

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN MACROALGAS Y
MOLUSCOS DEL ESTRECHO DE MAGALLANES

Leslie Jazmín Novoa Mansilla

Directora de Tesis: Dra. María Soledad Astorga

2018

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN MACROALGAS Y
MOLUSCOS DEL ESTRECHO DE MAGALLANES

Por Leslie Jazmín Novoa Mansilla

Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Fecha : 20 de noviembre de 2018

Dr. Víctor Díaz
Decano Facultad Ciencias

Dr. Cristian Aldea
Jefe de Carrera

Aprobado por Comisión de Calificación

Dra. María Soledad Astorga
Directora de Tesis

Dr. Cristian Aldea
Comisión

Dra. Valeria Scabini
Comisión

Tesis entregada como requerimiento para obtener el
Título de Biólogo Marino en la Facultad de Ciencias.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que me guiaron, participaron y ayudaron en alguna medida a cumplir un gran sueño, sueño que fue creciendo y alimentándose a través de las enseñanzas, experiencias y dificultades que me he topado en este sinuoso pero maravilloso océano de oportunidades y conocimientos.

A todos aquellos que creyeron en mí, y a los que no lo hicieron también, porque gracias a ambos le he puesto más ganas y empeño para levantarme con más fuerza que antes.

A todos los mencionados y más...

Muchas gracias

RESUMEN

El estrecho de Magallanes es un ecosistema marítimo joven, en el cual se encuentran los océanos Pacífico y Atlántico, confiriéndole patrones oceanográficos y físicos diversos, con sistemas costeros sensibles al desgaste provocado por los procesos naturales, la actividad industrial y los asentamientos humanos cercanos. En este contexto, el estrecho ha sido objeto de diversas actividades humanas, tanto domésticas como industriales. Los residuos de la actividad industrial usualmente tienen una alta carga de metales pesados, lo que, eventualmente, puede modificar sus concentraciones naturales en los ambientes marinos. A pesar de que diversos metales participan de diferentes procesos metabólicos, un aumento de sus concentraciones puede resultar en efectos tóxicos para las comunidades de organismos marinos. Muchos de estos organismos cuentan con la característica de estar constituidos por tejidos permeables, lo que permite el paso de los elementos con mayor facilidad, sin embargo, son capaces de mitigar y eliminar los excesos, a través de procesos metabólicos. El objetivo de esta investigación fue evaluar las concentraciones de minerales presentes en los moluscos *Mytilus chilensis* y *Nacella magellanica*, y la macroalga verde *Ulva lactuca* y rojas *Gigartina skottsbergii*, *Porphyra* sp., *Iridaea cordata*, *Mazzaella laminarioides* y familia Delesseriaceae, de dos sitios ubicados en el Estrecho de Magallanes, Punta Santa Ana y Bahía Laredo. A través de la utilización de estadística no paramétrica y la prueba de U-Mann Whitney se compararon las concentraciones de metales en *M. chilensis* y *N. magellanica* tanto a nivel interespecífico como intraespecífico, obteniendo resultados que indican diferencias significativas entre las concentraciones de metales entre las dos especies de moluscos y entre los sitios de muestreo. En el caso de las algas, se realizó una caracterización de los metales, donde el hierro resultó ser el mineral más abundante en todas las *taxa* de algas, sin embargo se visualizaron que las concentraciones entre las *taxa* de algas son heterogéneas.

ÍNDICE

Índice general

1	Introducción.....	1
1.1	Minerales	2
1.2	Minerales en Moluscos y macroalgas.....	3
1.2.1	Antecedentes sobre metales en organismos y algas en el estrecho de Magallanes	4
1.3	¿Qué hacer con los datos?	5
1.4	Estadística una herramienta clave.....	6
1.5	Análisis de datos.....	6
1.5.1	Estadística paramétrica y estadística no paramétrica	8
2	Hipótesis	11
2.1	Hipótesis 1	11
2.2	Hipótesis 2	11
3	Objetivos.....	12
3.1	Objetivo general	12
3.2	Objetivos específicos.....	12
4	Material y Métodos.....	13
4.1	Área de estudio	13
4.1.1	Bahía Laredo.....	14
4.1.2	Punta Santa Ana	16
4.2	Método de muestreo	16
4.3	Análisis químico.....	19
4.4	Análisis estadístico	19
5	Resultados.....	20
5.1	Análisis de datos.....	20

5.1.1	Valores atípicos u “outliers”	20
5.1.2	Distribución de datos	25
5.1.3	Prueba de normalidad y homocedasticidad	29
5.2	Distribución espacial de las concentraciones de los metales Cd, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i>	30
5.2.1	Niveles de concentración de los metales analizados en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i> del estrecho de Magallanes.....	30
5.2.2	Niveles de concentración de los metales analizados en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i> , según las estaciones de muestreo Punta Santa Ana y Bahía Laredo. ¡Error! Marcador no definido.	
5.2.3	Influencia del sitio de muestreo en las concentraciones de los metales, de acuerdo a las especies en estudio.....	33
5.3	Niveles de las concentraciones de los metales Cd, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn en seis <i>taxa</i> de algas; ejemplares de la familia Delesseriaceae, <i>G. skottsbergii</i> , <i>I. cordata</i> , <i>M. laminarioides</i> , <i>P. columbina</i> , y <i>U. lactuca</i> del borde costero del estrecho de Magallanes.	35
6	Discusión	38
6.1	Análisis de datos.....	38
6.1.1	Valores atípicos u “outliers”	38
6.1.2	Distribución de datos y homocedasticidad	38
6.2	Distribución espacial de las concentraciones de los metales Cd, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i>	40
6.2.1	Niveles de concentración de los metales analizados en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i> del Estrecho de Magallanes.	40
6.2.2	Niveles de concentración de los metales analizados en <i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i> , según las estaciones de muestreo Punta Santa Ana y Bahía Laredo. ¡Error! Marcador no definido.	
6.2.3	Influencia del sitio de muestreo en las concentraciones de los metales, de acuerdo a las especies en estudio.....	42

6.3	Evaluación de las concentraciones de minerales en relación a otros estudios y a normas de calidad	43
6.4	Niveles de las concentraciones de los metales Cd, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn en seis <i>taxa</i> de algas; ejemplares de la familia Delesseriaceae, <i>G. skottsbergii</i> , <i>I. cordata</i> , <i>M. laminarioides</i> , <i>P. columbina</i> , y <i>U. lactuca</i> del borde costero del estrecho de Magallanes.	45
7	Conclusión.....	47
8	Referencias	48

Índice de tablas

Tabla 1 Pruebas estadísticas sugeridas, de acuerdo a los objetivos de estudio y la escala de medición de las variables. Tomado de Flores <i>et al.</i> (2017).....	9
Tabla 2 Rango, promedio \pm DE de dimensiones y pesos para dos especies de moluscos (<i>Mytilus chilensis</i> y <i>Nacella magellanica</i>). n es el número de individuos analizados.	18
Tabla 3 Resultado de la aplicación de la prueba de Grubbs' en el total de muestras analizadas. Las muestras que arrojan valores de concentración atípicos de los elementos determinados, se listan de acuerdo al número de identificación en <i>Mytilus chilensis</i> , <i>Nacella magellanica</i> y las seis taxa de algas; <i>Gigartina skottsbergii</i> , <i>Porphyra</i> sp., <i>Iridaea cordata</i> , <i>Mazzaella laminarioides</i> , y ejemplares pertenecientes a la familia Delesseriaceae.....	24
Tabla 4 Rango, promedio \pm DE, en $\mu\text{g/g}$ ps de concentración de cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc en los organismos analizados, extraídos del borde costero del estrecho de Magallanes. (n es el número de individuos analizados).....	30
Tabla 5 Rango, promedio \pm DE, en $\mu\text{g/g}$ ps de concentración de cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc en los organismos analizados en las estaciones de muestreo Punta Santa Ana y Bahía Laredo. (n es el número de individuos analizados).	31
Tabla 6 Rango, promedio \pm DE, en $\mu\text{g/g}$ ps de concentración de cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc en las algas; ejemplares de la familia Delesseriaceae, <i>G. skottsbergii</i> , <i>I. cordata</i> , <i>M. laminarioides</i> , <i>P. columbina</i> , y <i>U. lactuca</i> . (n es el número de muestras analizadas).....	36

Índice de figuras

Figura 1. Representación gráfica de la problemática del estudio, donde se observa un cuadro azul que simboliza a través del gradiente de color las diferencias entre los puntos estudiados. La variación en el color de flechas de los factores físicos y oceanográficos resalta la diferencia entre los sitios. Sobre todo esto se encuentra un cuadro con los elementos estudiados en ambas zonas.....	5
Figura 2. Ejemplo de box plot aplicado en Zn en hongos micorrícicos y saprobios en suelo contaminado (1) y no contaminado (2). Se pueden observar dos puntos en el extremo derecho, posiblemente podrían considerarse como valores atípicos. Tomado de Moyano <i>et al.</i> (2010).	7
Figura 3. Distribución normal, tomado de Miller (2002).....	8
Figura 4 Diagrama de flujo para detección de caracteres paramétricos. Modificado a partir de Flores <i>et al.</i> (2017).....	9
Figura 5: Ubicación del área de estudio, estrecho de Magallanes. Sitios de muestreo; Bahía Laredo y Punta Santa Ana.	14
Figura 6: Bahía Laredo, a) la bahía desde lejos, donde se observa la transición de arena a bloques y cantos, b) se observa el sustrato del sitio muestreado, de bloques y cantos. Fotografías cortesía de Dra. M. S. Astorga, 2014.	15
Figura 7: Punta Santa Ana, a) se observa la transición del ambiente terrestre a la roca laja en forma de terraza que forma la costa, b) se observa el como la roca entra en contacto con el mar. Fotografías cortesía de Dra. M.S. Astorga, 2014.	16
Figura 8: Organismos objeto de estudio en su hábitat natural. a) se observan individuos pertenecientes al género <i>Mytilus</i> , junto a algas, b) se observa <i>Nacella magellanica</i> , junto a algas en la zona de Punta Santa Ana. Fotografías cortesía de Dra. M.S. Astorga, 2014.	17
Figura 9 Distribución de las concentraciones de metales ($\mu\text{g/g ps}$); a) Cadmio, b) Cobre, c) Hierro, d) Manganeso, e) Níquel y f) Zinc en <i>Mytilus chilensis</i>	21
Figura 10 Distribución de las concentraciones de metales ($\mu\text{g/g ps}$); a) Cadmio, b) Cobre, c) Hierro, d) Manganeso, e) Níquel y f) Zinc en <i>Nacella magellanica</i>	22
Figura 11 Distribución de las concentraciones de metales ($\mu\text{g/ g ps}$); a) Cadmio, b) Cobre, c) Hierro, d) Manganeso, e) Níquel y f) Zinc en las algas; <i>Ulva lactuca</i> , <i>Gigartina</i>	

<i>skottsbergii</i> , <i>Porphyra</i> sp., <i>Irídea cordata</i> , <i>Mazzaella laminarioides</i> y familia Delesseriaceae.	23
Figura 12 Distribución de las frecuencias de los valores de concentraciones de los siguientes metales; a) cadmio, b) cobre, c)hierro, d) manganeso, e) níquel y f) zinc, en <i>Mytilus chilensis</i> (µg/g ps), con la representación superpuesta de una curva de distribución normal.....	26
Figura 13 Distribución de las frecuencias de los valores de concentraciones de los siguientes metales; a) cadmio, b) cobre, c) hierro, d) manganeso, e) níquel y f) zinc, en <i>Nacella magellanica</i> (µg/g ps), con la representación superpuesta de una curva de distribución normal.....	27
Figura 14 Distribución de las frecuencias de los valores de concentraciones de los siguientes metales; a) cadmio, b) cobre , c) hierro, d) manganeso, e) níquel y f) zinc, en algas (µg/g ps); <i>Gigartina skottsbergii</i> , <i>Porphyra</i> sp., <i>Iridaea cordata</i> , <i>Mazzaella laminarioides</i> , y ejemplares pertenecientes a la familia <i>Delesseriaceae</i> , con la representación superpuesta de una curva de distribución normal.	28
Figura 15 Concentraciones promedio en (µg/ g ps) de cadmio, cobre, manganeso, hierro, níquel y zinc en <i>Mytilus chilensis</i> (azul) y <i>Nacella magellanica</i> (verde) de los sectores de Punta Santa Ana(a) y Bahía Laredo (b). Las letras en minúscula indican las diferencias significativas obtenidas por la prueba U de Mann Whitney, P <0.05	32
Figura 16 Concentraciones promedio en (µg/ g ps) de cadmio, cobre, manganeso, hierro, níquel y zinc <i>Mytilus chilensis</i> (a) y <i>Nacella magellanica</i> (b) del sector de Punta Santa Ana (azul) y Bahía Laredo (gris). Las letras en minúscula indican las diferencias significativas obtenidas por la prueba U de Mann Whitney, P <0.05.	34
Figura 17 Concentraciones promedio en (µg/ g ps) de cadmio (a), cobre (b), hierro (c), manganeso (d), níquel (e) y zinc (f), en algas por <i>taxa</i> ; ejemplares de la familia Delesseriaceae, <i>G. skottsbergii</i> , <i>I. cordata</i> , <i>M. laminarioides</i> , <i>P. columbina</i> , y <i>U. Lactuca</i>	37