

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES

BIOLOGÍA MARINA



**ACIDIFICACIÓN DEL OCEANO: ¿ES UN FACTOR QUE AFECTA LA
TOXICIDAD DEL DINOFLAGELADO *Alexandrium catenella*?**

Valentina Paz Sandoval Parra

Director de Tesis: Dr. Máximo Frangópulos Rivera

Co-Director de Tesis: Dra. Gemita Pizarro Nova

2020

ACIDIFICACIÓN DEL OCEANO: ¿ES UN FACTOR QUE AFECTA LA TOXICIDAD DEL
DINOFLAGELADO *Alexandrium catenella*?

Valentina Sandoval Parra

Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Fecha: diciembre, 2020

Aprobado Comisión de Calificación

M.Sc. Orlando Dollenz Álvarez

Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dr. Cristian Aldea V. Jefe de Carrera

Dr. Máximo Frangópulos Rivera. Director de Tesis

Dra. Gemita Pizarro Nova. Co-Director de Tesis

Comisión

Comisión

Tesis entregada como requerimiento para obtener
Título Profesional de Biólogo Marino en la Facultad
de Ciencias
2020

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

**ACIDIFICACIÓN DEL OCEANO: ¿ES UN FACTOR QUE AFECTA LA TOXICIDAD
DEL DINOFLAGELADO *Alexandrium catenella*?**

Tesis entregada para optar al Título Profesional de Biólogo Marino.

Valentina Paz Sandoval Parra

Punta Arenas, diciembre 2020

*I said that's life
And as funny as it may seem
Some people get their kicks
Stomping on a dream
But I don't let it, let it get me down
Because this fine old world
It keeps spinning around
...
That's life - Frank Sinatra*

AGRADECIMIENTOS

Ha sido un camino muy largo para llegar hasta este momento. Han pasado ya 7 años desde mi primer día en la Facultad de Ciencias, un camino lleno de curvas, altos y bajos momentos, lleno de maravillosas personas y unos compañeros que hicieron de mi paso por la universidad un capítulo de mi vida inolvidable.

De manera muy importante, quiero agradecer a quienes son parte esencial de mi carrera, mi familia, mis padres y hermanos quienes siempre me ha dado las herramientas y la confianza para seguir adelante. Sin ellos probablemente habría desistido a mitad de camino. También quiero agradecer a Mauricio, mi vida entera, por todo el amor entregado, la garra y fuerza para seguir esto junto a nuestro pequeño Lucas y terminar al fin la etapa universitaria

Para esta tesis he recibido la ayuda y apoyo de muchas personas a lo largo de este trabajo, a quienes quiero expresarles toda mi gratitud por toda la ayuda brindada. En primer lugar, a quien confió desde el minuto uno en mí, con quien hemos estado trabajando desde el año 2017 en esta investigación que nos hizo pasar rabias, más a mí que a él, pero siempre supo darme esperanzas de poder terminar todo: a ti profe querido, mi guía de Tesis Máximo Frangópulos Rivera. Gracias por la confianza y por ver en mí una profesional en la que no me había visto jamás, estaré eternamente agradecida de su buena onda y admiraré todo su profesionalismo siempre.

A Gemita Pizarro Nova quien también fue un pilar importante en este largo camino, una científica respetable con la que tuve la suerte de poder trabajar, mujer cariñosa y humana que siempre me dio una mano y apoyo, me guio y me dio todas las herramientas dentro de IFOP para poder desarrollar este trabajo y aprender sobre la marcha de muchas cosas de las que nunca me creí capas. Junto a ella también quisiera agradecerle a cada una de las personas que son parte de IFOP Magallanes que me brindaron toda la ayuda posible cuando lo necesité y fueron siempre muy amables conmigo.

A mis amigos de toda la vida, quienes han sido mi hombro y oído para desahogarme en momentos de crisis, siempre me escucharon y me aconsejaron seguir adelante por lo que había costado llegar hasta acá, sé que siempre estarán conmigo en cada etapa que me toque vivir.

Como no mencionar a los profesores de esta universidad que nos enseñan y nos ayudan en esta travesía, a pesar de las innumerables discusiones que pudieron existir por los alumnos rebeldes que fuimos dentro de la carrera, son parte importante de mi desarrollo profesional y es lo que me llevare conmigo al finalizar este camino.

A todos los profesionales que me han brindado apoyo para esta tesis, a Rodrigo Torres, Emilio Alarcón, Marco Pinto-Torres, Aldo Barreiro, Claudia Zamora, Eva Iglesias y a quien me pueda quedar en el tintero, de ustedes estaré agradecida toda la vida, por ayudarme y brindarme siempre una mano cuando necesite salir de dudas o aprender sobre la marcha.

Por último, pero no menos importante a Claudia Calbucoy por los trámites en la facultad, quien siempre nos apoyó y nos dio la garra para dar a conocer nuestras molestias cuando así fue necesario, al igual que Juan Carlos Soto, nuestro “Juancarlitos” tan querido en la carrera, siempre fiel y tratándonos como hijos, cuidándonos de no cometer errores y facilitándonos todo lo que estaba a su alcance para nuestro desarrollo profesional.

Gracias a todos, eternamente feliz y agradecida de todos los que fueron parte de este camino.

RESUMEN

Las Floraciones Algales Nocivas (FANs) son eventos naturales, que ocurren en la mayoría de los océanos del mundo y que en los últimos años han experimentado un aumento considerable en expansión geográfica, distribución, frecuencia e intensidad. Se habla que, en ocasiones, cuando las condiciones ambientales son favorables para su crecimiento, pueden generar proliferaciones que resultan beneficiosas para algunos sectores de la pesca y acuicultura, pero otras veces, cuando el florecimiento es generado por especies de dinoflagelados u otras microalgas capaces de producir toxinas, se convierten en nocivas para otros organismos marinos. Estas denominadas “mareas rojas” se producen como resultado de la combinación de las condiciones ambientales adecuadas (incluyendo factores físicos, químicos y biológicos), causando una variedad de efectos fisiológicos en las comunidades marinas y perjudiciales para el ambiente, a través de diferentes mecanismos. Dado que no se producirán cambios en las condiciones climáticas de forma independiente, será importante considerar cómo las interacciones de temperatura y $p\text{CO}_2$ impactarán en los procesos ecológicos de las FANs y, específicamente, en aquellas microalgas productoras de toxinas. Este estudio, tuvo por objetivo realizar un aporte de los efectos del aumento de $p\text{CO}_2$ en el agua y su interacción con las microalgas, principalmente nocivas, en latitudes altas del hemisferio sur, donde este tipo de factores parecen ser altamente vulnerables a cambios globales. Para ello se usaron dos cepas del dinoflagelado tóxico productor de Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM) *Alexandrium catenella* y se evaluaron de forma experimental distintos parámetros determinantes para el desarrollo celular, estas sometidas a dos tratamientos distintos de presión parcial de Dióxido de Carbono ($p\text{CO}_2$), en escenarios “normales” *versus* un escenario proyectado a una eventual acidificación de los océanos por influencia del aumento del CO_2 atmosférico. Los resultados obtenidos mostraron que no hubo ningún tipo de diferencias significativas entre los datos referidos a la cantidad total de toxinas por célula (ni para fentomoles ni para STX equivalentes célula^{-1}), para ninguna de las dos cepas, lo que resultaría en que el efecto de la $p\text{CO}_2$ no incrementaría significativamente la toxicidad celular en escenarios de cambio global, pero si en la composición o proporciones de las toxinas. No obstante, se observaron diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre los tratamientos y entre las cepas involucradas en el estudio.

Finalmente, en el caso de los biovolúmenes, no existieron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí existieron diferencias significativas entre cepas y en el tiempo.

Los resultados mostraron claramente que, frente a condiciones de acidificación de los océanos, ambas cepas aumentaron significativamente sus tasas de crecimiento, y que el grado de este incremento dependería, en este caso, del origen geográfico de la misma. En un escenario futuro de cambio global, con océanos potencialmente menos básicos, los dinoflagelados productores de toxinas pueden crecer más rápido, significando un mayor número de células en el medio, y, en consecuencia, una mayor cantidad de toxina en el agua y probablemente, un mayor impacto de las toxinas paralizantes sobre los ecosistemas marinos.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | Página 14 |
| 2. HIPÓTESIS | Página 21 |
| 3. OBJETIVOS | Página 21 |
| 3.1. Objetivo General | Página 21 |
| 3.2. Objetivos Específicos..... | Página 21 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS | Página 22 |
| 4.1. Área de Estudio | Página 22 |
| 4.2. Diseño experimental | Página 25 |
| 4.3. Análisis | Página 28 |
| 4.3.1. Análisis muestral | Página 28 |
| 4.3.1.1. Mediciones de pH y alcalinidad..... | Página 28 |
| 4.3.1.2. Abundancia y tasas de crecimiento..... | Página 29 |
| 4.3.1.3. Perfiles de toxinas y toxicidad..... | Página 30 |
| 4.3.1.4. Biovolumen..... | Página 31 |
| 4.3.1.5. Análisis estadístico..... | Página 32 |
| 5. RESULTADOS | Página 34 |
| 5.1.1. pH | Página 34 |
| 5.1.2. Alcalinidad total..... | Página 35 |
| 5.1.3. Abundancia..... | Página 37 |
| 5.1.4. Tasas de crecimiento..... | Página 40 |
| 5.1.5. Perfiles de toxinas y toxicidad..... | Página 43 |
| 5.1.6. Biovolumen..... | Página 48 |
| 6. DISCUSIÓN..... | Página 50 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 7. CONCLUSIONES..... | Página 56 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | Página 57 |
| 9. ANEXOS..... | Página 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 y 2: Eventos de marea roja | Página 15 |
| Figura 3 y 4: Distribución mundial de Toxinas | Página 17 |
| Figura 5: Mapa Área de estudio | Página 22 |
| Figura 6: Mapa zona Cucao, Isla grande de Chiloé, Chile. | Página 23 |
| Figura 7: Mapa zona Isla Crossover, Magallanes, Chile. | Página 23 |
| Figura 8: Registro de T° zona Cucao | Página 24 |
| Figura 9: Registro de T° zona Crossover..... | Página 25 |
| Figura 10 y 11: Representación diseño experimental | Página 26 |
| Figura 12: Representación forma de cultivo | Página 27 |
| Figura 13: Variación del pH en periodo experimental | Página 34 |
| Figura 14: Variación de T° en periodo experimental | Página 35 |
| Figura 15: Alcalinidad total vs. Presión parcial de CO ₂ cepa ACCU..... | Página 36 |
| Figura 16: Alcalinidad total vs. Presión parcial de CO ₂ cepa ACM7..... | Página 37 |
| Figura 17: Abundancia cepa ACCU..... | Página 38 |
| Figura 18: Abundancia cepa ACM7..... | Página 38 |
| Figura 19: Curva de crecimiento exponencial cepa ACCU | Página 39 |
| Figura 20: Curva de crecimiento exponencial cepa ACM7 | Página 39 |
| Figura 21 y 22: Tasa de crecimiento para ambas cepas | Página 40 |

| | |
|--|----------------|
| Figura 23: Análisis estadístico R | Página 42 |
| Figura 24 a y b: Perfiles de toxinas cepa ACCU | Página 43 y 44 |
| Figura 25 a y b: Perfiles de toxinas cepa ACM7 | Página 44 y 45 |
| Figura 26: Toxinas totales..... | Página 46 |
| Figura 27: Análisis PCA | Página 47 |
| Figura 28: Toxicidad total | Página 48 |
| Figura 29: Variación Biovolumen | Página 49 |
| Figura 30: Datos variación $p\text{CO}_2$ (Frankignoulle <i>et al.</i> , 1998)..... | Página 51 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1: Toxicidades relativas según Oshima 1995..... | Página 31 |
| Tabla 2: Química de carbonatos del sistema de cultivo experimental | Página 36 |

ÍNDICE ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| Anexo I: Análisis estadístico tasas de crecimiento | Página 65 |
| Anexo II: Análisis estadístico perfiles de toxinas | Página 66 |
| Anexo III: Análisis estadístico Biovolumen | Página 67 |