



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS

**MIGRACIÓN VERTICAL DE ORGANISMOS
ZOOPLANCTÓNICOS Y SU APORTE EN EL FLUJO
DE BIO-ELEMENTOS EN LA ZONA DE MÍNIMO
OXÍGENO DE LA ZONA NORTE DE CHILE.**

SEMINARIO DE TÍTULO PRESENTADO AL DEPARTAMENTO DE
OCEANOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA OPTAR
AL TÍTULO DE BIÓLOGO MARINO.

Por: Yoselin Inostroza Sanhueza.

Profesora patrocinante: Dra. Pamela Hidalgo.

Directora de Tesis: Dra. Natalia Osma.

Concepción, Chile 2024

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA

Este Seminario de Título ha sido realizado en el Departamento de Oceanografía de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas.

Profesor(a) Guía



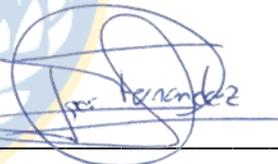
Dra. Pamela Hidalgo

Director de Tesis



Dra. Natalia Osma

**Ha sido aprobada por la
Siguiete Comisión**



Evaluadora

Dr. Igor Fernández



Dr. Rubén Escribano

Jefe de Carrera

Ariel Valenzuela

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a la Dra. Pamela Hidalgo, por todo el apoyo y la confianza que me brindó a lo largo de estos años, no tan solo en el proceso de mi formación científica, sino que también en el ámbito más personal, por su calidez y dedicación, por ser una excelente profesional en lo que a su trabajo respecta y por poseer una calidad humana que muchos de este rubro carecen.

A Natalia Osma por aceptarme como su alumna y darme la oportunidad de aprender de ella, aprecio enormemente su pasión, calidez, constante apoyo y su vital contribución para que esta tesis se convirtiera en realidad, por siempre estar disponible para responder mis dudas, destacando la calidad de profesional que sin duda es.

A mis padres, por permitirme estudiar lo que me apasiona, por su apoyo incondicional durante toda la duración de la carrera, por la paciencia en mis momentos difíciles y simplemente por estar. También a mi perrita por todo el apoyo emocional que me brinda cada día solo con su presencia, a mi pareja por estar siempre para mí, apoyándome y por su contención a lo largo de estos años, a mis amigos por subirme el ánimo y estar para mí, a mis compañeros de laboratorio por la ayuda y apoyo que me entregaron durante la realización de esta tesis.

Finalmente, pero no menos importante, agradecer al Instituto Milenio de Oceanografía (IMO) por apoyarme económicamente con la beca (ICN12_019), al Centro de Instrumentación Oceanográfica (CIO), al Crucero IDOOS por la facilitación de muestras, al FONDECYT 1191343 de la Dra. Pamela Hidalgo y al proyecto liderado por Oscar Pizarro AUB2200007 (ANID).

¡Gracias a todos por ser parte fundamental de este camino y por su contribución a este logro!

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Bomba biológica y la Migración Vertical Diaria (MVD) del zooplancton.	7
1.2 Variabilidad de la Zona de Mínimo Oxígeno en el Pacífico Sur Oriental (PSO): condiciones El Niño vs. La Niña	9
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
2.1 Hipótesis:	12
2.2. Objetivo general:.....	12
2.3. Objetivos específicos:	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Zona de estudio	13
3.2 Variables oceanográficas	14
3.3. Estrategia de muestreo	14
3.4 Análisis de laboratorio: Estimación de Biomasa y estructura de la comunidad	16
3.5 Análisis de ETS.....	17
4. RESULTADOS	17
4.1 Condiciones oceanográficas.....	17
.....	18
4.2 Biomasa y estructura de la comunidad zooplanctónica	19
4.3 Actividad metabólica del zooplancton.....	22
4.5 MVD	23
4.5.1 Profundidad Media Ponderada.....	23
4.5.2 Comportamiento de la MVD.....	23
5. DISCUSIÓN	25
6. CONCLUSIONES	27
7. REFERENCIAS	29
8. ANEXOS	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de la “Bomba biológica” del carbono guiada por las complejas tramas tróficas pelágicas, donde es posible observar el rol que emplea el zooplancton en los niveles tróficos intermedios.	8
Figura 2. Promedio de la temperatura superficial del océano en eventos de El Niño (EN) y La Niña (LN) frente a las costas de la zona Norte de Chile, correspondientes a los periodos en los que fueron realizados los muestreos.	11
Figura 3. Mapas de la zona norte de Chile, en el cual se encuentran señaladas las estaciones de muestreo con sus respectivos nombres y las localidades cercanas a estas	13
Figura 4. Esquema resumen de los pasos metodológicos para el análisis de las imágenes digitales de zooplancton, mediante el equipo ZooScan.....	16
Figura 5. Características hidrográficas en los sitios de muestreo y periodos de muestreo. Los muestreos de Mejillones 2022 y LowpHox II 2018 corresponden a condiciones La Niña, mientras que los muestreos de Mejillones 2023 e IDOOS 2023 corresponden a condiciones El Niño (ver Tabla 1).....	18
Figura 6. Abundancia relativa (%) para cada grupo zooplanctónico identificado, para los diferentes estratos de la estación st3 Mejillones (23°S).	19
Figura 7. ETS. Tasas de respiración zooplanctónica de los muestreos costeros (Mejillones 2022-2023) y oceánicos (IDOOS 2023 y LowpHox II 2018), durante el día y la noche.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

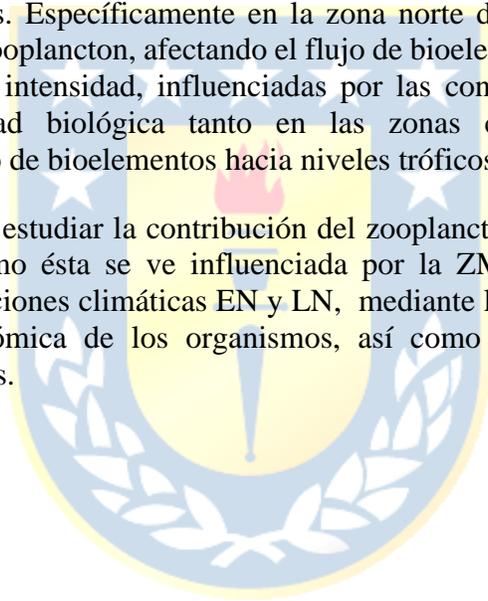
Tabla 1. Datos de los cruceros oceanográficos: Estaciones, coordenadas, fecha, condiciones y distancia de la costa.....	14
Tabla 2. Abundancia y biomasa para cada grupo zooplanctónico identificado en los estratos del muestreo en el crucero IDOOS.....	20
Tabla 3. Descriptores comunitarios, riqueza de especies (Margalef), índice de diversidad (Shannon-Wiener), índice de similaridad (Pielou) para la comunidad completa de los diferentes estratos de las estaciones del Norte de Chile.....	21
Tabla 4. Clasificación de los comportamientos nictímerales de los grupos dominantes en los distintos cruceros de los cuales se analizaron muestras....	24

RESUMEN

El zooplancton desempeña un aporte fundamental en la Bomba Biológica del Carbono (BBC). Un proceso cuantitativamente importante en la BBC es la migración vertical diaria (MVD), a través de la que se transporta la materia orgánica ingerida cada noche desde la superficie hasta las profundidades del océano. Un aspecto clave a la hora de cuantificar la contribución del zooplancton al exporte de carbono a través de la MVD es determinar la biomasa y composición taxonómica de los organismos migrantes, así como las tasas metabólicas de los mismos.

En el Océano Pacífico Sur Oriental (PSO), se encuentra una significativa Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) con características únicas, debido a lo somera que es. Esta ZMO, que se extiende desde el Norte de Perú hasta el Sur de Chile, muestra un descenso significativo de oxígeno, afectando la MVD del zooplancton. Eventos climáticos como El Niño (EN) y La Niña (LN) pueden afectar las ZMO y la distribución de organismos marinos, influyendo en los ciclos biogeoquímicos. Específicamente en la zona norte de Chile, la ZMO limita la distribución vertical del zooplancton, afectando el flujo de bioelementos. Las condiciones de la ZMO, su expansión e intensidad, influenciadas por las condiciones climáticas, puede impactar la productividad biológica tanto en las zonas costeras como oceánicas, particularmente en el flujo de bioelementos hacia niveles tróficos superiores.

Este estudio se enfoca en estudiar la contribución del zooplancton al exporte de carbono a través de la MVD y cómo ésta se ve influenciada por la ZMO, que presenta cambios dependiendo de las condiciones climáticas EN y LN, mediante la estimación de la biomasa y la composición taxonómica de los organismos, así como la medición de las tasas metabólicas de los mismos.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Bomba biológica y la Migración Vertical Diaria (MVD) del zooplancton.

Los procesos biológicos oceánicos desempeñan un rol principal en la regulación de los niveles de CO₂ en la atmósfera y en el almacenaje de carbono en los océanos, por lo que realizan una contribución significativa al mantenimiento del clima en la Tierra (Cavan et al., 2017; Giering et al., 2004). Uno de los procesos más importantes es la bomba biológica del carbono (BBC) (Figura 1). En la BBC, el fitoplancton convierte el carbono inorgánico disuelto en carbono orgánico particulado (COP) a través del proceso de la fotosíntesis. Parte de ese COP será consumido en la superficie por los organismos heterótrofos y el resto de partículas se hundirán hacia el océano profundo. A medida que esas partículas sedimentan serán consumidas igualmente por los heterótrofos, de manera que sólo una pequeña fracción (< 3%) del POC producido en la superficie, llega a los fondos marinos (Martin et al., 1987).

En el marco de la BBC, el zooplancton juega un papel clave (Escribano et al., 2007; Cavan et al., 2017; Iversen, 2023), siendo uno de los principales responsables de consumir y transformar las partículas en la superficie, bien por pastoreo directo sobre el fitoplancton y/o bien alimentándose de otros consumidores de fitoplancton (microzooplancton). Así, se ha estimado que hasta el 40% del fitoplancton puede ser procesado por el zooplancton herbívoro a través de su metabolismo (Steinberg y Landry, 2017, Iversen, 2023). Ese consumo de COP produce por un lado pellets fecales de hundimiento rápido, que contribuyen a hacer más eficiente la BBC, y por otro, excretan formas disueltas de carbono, nitrógeno y fósforo, contribuyendo al reciclaje de nutrientes en la zona superficial. Además, dentro de las tramas tróficas, el zooplancton cumple el rol de vincular a los productores primarios con los niveles tróficos superiores, transfiriendo energía obtenida a partir de la producción primaria. La eficiencia con la que el zooplancton transforma el COP, recicla nutrientes y transfiere energía de un nivel trófico a otro va a depender de las relaciones tróficas, de los procesos de asimilación y excreción característicos de cada especie o grupo, de la movilidad de los organismos, así como de la velocidad de hundimiento de las partículas a través de la columna de agua.

Otro proceso a través del cual el zooplancton contribuye a la BBC es el transporte activo de carbono a través de la migración vertical diaria (MVD). La MVD es un desplazamiento realizado desde la superficie hacia el océano profundo, que realizan algunos organismos zooplanctónicos, en busca de alimento, reproducción, protección del ambiente y de potenciales depredadores. Cuando se considera como un componente de la BBC, la MVD se conoce como transporte activo, para distinguirlo del flujo pasivo de partículas que se hunden desde la zona eufótica.

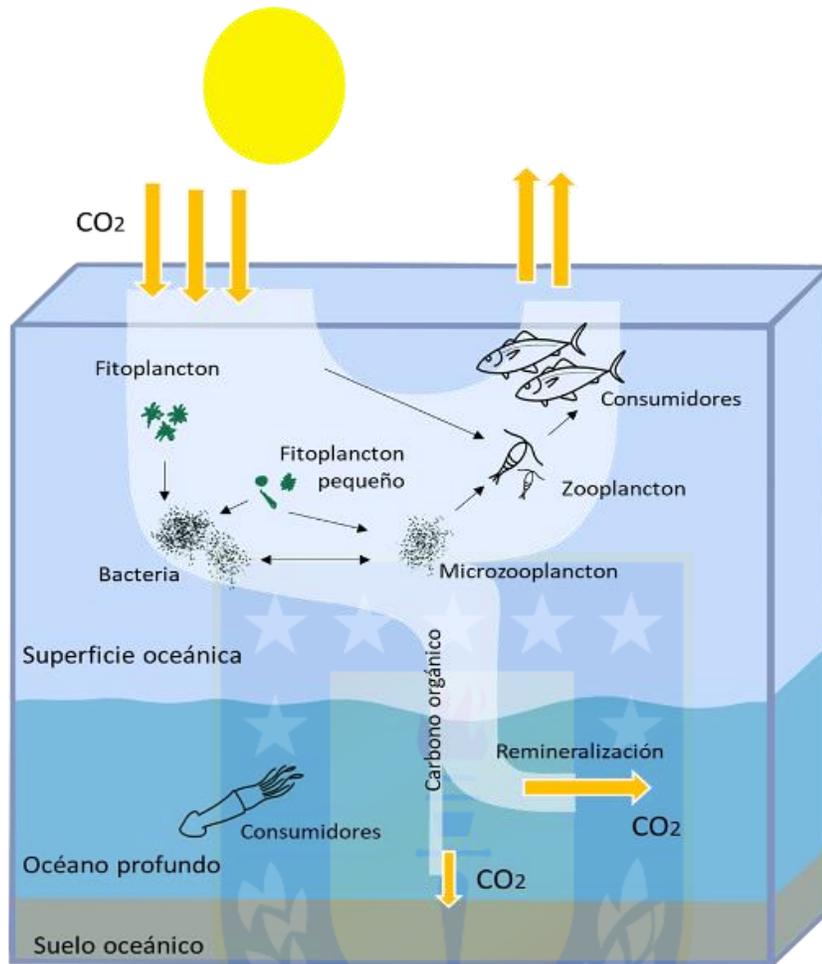


Figura 1. Ilustración de la “Bomba biológica” del carbono guiada por las complejas tramas tróficas pelágicas, donde es posible observar el rol que emplea el zooplancton en los niveles tróficos intermedios.

El zooplancton realiza, generalmente, la MVD alimentándose en la superficie durante la noche y refugiándose de los depredadores visuales en profundidad durante el día. Esta dinámica de movimientos verticales puede influir en el flujo de bioelementos, por lo que suelen encontrarse diferencias tanto en biomasa como en composición específica del zooplancton si se estudia una misma área en el día y la noche. Este característico comportamiento determina el transporte activo de diferentes bioelementos. El zooplancton migrante transporta la materia orgánica ingerida cada noche desde la superficie hasta las profundidades del océano, donde parte será liberada como CO₂ a través de la respiración, parte será excretada en forma de carbono orgánico disuelto y otra parte será egestada como pellets fecales, contribuyendo activamente a la exportación de carbono (Steinberg y Landry, 2017; Tutasi, 2020). Además, la mortalidad de los migradores verticales en profundidad constituye un transporte activo adicional de carbono hacia el océano profundo. No obstante,

es un proceso difícil de cuantificar por lo que no siempre se incluye en las estimas de flujo activo.

Dos aspectos clave a la hora de cuantificar la contribución del zooplancton al exporte de carbono a través de la MVD es determinar la biomasa y composición taxonómica de los organismos migrantes, así como las tasas metabólicas de los mismos. En este sentido, el principal proceso encargado de la transformación o remineralización de la materia orgánica es la respiración. Los organismos heterótrofos transforman intracelularmente la materia orgánica que estará constituida principalmente por diferentes proporciones de lípidos, proteínas y carbohidratos para obtener energía, consumiendo oxígeno y liberando carbono en forma de CO₂. Este proceso asociado a la MVD se conoce como flujo respiratorio (Steinberg y Landry, 2017). El transporte activo de C respiratorio aumenta al aumentar la biomasa de organismos migradores y, de la misma manera, un mayor flujo respiratorio implica un aumento en la contribución del transporte activo con respecto al flujo total de COP (Steinberg y Landry, 2017). En este sentido estudios previos han indicado una mayor biomasa de organismos migrantes y un mayor flujo de C respiratorio en los ecosistemas altamente productivos, como los sistemas de surgencia de borde oriental (EBUS, de sus siglas en inglés). No obstante, esto no se traduce en una mayor importancia relativa del flujo activo con respecto al flujo pasivo de partículas. Además, los EBUS generalmente tienen asociadas zonas de mínimo de oxígeno (ZMO), que pueden actuar como barrera para determinados organismos migradores y cuyas condiciones de bajos niveles de oxígeno pueden reducir las tasas metabólicas de los organismos.

Por todo esto, el estudio de las dinámicas metabólicas de los organismos zooplanctónicos es un componente esencial para comprender la dinámica de los océanos y, en concreto, de los procesos de transporte de carbono y nutrientes desde la superficie hacia las profundidades del océano. Esto toma especial relevancia en ecosistemas altamente productivos y con características físico-químicas desafiantes como las ZMO. El presente estudio se ha desarrollado en uno de estos ecosistemas: el Océano Pacífico Sur Oriental.

1.2 Variabilidad de la Zona de Mínimo Oxígeno en el Pacífico Sur Oriental (PSO): condiciones El Niño vs. La Niña

El Océano Pacífico Sur Oriental (PSO), donde se localiza el Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH), es uno de los sistemas más productivos de los océanos (Fuenzalida et al., 2009). El SCH se caracteriza por una corriente superficial en dirección norte de aguas de origen subantártico y por la surgencia de aguas subsuperficiales frías y ricas en nutrientes, que son las responsables de favorecer los altos niveles de producción primaria y secundaria característicos de este sistema (Escribano & Hidalgo, 2001; Thiel et al., 2007). En la zona norte de Chile, estos procesos de surgencia se consideran permanentes ya que ocurren a lo largo del año, a diferencia de lo que ocurre más al sur, donde los eventos son más estacionales. Estas altas tasas de producción primaria hacen que se forme una de las zonas de mínimo de oxígeno (ZMO) más intensas a nivel global (Paulmier et al., 2006; Ulloa y

Pantoja, 2009), llegando incluso a condiciones marinas anóxicas, donde se dan ciclos biogeoquímicos complejos que se retroalimentan y regulan el contenido de oxígeno disuelto (Fennel and Testa, 2019). Esto debido a que, a grandes rasgos, las concentraciones de oxígeno en el interior del océano están formadas por el balance entre la tasa de consumo de oxígeno resultado de la respiración de la materia orgánica y la tasa de aportación de oxígeno por corrientes mesopelágicas (ventilación). Entonces, esta combinación entre la elevada tasa de producción primaria frente al norte de Chile y la baja tasa de ventilación, promueven la formación de una ZMO intensa (Ulloa y Pantoja, 2009). En esta zona norte de Chile, la ZMO se caracteriza por presentar unos valores de oxígeno disuelto muy bajos en el núcleo de la ZMO (< 1 mg/L), y su borde superior alcanza como promedio anual 26 m de profundidad (Hidalgo et al., 2005).

Un evento climático muy relevante que provoca variabilidad en la dinámica e intensidad de la ZMO en el PSO son las condiciones de El Niño y la Niña. El ciclo de El Niño Oscilación Sur (ENSO) corresponde a una perturbación interanual del sistema climático caracterizado por un debilitamiento de los vientos alisios y el calentamiento de las capas superficiales en el Océano Pacífico tropical ecuatorial, el cual presenta una fase cálida apodada El Niño (EN), que se presenta en intervalos irregulares de tiempo (de 2 a 7 años) y en promedio ocurre cada 3 a 4 años (Silva, 2003). La Niña (LN), por otro lado, es el fenómeno climatológico vinculado con EN que se caracteriza por ser la fase fría del ciclo, presentando vientos alisios más intensos y temperaturas superficiales del mar más frías de lo normal en la parte oriental del Pacífico ecuatorial (Figura 2). En el PSO frente a Chile, se ha observado durante eventos EN una significativa profundización del límite superior de la mínima de oxígeno (Morales et al., 1999). Este efecto en las ZMO en la zona norte de Chile va a tener una gran relevancia a nivel ecológico ya que diversos estudios llevados a cabo en las últimas décadas han evidenciado que las aguas superficiales con bajos niveles de oxígeno pueden impactar la fisiología de los organismos pelágicos, afectando a su biomasa y/o diversidad específica y, en el caso en concreto de los organismos migradores, pueden limitar la MVD que realizan. Si bien hay especies de zooplancton que toleran las condiciones extremas de las ZMO, la gran mayoría no son tolerantes a cambios bruscos de oxígeno, como una somerización de la ZMO en condiciones LN, por lo que la MVD se verá afectada en esta situación y como consecuencia también el flujo de bioelementos. Una profundización del límite superior de la ZMO en condiciones EN podría hacer que las especies migradoras menos tolerantes a niveles bajos de oxígeno se vean más favorecidas y aumenten su abundancia.

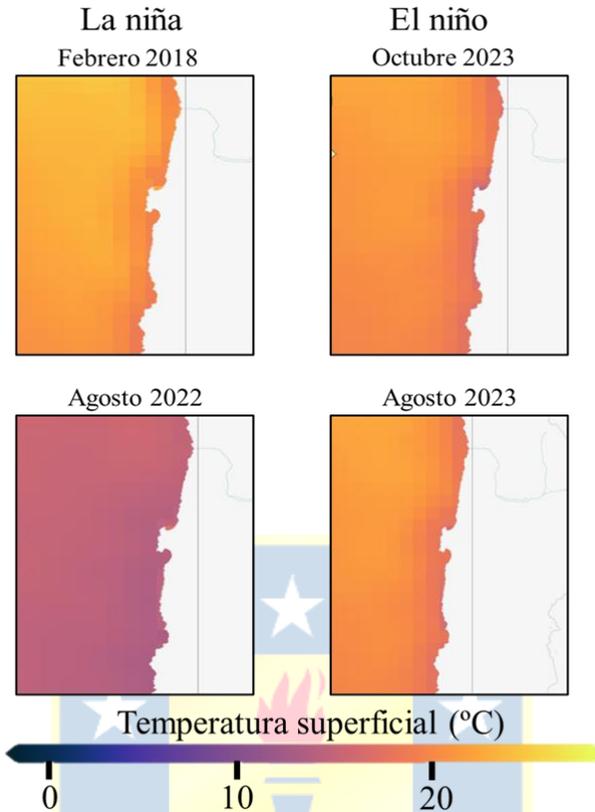


Figura 2. Promedio de la temperatura superficial del océano en eventos El Niño (EN) y La Niña (LN) frente a las costas de la zona Norte de Chile, correspondientes a los periodos en los que fueron realizados los muestreos.

En un contexto de cambio climático, donde se espera que el aumento de la temperatura superficial de los océanos provoque, entre otras cosas, una pérdida en la solubilidad del oxígeno y una disminución en la ventilación de las masas de agua, conocer la respuesta del zooplancton migrador con respecto a la variabilidad en las ZMO será clave para estimar los posibles cambios en la contribución de estos organismos al exporte de carbono a través de la MVD. La pérdida de oxígeno, proceso conocido como desoxigenación (Keeling et al., 2010), se espera que provoque una expansión e intensificación de las ZMO. Esto va a ser de especial relevancia en la zona norte de Chile, donde la comunidad zooplanctónica habita principalmente la capa superficial oxigenada (< 50m), es decir, sobre la ZMO, viéndose restringida su distribución vertical (Ruz Moreno, 2017). Este estudio pretende evaluar la respuesta de la comunidad zooplanctónica en la zona norte de Chile, en cuanto a su biomasa, composición específica y metabolismo, bajo dos condiciones climáticas naturales (EN y LN) que generan diferentes características en la ZMO, y ver cómo afectan estas características a la MVD y al flujo de bioelementos.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis:

El aporte de bioelementos (carbono/nitrógeno) por parte de la migración vertical diaria (MVD) en zonas mínimas de oxígeno depende estrechamente tanto de los comportamientos migratorios de los organismos zooplanctónicos como del espacio físico-temporal que ocuparían las zonas de mínimo oxígeno (ZMO).

2.2. Objetivo general:

Conocer el aporte de bioelementos que se produce por la migración vertical diaria de organismos zooplanctónicos en la zona mínima de oxígeno y evaluar la variabilidad espacial (costa vs. océano) y temporal (El Niño vs. La Niña) de este aporte en la zona norte de Chile.

2.3. Objetivos específicos:

- Caracterizar la migración vertical del zooplancton con respecto a la zona de mínimo oxígeno en la zona norte de Chile.
- Determinar el aporte de carbono durante la migración vertical del zooplancton, estimadas con biomasa transportada y tasas de respiración entre la capa superficial y la ZMO.
- Describir la variabilidad espacial (costa vs. océano) y temporal (condiciones El Niño vs La Niña) de la estructura de la comunidad y metabolismo de organismos zooplanctónicos en la zona norte de Chile.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

Este proyecto se realizó en la zona norte de Chile. El muestreo costero se llevó a cabo en la bahía de Mejillones (23°S) en la estación 3 (st 3), la cual es parte de la serie de tiempo de Mejillones llevada a cabo por casi 3 décadas por diferentes proyectos de investigación (P. Hidalgo, R. Escribano), mientras que el muestreo oceánico fue realizado en dos estaciones bio-oceanográficas: en el crucero LowpHox II (20°S) e IDOOS (25°S) (Figura 3, Tabla 1). La estación st3 de Mejillones se muestreo en dos años consecutivos, 2022 y 2023, coincidiendo con condiciones La Niña y el Niño, respectivamente (Figura 2). La bahía de Mejillones se caracteriza por presentar un régimen de surgencia durante todo el año, dado la constante intensificación de vientos suroeste favorables para el ascenso de aguas profundas pobres en oxígeno y ricas en el contenido de nutrientes, originando un sistema costero muy productivo. Además, esta bahía presenta una ZMO que, dada la dinámica de la surgencia, puede alcanzar profundidades muy someras, incluso a 10 m de profundidad, en un evento de surgencia muy activo. El crucero oceanográfico de LowpHox II se llevó a cabo a bordo del buque “Cabo de Hornos” en Febrero de 2018, mientras que en el crucero IDOOS la embarcación fue el “Abate Molina” y tuvo lugar en el 2023, coincidiendo igualmente con condiciones La Niña y el Niño, respectivamente (Figura 2, Tabla 1).

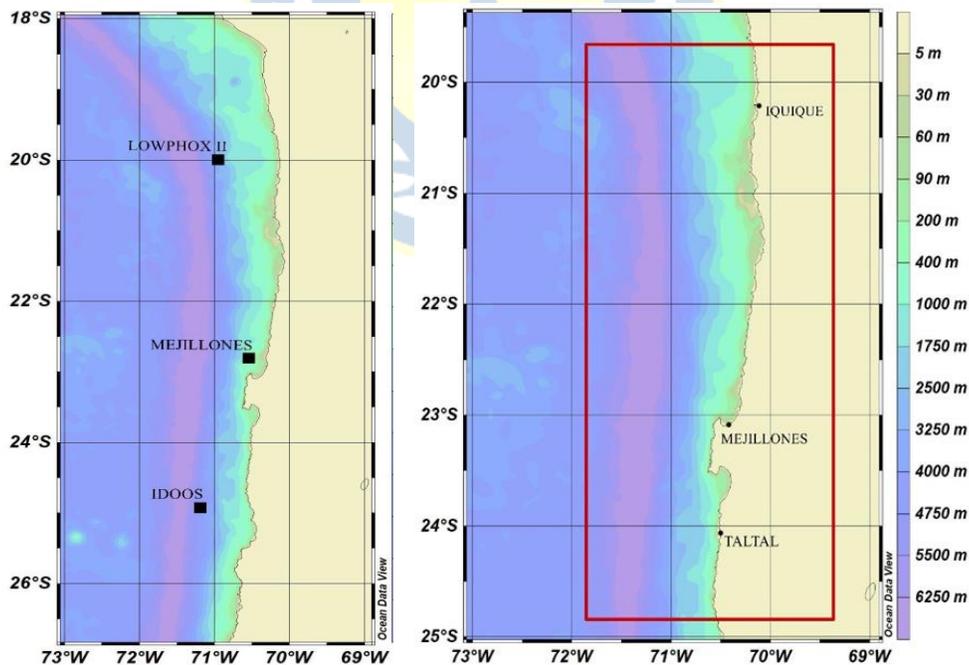


Figura 3. Mapas de la zona norte de Chile, en el cual se encuentran señaladas las estaciones de muestreo con sus respectivos nombres y las localidades cercanas a estas .

Tabla 1. Datos de los cruceros oceanográficos: Estaciones, coordenadas, fecha, condiciones y distancia de la costa.

Crucero	Estación	Latitud (°S)	Longitud (°O)	Fecha	Condiciones	Distancia costa (km)
Lowphox II	St5	-20	-70,5	Febrero 2018	LN	56
Mejillones	St3	-23	-70	Agosto 2022	LN	6
Mejillones	St3	-23	-70	Agosto 2023	EN	6
IDOOS	St2	-24,9	-71	Octubre 2023	EN	53

3.2 Variables oceanográficas

Se obtuvo información sobre las variables oceanográficas para caracterizar las condiciones físico-químicas de la zona de estudio, en el transcurso de ambos cruceros IDOOS y LowpHox II, así como en el muestreo llevado a cabo en la St3 Mejillones. Con este fin, se desplegó el equipo oceanográfico autónomo CTD-O modelo SeaBird 19v2 que proporcionó las mediciones variables como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

3.3. Estrategia de muestreo

Para la zona costera se consideró un muestreo integrado de 24h (diurno y nocturno) en el punto fijo de la st3 para la obtención de muestras zooplanctónicas y variables biológicas y físicas. Los estratos de las profundidades fueron 70-50, 50-30 y 30-0 metros, de manera tal de obtener muestras desde la ZMO, Oxiclina y la capa superficial óxica, respectivamente. En el caso de la zona oceánica, el material de estudio proviene de muestras diurnas y nocturnas de zooplancton que fueron obtenidas del crucero Lowphox II efectuado durante febrero de 2018 en la estación T5, donde la profundidad de muestreo fue de 0-800m, en estratos definidos según los microhábitats distintivos de la columna de agua, caracterizados por la profundidad y concentración de oxígeno específica. El crucero IDOOS llevado a cabo durante octubre de 2023, cuyo material de estudio provino de la St2, con una profundidad de 780 m para el metabolismo y 200m para la biomasa y estructura de la comunidad. Las muestras de zooplancton se recolectaron mediante arrastres verticales utilizando redes de doble cierre tipo WP2 de 200 μ m de apertura de malla para el caso de la zona costera y en el caso de la zona oceánica fueron obtenidas mediante dos arrastres verticales, utilizando una red múltiple electrónica Hydrobios de 200 μ m de apertura de malla.

Para el muestreo zooplanctónico de muestras vivas en la estación costera, el procedimiento inicia en la embarcación, una vez ubicada en el punto de la st 3, la red WP2 de 200 μ m de apertura de malla es lanzada a las diferentes profundidades acordadas, permitiendo obtener las muestras de cada estrato (0-30m, 30-50m, 50-70m). En cada profundidad el procedimiento fue el mismo: la red es lanzada y se baja hasta la mayor profundidad de cada estrato para luego ser ascendida hasta la profundidad superior.

Una vez abordó la red, se procede a rociarla con un atomizador para recoger la mayor cantidad de muestra viva, esta es depositada junto con agua de mar en un submuestreador. Así, la muestra recolectada por la red se dividió en 2 fracciones, una utilizada para la estimación de biomasa y composición taxonómica y la otra utilizada para el análisis de metabolismo a través de la medida del sistema de transporte de electrones (ETS). La fracción destinada para ETS de cada estrato (0-30m, 30-50m, 50-70m), fue vaciada desde el submuestreador hasta frascos plásticos etiquetados de 500mL, estos fueron almacenados en frío en neveras hasta su posterior procesamiento una vez en tierra. La fracción destinada para estimar biomasa y composición taxonómica fue transferida a frascos de plástico etiquetados de 500mL, y tratadas inmediatamente con el método de tinción de rojo neutro (Elliott & Tang, 2009), para distinguir a los organismos vivos de los organismos muertos recolectados *in situ*. Las muestras fueron preservadas con solución de formalina neutralizada al 5% y almacenadas en neveras, para su posterior análisis cuantitativo y estimaciones de mortalidad parcial en laboratorio.

Una vez en tierra, se debe procesar la muestra para ETS. La metodología comienza con el armado del tren de tamices con cuatro fracciones de tamaño desde 200 hasta 2000 μm (200-500 μm , 500-1000 μm , 1000-2000 μm y >2000 μm). Los frascos de muestra viva son sacados de la nevera y se tamizan uno por uno. El contenido de los frascos es vertido por completo en el tren de tamices, y posteriormente se rocía con agua filtrada con ayuda de un atomizador para asegurar un buen tamizado. Una vez tamizado el contenido total del frasco de muestra viva, se toma el primer tamiz del tren y se pone sobre una jarra que contiene un embudo con una red de 100 μm de apertura de malla, se rocía con agua filtrada con ayuda del atomizador para remover del tamiz la muestra viva, cuidando que la presión del agua no dañe la muestra, enseguida que esta cae en la red de 100 μm , se toma la red con la muestra sobre papel absorbente para extraer el exceso de agua, luego con una espátula, se trata de remover la mayor cantidad de muestra viva, cuidando nuevamente el no dañar la muestra. La muestra extraída con la espátula es depositada en crioviales Eppendorf etiquetados con el día del muestreo, la profundidad y la apertura de malla del tamiz tratado (e.g. D1,0-30,200 μm).

Finalmente, los crioviales Eppendorf son almacenados en nitrógeno líquido para su posterior análisis. Este procedimiento es realizado con cada uno de los frascos de muestra viva extraídos a las diferentes profundidades (0-30m, 30-50m, 50-70m), realizando el tamizado y posterior almacenamiento de los crioviales Eppendorf.

3.4. Análisis de laboratorio: Estimación de Biomasa y estructura de la comunidad

Las muestras de zooplancton preservadas fueron analizadas de acuerdo con la técnica de tinción de rojo neutro (Elliott & Tang, 2009). Con un microscopio ZEISS Stemi 305, se prepararon los organismos agregando gotas de ácido acético para activar la tinción, en el caso de que las muestras estuvieran muy abundantes estas fueron divididas con ayuda de un submuestreador de plancton se separaron todos los individuos tratados con la tinción de rojo neutro, discriminando como organismos vivos aquellos que presentaron una coloración roja y aquellos incoloros como organismos muertos. Para su posterior análisis en el equipo ZooScan (Figura 4).



Figura 4. Esquema resumen de los pasos metodológicos para el análisis de las imágenes digitales de zooplancton, mediante el equipo ZooScan.

Cada muestra se tamiza previamente para eliminar el exceso de formalina en la que se encuentran preservadas. Posteriormente, se prepara el equipo ZooScan encendiéndose y limpiando la superficie de vidrio donde se deposita la muestra. Se añade agua a esta superficie y se coloca un marco para contener la muestra. La tensión que provoca el marco en el agua puede formar burbujas por lo que con pequeño palo de madera se repasa el marco, asegurándose de eliminar posibles burbujas generadas. Finalmente, se deposita la muestra tamizada en el equipo, procurando separar los organismos entre sí para garantizar un reconocimiento más preciso. Una vez escaneadas las muestras, se pasa al procesamiento que realiza el equipo, proporcionando un archivo Excel con diversas variables como forma y tamaño de los organismos, entre otros datos. Posteriormente, se trabaja con el programa Plankton Identifier en el ordenador, que utiliza un conjunto de entrenamiento o "training set" incorporado para identificar los organismos escaneados en cada muestra. Esto permite obtener las abundancias de clases o grupos de organismos zooplanctónicos presentes, así

como información sobre el área corporal, entre otros parámetros. Una vez obtenidos estos datos, se realiza el cálculo y análisis de la biomasa correspondiente a las muestras analizadas.

3.5 Análisis de ETS

La actividad de la cadena de transporte de electrones (ETS) se midió cinéticamente utilizando el método de Owens y King (Owens y King, 1975), considerando las adaptaciones descritas en Packard et al. (1996). Se registró el incremento de absorbancia en el INT-formazán a 490 nm durante un período continuo de 6 minutos en cubetas de 1 cm de anchura, a una temperatura promedio registrada en cada crucero (Tabla 1). La línea de regresión de la absorción versus tiempo se empleó para calcular tanto la actividad de la ETS como las tasas potenciales de respiración (F) según el método de Packard y Williams (Packard y Williams, 1981). El tetrazolio INT (cloruro de monotetrazolio de 2-p-yodofenil-3-p-nitrofenilo) fue reducido por las enzimas respiratorias de la ETS, sustituyendo al O₂ como aceptor de electrones. El INT acepta dos electrones, mientras que el O₂ aceptaría cuatro. Por lo tanto, la tasa de producción de INT-formazán está relacionada estequiométricamente en un factor de 2 con la actividad de la ETS y en un factor de 0,5 con F. Los espacios en blanco se procesaron sin los sustratos de la ETS para sustraer la contribución de la reducción no enzimática del INT (Maldonado et al., 2012). Todas las tasas de F se ajustaron a las temperaturas in situ mediante la ecuación de Arrhenius y una energía de activación de 15 kcal mol⁻¹ (Packard et al., 1975).

4. RESULTADOS

4.1 Condiciones oceanográficas

Los valores más altos de oxígeno disuelto se observaron en los estratos superficiales de la columna de agua (0-30m) en las estaciones costeras. Se evidencia además la presencia de una ZMO muy somera (< 50m) propio de las aguas del norte de Chile. La temperatura por otro lado presenta una disminución alrededor desde los (20m) de profundidad. Comparando las estaciones costeras vemos claramente una diferencia en la temperatura superficial de sus aguas. En el caso del muestreo de Mejillones 2022, la temperatura superficial está alrededor de los 15°C, esto estaría explicado debido a las condiciones de LN presentes en el momento del muestreo. En el caso opuesto del muestreo de Mejillones 2023 contamos con la presencia de las condiciones EN, por lo que la temperatura superficial en este muestreo osciló los 20°C. Las estaciones oceánicas presentaron altos niveles de oxígeno disuelto igualmente en sus estratos más superficiales (0-100m), la presencia de una ZMO en estas estaciones se registró

alrededor de los 100m, y la temperatura presenta una disminución a partir de aproximadamente los 80m de profundidad. Al igual que en el caso de las estaciones costeras, las estaciones oceánicas se vieron expuestas a las condiciones EN para el muestreo del crucero IDOOS y LN en el crucero LowpHox II.

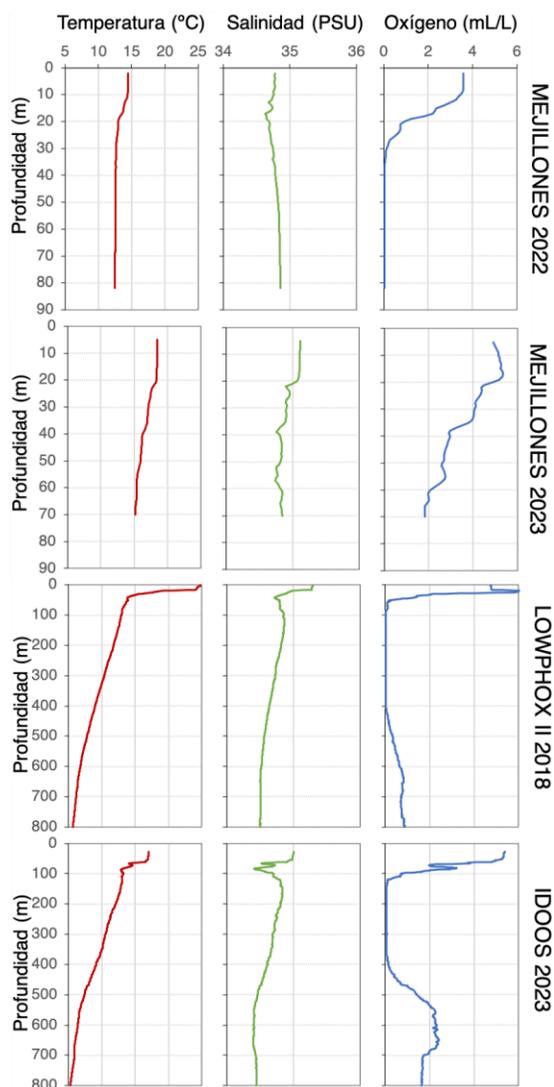


Figura 5. Características hidrográficas en los sitios de muestreo y periodos de muestreo. Los muestreos de Mejillones 2022 y LowpHox II 2018 corresponden a condiciones La Niña, mientras que los muestreos de Mejillones 2023 e IDOOS 2023 corresponden a condiciones El Niño (ver Tabla 1).

4.2 Biomasa y estructura de la comunidad zooplanctónica

Para las estaciones estudiadas alrededor del Norte de Chile se identificaron un total de 25 grupos taxonómicos zooplanctónicos. De estos grupos, 7 de ellos corresponden a copépodos, mientras que otros variaron entre anélidos, anfípodos, quetognatos, eufáusidos, decápodos, salpas, sifonóforos, larvas de decápodos y huevos de peces. En todas las estaciones se observó un patrón en las abundancias (ind. m⁻³), donde los mayores valores se encontraron en los estratos superficiales (0-30m), en el caso de los muestreos realizados en la st3, Mejillones. La Figura 6 muestra la abundancia relativa de los grupos dominantes (>5% contribución a abundancia total) en cada estrato y muestreo. Se observó que el grupo dominante en todos los estratos, estaciones y momentos de muestreo fueron los copépodos.

En la zona de mínimo de oxígeno (ZMO, estratos 50-80m), se observó una disminución en las abundancias de casi todos los grupos y la ausencia de algunos de ellos, tales como zoeas y apendicularias. Por debajo de estas capas de agua deficientes en oxígeno, se registró un incremento de la biodiversidad de zooplancton al observarse de nuevo la presencia de los grupos ausentes en la ZMO. Las abundancias de los organismos en estas aguas más profundas fueron menores que en aguas superficiales, principalmente en el estrato más profundo (50-200 m) del muestreo oceánico (IDOOS 2023) donde se reportaron los valores mínimos (Tabla 2).

Los valores de biomasa para el crucero LowpHox II fueron tomados de Tutasi (2020), donde mostró que los mayores valores se encontraron durante la noche en la zona pelágica, como consecuencia de los periodos de primavera y verano austral. Además, Tutasi reportó un segundo peak de biomasa asociado a la zona bajo la ZMO, los valores menores de biomasa se encontraron en la ZMO (Tutasi, 2020).

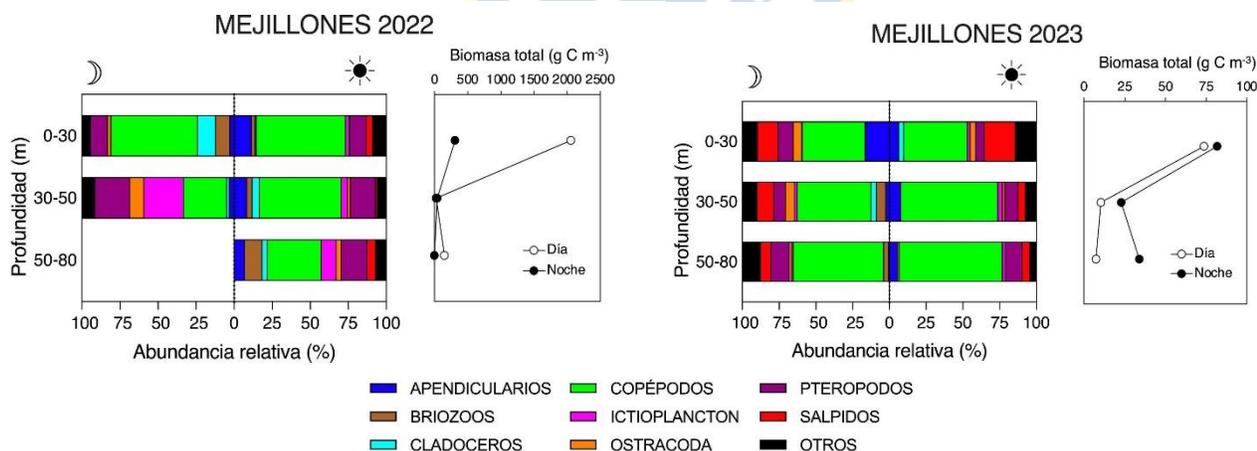


Figura 6. Abundancia relativa (%) para cada grupo zooplanctónico identificado, para los diferentes estratos de la estación st3 Mejillones (23°S).

Tabla 2. Abundancia y biomasa para cada grupo zooplanctónico identificado en los estratos del muestreo en el crucero IDOOS.

Grupos	Abundancia (ind/ m ³) IDOOS 2023				Biomasa (g C / m ³) IDOOS 2023			
	0-50m		50-200m		0-50m		50-200m	
	D	N	D	N	D	N	D	N
ANFÍPODOS	0	0	0	8	0	0	0	0,25166
ANÉLIDOS	0	272	20	44	0	17,82865	0,18195	9,48952
APENDICULARIOS	432	1424	280	32	7,35333	19,96723	2,55967	0,37431
BRIOZOOS	3680		472	204	11,87876	0	1,25504	0,63549
QUETOGNATOS	168	752	172	136	16,1858	88,68237	28,69636	39,30608
CLADOCEROS	0	16	84	52	0	0,44654	0,2973	0,23554
COPÉPODOS	17088	11584	2948	480	161,5702	337,504	20,77318	35,45591
DECÁPODOS	0	0	0	0	0	0	0	0
EUFÁUSIDOS	168	464	20	64	15,31237	0	0,64721	33,98375
FORAMINIFEROS	296	480	36	4	1,28758	0	0,04169	0,004
HIDROZOOS	136	16	0	4	8,44037	0	0	0,03574
ICTIOPLANCTON	16	0	4	0	0,16949	0	0,05016	0
LARVAS DECÁPODOS	0	32	0	0	0	0	0	0
OSTRACODA	0	0	44	40	0	0	0,4194	1,03504
PTEROPODOS	0	0	292	12	0	0	0,52657	0,03354
RADIOLARIOS	0	0	8	0	0	0	0,00657	0
SALPIDOS	624	864	72	100	57,0222	0	2,51074	17,36807
SIFONÓFOROS	256	432	72	60	20,26435	0	3,4108	2,71215
TOTAL	22864	16336	4524	1240	279,2201	464,4287	57,96584	140,9208

Los resultados de los descriptores comunitarios de los grupos identificados en las zonas de muestreo se exponen en la (tabla 3). Los mayores valores de riqueza de grupos (Margalef) se encontraron los estratos más superficiales y alejados de la ZMO (0-50m), para el caso de los muestreos costeros diurnos, cabe resaltar el estrato (30-50) nocturno del muestreo Mejillones 2022, el cual presenta el valor más bajo de todo el muestreo lo que sugiere una diversidad menos grande y una abundancia de especies más reducida. Para los muestreos oceánicos los valores más altos de riqueza se observaron en el estrato más profundo (50-200 m) y a diferencia de los muestreos costeros, estos valores fueron registrados durante la noche. En general para todos los muestreos los valores más altos de riqueza se encuentran en los muestreos diurnos.

De acuerdo con el índice de similaridad (Pielou) calculado para el muestreo de Mejillones 2022, en general los estratos presentan una distribución de grupos bastante equitativa (valor cercano a 1), el estrato (30-50m) nocturno de la St3, presentó una discrepancia (valor cercano a 0) con lo dicho anteriormente, por lo que la dominancia en este estrato y en ese momento

del muestreo se caracteriza por poseer un grupo que domina por sobre los otros, cabe resaltar además que este estrato es el que se encuentra más cercano a la ZMO de la St3. Los valores del índice de similaridad para el muestreo Mejillones 2023, no mostraron mayor discordancia con lo que se observó en el Muestreo Mejillones 2022, los valores (cercaos a 1) indican una distribución equitativa, donde todos los grupos tienen una presencia similar en términos de abundancia. La estación oceánica en general presenta valores equitativos (cercaos a 1) sin diferencias significativas en lo que a distribución de los grupos se refiere.

Por otro lado, el índice de diversidad (Shannon-Wiener) presentó mayoritariamente valores mayores a 1 en todas las estaciones, indicando una alta biodiversidad y distribución equitativa de los grupos. Los menores valores de diversidad se encontraron en el muestreo Mejillones 2022, específicamente en el estrato (30-50m) y el muestreo IDOOS 2023 en el estrato (0-50m) durante los muestreos diurnos. Los mayores valores se registraron en las estaciones costeras y en sus estratos más superficiales, lo que explicaría una alta diversidad de grupos (Tabla 3).

Tabla 3. Descriptores comunitarios, riqueza de especies (Margalef), índice de diversidad (Shannon-Wiener), índice de similaridad (Pielou) para la comunidad completa de los diferentes estratos de las estaciones del Norte de Chile.

Crucero	Estación	Estrato (m)	Momento	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou
Mejillones 2022	St3	0-30	Día	1	1,7	0,6
			Noche	1	1,6	0,6
		30-50	Día	1,2	1,6	0,6
			Noche	0,9	0,3	0,1
		50-80	Día	1,2	2,0	0,7
			Noche	-	-	-
Mejillones 2023	St3	0-30	Día	1,4	1,8	0,6
			Noche	1,1	1,5	0,6
		30-50	Día	1,4	1,3	0,5
			Noche	1,4	1,9	0,7
		50-80	Día	1,1	1,1	0,5
			Noche	1,1	1,6	0,6
IDOOS 2023	St2	0-50	Día	1,1	0,9	0,4
			Noche	1,5	1,1	0,5
		50-200	Día	2	1,3	0,5
			Noche	2,2	1,7	0,6

4.3 Actividad metabólica del zooplancton

Mediante las mediciones de las tasas de respiración zooplanctónica, basadas en la cadena de transporte de electrones (ETS), en cada estación de muestreo, se logró obtener un conjunto diverso de valores para cada estrato (Figura 7). Estas mediciones revelaron patrones en relación con la actividad respiratoria a diferentes profundidades dentro del océano. Se identificaron tasas de respiración ($\mu\text{mol O}_2 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-3}$) con niveles más elevados por encima de la ZMO, especialmente en los estratos superficiales. Estos hallazgos fueron consistentes tanto durante el día como durante la noche, con una excepción notable en el muestreo 'Mejillones 2023', donde se registraron las tasas de respiración más altas en el estrato más próximo a la ZMO. Se observó un patrón coherente de disminución en las tasas de respiración a medida que se profundiza en los estratos muestreados y se aproximaba a la ZMO. En particular, en los muestreos oceánicos, se notó una marcada reducción alrededor de los (90m) de profundidad. En contraste, en los muestreos costeros como 'Mejillones 2022', se evidenció una disminución progresiva desde los 30 metros en adelante. En el muestreo 'Mejillones 2023', los valores más bajos se detectaron en el estrato más superficial (0-30m).

Dentro de la comunidad zooplanctónica, se destacaron dos categorías específicas de organismos aquellos de ($< 2000\mu\text{m}$) y aquellos con medidas entre ($200-500\mu\text{m}$). Estos organismos mostraron una predominancia significativa en relación con las tasas de respiración más altas en todas las estaciones muestreadas. La interacción entre las mediciones de ETS y las diferentes categorías de organismos resalta la complejidad y la diversidad de respuestas metabólicas dentro de la comunidad zooplanctónica en estos muestreos.

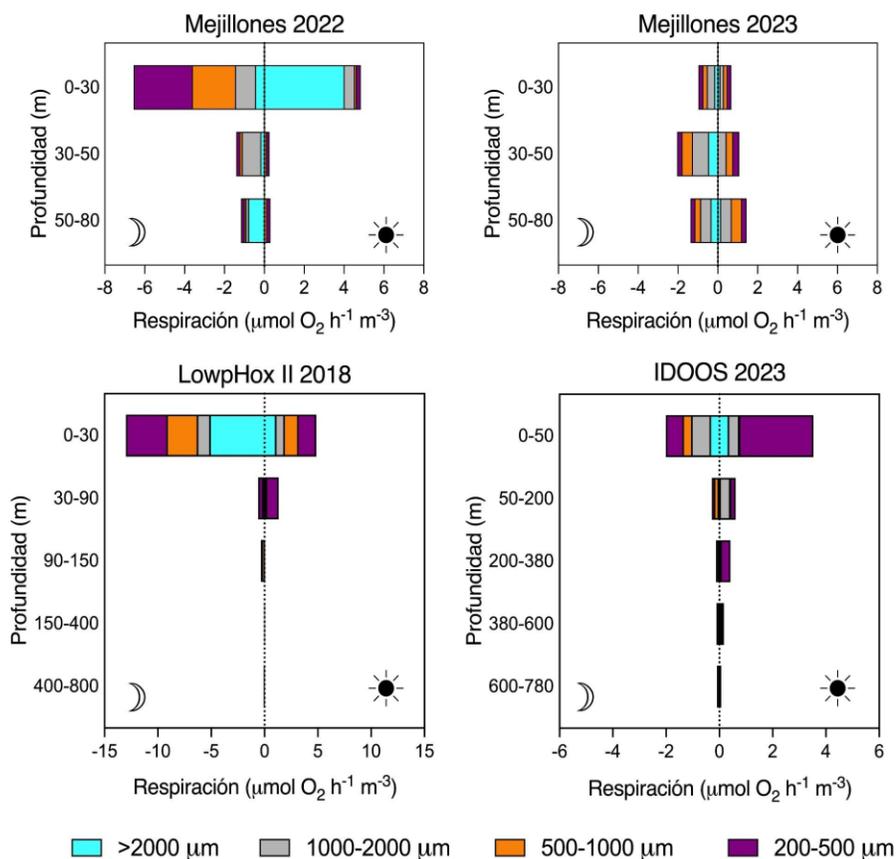


Figura 7. ETS. Tasas de respiración zooplanctónica de los muestreos costeros (Mejillones 2022-2023) y oceánicos (IDOOS 2023 y LowpHox II 2018), durante el día y la noche.

4.5 MVD

4.5.1 Profundidad Media Ponderada

Para el análisis de la distribución vertical de los organismos colectados se calculó la profundidad Media Ponderada del Zooplancton (PMPZ) para cada grupo taxonómico durante el día y la noche de acuerdo con Andersen et al. (2004), donde se incluye la variabilidad del espesor en cada estrato. Los datos fueron procesados por medio de software especializados como Rstudio.

$$PMPZ = (ni * zi * di)/(ni * zi)$$

Dónde:

ni : Densidad de la población i (ind/m³).

di : Profundidad media de la muestra i .

zi : Espesor del estrato.

4.5.2 Comportamiento de la MVD

Para determinar el comportamiento de la MVD se analizó la diferencia de los valores promedios de PMPZ entre el día y la noche para cada grupo. Los valores positivos se categorizaron como MVD normal (ascenso a la superficie durante la noche y en el día la permanencia en las profundidades) y los valores negativos como MVD inverso (Durante la noche permanecen en las profundidades y ascenso durante el día). Los individuos que tuvieron presencia solo durante el día o la noche fueron considerados no migratorios (Tabla 4).

El grupo de los copépodos presentó una migración vertical normal en todos los estratos y muestreos, el resto de los grupos registraron en su mayoría una migración vertical nula o inversa, con algunas excepciones en muestreos específicos, donde algunos de estos presentaron en estratos concretos una migración normal.

Tabla 4. Clasificación de los comportamientos nictimerales de los grupos dominantes en los distintos cruceros de los cuales se analizaron muestras.

Grupos	IDOOS 2023		Mejillones 2023			Mejillones 2022		
	0-50m	50-200m	0-30m	30-50m	50-80m	0-30m	30-50m	50-80m
ANFÍPODOS	-	3	-	-	*	3	-	-
ANÉLIDOS	3	2	1	1	*	2	2	2
APENDICULARIOS	2	1	1	1	*	2	1	1
BRIOZOOS	3	2	2	1	*	2	3	2
QUETOGNATOS	2	2	1	3	*	2	1	2
CLADOCEROS	3	2	2	1	*	3	3	-
COPÉPODOS	1	1	1	1	*	1	1	1
DECÁPODOS	-	-	-	-	*	3	-	-
EUFÁUSIDOS	2	2	2	2	*	1	2	3
FORAMINIFEROS	2	1	1	2	*	2	2	1
HIDROZOOS	1	3	3	-	*	2	2	3
ICTIOPLANCTON	3	3		2	*	1	1	1
LARVAS DECÁPODOS	3	-	1	3	*	2	2	2
OSTRACODA	-	2	2	2	*	2	2	3
PTEROPODOS	-	1	2	2	*	2	1	2
RADIOLARIOS	-	3	3	-	*	-	3	-
SALPIDOS	2	2	1	3	*	1	2	2
SIFONÓFOROS	2	2	3	-	*	1	1	-

1 = MVD normal, 2 = MVD inversa, 3 = No migrante, - especie ausente en el periodo, * estrato sin muestras.

5. DISCUSIÓN

El transporte de bioelementos mediado por los diferentes grupos que componen la comunidad zooplanctónica ha sido previamente documentado, tanto en la zona de estudio de este proyecto como en otras zonas del océano (Tutasi López, 2020; Yebra et al., 2005; Yáñez et al., 2012; Steinberg y Landry, 2017; Ruz Moreno, 2017). Como se mencionó a lo largo de esta tesis, el Norte de Chile se caracteriza por la presencia de aguas altamente productivas. Este sistema de surgencia frente al norte de Chile, se caracteriza por la alta producción primaria que ayuda a mantener y sostener la biomasa de la comunidad zooplanctónica (Escribano & Hidalgo, 2001), no obstante su alta capacidad productiva, también está sujeta a las drásticas fluctuaciones interanuales, debido a la alternancia de eventos cálidos (El Niño) y eventos fríos (La Niña) (Escribano & Hidalgo, 2000). Estas aguas además se caracterizan por la presencia de una Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) bastante somera que se extiende desde el norte del Perú (5°S) hasta el sur de Chile (40°S) y sus variaciones en distribución, obedecen a cambios en regímenes de surgencia sobre el gradiente latitudinal (Yáñez et al., 2012). En el PSO, frente a Chile se ha observado durante eventos EN una significativa profundización del límite superior de la mínima de oxígeno (Morales et al., 1999). Sin embargo, los estudios disponibles en zonas de surgencia altamente productivas aún son escasos, sobre todo aquellos que evalúan cuánto afectaría la ZMO al transporte de bioelementos y a la MVD de organismos zooplanctónicos. Los resultados obtenidos en esta investigación, se fundamentan en la estimación de biomasa, los patrones de desplazamiento del zooplancton (migración vertical diaria), así como en la evaluación de sus niveles metabólicos, la respiración mediante la actividad de la cadena de transporte de electrones (ETS), proporcionando un análisis exhaustivo de la influencia y aporte del zooplancton al flujo de bioelementos, así como las respuestas de estos organismos frente a los cambios en las condiciones ambientales de la columna de agua.

Biomasa y estructura de la comunidad

En el estudio realizado en el Norte de Chile, se identificaron 25 grupos taxonómicos de zooplancton. Los copépodos fueron el grupo más común, representando alrededor del 70% de la abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica. Esto es consecuente con las mediciones realizadas por (Thompson et al., 2013), seguido de otros como anélidos, anfípodos, quetognatos, eufáusidos, decápodos, salpas, sifonóforos, larvas de decápodos y huevos de peces. Se encontró un patrón consistente en las abundancias, siendo más altas en capas superficiales (0-30m), en línea con lo expuesto por (Steinberg et al., 2000), donde los copépodos fueron el grupo dominante en todas las estaciones y profundidades de muestreo, incluso siendo capaces de migrar a través de la ZMO (Tutasi Lopez, 2020). En la ZMO de todas las estaciones hubo una disminución en las abundancias de la mayoría de los grupos, incluso la ausencia de algunos, como zoeas, apendicularias y anélidos. A profundidades por debajo de la ZMO, se observó un incremento en la diversidad de zooplancton, con la

reaparición de grupos ausentes en la ZMO. Aunque la ZMO no previno en gran medida la MVD, el comportamiento migratorio del zooplancton fue altamente variable en la zona de surgencia frente a Chile, destacando la migración inversa realizada por varios de los grupos identificados, este patrón de comportamiento inverso ha sido explicado como un mecanismo de evitación de depredadores por (Ohman, 1990).

Las abundancias de estaciones oceánicas, registraron los valores mínimos especialmente en las capas más profundas (50-200m), esto es concordante con estudios similares (Tutasi López, 2020; Steinberg et al., 2000). Los descriptores comunitarios de los grupos identificados en las zonas de muestreo muestran que los valores más altos de riqueza de grupos (índice de Margalef) se encuentran en los estratos más superficiales y distantes de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO). Los muestreos oceánicos, registraron los valores más altos de riqueza en el estrato más profundo (50-200 metros), durante la noche, a diferencia de los muestreos costeros donde estos valores altos se observaron durante el día. En general, los muestreos diurnos presentaron la mayor riqueza y la distribución de grupos en los estratos fue equitativa. El índice de diversidad (Shannon-Wiener) fue (> 1) en todas las estaciones, lo que sugiere una alta biodiversidad y distribución equitativa de los grupos. Los valores más altos se registraron en las estaciones costeras y en sus capas más superficiales, indicando una mayor diversidad de grupos en estas áreas. Sin embargo, al comparar las estaciones con respecto a las condiciones EN y LN, podemos observar una clara disminución de las abundancias en la mayoría de los grupos identificados. En la condición Niño, la distribución está alterada para la mayoría de las especies y se refleja principalmente en la disminución de la abundancia. Esto lleva a pensar que El Niño tiene un impacto negativo sobre la abundancia de estos organismos, como se ha sugerido tradicionalmente (Fernández et al., 2002).

Actividad metabólica del zooplancton

El estudio de las tasas de respiración del zooplancton, basadas en la cadena de transporte de electrones (ETS), reveló patrones interesantes en las profundidades oceánicas. una estacionalidad débil, con eventos de surgencia impulsados por el viento que mantienen una alta productividad biológica durante todo el año (Strub et al. 1998). La comparación tanto de las tasas de respiración (ETS) como de las mediciones de biomasa y abundancia de las estaciones costeras se ven obstaculizadas debido a que los datos provienen de estaciones distintas, no así en el caso de las estaciones costeras ya que estas fueron realizadas durante el mismo mes en la misma estación, variando únicamente las condiciones en las que fueron realizadas (EN 2023 y LN 2022). Las condiciones productivas, que se presentan en la zona norte de Chile pueden extenderse incluso si nos posicionamos lejos de la costa a través de procesos de mesoescala (Fernández-Urruzola et al., 2021), generando la ZMO permanente y bien desarrollada que encontramos en la región, estas aguas deficientes en oxígeno limitan a la comunidad de zooplancton a buscar zonas oxigenadas más someras, lo que explicaría los altos valores de tasas de respiración dentro de los 30 m superiores. Esta zonificación vertical

afecta el flujo de carbono y, en última instancia, la eficiencia de la bomba biológica (Fernández-Urruzola et al., 2021). Además de los bajos niveles de oxígeno, los organismos que viven en las profundidades del océano están expuestos a frías temperaturas, escasez de alimentos y oscuridad, lo que generalmente resulta en una reducción de las capacidades locomotoras y en un mayor tamaño corporal (Timofeev, 2001), es por ello que las tallas mayores predominan en las aguas oceánicas más profundas. En este estudio se encontraron tasas más altas de respiración por encima de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO), especialmente en capas superficiales, tanto de día como de noche. Esto se explicaría según Conover (1966) debido a que la composición de los alimentos es un factor importante que determina la asimilación por parte del zooplancton y, en consecuencia, afectará a sus tasas metabólicas, ya que un acceso más limitado a una fuente de energía (escasez de alimentos) afectará negativamente a la reserva intracelular de nucleótidos de piridina, sustratos que alimentan la respiración (Osma et al., 2016). Solo uno de los muestreos evidenció lo contrario a lo esperado, en el muestreo de Mejillones 2023, bajo condiciones EN, las mayores tasas de respiración, abundancia y biomasa estuvieron presentes en uno de los estratos intermedios, mostrando una inherencia con lo esperado y con lo reportado en otros trabajos realizados en la misma área de muestreo, Fernández-Urruzola et al., 2021 expone que la biomasa de zooplancton y la respiración alcanzaron su punto máximo en todos los casos dentro de los 30 m superiores para luego disminuir drásticamente por debajo de los 90 m, coincidiendo con el núcleo de la ZMO, no así en el caso del muestreo costero Mejillones 2023. Se observó una disminución en las tasas de respiración a medida que se profundiza y se acercaba a la ZMO, similar a lo descrito por (Fernández-Urruzola et al., 2021) afirmando que las tasas de respiración medidas basadas en ETS en plancton $< 100 \mu\text{m}$ mostraron una disminución escalonada con la profundidad en todas las estaciones. Dos categorías específicas de organismos zooplanctónicos, aquellos con tamaños mayores a $2000\mu\text{m}$ y entre $200-500\mu\text{m}$, destacaron por su asociación con tasas más altas de respiración en todas las estaciones. Estas mediciones resaltan la complejidad de las respuestas metabólicas dentro de la comunidad zooplanctónica en los diferentes muestreos realizados.

6. CONCLUSIONES

Los resultados aportan evidencia de que el flujo de bioelementos depende tanto de los comportamientos migratorios, como de la variabilidad espacio-temporal de la ZMO determinada por las condiciones EN y LN, por lo tanto, estos resultados apoyan la hipótesis del proyecto.

Los resultados de biomasa en cada uno de los muestreos revelan una clara tendencia de presentar los mayores valores durante las muestras nocturnas y en los estratos más superficiales, tanto en las áreas costeras como en las oceánicas. Esta observación sugiere una migración vertical normal (ascenso a la superficie durante la noche y permanencia en las

profundidades durante el día), donde la actividad biológica puede ser más activa durante la noche. Además, se destaca una disminución de los valores de biomasa a medida que se profundiza y se acerca a la ZMO. Con respecto a la abundancia relativa de la comunidad, esta se caracterizó por estar altamente dominada por el grupo de los copépodos.

La distribución vertical del zooplancton estuvo condicionada por la ZMO, de manera que los valores más altos de biomasa se concentraron por encima de la oxiclina, asociada con aguas superficiales más oxigenadas. Esto fue evidente en las estaciones más costeras, donde la ZMO fue más intensa y somera. La variabilidad temporal (El Niño vs. La Niña) es un factor clave que pueden imponer una importante restricción para la MVD, actividad metabólica y biomasa del zooplancton, debido a como vendrían a afectar la extensión e intensidad de la ZMO. Durante los muestreos costeros realizados en el mismo mes (agosto) pero bajo condiciones climáticas diferentes (EN 2023 y LN 2022), se revelaron diferencias sustanciales. En el evento EN 2023, se observaron valores de actividad metabólica notablemente más bajos en los estratos superficiales, en contraste con el evento LN 2022, donde se registraron los valores más altos de actividad metabólica en las capas superficiales. Estas discrepancias sugieren una somerización de la ZMO durante el evento EN de agosto de 2023. La variabilidad espacial (Costa y Océano) es otro factor a considerar. Las ZMO cercanas a la costa, suelen estar influenciadas por la surgencia costera, son menos extensas, pero más someras, mientras que las ZMO oceánicas son más extensas y su límite superior se encuentra en zonas más profundas. La proximidad a la línea costera y la intensidad de la surgencia son factores clave que podrían determinar estas diferencias. Además, las ZMO cercanas a la costa pueden tener dinámicas biológicas distintas, influenciadas por la disponibilidad de nutrientes locales, en comparación con las ZMO más oceánicas.

Se sugiere complementar el estudio con la tasa de mortalidad de los grupos identificados, debido a la contribución que estaría haciendo a la bomba biológica del océano, además, aplicar pruebas estadísticas para discriminar los factores que estarían influyendo en los resultados obtenidos.

7. REFERENCIAS

- Cavan, E. L., Trimmer, M., Shelley, F., & Sanders, R. (2017). Remineralization of particulate organic carbon in an ocean oxygen minimum zone. *Nature Communications*, 8(1), 14847.
- Conover RJ (1966) Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnology and oceanography* 11:338–345
- Ekau, W., H, A., Pörtner, H.-O., & D, G. (2010). Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish). *Biogeosciences*, 7, 1669-1699. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1669-2010>
- Elliott, D., & Tang, K. (2009). Simple staining method for differentiating live and dead marine zooplankton in field samples. *Limnology and oceanography, methods*, 7, 585-594. <https://doi.org/10.4319/lom.2009.7.585>
- Escribano, R. (2002). Population dynamics of *Calanus chilensis* in the Chilean Eastern Boundary Humboldt Current. *Fisheries Oceanography*, 7, 245-251. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1998.00078.x>
- Escribano, R., & Hidalgo, P. (2001). Circulación inducida por el viento en Bahía de Antofagasta, norte de Chile (23 S). *Revista de biología marina y oceanografía*, 36(1), 43-60.
- Fennel, K., & Testa, J. M. (2019). Biogeochemical controls on coastal hypoxia. *Annual review of marine science*, 11, 105-130.
- Fernández, D., Escribano, R., & Hidalgo, P. (2002). Distribución de eufáusidos en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (23 S) asociada a condiciones previas y durante El Niño 1997-98. *Investigaciones marinas*, 30(1), 25-43.
- Fernández-Urruzola, I., Ulloa, O., Glud, R. N., Pinkerton, M. H., Schneider, W., Wenzhöfer, F., & Escribano, R. (2021). Plankton respiration in the Atacama Trench region: Implications for particulate organic carbon flux into the hadal realm. *Limnology and Oceanography*, 66(8), 3134-3148.
- Fuenzalida, R., Schneider, W., Garcés-Vargas, J., Bravo, L., & Lange, C. (2009). Vertical and horizontal extension of the oxygen minimum zone in the eastern South Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.11.001>

Gruber, N. (2011). Warming up, turning sour, losing breath: Ocean biogeochemistry under global change. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 369, 1980-1996. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0003>

Hidalgo, P., Escribano, H. R., & Morales, C. (2005). Ontogenetic vertical distribution and diel migration of the copepod *Eucalanus inermis* in the oxygen minimum zone off northern Chile (20–21° S). *Journal of Plankton Research*, 27, 519-529. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi025>

Keeling, R., Arne, K., & Gruber, N. (2010). Ocean Deoxygenation in a Warming World. *Annual review of marine science*, 2, 199-229. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163855>

Kiko, R., Bianchi, D., Hauss, H., Iversen, M. H., & Maas, A. (2023). Zooplankton and Nekton: Gatekeepers of the Biological Pump-Volume 2. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1298590.

King, F. D., & Packard, T. T. (1975). Respiration and the activity of the respiratory electron transport system in marine zooplankton 1. *Limnology and Oceanography*, 20(5), 849-854.

Maldonado, F., Packard, T. T., & Gómez, M. (2012). Understanding tetrazolium reduction and the importance of substrates in measuring respiratory electron transport activity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 434, 110-118.

Martin, J. H., Knauer, G. A., Karl, D. M., & Broenkow, W. W. (1987). VERTEX: carbon cycling in the northeast Pacific. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 34(2), 267-285.

Morales, C., Hormazabal, S., & Blanco, J. (1999). Interannual variability in the mesoscale distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *Journal of Marine Research*, 57, 909-932. <https://doi.org/10.1357/002224099321514097>

Ohman, M. D. (1990). The demographic benefits of diel vertical migration by zooplankton. *Ecological Monographs*, 60(3), 257-281.

Osma, N., et al. (2016). "Predicting in vivo oxygen consumption rate from ETS activity and bisubstrate enzyme kinetics in cultured marine zooplankton." *Marine Biology* 163.

Owens, T. G., & King, F. D. (1975). The measurement of respiratory electron-transport-system activity in marine zooplankton. *Marine Biology*, 30, 27-36.

Packard, T. T., Berdalet, E., Blasco, D., Roy, S. O., St-Amand, L., Lagacé, B., ... & Gagnó, J. P. (1996). Oxygen consumption in the marine bacterium *Pseudomonas nautica* predicted from ETS activity and bisubstrate enzyme kinetics. *Journal of Plankton Research*, 18(10), 1819-1835.

Packard, T. T., Devol, A. H., & King, F. D. (1975, April). The effect of temperature on the respiratory electron transport system in marine plankton. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* (Vol. 22, No. 4, pp. 237-249). Elsevier.

Packard, T. T., & Williams, P. J. L. (1981). Rates of respiratory oxygen-consumption and electron-transport in surface seawater from the Northwest Atlantic. *Oceanologica Acta*, 4(3), 351-358.

Paulmier, A., Ruiz-Pino, D., Garçon, V., & Farias, L. (2006). Maintaining of the eastern south Pacific oxygen minimum zone (OMZ) off Chile. *Geophysical Research Letters*, 33(20).

Ruz Moreno, P. M. (2017). Respuestas fisiológicas ontogénicas de copépodos pelágicos bajo condiciones hipóxicas en sistemas de surgencia costera.

Scholze, M., Kaminski, T., Rayner, P., Knorr, W., & Giering, R. (2007). Propagating uncertainty through prognostic carbon cycle data assimilation system simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D17).

Steinberg, D. K., Van Mooy, B. A., Buesseler, K. O., Boyd, P. W., Kobari, T., & Karl, D. M. (2008). Bacterial vs. zooplankton control of sinking particle flux in the ocean's twilight zone. *Limnology and Oceanography*, 53(4), 1327-1338.

Steinberg, G. R., Watt, M. J., McGee, S. L., Chan, S., Hargreaves, M., Febbraio, M. A., ... & Kemp, B. E. (2006). Reduced glycogen availability is associated with increased AMPK α 2 activity, nuclear AMPK α 2 protein abundance, and GLUT4 mRNA expression in contracting human skeletal muscle. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 31(3), 302-312.

Steinberg, D. K., & Landry, M. R. (2017). Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Annual review of marine science*, 9, 413-444.

Timofeev, S. (2001). Bergmann's principle and deep-water gigantism in marine crustaceans. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 28, 646-650.

Thompson, G., Dinofrio, E., & Alder, V. (2013). Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern

Atlantic Ocean during summer, *Journal of Plankton Research*, Volume 35, Issue 3, Pages 610–629, <https://doi.org/10.1093/plankt/fbt014>

Thiel, M., Castilla, J. C., Fernández, M., & Navarrete, S. (2007). The Humboldt current system of northern and central Chile.

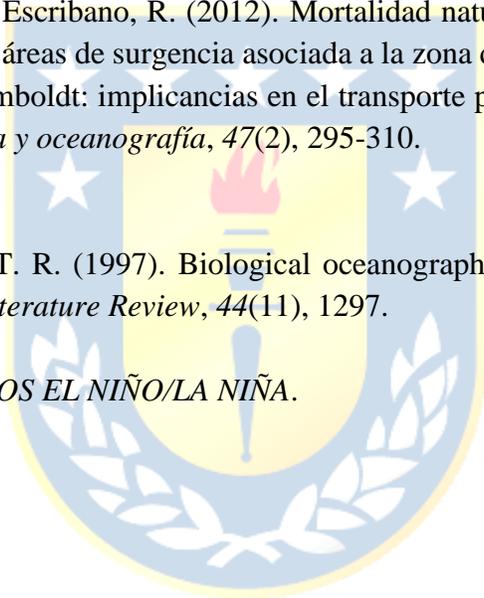
Tutasi López, P. L. (2020). Exportación de carbono debido a la migración vertical diaria del zooplancton y su rol en la eficiencia de la bomba biológica en la región del Pacífico Sur Oriental.

Ulloa, O., & Pantoja, S. (2009). The oxygen minimum zone of the eastern South Pacific. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(16), 987-991.

Yáñez, S., Hidalgo, P., & Escribano, R. (2012). Mortalidad natural de *Paracalanus indicus* (Copepoda: Calanoida) en áreas de surgencia asociada a la zona de mínimo de oxígeno en el Sistema de Corrientes Humboldt: implicancias en el transporte pasivo del flujo de carbono. *Revista de biología marina y oceanografía*, 47(2), 295-310.

Lalli, C. M., & Parsons, T. R. (1997). Biological oceanography: an introduction. Second edition. *Oceanographic Literature Review*, 44(11), 1297.

Silva, M. C. (2003). *CICLOS EL NIÑO/LA NIÑA*.



ANEXOS

Anexo 1. Tabla de biomasa (mg C / m⁻³) para la St3 Mejillones 2022 y Mejillones 2023, (-) indica que para ese estrato no se tienen datos.

Grupo	Biomasa (mg C / m ³) Mejillones 2022						Biomasa (mg C / m ³) Mejillones 2023						
	0-30m		30-50m		50-80m		0-30m		30-50m		50-80m		
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
ANFÍPODOS	0	0	0	0	14,33	-	5993,57	0	0	0	0	0	0
ANÉLIDOS	109097,18	6872,12	4514,4	123,98	8804,10	-	4263,65	2230,25	385,88	1530,36	86,02	3208,62	
APENDICULARIOS	147347,54 (13,54)	12286,48	1309,2	87,46	14192,85	-	4222,01	5108,71	512,62	480,00	203,04	235,47	
BRIZOOS	13376,88 (1,04)	6938,51 (2,09)	124,11	1,06	6322,26 (41,62)	-	8,71	26,10	0	150,79	15,25	142,27	
QUETOGNATOS	189830,19	41498,24	46,78	0	4203,23 (41,62)	-	6534,86	7462,33	953,47	769,82	226,92	1485,93	
CLADOCEROS	2531,77 (3,23)	14478,38	191,54	26,49	2808,98	-	211,67	0	0	133,27	0	0	
COPÉPODO ACARTIA	6364,60 (33,75)	636,37	0	6,68	140,43 (11,46)	-	134,55	109,10	38,07	105,83	20,24	66,02	
COPÉPODO CALANUS	111569,64 (35,0)	24397,10	1182,19	232,32	4500,02 (73,51)	-	1075,29	3871,94 (3,68)	723,88	1430,64	816,36	2812,83	
COPÉPODO CORYCAEUS	12496,79	2205,28	121,81	32,40	1128,93	-	5,09	255,04	22,45	70,69	0	140,74	
COPÉPODO GRANDE	285355,79	56240,90	3482,1	186,23	13928,89 (25,34)	-	6334,26	10400,29	3113,16	5271,43	2445,74	10913,95	
COPÉPODO OITHONA	16633,20 (6,12)	3647,83	127,73	52,82	3159,64 (1,56)	-	0	51,05	35,74	70,20 (0,96)	42,19 (5,63)	130,73	
COPÉPODO ONCAEA	93021,95 (3,05)	22522,52	1341,4	90,44	10143,90 (16,23)	-	1021,03	1507,48	676,66	536,08	590,78	1808,21	
COPÉPODO PEQUEÑO	258910,39 (34,37)	20510,33 (7,65)	4402,4	432,52	11274,48 (8,46)	-	4268,11	2007,99 (0,93)	1836,13	0	267,66	103,01 (0,97)	
COPÉPODO RINCALANUS	30850,41	2561,68	0	35,84	4569,62	-	0	0	0	97,60	138,78	0	
DECÁPODOS	4712,60	0	0	0	0	-	399,97	0	0	0	0	0	
EUFÁUSIDOS	8773,48	78686,34	409,28	35637	537,47	-	1132,50	549,37	26,96	1938,99	0	2854,45	
FORAMINIFEROS	10652,31	191,96	94,29 (1,66)	37,18	1397,95	-	12,17	33,18	4,44	7,06	6,10	19,84	
HIDROZOOS	12847,74	0	0	0	869,55	-	95,28	153,55	52,91	280,77	16,39	0	
ICTIOPLANCTON	0	0	0	0	0 (10,12)	-	0	0	0	0	0	0	
HUEVOS ANCHOA	215,65	0	9,51	0	0	-	103,40	0	0	0	0	0	
HUEVOS SARDINA	7335,92	48,92	164,28	319,90	5415,33 (1,35)	-	104,91	51,68	53,32	83,68	21,34	76,27	
LARVA DECÁPODO ZOEIA	66529,61	2675,75	655,14	0	11941,79 (73,02)	-	589,79	1984,95	20,46	443,16	175,81	1031,05	
LARVA NAUPLIO	17913,33	1733,17	129,41 (22,9)	37,75	479,06 (2,60)	-	12,15	91,22	0	0	37,12	218,80	
OSTRACODA	4378,80 (2,68)	3974,30	332,06 (5,12)	243,44	4266,11 (3,22)	-	727,06	1394,39	94,12	848,04	0	274,94	
PTEROPODOS CAVOLINIIDAE	0	0	962,51	0	0	-	0	0	0	0	0	0	
PTEROPODOS LIMACINIDAE	39279,12	6840,90	666,56 (6,80)	281,09	8413,69 (0,92)	-	229,74	466,05	114,94	169,17	80,67	429,45	
RADIOLARIOS	0	12,68	0	0	13,02	-	0	0	31,29	0	0	0	
SALPIDOS	584573,03	748,85	1923,0	0	36992,07	-	32157,85	43192,16	1566,38	4589,65	2012,50	8028,46	
SIFONÓFOROS	27030,93	0	0	0	0	-	4041,71	717,63	28,31	3798,90	0	0	
TOTAL BIOMASA (mg C / m³)	2061628,85	309708,6	22189,	37864,	155517,7	-	73679,33	81664,46	10291,19	22806,13	7202,91	33981,04	

Anexo 2. Tabla de biomasa (mg C / m³) para la St3 Mejillones 2022 y Mejillones 2023 con los grupos más abundantes agrupados, (-) indica que para ese estrato no se tienen datos.

Grupos	Biomasa (mg C / m ³) Mejillones 2022						Biomasa (mg C / m ³) Mejillones 2023					
	0-30m		30-50m		50-80m		0-30m		30-50m		50-80m	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
ANFIPODOS	0	0	0	0	14,33	-	5993,57	0	0	0	0	0
ANELIDOS	109097,18	6872,12	4514,47	123,98	8804,1	-	4263,65	2230,25	385,88	1530,36	86,02	3208,62
APENDICULARIOS	147347,54 (13,54)	12286,48	1309,2	87,46	14192,85	-	4222,01	5108,71	512,62	480	203,04	235,47
BRIOZOOS	13376,88 (1,04)	6938,51 (2,09)	124,11	1,06	6322,26 (2,0)	-	8,71	26,1	0	150,79	15,25	142,27
QUETOGNATOS	189830,19	41498,24	46,78	0	4203,23	-	6534,86	7462,33	953,47	769,82	226,92	1485,93
CLADOCEROS	2531,77 (3,23)	14478,38	191,54	26,49	2808,98	-	211,67	0	0	133,27	0	0
COPEPODOS	815202,77 (112,29)	132722,01 (7,65)	10657,67 (7,17)	1069,25	48845,91 (136,56)	-	12838,33	18202,89 (4,61)	6446,09	7582,47 (0,96)	4321,75 (5,63)	15975,49 (0,97)
DECAPODOS	4712,6	0	0	0	0	-	399,97	0	0	0	0	0
EUFAUSIDOS	8773,48	78686,34	409,28	35637	537,47	-	1132,5	549,37	26,96	1938,99	0	2854,45
FORAMINIFEROS	10652,31	191,96	94,29 (1,66)	37,18	1397,95	-	12,17	33,18	4,44	7,06	6,1	19,84
HIDROZOOS	12847,74	0	0	0	869,55	-	95,28	153,55	52,91	280,77	16,39	0
ICTIOPLANCTON	7551,57	48,92	173,79	319,9	0 (10,12)	-	208,31	51,68	53,32	83,68	21,34	76,27
LARVAS			784,55 (22,9)	37,75	12420,85 (75,62)	-	601,94	2076,17	20,46	443,16	212,93	1249,85
DECAPODOS	84442,94	4408,92										
OSTRACODA	4378,8 (2,68)	3974,3	332,06 (5,12)	243,44	4266,11 (3,22)	-	727,06	1394,39	94,12	848,04	0	274,94
PTEROPODOS	39279,12	6840,9	1629,07 (6,8)	281,09	8413,69 (0,92)	-	229,74	466,05	114,94	169,17	80,67	429,45
RADIOLARIOS	0	12,68	0	0	13,02	-	0	0	31,29	0	0	0
SALPIDOS	584573,03	748,85	1923,05	0	36992,07	-	32157,85	43192,16	1566,38	4589,65	2012,5	8028,46
SIFONOFOROS	27030,93	0	0	0	0	-	4041,71	717,63	28,31	3798,9	0	0
TOTAL BIOMASA (mg C / m³)	2061628,85 (132,78)	309708,61 (9,74)	22189,86 (43,65)	37864,6	150102,37 (321,35)	-	73679,33	81664,46 (4,61)	10291,19 (0,96)	22806,13 (0,96)	7202,91 (5,63)	33981,04 (0,97)

Anexo 3. Tabla de abundancia (ind m³) para la St3 Mejillones 2022 y Mejillones 2023 de todos los grupos identificados, (-) indica que para ese estrato no se tienen datos, entre paréntesis () se encuentra la cantidad de organismos muertos.

Grupo	2022						2023					
	0-30m		30-50m		50-80m		0-30m		30-50m		50-80m	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
ANFIPODOS	0	0	0	0	1	-	38	0	0	0	0	0
ANELIDOS	1984	752	75	11	287 (1)	-	62	98	14	26	3	52
APENDICULARIOS	6384 (2)	944	95	15	1479	-	80	278	35	20	17	12
BRIOZOOS	1392 (2)	2928 (1)	40	1	2329 (1)	-	2	6	0	46	4	48
QUETOGNATOS	496	176	4	0	17 (1)	-	21	34	6	10	4	24
CLADOCEROS	432 (1)	3664	52	8	691	-	42	0	0	26	0	0
COPEPODO ACARTIA	448 (1)	96	0	1	33 (2)	-	20	16	3	10	2	8
COPEPODO CALANUS	6464(1)	2928	154	25	856 (11)	-	51	134 (1)	25	56	17	112
COPEPODO CORYCAEUS	768	464	25	4	229	-	1	12	3	14	0	24
COPEPODO GRANDE	9232	2784	256	31	1777 (2)	-	209	334	124	194	114	432
COPEPODO OITHONA	2048 (3)	1392	38	15	728 (1)	-	0	20	6	10 (1)	9 (2)	20
COPEPODO ONCAEA	9008 (1)	5744	277	25	2386 (4)	-	160	224	88	80	54	268
COPEPODO PEQUENO	4448 (12)	4080 (2)	138 (1)	27	1176 (4)	-	92	66 (1)	38	0	12	16 (1)
COPEPODO RINCALANUS	64	32	0	1	64	-	0	0	0	2	1	0
DECAPODOS	0	0	0	0	0	-	2	0	0	0	0	0
EUFUSIDOS	32	48	2	5	32	-	10	8	3	16	0	16
FORAMINIFEROS	656	160	54 (1)	21	719	-	9	26	3	6	4	12
HIDROZOOS	128	0	0	0	1	-	1	2	1	2	2	0
ICTIO PLANCTON	0	0	0	0	0 (1)	-	0	0	0	0	0	0
ICTIO PLANCTON HUEVOS ANCHOA	80	0	1	0	0	-	7	0	0	0	0	0
ICTIO PLANCTON HUEVOS SARDINA	1152	16	66	117	1996 (1)	-	17	10	13	14	6	16
LARVA DECAPODO ZOEAE	384	32	6	0	294 (6)	-	8	16	1	10	5	16
LARVA NAUPLIO	720	416	44 (1)	0	39 (1)	-	3	12	0	0	3	52
OSTRACODA	352 (1)	688	29(3)	42	652 (2)	-	46	110	7	44	0	20
PTEROPODOS CAVOLINIDAE	0	0	1	0	0	-	0	0	0	0	0	0
PTEROPODOS LIMACINIDAE	5936	3408	269 (2)	104	3520 (1)	-	73	196	39	58	34	180
RADIOLARIOS	0	16	0	0	1	-	0	0	1	0	0	0
SALPIDOS	2368	48	22	0	1120	-	261	264	22	82	16	100
SIFONOFOROS	384	0	0	0	0	-	16	24	2	2	0	0
TOTAL INDIVIDUOS (ind m³)	24384	23808	1114	453	4337	-	1231	1690	434	718	298	1412