

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



TENDENCIAS EN LA VARIABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN
DE LA CLOROFILA a EN EL ÁREA DEL ESTRECHO DE GERLACHE, PENÍNSULA
ANTÁRTICA

María Antonela Messina

Director de Tesis: Dr. Cristian Rodrigo

Co-Director de Tesis: Dr. Javier Díaz

2013

TENDENCIAS EN LA VARIABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN
DE LA CLOROFILA A EN EL ÁREA DEL ESTRECHO DE GERLACHE, PENÍNSULA
ANTÁRTICA

Por: María Antonela Messina
Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Fecha : 12 de Diciembre de 2013

Aprobado Comisión de Calificación

Sr. Orlando Dollenz
Director Departamento de Ciencias y RRNN

Dr. Nelso Navarro
Jefe de Carrera

Dr. Cristian Rodrigo
Director de Tesis

Dr. Javier Díaz Ochoa
Co-Director de Tesis

MSc. Bibiana Jara
Comisión Evaluadora

MSc. Iván Cañete
Comisión Evaluadora

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

2013

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Recursos Naturales

Tendencias en la variabilidad de la distribución y concentración de la clorofila-*a* en el área del
Estrecho de Gerlache, Península Antártica

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

María Antonela Messina

Punta Arenas, Diciembre 2013

AGRADECIMIENTOS

Durante estos cinco años he tenido la oportunidad de aprender y hacer muchas cosas pero sólo por la ayuda de mucha gente que me dio esa posibilidad. A continuación mencionaré las personas más importantes que fueron claves en ese camino.

A Erika Mutschke y Carlos Ríos. En el primer semestre pude unirme al Laboratorio de Hidrobiología. Gracias a Erika y Carlos logré hacer muchas cosas (como mi primer FDI). Gracias por la motivación constante y su gran ayuda.

A la profe María Luisa Salmerón, quién era jefe de carrera en el comienzo de mis estudios. Una gran persona que siempre me motivó a hacer más. Gracias por escucharme y estar dispuesta a darme su consejo y orientación.

A la profe y jefa de carrera Bibiana Jara, una persona que estuvo siempre que la necesité, escuchando mis ideas y gestionarlas para que salgan lo mejor posible. Gracias a ella, salió mi segundo proyecto FDI, la beca a islas Canarias y el curso ASI XII en Concepción.

De la DAE, a la Sra. Patricia Guerrero, ya que hizo posible mi estadía en la Universidad de Valparaíso (mediante la beca MEC) y en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (beca Santander). A Andrés Costa, quién fue clave para el buen desarrollo de los dos proyectos FDI.

A Pablo Sangrà, de la ULPGC, por la revisión del trabajo y su valiosa opinión. Por brindarme los datos del crucero CIEMAR 99/00, el cual fue financiado por el Ministerio de Educación Ciencia de España. Un agradecimiento a la tripulación y comandante del BIO Hespérides y al cuerpo técnico de la Unidad de Tecnología Marina.

A Cristian Rodrigo, ya que gracias a él pude incursionar dentro del mundo de la oceanografía. Por su ayuda, pude aprender muchas cosas y conocer cómo es el trabajo del científico desde un barco. Gracias a su comprensión y paciencia salió adelante este trabajo.

A Javier Díaz, el co-director de tesis por su buen ojo en aportar comentarios constructivos y por querer participar de este proyecto.

Finalmente, pero no menos importante, debo dar las gracias a mi familia. Gracias su apoyo constante pude estudiar estos cinco años sin dejar de soñar. Gracias a ellos son estos logros, sino, nada hubiese sido posible.

RESUMEN

A la fecha numerosos cruceros oceanográficos se han realizado en el área del estrecho de Gerlache, no obstante, esta información permanece aislada.

Es en este contexto que el objetivo general del presente trabajo es **“identificar y caracterizar las tendencias en la variabilidad de la distribución y concentración de chl-*a* en el área del estrecho de Gerlache, península Antártica”**. Y plantea como hipótesis que **“existe una variación en la concentración y distribución de la chl-*a* en el tiempo la cual estaría atribuida principalmente a los procesos glaciomarineros del sector del estrecho de Gerlache, donde se espera que a mayor aporte de flujo glacial superficial la concentración de chl-*a* será menor.”**

Para cumplir el objetivo y aceptar la hipótesis se construyó una base de datos oceanográficos de cruceros que han realizado estaciones en el estrecho de Gerlache desde 1981 hasta 2010. Una vez seleccionados los datos (de temperatura, salinidad y chl-*a*) del área 61 - 64° W y 64 - 65° S, se realizó un análisis visual de control de calidad para descartar datos erróneos. Luego, estos fueron procesados con el software Ocean Data View para obtener secciones longitudinales (de *t*, *s*, chl-*a*) y perpendiculares (*t,s*) del estrecho, diagramas *t-s* para identificar las masas de agua presentes y perfiles de salinidad y densidad para obtener la profundidad de la capa de mezcla. Se tomó como referencia imágenes satelitales de chl-*a* y datos sobre cobertura de hielo.

En general los resultados sugieren que la tendencia en la distribución y concentración de clorofila-*a* es modelada por el complejo patrón detectado en la hidrografía del sector. Debido a la circulación tipo eddy y aportes de agua fría de deshielo, se forma una capa de mezcla somera (<10 m) que se relaciona a alta concentración de chl-*a* (12 mg m⁻³). Se rechaza la hipótesis, ya que se encontró que las bajas temperaturas superficiales favorecen al desarrollo de la capa de mezcla somera. A pesar de ello, no se descarta la posibilidad de que este proceso no ocurra. Sin embargo, con los datos obtenidos no fue posible detectar ese patrón.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Productividad primaria en la península Antártica y el estrecho de Gerlache	17
1.2 Influencia del ambiente sobre la producción de fitoplancton en la Península Antártica	20
1.3 Circulación y masas de agua	21
1.4 Procesos glaciomarineros del área	24
1.4.1 Ambiente glaciomarino en la zona central del estrecho de Gerlache	26
1.4.2 Ambiente glaciomarino en la bahía Andvord	26
1.4.3 Ambiente glaciomarino en la bahía Hughes y ensenada Brialmont	27
1.5 Distribución y concentración de nutrientes	28
1.6 Hielo marino estacional	32
1.7 Influencia del clima e índices climáticos	33
1.8 Planteamiento del problema y justificación de la investigación	35
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO	37
3. OBJETIVOS	38
3.1 Objetivo General	38
3.2 Objetivos Específicos	38
4. MATERIALES Y MÉTODOS	39
4.1 Localización del área de estudio	39

4.2 Bases de datos	40
4.3 Base de datos oceanográficos del estrecho de Gerlache	41
4.4 Ubicación y distribución de las estaciones de la base de datos del estrecho de Gerlache	44
4.5 Ubicación y distribución de las estaciones por cruceros del estrecho de Gerlache	46
4.6 Análisis de los datos	50
5. RESULTADOS	53
5.1 Oceanografía física: temperatura, salinidad y densidad	53
5.1.1 Perfil de temperatura: sector norte del estrecho de Gerlache	53
5.1.2 Perfil de temperatura: sector centro del estrecho de Gerlache	54
5.1.3 Perfil de temperatura: sector sur del estrecho de Gerlache	55
5.1.4 Perfil de salinidad y densidad en el estrecho de Gerlache: sector norte, centro y sur	56
5.1.5 Secciones longitudinales del estrecho de Gerlache: crucero FRUELA 95-96	60
5.1.6 Secciones longitudinales del estrecho de Gerlache: crucero CIEMAR 99/00	62
5.1.7 Secciones perpendiculares del estrecho de Gerlache: crucero CIEMAR 99/00	64
5.1.8 Identificación de masas de agua: diagramas TS	68
5.2 Variación espacio-temporal de chl- <i>a</i>	72
5.2.1 Distribución superficial de chl- <i>a</i> : año 1996 y CIEMAR 99/00	72
5.2.2 Perfiles de clorofila- <i>a</i> y variación espacio-temporal: sector norte y sur del estrecho de Gerlache	73

5.2.3 Sección longitudinal del estrecho de Gerlache: chl- <i>a</i> , año 1996	75
5.2.4 Sección longitudinal del estrecho de Gerlache: chl- <i>a</i> , crucero CIEMAR 99/00	75
5.3 Análisis de correlación entre datos físicos y biológicos	76
5.3.1 Correlación entre chl- <i>a</i> y profundidad de la capa de mezcla	76
5.4 Datos complementarios	77
5.4.1 Cobertura de hielo marino	77
5.4.2 Imágenes satelitales: chl- <i>a</i>	79
6. DISCUSIÓN	81
6.1 Variabilidad de la distribución y concentración de la chl- <i>a</i>	81
6.2 Procesos glaciomarineros	87
6.3 Modelo general	88
7. CONCLUSIONES	91
8. FINANCIAMIENTO	92
9. ANEXOS	93
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Concentración de la chl- <i>a</i> en los océanos a nivel mundial	17
Figura 2 – Distribución espacial de la productividad primaria en la península Antártica	18
Figura 3 – Abundancia de fitoplancton según tamaño en la capa superficial	19
Figura 4 - Esquema general de la circulación al oeste de la Península Antártica	22
Figura 5 – Circulación superficial del oeste de la Península Antártica	24
Figura 6 – Diagrama ilustrativo de los procesos glaciomarineros en un fiordo antártico	25
Figura 7 – Sector de la bahía Andvord	27
Figura 8 – Sector de la Bahía Hughes y ensenada Brialmont	28
Figura 9 – Distribución horizontal de nitrato, silicato y oxígeno	29
Figura 10 – Distribución vertical de la concentración de fosfato, nitrato y silicato	30
Figura 11 – Distribución de micronutrientes en los dos cruceros FIBEX y SIBEX	31
Figura 12 – Retroceso y avance de hielo marino	32
Figura 13 – Respuesta del hielo y la atmósfera a SAM (+) y La Niña	35
Figura 14 – Localización geográfica y batimetría del estrecho de Gerlache en la península Antártica	39
Figura 15 – Localización geográfica de las 76 estaciones obtenidas	44
Figura 16 – Localización geográfica de las 62 estaciones del crucero NBP1003	45
Figura 17 – Distribución espacial de las estaciones oceanográficas del crucero BIOMASS	46

Figura 18 - Distribución espacial de las estaciones oceanográficas del crucero LTER	
47	
Figura 19 - Distribución espacial de las estaciones oceanográficas del crucero FRUELA 95-96	48
Figura 20 - Distribución espacial de las estaciones oceanográficas del crucero CIEMAR 99/00	49
Figura 21 – Esquema general de la distribución de estaciones	50
Figura 22 – Distribución vertical de la temperatura para 1985, 1996 y 1999	54
Figura 23 – Distribución vertical de la temperatura para los años 1981 a 1996	55
Figura 24 – Distribución vertical de la temperatura para los años 1981 a 1999	56
Figura 25 – Distribución de la salinidad y la densidad desde 1985 a 1999	57
Figura 26 - Distribución de la salinidad y la densidad desde 1981 a 1985	58
Figura 27 - Distribución de la salinidad y la densidad desde 1996 a 1999	59
Figura 28 – Sección longitudinal de la distribución de la temperatura del crucero FRUELA 95-96	61
Figura 29 – Sección longitudinal de la distribución de la salinidad del crucero FRUELA 95-96	62
Figura 30 – Sección longitudinal de la distribución de la temperatura del crucero CIEMAR 99/00	63
Figura 31 – Sección longitudinal de la distribución de la salinidad del crucero CIEMAR 99/00	63
Figura 32 – Secciones perpendiculares de la distribución de temperatura del crucero CIEMAR 99/00	66

Figura 33 – Sección longitudinal de la distribución de temperatura del crucero NBP1003	67
Figura 34 - Sección longitudinal de la distribución de la salinidad del crucero NBP1003	68
Figura 35 – Distribución de la temperatura y salinidad con las isopícnas para el crucero FRUELA 95-96	69
Figura 36 – Distribución de la temperatura y salinidad con las isopícnas para el crucero CIEMAR 99/00	70
Figura 37 – Distribución de temperatura y salinidad con las isopícnas para el crucero FRUELA 95-96	70
Figura 38 – Distribución de temperatura y salinidad con las isopícnas para el crucero CIEMAR 99/00	71
Figura 39 – Distribución de temperatura y salinidad con las isopícnas para el crucero NBP1003	71
Figura 40 – Distribución superficial de chl- <i>a</i> en mg m ⁻³ en el crucero CIEMAR 99/00	73
Figura 42 – Perfil vertical de la distribución de chl- <i>a</i> entre el año 1993 y 1999	74
Figura 43 – Sección longitudinal de la distribución de chl- <i>a</i> en mg m ⁻³ del año 1996	75
Figura 44 – Sección longitudinal de la distribución de chl- <i>a</i> en mg m ⁻³ en el crucero CIEMAR 99/00	76
Figura 45 – Relación entre la chl- <i>a</i> con contornos de isopícnas del crucero FRUELA 95-96 y CIEMAR 99/00	77

Figura 43 – Cobertura de hielo marino (en millones de km ⁻²) en la Antártica desde el año 1981 hasta el 2012	78
Figura 44 – Variación espacial y temporal de la cobertura de hielo marino en la Antártica desde el año 1981 hasta 1990	79
Figura 45 – Distribución superficial de chl- <i>a</i> en mg m ⁻³ en la Península Antártica desde el 2005 al 2010	80
Figura 46 – Diagrama ilustrativo de los procesos que ocurrirían en el estrecho de Gerlache	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Base de datos inicial	42
Tabla 2 – Datos Generales de la base de datos del estrecho de Gerlache	43
Tabla 3 – Datos recolectados en el crucero BIOMASS clasificados según la estación	52
Tabla 4 – Características de las masas de aguas del Estrecho de Gerlache	69
Tabla 5 – Relación entre masas de agua y su respectiva densidad con oxígeno, nitrato y silicato	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I - Área de drenaje en kilómetros cuadrados, desde bahías y fiordos con sus respectivos glaciares en el estrecho de Gerlache	94
Anexo II - Metadata de los cruceros de la base de datos del estrecho de Gerlache	95
Anexo III - Variación espacial y temporal de la cobertura de hielo marino en la Antártica desde el año 1991 hasta 2005	96
Anexo IV - Distribución superficial de chl- <i>a</i> en mg m ⁻³ en la Península Antártica desde el 2005 al 2010	97