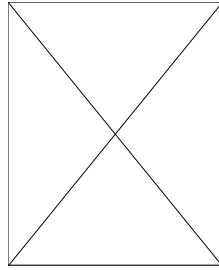


**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
ESCUELA DE GRADUADOS**



**Estudio de la calidad ambiental de zonas intermareales en la Bahía San Jorge (II
región-Chile), mediante la evaluación de respuestas biológicas del mitílido
Perumytilus purpuratus.**



**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

ANY ANDREA RIVEROS ALIAGA

RESUMEN

La gestión o manejo ambiental de la zona costera debe incluir el control y la vigilancia de las descargas antrópicas al medio, a través de la evaluación de la calidad acuática, especialmente porque la contaminación marina puede tener graves consecuencias tanto sobre los ecosistemas como en el sector socio-económico, los que presentan una fuerte interacción en esta área del territorio nacional.

Un ejemplo de zona costera de multiuso es la Bahía San Jorge, donde se ubica la ciudad de Antofagasta (II Región–Chile). En esta tesis se establecieron tres sitios intermareales en esta bahía, como zonas en estudio: un área no intervenida, que no recibe descargas de efluentes (Referencia) y otras dos que reciben descargas antrópicas, Coloso (sitio intervenido por la actividad minera) y R.E. (Receptor de Efluente, sitio impactado por un efluente urbano e industrial). El objetivo planteado fue realizar una evaluación de la calidad de aguas marinas mediante un estudio ecotoxicológico, que consistió en la medición de respuestas a diferentes niveles de organización biológica (*i.e.* desde bioquímico a poblacional) en el mitílido *Perumytilus purpuratus* (chorito maico). Además, en los mismos sitios se realizó la determinación de cobre en agua y en organismos, debido a la importancia de conocer los efectos de este metal en el área de estudio. La hipótesis planteada fue que la gestión ambiental realizada en Puerto Coloso, que incluye el manejo y la vigilancia ambiental de las actividades de embarque de concentrado de cobre y de descargas industriales al sistema costero, han permitido mantener una calidad acuática más adecuada para la vida marina intermareal en este sitio intermareal que en R.E., sector receptor de un efluente urbano, en cuya descarga sin tratamiento no se había implementado un plan de vigilancia ambiental al momento de realizarse este estudio.

La selección del mitílido *P. purpuratus* como organismo biomonitor se basó en su amplia distribución a lo largo del intermareal de la costa chilena y a varias características propias de los mitílidos, que los hacen adecuados para este tipo de estudios. Se evaluaron respuestas biológicas en poblaciones naturales, en organismos transplantados desde Referencia a los tres sitios en estudio y en individuos expuestos a concentraciones subletales de cobre en laboratorio.

Se evaluaron respuestas a distintos niveles de organización biológica: a) celular: niveles de cobre-metalotioneínas (biomarcador bioquímico), estabilidad lisosomal en hemocitos y gránulos de lipofuscina y grado de vacuolización en células digestivas (biomarcadores subcelulares); b) individual: consumo de oxígeno, excreción de amonio y razón oxígeno a nitrógeno (biomarcadores fisiológicos), supervivencia en emersión prolongada (a nivel de organismo) y c) poblacional: morfometría y relaciones Peso Valvas vs. Longitud y Peso Tejidos Blandos vs. Longitud (índices de condición poblacional).

Las mayores concentraciones de Cu en agua y tejidos (branquias, gónadas y resto) de *P. purpuratus* se detectaron en R.E. en todas las fechas de muestreos, tanto en choritos de las poblaciones naturales como transplantados. En la mayoría de los biomarcadores se detectaron respuestas similares entre los organismos de Referencia y Coloso, tanto de las poblaciones naturales como de los transplantes, en cambio los mitílidos obtenidos en R.E., principalmente de la población natural, presentaron respuestas diferentes. En estos choritos se encontraron las mayores variaciones en el *peak* de Cu asociado a MT, menor estabilidad lisosomal, mayor índice de daño en células digestivas (considerando gránulos de lipofuscina y vacuolas) y menor supervivencia en condiciones de emersión prolongada. Con respecto, a las mediciones a nivel poblacional, los choritos de R.E. asignaron menos recursos a crecimiento en tejidos que los de Referencia y Coloso.

En los individuos expuestos a concentraciones subletales de cobre en condiciones de laboratorio, se observó un aumento en *peak* asociado a MT, disminución en la supervivencia en emersión, disminución de la estabilidad lisosomal en hemocitos (desde los 30 µg de Cu/l, $p < 0.05$) y mayor vacuolización en células digestivas (a los 80 µg de Cu/l, $p < 0.05$), con el aumento de la concentración del metal.

Se encontró coincidencia entre la concentración de cobre en agua de mar en los sitios en estudio y el Cu unido a MT, además correlaciones positivas entre la concentración de Cu en tejidos (gónadas: $r^2=0.61$, $p < 0.02$; branquias: $r^2=0.66$, $p < 0.01$ y resto: $r^2=0.56$, $p < 0.05$) y la vacuolización ($r^2=0.62$, $p < 0.01$) con la concentración de este metal en el agua de mar. Se encontraron relaciones inversas entre la supervivencia en emersión, la estabilidad lisosomal ($r^2=0.79$, $p < 0.001$), el área ocupada por gránulos de lipofuscina ($r^2=0.53$, $p < 0.05$) y el índice de condición poblacional de *P. purpuratus* con la concentración de cobre en agua de mar.

Las diferencias encontradas entre los sitios intermareales en las respuestas biológicas evaluadas en *P. purpuratus* indicaron una menor calidad ambiental en R.E. que en los sectores Referencia y Coloso, debido posiblemente al alto contenido de cobre, tanto en tejidos de *P. purpuratus* como en agua, y a la presencia de otros contaminantes en el ambiente.

Este estudio aporta información sobre la calidad ambiental de las aguas costeras en sitios intermareales de Bahía San Jorge, así como sobre efectos biológicos potenciales del cobre y niveles de este metal en *P. purpuratus* y en agua de mar. Además, al utilizar simultáneamente varias técnicas ecotoxicológicas, el estudio permitió proponer y recomendar las más adecuadas para utilizarlas en el monitoreo ambiental a lo largo de la costa chilena, así como la utilización de transplantes de mitílidos. Finalmente, los resultados demuestran la utilidad de los sistemas de manejo y vigilancia ambiental de descargas antrópicas al sistema marino, y permiten sugerir la aplicación de técnicas ecotoxicológicas en planes de vigilancia ambiental.