



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas  
Programa de Doctorado en Oceanografía

**Estudio de la oxidación de nitrito frente a Chile central: efectos de la radiación solar y la estructura de la comunidad nitrificante**

Héctor Armando Levipan Colil  
Tesis para optar al grado de Doctor en Oceanografía  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2014

Profesora Guía: Dra. Camila Fernández Ibáñez  
Profesor Co-Guía: Dr. Renato Quiñones  
Bergeret Departamento de Oceanografía  
Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas  
Universidad de Concepción

## Resumen

Estudio de la oxidación de nitrito frente a Chile central: efectos de la radiación solar y la estructura de la comunidad nitrificante

Héctor Armando Levipan Colil  
Programa de Doctorado en Oceanografía  
Universidad de Concepción, 2014

Dra. Camila Fernández Ibáñez, Profesora Guía  
Dr. Renato Quiñones Bergeret, Profesor Co-Guía

Introducción-problema: La zona fótica representa la porción de la columna de agua influenciada directamente por la radiación solar. En esta Tesis Doctoral se considera su extensión hasta la profundidad correspondiente al 1 % del total de la radiación incidente. Aunque variable a nivel global, la capa fótica puede extenderse hasta los 200 m en el océano oligotrófico de los giros centrales. Considerando su máxima profundidad y la profundidad promedio del océano (ca. 3682 m) esta porción representa solo un 5.4 % del océano mundial. Sin embargo, contiene casi la mitad de la producción primaria global (la otra mitad en ambiente terrestre) y representaría el segundo pulmón del planeta después del bioma amazónico. Por lo tanto, dada su enorme importancia biogeoquímica, el estudio de las interacciones entre las forzantes ambientales (e.g. radiación solar) y los procesos microbianos debiese ser de alta prioridad. Esta Tesis analizó la diversidad microbiana en la capa fótica y el impacto de la radiación solar sobre su estructura y actividad. Se puso especial énfasis en los ensamblajes nitrificantes responsables de la nitrificación quimiolitotrófica; un proceso biogeoquímico que hasta hace pocas décadas se creía irrelevante en superficie y confinado a la base de la zona fótica y al océano profundo. Metodología: Este estudio se realizó en la estación 18 de la serie de tiempo del COPAS la cual está situada en el área de surgencia costera estacional frente a Concepción (~36° S). Se estudiaron periodos contrastantes mediante el análisis de muestras de agua de mar colectadas en condiciones favorables (Sep. a Dic. de 2011, y Feb. y Sep. de 2012) y desfavorables (May., Jul. y Ago. de 2011 y Ago. de 2012) a la surgencia. Las muestras fueron destinadas a los siguientes procedimientos v

analíticos: (1) extracción de ADN y ARN, (2) pirosecuenciación-tag-454 de genes de ARNr 16S procarionte, (3) retro-transcripción acoplada a PCR cuantitativo (RT-qPCR) de genes de ARNr 16S y *amoA* procarionte, (4) incorporación de  $^{15}\text{N}$  y tasas de oxidación de amonio y nitrito. Resultados: Los resultados indican que todos los grupos nitrificantes evaluados estuvieron activos en la capa fótica. Por otro lado, la oxidación del amonio por arqueas (AOA) tuvo un rol central en comparación a las menos abundantes bacterias oxidantes de amonio (BOA). Las bacterias oxidantes de nitrito (BON) fueron representadas sólo por miembros del género *Nitrospina*, los que alcanzaron hasta el 5 % de las secuencias bacterianas totales del gen de ARNr 16S recuperadas por pirosecuenciación a 80 m de profundidad. Este ensamble estuvo conformado por 11 y 7 unidades taxonómicas operacionales (OTUs con 97 % de identidad) en invierno y verano, respectivamente. Algunos OTUs se relacionaron filogenéticamente a ribotipos de otros ecosistemas de surgencia similares, ambientes sedimentarios y del océano profundo. Aunque la pirosecuenciación sólo permitió la detección de bacterias del tipo *Nitrospina* solo entre los 30 y 80 m de profundidad, la detección específica por qPCR y RT-qPCR indicó su presencia en toda la columna de agua, con un aumento en abundancia y riqueza en función de la profundidad. Por otro lado, las razones ARNr: ADNr 16S de bacterias *Nitrospina* menos abundantes de la zona fótica (> 30 m) durante verano indican una mayor actividad por célula en comparación a los OTUs más abundantes del ambiente profundo afótico y pobre en oxígeno. Los resultados también indican que la radiación solar no impacta uniformemente a los microorganismos nitrificantes en la zona fótica. Las BON fueron más tolerantes a la radiación solar en comparación a los organismos oxidantes de amonio (OOA) en base a la cuantificación del gen del ARNr 16S y tasas de oxidación de nitrito. Dentro de OOA, *Nitrosopumilus maritimus* (la especie cultivadas de AOA más abundante del océano mundial) fue más fotosensible que las BOA. Un porcentaje importante (83 %) de la variabilidad estacional en la diversidad microbiana activa en la capa fótica estuvo determinada por variables ambientales tales como nitrato y fosfato. En general, los grupos dominantes mostraron incrementos de abundancia durante primavera y verano, pero con diferencias estacionales para taxa menores dentro de estos grupos predominantes. Sin embargo, los resultados también sugieren que grupos raros (< 0.31 % de las secuencias totales), insensibles a la radiación solar y más abundantes en otoño-invierno, tuvieron un rol central en la comunidad microbiana de la zona fótica. Conclusiones: la comunidad microbiana en la capa fótica es diversa y contiene microorganismos nitrificantes

con diferentes fotosensibilidades, indicando que la nitrificación en la zona fótica es catalizada por ensambles nitrificantes metabólicamente diversos y una mayor tolerancia a la radiación para las bacterias del tipo *Nitrospina* (la única BON detectada en esta localidad) y la arquea AOA del ecotipo A. Por lo tanto, los resultados de esta Tesis motivan el desarrollo de nuevas hipótesis relacionadas a la fotoinhibición a fin de explicar los desacoples observados entre la oxidación de amonio y nitrito cuando este último se acumula en la columna de agua, y especialmente para aquellos sistemas marinos donde los miembros del género *Nitrospina* son las principales BON.

**Palabras clave:** nitrificación quimiolitotrófica / *Nitrospina* / zona fótica / fotosensibilidad / radiación solar

