos heterótrofos (actividad ya reportada en esas profundidades).

Los tiempos de recambio del inventario de N_2O superficial con respecto a la FBN_2O varían de 3 a 44 días, encontrándose los mayores valores en el GSPS respecto al GSPN. El intercambio de este gas a través de la interface mar-atmósfera fluctuó entre -1.30 y $19.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ en los giros, mientras que en la zona de convergencia intertropical llega a $28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$, indicando que la zona se comporta como una fuente leve de este gas hacia la atmosfera, con algunas excepciones de entrada hacia las aguas superficiales (flujo negativo). El tiempo de recambio de este proceso con respecto al inventario de N_2O en la capa de mezcla varió 42 días y 121 años, siendo un orden de magnitud mayor que la FBN_2O y situándose como un segundo proceso de importancia en la remoción de este gas en el sistema.

Los resultados en cultivos, indican una alta actividad de FBN_2O , donde la cepa unicelular cultivada *Crocospaera* WH 8501, presentó las mayores tasas de FBN_2O ($408.90 \pm 94 \text{ nmol L}^{-1} \text{d}^{-1}$) con respecto a las cepas multicelulares como *Trichodesmium* IMS101 ($192.32 \pm 19.2 \text{ nmol L}^{-1}\text{d}^{-1}$) y *Anabaena* PCC 7120 wt ($180.6 \pm 35.1 \text{ nmol L}^{-1}$). *Synechocystis* PCC 6809 y la mutante de *Anabaena* PCC 7120 para el gen *hetR* no presentaron enriquecimiento isotópico con respecto a la señal natural de la materia orgánica, por lo tanto se concluye que no fijan N_2O , y que es la enzima Nitrogenasa es la que realiza ambos procesos de fijación (N_2 y N_2O).

Estos resultados sugieren que a pesar de las diferentes estrategias metabólicas o morfológicas que poseen los diazótrofos, no siempre el tamaño ni ciertas ventajas estructurales son las de mayor relevancia para sus actividades diazótrofas. El que microorganismos unicelulares hayan presentado las mayores tasas de FBN_2O con respecto a las cepas

multicelulares abre nuevas interrogantes en relación a este proceso, quedando sin abordar los factores ambientales que controlan este mecanismo. Además, se indican la importancia y ubicuidad de la FBN_2O en sistemas marinos naturales, pudiendo contribuir en la entrada de N nuevo al sistema y al consumo asimilativo de N_2O .

