

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL Y CARACTERIZACIÓN DE LA
COMUNIDAD DE MICROALGAS NOCIVAS EN RELACIÓN CON TEMPERATURA,
SALINIDAD Y OXÍGENO DISUELTOS EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMÓNIDOS
EN LA PROVINCIA DE ÚLTIMA ESPERANZA, REGIÓN DE MAGALLANES

Tesis, Carrera de Biología Marina

Por: Mauricio Esteban Díaz Nancul

Director: Javier Díaz Ochoa

2021

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL Y CARACTERIZACIÓN DE LA
COMUNIDAD DE MICROALGAS NOCIVAS EN RELACIÓN CON TEMPERATURA,
SALINIDAD Y OXÍGENO DISUELTOS EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMÓNIDOS
EN LA PROVINCIA DE ÚLTIMA ESPERANZA, REGIÓN DE MAGALLANES

Por: Mauricio Esteban Díaz Nancul

Profesor Víctor Díaz Huentelicán
Decano Facultad de Ciencias

MSc. Orlando Dollenz Álvarez
Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dr. Cristian Aldea Venegas
Jefe de Carrera

Comisión Evaluadora:

Dr. Javier A. Díaz Ochoa
Director de Tesis

Dr. Máximo Frangópulos
Evaluador

Dr. Pablo Salgado
Evaluador

**Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes**

Punta Arenas, Chile

Mayo, 2021

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES

**VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL Y CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD
DE MICROALGAS NOCIVAS EN RELACIÓN CON TEMPERATURA, SALINIDAD Y
OXÍGENO DISUELTO EN CENTROS DE CULTIVO DE SALMÓNIDOS EN LA
PROVINCIA DE ÚLTIMA ESPERANZA, REGIÓN DE MAGALLANES**

Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes

Mauricio Esteban Díaz Nancul

Punta Arenas, Chile
Mayo, 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al Profesor Dr. Javier Díaz Ochoa por la paciencia, orientación, buena disposición y las enseñanzas entregadas durante mi paso por la carrera. También a la gerente regional de la empresa Aquachile Magallanes Srta. Brenda Vera, por entregarme las herramientas, oportunidades de aprendizaje y el apoyo para la realización de este trabajo de tesis. A ambos muchísimas gracias.

Al Jefe de Carrera Dr. Cristian Aldea, Profesora Bibiana Jara y a todos los profesores que en algún momento me brindaron una palabra de aliento.

A mis padres y mi abuela, la ejecución de esta tesis definitivamente era algo que les debía a ustedes. Gracias por todo.

Finalmente, a mi pareja María de Los Ángeles, quien me ha motivado a perseguir y cumplir algunos de mis sueños, por estar conmigo en todas y ser un pilar fundamental en mi día a día.

RESUMEN

Las floraciones algales nocivas (FANs) son fenómenos aperiódicos que han aumentado en frecuencia y en extensión geográfica durante los últimos años. En este sentido, la región de Magallanes registra la primera intoxicación en la década de 1970 asociada con la especie *Alexandrium catenella*. Desde aquel entonces, las FANs son consideradas un riesgo potencial para la salud pública, el desarrollo de las pesquerías de moluscos bentónicos y la industria del salmón, siendo esta última objeto de estudio para el desarrollo de esta tesis. La hipótesis establecida señala que la proliferación de microalgas nocivas estará asociada a determinadas condiciones ambientales (temperatura, salinidad y oxígeno), por lo que se podría observar un patrón de abundancia estacional característico para cada taxón estudiado. El objetivo general esta tesis es conocer la composición del fitoplancton nocivo en las áreas de influencia de la industria del salmón y relacionar la abundancia de microalgas nocivas con la temperatura, oxígeno disuelto y salinidad en cuerpos de agua donde se emplazan centros de cultivo.

Se trabajó con una base de datos facilitada por la empresa Acuimag, que contempla recuentos de microalgas desde el año 2014 al 2020 entre el canal Valdés y Estero Poca Esperanza. Se encontraron, diez especies nocivas enlistadas en el programa de Monitoreo de fitoplancton nocivo del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, a saber: *Dictyocha speculum*; *Pseudochatonella cf. verruculosa*; *Alexandrium catenella*; *Gymnodinium spp*; *Chaetoceros convolutus*; *Chaetoceros cryophilus*; *Leptocylindrus minimus*; *Leptocylindrus danicus*; *Rhizosolenia aff. setigera*; *Thalassiosira pseudonana*. Se determinó la dominancia de diatomeas, asociada a los factores ambientales del área, tales como las bajas temperaturas y el presunto aporte de sílice como producto de las precipitaciones de invierno, a través de la escorrentía proveniente de ríos, deshielos y lluvia. Otros grupos representativos de microalgas encontrados en las muestras fueron las dictyochas y los dinoflagelados.

Los análisis realizados permiten concluir que las variables ambientales no presentaron grandes fluctuaciones entre los “barrios” (agrupaciones de centros de cultivo) analizados, ni se observa estratificación en la distribución de las abundancias de microalgas.

Palabras claves: FANs, fenómenos aperiódicos, riesgo potencial, proliferación, especies nocivas.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	11
Marco Teórico	12
FANs en la región de Austral de Chile y su impacto en la industria del salmón.....	12
FANs en la Provincia de Última Esperanza	15
Planteamiento del problema	18
HIPÓTESIS	20
OBJETIVOS	20
Objetivo General 1.....	20
Objetivo específico 1.1	20
Objetivo específico 1.2	20
Objetivo específico 1.3	20
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Área de estudio	21
Recolección de datos	23
Análisis de muestras en centros de cultivo	24
Envío de muestras a laboratorios especializados	25
Base de datos y análisis	25
RESULTADOS	28
Dinámica temporal de la abundancia de especies nocivas	28
Caracterización de variables oceanográficas	39
Análisis de correlación de Pearson	44
Análisis de Componentes Principales	46
DISCUSIÓN	57
CONCLUSIÓN/ES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1. Número de empresas y centros emplazados entre la X y XI regiones afectados por Floraciones Algales Nocivas en el 2016 (Index Salmón estudios de mercado, Análisis INDEX- Bloom de algas FAN, 2016)	15
Figura 1. Trayectoria realizada por conjunto de balsas jaulas desde los centros Bahía Tranquila 1, Bahía Tranquila 2 y Bahía Tranquila 3 hasta los centros Wagner 1 y Wagner 2	16
Tabla 2. Especies nocivas encontradas durante contingencia por mortalidad masiva generada por floraciones algales en estero Poca Esperanza, sector Bahía Tranquila, Puerto Natales. Se señala límite crítico de cada especie encontrada	17
Figura 2. Área de estudio, entre el canal Valdés y Estero Poca Esperanza, provincia de Última Esperanza. Se muestra además la ubicación de los centros de cultivo de salmón de interés	22
Tabla 3. Listado de especies nocivas que se deben reportar a Sernapesca (Res. Ex. N° 2198/2017)	26
Figura 3. Concentración de microalgas nocivas correspondiente a los barrios 46, 47A, 47B y 48 en función de los años	29
Figura 4. Abundancia de tres grupos taxonómicos de microalgas encontrados en el área de estudio	30
Figura 5. Abundancia de <i>Alexandrium catenella</i> durante el período 2014-2020...	31
Figura 6. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Chaetoceros convolutus</i> durante el período 2014-2020	32

Figura 7. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Chaetoceros cryophilus</i> durante el período 2014-2020	33
Figura 8. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Dictyocha speculum</i> durante el período 2014-2020	34
Figura 9. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Gymnodinium sp.</i> durante el período 2014-2020	35
Figura 10. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Leptocylindrus danicus</i> durante el período 2014-2020	36
Figura 11. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Leptocylindrus minimus</i> durante el período 2014-2020	37
Figura 12. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Rhizosolenia setigera</i> durante el período 2014-2020	38
Figura 13. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Pseudochatonella cf. verruculosa.</i> durante el período 2014-2020	39
Figura 14. Abundancia promedio con desviación estándar de <i>Thalassiosira sp.</i> durante el período 2014-2020	40
Figura 15. Temperatura (°C) mensual registrada en los cuatro barrios durante el período estival de los años 2014-2020	41
Figura 16. Transparencia (metros) mensual (promedio), registrada en los cuatro barrios durante el período estival de los años 2014-2020	42
Figura 17. Salinidad mensual (‰) (promedio), registrada en los cuatro barrios durante el período estival de los años 2014-2020	43
Figura 18. Saturación de oxígeno (%) mensual (promedio), registrada en los cuatro barrios durante el período estival de los años 2014-2020	44

Figura 19. Correlación entre la abundancia de microalgas entre 0,5 y 10 metros de profundidad y parámetros ambientales (saturación, concentración de oxígeno, temperatura, salinidad y transparencia)	43
Tabla 4. Resultados del análisis de correlación entre las variables biológicas y oceanográficas	45
Figura 20. Gráfico de sedimentación (“Scree Plot”) que expone el porcentaje de varianza explicada por cada componente principal	46
Figura 21. Variables constituyentes de la primera dimensión y su porcentaje de contribución	47
Figura 22. Variables constituyentes de la segunda dimensión y su porcentaje de contribución	48
Figura 23. Plano principal generado por el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se representa la distribución de las variables suplementarias (factores) en los ejes de los componentes principales	49
Figura 24. Círculo de correlaciones para las dos primeras componentes	50
Tabla 5. Resultados de análisis de componentes principales para la variable meses	51
Figura 25. Asociación de los meses de muestreo, analizando sus dos componentes principales	51
Tabla 6. Resultados de análisis de componentes principales para la variable años	52
Figura 26. Asociación de los años de monitoreos, analizando sus dos componentes principales	52
Tabla 7. Resultados de análisis de componentes principales para la variable centros	53

Figura 27. Asociación de los centros monitoreados, analizando sus dos componentes principales	53
Tabla 8. Resultados de análisis de componentes principales para la variable especies	54
Figura 28. Asociación de especies monitoreadas, analizando sus dos componentes principales	54
Figura 29. Representación gráfica de tres cluster, diferenciados por colores; negro (cluster 1), rojo (cluster 2) y verde (cluster 3)	56