



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS



Variación estacional en la composición de grupos del mesozooplankton  
en la zona norte y centro de Chile

Nicolás Ignacio Cruces Cabeza

Seminario de Título presentado al  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Para optar al Título de  
BIOLOGO MARINO  
Concepción - Chile

2023

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

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

Profesor(a) Guía

---

Dr. Leonardo Castro

Ha sido aprobada por la Siguiete Comisión

---

Dr. Luis Cubillos

---

Dr (c). Carlos Veroes

Jefe de Carrera

---

Dr. Ariel Valenzuela

Agradecimientos

Para empezar, quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional en todo lo que me propusiera, siendo el querer estudiar Biología Marina una de las instancias más importantes. A mi profesor guía Leonardo Castro, que accedió a guiarme en este camino para la realización mi tesis. A todas las personas que componen el Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (Lopel) que me ayudaron en este proceso. Y por último agradezco a mis amigos, y personas que conocí a lo largo de esta etapa, y que por ciertas circunstancias tuvieron que alejarse. Todos los cruceros de este seminario fueron financiados por el Centro COPAS Coastal.

## INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS .....	VII
RESUMEN .....	1
ABSTRACT (en inglés) .....	2
INTRODUCCION .....	3
METERIALES Y METODOS.....	6
Área de estudio y muestreo de zooplancton.....	6
Trabajo de Laboratorio.....	7
Análisis de datos.....	8
RESULTADOS .....	11
Abundancia por grupos taxonómicos.....	11
Índices comunitarios.....	15
Grupos funcionales Herbívoros vs Carnívoros.....	16
Composición corporal (Quitinosos vs Gelatinosos) .....	20
DISCUSION .....	26
CONCLUSIONES .....	30
BIBLIOGRAFIA .....	31
Anexo 1 .....	33
Anexo 2.....	36

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas donde fueron extraídas las muestras, siendo (A) Puntos de Muestreo frente zona Norte. (B) Puntos de Muestreo Zona Centro.....	7
Figura 2(a,b,c,d,e,f). Abundancias relativas de grupos del mesozooplankton por estación del año (Zona Norte y Centro) .....	14
Figura 3. Abundancias totales grupos zooplanctónicos herbívoros y carnívoros agrupados Zona Norte y Centro de Chile.....	17
Figura 4. Abundancias totales grupos zooplanctónicos Herbívoros vs Carnívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.....	18
Figura 5. Abundancias de Herbívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.....	19
Figura 6. Abundancias de Carnívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.....	20
Figura 7. Abundancias totales grupos zooplanctónicos Quitinosos y Gelatinosos Zona Norte vs Centro de Chile.....	22
Figura 8. Abundancias totales grupos zooplanctónicos Quitinosos vs Gelatinosos por estación del año Zona Norte y Centro de Chile. ....	23
Figura 9. Abundancias de Quitinosos por estación del año Zona Norte y Centro.....	24
Figura 10. Abundancias de Gelatinosos por estación del año Zona Norte y Centro .....	25
Figura 11. Gráficos de cajas y bigotes (Box and Whiskers) de abundancias por estación del año de zooplankton total (ambos grupos en conjunto) Zona centro y norte representando medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos. (A: Zona norte; B: Zona centro). ....	34
Figura 12. Distribución de abundancias grupos zooplanctónicos Herbívoros y Carnívoros zona Norte por estación donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos (a:Verano; b: Otoño ; c:Invierno).....	35
Figura 13. Figura 13. Abundancias grupos zooplanctónicos Herbívoros y Carnívoros en la zona Centro por estación (a:Verano; b: Otoño ; c:Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos. ....	36

Figura 14. Abundancias por estación del año quitinosos y gelatinosos agrupados. Zona centro y norte. (A: Zona norte; B: Zona centro) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.....37

Figura 15. Distribución de abundancias grupos zooplanctónicos quitinosos y gelatinosos zona Norte (a:Verano; b: Otoño ; c:Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.....38

Figura 16. Abundancia grupos zooplanctónicos quitinosos vs gelatinosos Zona Centro (a: Verano; b: Otoño; c:Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos..... 39

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fechas y número de estaciones desde las cuales fueron extraídas las muestras de zooplancton, por cada estación se extrajo una muestra.....	7
Tabla 2. Abundancia de grupos por estación del año, de mayor a menor abundancia(ind/m <sup>3</sup> ) con desviación estándar.....	12
Tabla 3. Riqueza Especifica, Índice de Shannon y por zona y estación del año (Norte y Centro de Chile).....	15
Tabla 4. PERMANOVA dos vías, Tipo (Herbívoros y Carnívoros) Estación y grupos funcionales Zona Norte y Centro.....	18
Tabla 5. PERMANOVA dos vías, Estación y Tipo (Quitinoso vs Gelatinosos) Zona Norte y Centro.....	22
Tabla 6. Prueba de Dunn Estaciones del año Zona Norte.....	24

## Resumen

Entre la zona centro y norte de Chile se pueden observar procesos oceanográficos que operan con distinta intensidad, tales como la surgencia costera y el ingreso de agua dulce desde ríos, los cambios en la temperatura y salinidad del agua. Estos factores podrían cambiar la estructura comunitaria mesozooplantonica presentes en estas zonas. Además, dichos procesos podrían limitar como también permitir la existencia y dominancia de ciertos organismos del mesozooplanton. Con el objetivo de determinar si existen diferencias en la composición de grupos mayores del mesozooplanton en las diferentes estaciones de año tanto a nivel taxonómico, de grupos funcionales (herbívoros y carnívoros) como composiciones estructurales (quitinosos vs. gelatinosos) se llevó a cabo muestreos de mesozooplanton con red tipo bongo en la zona Norte frente a las costas de Iquique y en la zona centro frente a Bahía Coliumo. Los muestreos constaron de 3 puntos por cada zona, extrayendo un total de 39 muestras de mesozooplanton, Se realizó una identificación taxonómica de los grupos y su abundancia, y se estimó índices de riqueza específica, diversidad y dominancia. Se determinó que la zona centro presenta una mayor diversidad en la comunidad del mesozooplanton durante las 3 estaciones del año muestreadas. Tanto los grupos funcionales herbívoros y carnívoros, como la composición corporal quitinosos y gelatinosos presentaron diferencias entre en las distintas estaciones del año. En ambas zonas existió una mayor abundancia de herbívoros en la clasificación de grupos funcionales, y de quitinosos en la clasificación de composición corporal.

## Abstract

Between the central and northern zones of Chile, oceanographic processes occur with different intensity. Changes in Coastal upwelling and the influx of freshwater from rivers, water temperature and salinity can be factors that might alter the mesozooplanktonic community structure present in these areas. These processes could limit the existence and dominance of certain mesozooplankton organisms. Aiming to determine if there are differences in the composition of major mesozooplankton groups during different seasons of the year, both in terms of functional groups (herbivores and carnivores) and structural compositions (Chitinous vs. Gelatinous), zooplankton sampling was conducted using a bongo net in north Chile off the coast of Iquique and the central zone off Bahía Coliumo. This sampling consisted of 3 points per zone, resulting in a total of 39 mesozooplankton samples. Taxonomic identification of the groups and their abundance was carried out, and species richness (at the taxonomic group level), diversity and dominance indices, along with were estimated. The central zone exhibited higher diversity in the mesozooplankton community. Both functional groups (herbivores and carnivores) and body compositions (chitinous and gelatinous forms) showed differences across different seasons of the year. There is a greater abundance of herbivores in the functional group classification and of chitinous organisms in the body composition classification.

## **Introducción**

En las costas de Chile existe uno de los ecosistemas más productivos del planeta asociado al sistema de corrientes de Humboldt, el cual se extiende aproximadamente desde el sur de Chile (~42°S) hasta las Islas Galápagos en Ecuador. A lo largo de la costa ocurren procesos de surgencia producto del forzamiento del viento sur, que promueve el desplazamiento y alzamiento de masas de aguas profundas cargadas de nutrientes a la zona superficial, la geomorfología de la costa, el efecto Coriolis y el Transporte de Ekman. En la zona norte de Chile existe una surgencia permanente durante todo el año, con un incremento en intensidad en verano y una disminución en invierno (Blanco et al., 2001). En la zona centro-sur de Chile, la surgencia es estacional, ocurriendo en los periodos de primavera-verano, siendo verano el punto máximo de intensidad (Thiel et al., 2007; Sobarzo et al., 2007).

Además de las diferencias estacionales en la intensidad de la surgencia, que incrementan la entrada de nutrientes a estratos superficiales de la columna de agua que influyen en la producción primaria, y consecuentemente en un aumento en la disponibilidad de alimento para el zooplancton (Thiel et al., 2007), existen diferencias en las condiciones oceanográficas por el aporte de agua dulce por ríos que afectan la temperatura superficial del mar y la salinidad a lo largo de las estaciones del año. El flujo de nutrientes, metales traza y material particulado que provienen desde los ríos hacia aguas costeras influyen igualmente en la producción primaria (Thiel et al., 2007). Estas diferencias en condiciones ambientales podrían conllevar a diferencias estacionales y entre localidades (norte-sur) en la diversidad de organismos que coexisten, los cuales estarían condicionados a los patrones ambientales que existan en el momento.

El plancton se encuentra distribuido en forma heterogénea en el medio, agrupados en parches. El zooplancton, fracción animal del plancton, cumple un rol importante en el ecosistema marino, presenta un tamaño pequeño (20  $\mu\text{m}$  el microzooplancton a más de 200mm con el megazooplancton) y una vida relativamente corta (Sieburth, & Smetacek., 1978). Debido a que son sensibles a cualquier cambio que existe en el ambiente, la composición y abundancia existente de la comunidad zooplanctónica se puede ver

afectada. Al ser el zooplancton el primer consumidor de la trama trófica, cualquier cambio existente en este nivel intermedio puede afectar tanto el nivel inferior (por el pastoreo sobre el fitoplacton), como también a niveles superiores (Predadores de zooplancton) (Chiba et al., 2018)

Existen distintos criterios para clasificar el zooplancton, siendo uno de ellos el tamaño. Dentro de la clasificación por tamaño existe la de mesozooplancton, organismos que se encuentra dentro de los rangos de talla de los 0.2 cm a 20 cm. El mesozooplancton está compuesto por diversos grupos taxonómicos. A lo largo de Chile, usualmente los organismos más abundantes del mesozooplancton son los copépodos, mostrado, por ejemplo, en gran parte de los estudios tanto en la zona de Concepción (Centro) como Iquique (Norte), seguido por organismos gelatinosos como segundo grupo más numeroso (Escribano et al., 2007). Entre otros criterios para clasificar el zooplancton está su composición corporal: quitinosos vs gelatinosos, esta clasificación es utilizada debido a las diferencias existentes entre estas agrupaciones de individuos. Los organismos quitinosos pueden tener un ciclo de vida más extenso. En el caso de los gelatinosos, estos presentan un crecimiento rápido formando blooms cuando se reúnen las condiciones oceanográficas adecuadas (Hopcroft et al., 1998). También algunos grupos dentro de los gelatinosos depredan a organismos quitinosos, y pueden competir contra las larvas de peces por alimento, pudiendo controlar su abundancia (Paves & Gonzales, 2006). Otra clasificación es por grupo funcional, como herbívoros y carnívoros. Los organismos herbívoros pueden presentar una abundancia mayor en primavera, en el momento que ocurre un máximo de producción primaria, mientras que los carnívoros pueden tender a aumentar en abundancia en otras estaciones del año.

Se ha observado variaciones en la abundancia de los distintos grupos zooplancctónicos dependiendo de la estación del año. Los organismos gelatinosos (ctenóforos, quetognatos, hidrozooos y sifonóforos) se ha visto que tienden a ser más numerosos en primavera e invierno (Escribano et al., 2007). Entre los quitinosos, los copépodos se ha observado que su máximo de abundancia se encuentra en primavera-verano (Morales, 2007; Escribano et al., 2007). Sin embargo, solo se conoce estas variaciones estacionales en algunos grupos

zooplanctónicos, desconociéndose en grupos menos numerosos pero que pueden tener una gran importancia en la comunidad pelágica.

Las diferentes condiciones ambientales, como la extensión temporal de la surgencia, sugieren que pueden existir cambios en la comunidad del mesozooplankton entre las zonas norte y central de Chile, así como entre estaciones del año. Algunos estudios recientes han mostrado la presencia de estas diferencias solo en algunos grupos del zooplankton (copépodos, ictioplankton) y solo en algunos periodos del año (invierno-primavera) (Castro et al., 2020). El presente estudio busca identificar si existen diferencias inter-estacionales en la estructura de la comunidad mesozooplanctónica de la zona costera norte y centro de Chile, por medio de la identificación y cuantificación de grupos taxonómicos mayores del zooplankton a lo largo de 3 estaciones del año (verano, otoño e invierno), realizando también una comparación de los grupos funcionales (herbívoros y carnívoros) como también a nivel de composición corporal (quitinosos vs. gelatinosos).

#### **HIPÓTESIS DE TRABAJO:**

Debido a que las variaciones ambientales estacionales son más marcadas en la zona central de Chile en comparación a la zona norte de Chile, se espera que existan cambios en la comunidad zooplanctónica (riqueza específica, diversidad, composición corporal, grupos funcionales) más marcados estacionalmente en la zona central que en la zona norte.

#### **Objetivo General**

- Determinar diferencias estacionales en las características de la comunidad del mesozooplankton de la zona norte y centro de Chile.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar los grupos taxonómicos más abundantes estacionalmente del mesozooplankton en las zonas norte y centro de Chile.
- Caracterizar estacionalmente la comunidad mesozooplanctónica en términos de riqueza específica y diversidad.

- Determinar si existen diferencias estacionales en los grupos funcionales (herbívoros y Carnívoros) del mesozooplancton y entre las zonas norte y centro de Chile.
- Determinar si existen diferencias estacionales en la clasificación basada en composición corporal (quitinosos vs gelatinosos) del mesozooplancton en las zonas norte y centro de Chile.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

### **Área de estudio y muestreo de zooplancton**

Las muestras de mesozooplancton fueron recolectadas en la zona costera (<5 mn) en la zona norte frente a Iquique, y en la zona centro, frente a Bahía Coliumo (Figura 1). Se llevaron a cabo cruceros estacionales en la zona centro y norte a lo largo del año 2022. Cada crucero presentó 3 puntos de muestreo. En cada punto de muestreo frente a Coliumo se realizó perfiles oceanográficos con CTD (Seabird SBE 19plus v2) y muestreos oblicuos de zooplancton con red Bongo de 60cm diámetro de boca y 300µm de trama, equipada con un flujómetro TSK FLOW-METER Tsurumi Seiki. En la zona norte (frente a Iquique) se hizo uso de una red cónica de 56cm de diámetro de boca y 300µm de trama y como flujómetro se utilizó también un TSK FLOW-METER Tsurumi Seiki. También se obtuvo Materia orgánica particulada (MOP) a través de botellas Niskin de 2.5L. De las muestras recolectadas en los copos, una fue tamizada con un tamaño de tamiz igual al de la red, para luego ser congeladas a -80°C, y la otra perteneciente al otro copo, puesta en frasco de 250ml y fijadas con formalina al 5% y una pequeña cantidad de Tetraborato de Sodio. Fueron un total de 39 muestras de zooplancton extraídas y posteriormente utilizados en el conteo de individuos a través de 3 estaciones del año (Tabla 1). Para el presente estudio no fueron utilizados los datos obtenidos con CTD, las muestras de zooplancton congeladas ni las de Materia orgánica particulada (MOP).

Tabla 1: Fechas de muestreo en tres estaciones bio-oceanográficas desde las cuales fueron colectadas las muestras de zooplancton.

Zona	Verano	Otoño	Invierno
Norte (Iquique)	10-03-2022	06-04-2022 16-05-2022 01-06-2022 07-06-2022	18-08-2022 10-08-2022 23-08-2022
Sur (frente a Bahía Coliumo)	08-03-2022	24-05-2022 22-05-2022	24-08-2022 01-09-2022

#### Trabajo de Laboratorio

De las muestras de mesozooplancton fijadas en formalina, los individuos del mesozooplancton fueron extraídos y posteriormente llevados al microscopio para ser identificados a nivel de grupos taxonómicos mayores y contabilizados en una placa Bogorov. El cálculo de abundancia de cada grupo fue estimado en ind/m<sup>3</sup>.

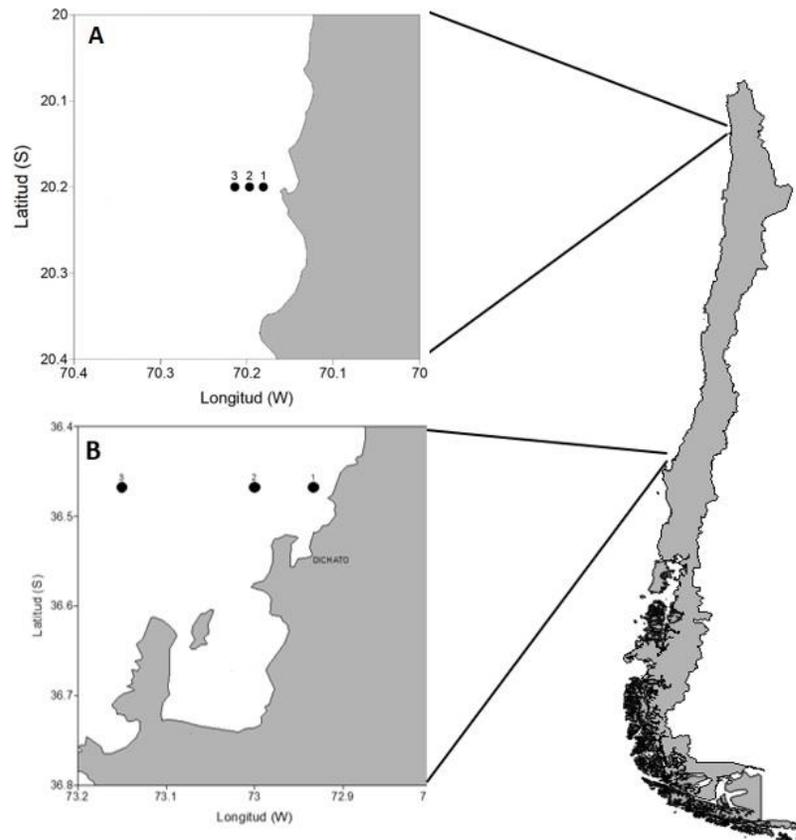


Figura 1. Áreas donde fueron extraídas las muestras, siendo (A) Puntos de Muestreo frente zona Norte. (B) Puntos de Muestreo Zona Centro.

### Análisis de datos

Se calculó la abundancia (ind./m<sup>3</sup>) de los grupos del mesozooplankton por zona (norte y centro de Chile) en cada estación del año. A partir de los grupos taxonómicos identificados se realizó un análisis comparativo de las abundancias estandarizadas ( ind/m<sup>3</sup>) para cada estación del año entre la zona Centro y Norte de Chile utilizando el programa Excel y Past versión 4.13 , tanto para el procesamiento de los datos, la realización de los gráficos, como para los cálculos estadísticos.

Para visualizar y estimar cambios en la comunidad del mesozooplankton estacionalmente y entre zonas se realizó análisis gráficos y se calcularon los índices comunitarios que se describen a continuación:

## **I.- Análisis gráficos**

Entre los análisis gráficos se consideró: a) la proporción (%) de los distintos grupos taxonómicos presentes en las dos zonas a lo largo de las tres estaciones del año. b) La abundancia de herbívoros (Copépodos Chicos, Copépodos Grandes, Zoea, Ostracodos, Equinodermos, Nauplios, Gastrópodos, Briozoos, Cladóceros, Eufáusidos, larvas Furcillia, Apendicularios, Salpas) y carnívoros (Misidáceos, Anfípodos, Megalopas, Isópodos, Estomatopodos, Sifonóforos, Poliquetos, Quetognatos, Ctenóforos, Hidromedusas). Además, c) se graficó la abundancia de grupos zooplanctónicos quitinosos (Copepodos Chicos, Copepodos Grandes, Misidáceos, Anfípodos, Zoeas, Megalopas, Isópodos, Estomatopodos, Eufáusidos, larvas Furcillas) y gelatinosos (Salpas, Sifonoforos, Ctenóforos, Hidromedusas, Quetognatos y Apendicularios).

## **II. Índices comunitarios**

Para poder caracterizar la comunidad mesozooplanctónica, se estimaron los siguientes índices:

a) Índice de riqueza específica (grupos taxonómicos) de la comunidad mesozooplanctónica para cada zona.

b) Diversidad de grupos en la comunidad o índice Shannon Weaver.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

donde H' es el índice de Shannon Weaver, S el número de cada grupo, P<sub>i</sub> la abundancia relativa de cada grupo.

c) Índice de Simpson (D) para poder estimar la dominancia de algunas taxa de la comunidad mesozooplanctónica para cada estación del año.

$$D = \frac{\sum n(n - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde D es el índice de Simpson, n es la abundancia de un grupo y N es la abundancia total de todos los grupos.

### **III.- Análisis estadísticos**

Adicionalmente, se determinó si existían diferencias entre la abundancia de herbívoros y carnívoros, como también de quitinosos y gelatinosos en la zona norte y centro de Chile a lo largo de las 3 estaciones del año. Fueron utilizadas todas las fechas presentes en las 3 estaciones para el cálculo y luego se promediaron para exponer las abundancias relativas de cada estación. En el test estadístico PERMANOVA de dos vías fue utilizado el método de distancia de Bray-Curtis, que consideran tanto la abundancia como la ausencia o presencia de datos. Las variables son estación del año, grupo funcional (Herbivoro/Carnivoro) o composición corporal (Quitinoso/Gelatinoso), y la interacción entre pares de variables. Se utilizó test de Kruskal Wallis para determinar cuáles son los grupos de herbívoros y carnívoros que difieren entre estaciones del año. Si bien los grupos fueron clasificados como herbívoros y carnívoros, debido a que los organismos no son estrictamente herbívoros o carnívoros, se incluye en cada grupo una fracción omnívora no cuantificada.

## Resultados

### Abundancia por grupos taxonómicos

Las abundancias por grupos taxonómicos a lo largo de las estaciones del año muestran una marcada dominancia de los grupos de Copépodos en la comunidad en las dos zonas, tanto Copépodos grandes y chicos (mayores y menores a 1mm respectivamente) (Tabla 2).

En verano en la Zona Norte se puede observar que los Copépodos grandes son los dominantes, con un valor de  $324,7 \pm 185,6$  ind/m<sup>3</sup> (79.33%), seguido por los Briozoos con  $41,0 \pm 17,2$  ind/m<sup>3</sup> (10,01%), en tercer puesto los Copépodos pequeños con un  $33,4 \pm 18,9$  ind/m<sup>3</sup> (8,16%). En la zona centro se observa una diferencia en la abundancia de los grupos, siendo los copépodos chicos los principales, con un total de  $1116 \pm 418,3$  ind/m<sup>3</sup> (49,14%), seguido por los Copépodos grandes con  $706 \pm 253,5$  ind/m<sup>3</sup> (31,07%) y como tercer grupo lo ocupan los Poliquetos con un número de  $329,1 \pm 177,5$  ind/m<sup>3</sup> (14,48%) (Figura 2a).

En otoño se observa tanto en la zona norte y centro, que el primer grupo más abundante son los Copépodos grandes, siendo en la zona norte un número de  $939,2 \pm 53,7$  (70,18%) ind/m<sup>3</sup> y para la zona centro  $234,2 \pm 32,9$  ind/m<sup>3</sup> (49,04%). Como segundo grupo existen diferencias, siendo en la zona norte los Copépodos chicos con  $306,8 \pm 18,9$  ind/m<sup>3</sup> (22,93%) y la zona centro Sifonóforos con  $107,8 \pm 25,6$  ind/m<sup>3</sup> (22,57%), como tercero para la zona norte es el grupo Quetognatos con  $39,3 \pm 10,3$  ind/m<sup>3</sup> (2,94%) y en la zona centro los Apendicularias con  $60,86 \pm 28,2$  ind/m<sup>3</sup> (12.75%) (Figura 2b).

Tabla 2. Abundancia de grupos por estación del año, de mayor a menor abundancia(ind/m<sup>3</sup>) con desviación estándar (SD= desviación estándar).

Estación	Norte			Centro				Norte			Centro				Norte			Centro		
	Grupo	Abundancia	SD	Grupo	Abundancia	SD		Grupo	Abundancia	SD	Grupo	Abundancia	SD		Grupo	Abundancia	SD	Grupo	Abundancia	SD
Verano	Cop Grand	324.8	185.61	Cop Chico	1116.6	418.28	Otoño	Cop Grand	939.2	53.72	Cop Grand	234.2	32.87	Invierno	Cop Grand	369.9	56.1	Cop Grand	145.1	29.23
	Briozoo	41	17.24	Cop Grand	706.1	253.54		Cop Chico	306.8	18.94	Siphonofora	107.8	25.62		Cop Chico	206.1	32.99	Huevo Pez	117.8	23.6
	Cop Chico	33.4	18.91	Polychaeta	329.1	177.46		Chaetognatha	39.3	10.34	Apendicularia	60.9	28.23		Apendicularia	22.8	5.09	Cop Chico	33.6	12.87
	Polychaeta	3.3	0.02	Salpidae	45.8	16.91		Nauplius	21	11.06	Huevo Pez	31.3	10.5		Chaetognatha	18.2	4.03	Zoea	17.2	1.55
	Hidromedusa	2.8	0.05	Huevo Pez	33	16.7		Apendicularia	15.5	2.39	Cop Chico	17.5	1.88		Zoea	17.9	1.51	Cladocera	15.4	8.87
	Zoea	1.9	0.3	Siphonofora	13.5	1.53		Zoea	6.3	1.86	Zoea	12.6	4.78		Salpidae	12.3	2.79	Siphonofora	14	2.95
	Apendicularia	0.5	0.11	Zoea	7.8	2.11		Siphonofora	2.9	0.76	Hidromedusa	10.1	4.25		Siphonofora	10.9	2.33	Nauplius	11.1	3.19
	Megalopa	0.4	0.11	Apendicularia	5.9	1.09		Briozoo	2.2	0.24	Mysidaceo	1.1	0.56		Furcilia	6.1	0.92	Chaetognatha	8.4	1.93
	Nauplius	0.3	0.1	Megalopa	3.5	1.13		Salpidae	1.6	0.19	Larva Pez	0.8	0.2		Ctenophora	3.6	0.3	Larva Pez	3.6	0.74
	Larva Pez	0.3	0.65	Hidromedusa	3.3	1.36		Hidromedusa	1	0.27	Briozoo	0.5	0.16		Huevo Pez	2.5	1.42	Estomatopod	1.9	0.86
	Echinoderma	0.2	0.04	Echinoderma	1.8	1.06		Polychaeta	0.4	0.1	Amphipoda	0.2	0.07		Larva Pez	2.1	0.28	Apendicularia	1.8	0.44
	Huevo Pez	0.2	0.05	Furcilia	1.6	0.67		Ostracoda	0.3	0.08	Ctenophora	0.1	0.05		Briozoo	1.1	0.2	Ostracoda	1.6	0.41
	Chaetognatha	0.1	0.08	Mysidacea	1.3	0.66		Ctenophora	0.3	0.11	Nauplius	0.1	0.08		Hidromedusa	1	0.27	Hidromedusa	1.6	0.31
	Isopoda	0.1	0.02	Amphipoda	0.8	0.29		Megalopa	0.3	0.02	Megalopa	0.1	0.02		Megalopa	0.6	0.09	Mysidaceo	1.2	0.04
	Euphausida	0.1	0.04	Chaetognatha	0.8	0.16		Huevo Pez	0.2	0.07	Estomatopod	0.1	0.02		Polychaeta	0.4	0.07	Furcilia	1	0.37
	Ostracoda	0.1	0.04	Estomatopod	0.6	0.16		Mysidaceo	0.2	0.06	Chaetognatha	0.1	0.02		Mysidaceo	0.3	0.06	Salpidae	0.9	0.2
	Salpidae	0	0.02	Larva pez	0.4	0.1		Larva Pez	0.2	0.02	Isopoda	0.1	0.02		Euphausida	0.3	0.05	Megalopa	0.3	0.15
	Mysidaceo	0	0	Nauplius	0.3	0.18		Amphipoda	0.2	0.04	Echinoderma	0	0.02		Nauplius	0.2	0.09	Ctenophora	0.2	0.07
	Amphipoda	0	0	Ostracoda	0.2	0.06		Furcilia	0.2	0.07	Euphausida	0	0.02		Ostracoda	0.1	0.01	Briozoo	0.2	0.03
	Estomatopod	0	0	Isopoda	0	0.03		Gastropoda	0.1	0.04	Ostracoda	0	0		Amphipoda	0	0.01	Polychaeta	0.2	0.01
Gastropoda	0	0	Gastropoda	0	0.02	Euphausida	0.1	0.03	Gastropoda	0	0	Echinoderma	0	0.02	Amphipoda	0.1	0.04			
Cladocera	0	0	Euphausida	0	0.02	Echinoderma	0	0	Cladocera	0	0	Gastropoda	0	0.01	Isopoda	0.1	0.01			
Furcilia	0	0	Briozoo	0	0	Isopoda	0	0	Furcilia	0	0	Isopoda	0	0	Gastropoda	0.1	0.03			
Siphonofora	0	0	Cladocera	0	0	Estomatopod	0	0	Salpidae	0	0	Estomatopod	0	0	Echinoderma	0	0			
Ctenophora	0	0	Ctenophora	0	0	Cladocera	0	0	Polychaeta	0	0	Cladocera	0	0	Euphausida	0	0			

Finalmente, en invierno como grupo más abundante en la zona norte son los copépodos grandes con  $369,9 \pm 56,1$  ind/m<sup>3</sup> (54,68%) y en la zona centro  $145,1 \pm 29,2$  ind/m<sup>3</sup> (38,46%). Como segundo grupo, Copépodos chicos con  $206,1 \pm 33,0$  ind/m<sup>3</sup> (30,46%) en la zona norte y Huevos de Pez  $117,8 \pm 23,6$  ind/m<sup>3</sup> (31,22%), el tercer puesto de grupo más abundante, en la zona norte son los Apendicularias con  $22,8 \pm 5,1$  ind/m<sup>3</sup> (3,37%) y en la zona centro los copépodos chicos con  $33,6 \pm 12,9$  ind/m<sup>3</sup> (8,91%). Los valores expresados anteriormente que indican los grupos más abundantes fueron exhibidos en gráficos tipo torta mostrando la abundancia relativa (Figura 2c).

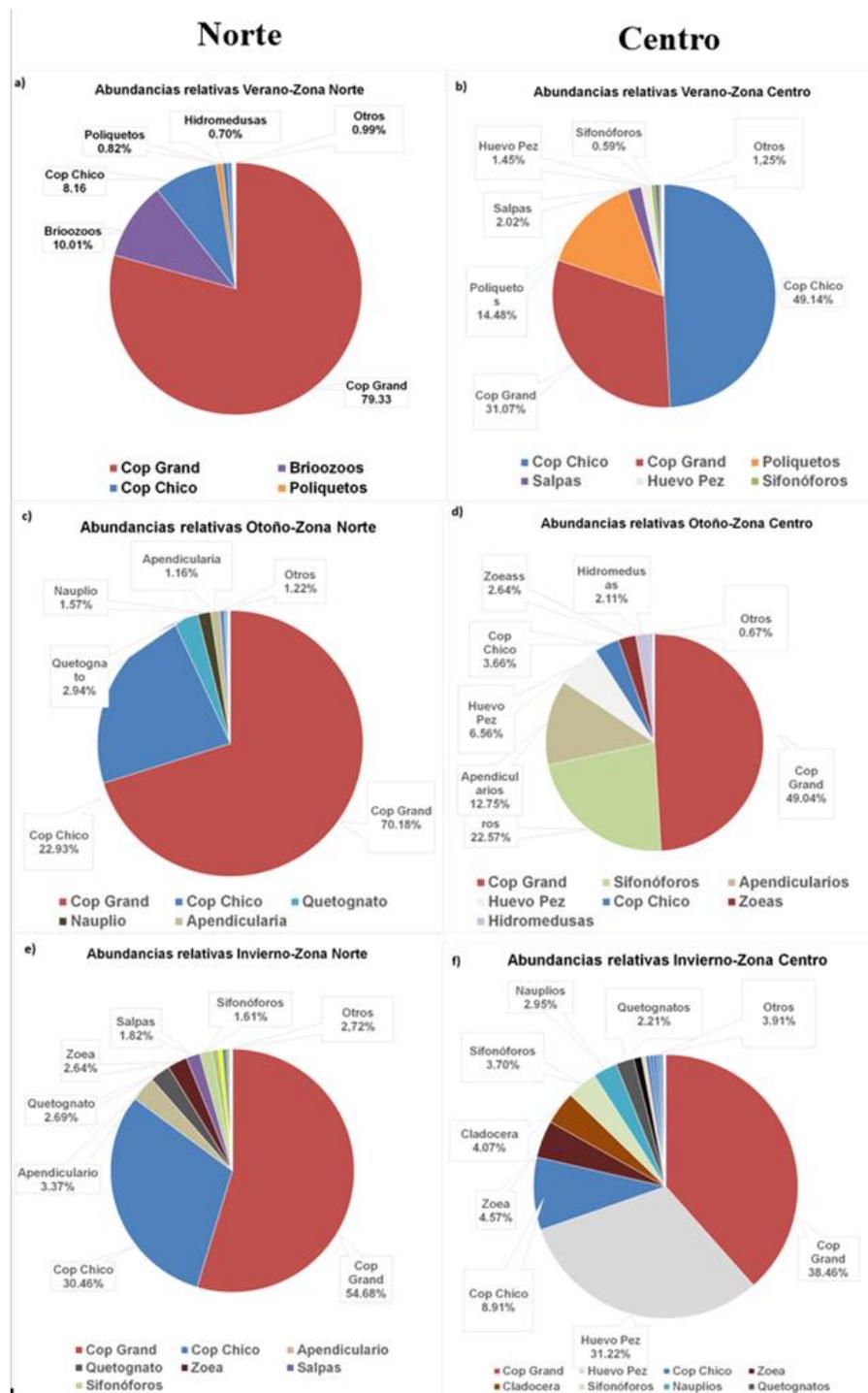


Figura 2. Abundancias relativas (%) de grupos del mesozooplankton por estación del año (Zona Norte y Centro).

## Indices comunitarios

### **Riqueza específica, diversidad taxonómica e índice de dominancia.**

Los índices de Shannon Weaver ( $H'$ ) y de Simpson (tabla 3) en la zona norte mostraron durante el verano un valor de 0,76 y 0,65, respectivamente, con una riqueza específica de 17 (tabla 3). En la zona centro los índices de Shannon Weaver ( $H'$ ) y de Simpson dieron valores de 1,24 y 0,36, con una riqueza específica de 22. En otoño en la zona norte 0,86 y 0,56, con una riqueza específica de 21 y para la zona centro 1,47 y 0,31, con una riqueza específica de 19. Finalmente, en invierno con un valor de índices de Shannon Weaver ( $H'$ ) y de Simpson 1,29 y 0,39, con una riqueza específica de 24, y en la zona centro 1,74 y 0,25 y riqueza específica 23 (tabla 3).

Tabla 3. Riqueza Específica, Índice de Shannon y por zona y estación del año (Norte y Centro de Chile).

Zona	Estación	Riqueza Específica (S)	Índice de Shannon ( $H'$ )	Índice de Simpson (D)
Norte	Verano	17	0,76	0,65
	Otoño	21	0,86	0,56
	Invierno	24	1,29	0,39
Centro	Verano	22	1,24	0,36
	Otoño	19	1,47	0,31
	Invierno	23	1,74	0,25

### **Grupos funcionales Herbívoros vs Carnívoros**

Los valores de abundancia de grupos de mesozooplankton (Herbívoros + Carnívoros) para las fechas de muestreo promediadas por estación del año en la zona norte, presenta en verano una abundancia total de  $405,7 \pm 142,1$  ind/m<sup>3</sup>, en otoño una abundancia de  $1337,8 \pm 233,9$  ind/m<sup>3</sup> y en invierno  $671,8 \pm 123,7$  ind/m<sup>3</sup>. En la zona centro la abundancia total de verano tiene un valor de  $2238,9 \pm 516,2$  ind/m<sup>3</sup>, en otoño  $472,7 \pm 62,8$  ind/m<sup>3</sup> y en invierno  $255,9 \pm 40,6$  ind/m<sup>3</sup> (Figura 3).

Los valores de abundancia de herbívoros y carnívoros de todas las fechas promediadas en cada estación en la zona norte, son de:  $402,2 \pm 193,6$  ind/m<sup>3</sup> y  $6,8 \pm 1,3$  ind/m<sup>3</sup> en verano,  $1293,3 \pm 82,6$  ind/m<sup>3</sup> y  $44,6 \pm 10,1$  ind/m<sup>3</sup> en otoño y  $636,7 \pm 89,8$  ind/m<sup>3</sup> y  $35,1 \pm 1,5$  ind/m<sup>3</sup> en invierno, respectivamente (Figura 4).

La PERMANOVA de 2 vías de factores estación del año y grupo funcional (Tipo en la tabla) (realizado con todas las fechas sin promediar, Anexo 1) exhibió diferencias significativas, por separado, en la zona norte y en la zona centro con valores de  $p < 0.05$ . en la zona norte, se determinó para el factor estación del año un valor  $p = 0.08$ , el factor tipo (Grupo funcional; Herbívoro vs carnívoro) con un valor  $p = 0.0001$  y la interacción de ambos con un valor  $p = 0.03$ . En la zona centro, el factor estación del año un valor  $p = 0.01$ , el factor tipo (Grupo funcional; Herbívoro vs carnívoro) con un  $p = 0.001$  y la interacción de ambos con un valor  $p = 0.14$ . (tabla 4)

Al realizar la prueba de Kruskal Wallis para determinar si existe diferencias de los grupos de zooplankton herbívoros y carnívoros agrupados entre estaciones del año en cada zona, y se determinó que no se encontraron diferencias significativas en la zona norte (K-W,  $p = 0.38$ ) ni en la zona centro (K-W,  $p = 0.1$ ).

Al determinar si existen diferencias entre las abundancias de Herbívoros y Carnívoros en cada estación (realizado con todas las fechas sin promediar, Anexo 1) aplicando el test de Kruskal Wallis se determinó que en la zona norte hay diferencias significativas entre herbívoros y carnívoros en las estaciones de Verano, Otoño y Invierno (K-W,  $p = 0.0001$ ,  $p = 0.0003$  y  $p = 0.049$ , respectivamente). En la zona centro se encontraron diferencias

significativas entre herbívoros y carnívoros en la estación de otoño (K-W,  $p=0.03$ ) e invierno y (K-W,  $p=0.003$ ) en verano no se encontró diferencias (K-W,  $p=0.13$ ).

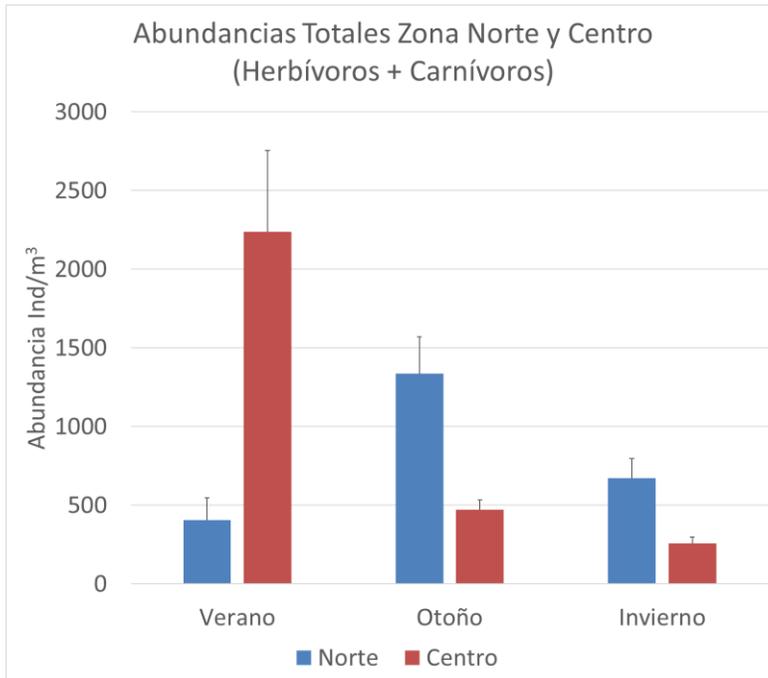


Figura 3. Abundancias totales ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) de todos los grupos zooplanctónicos (herbívoros + carnívoros) agrupados Zona Norte y Centro de Chile.

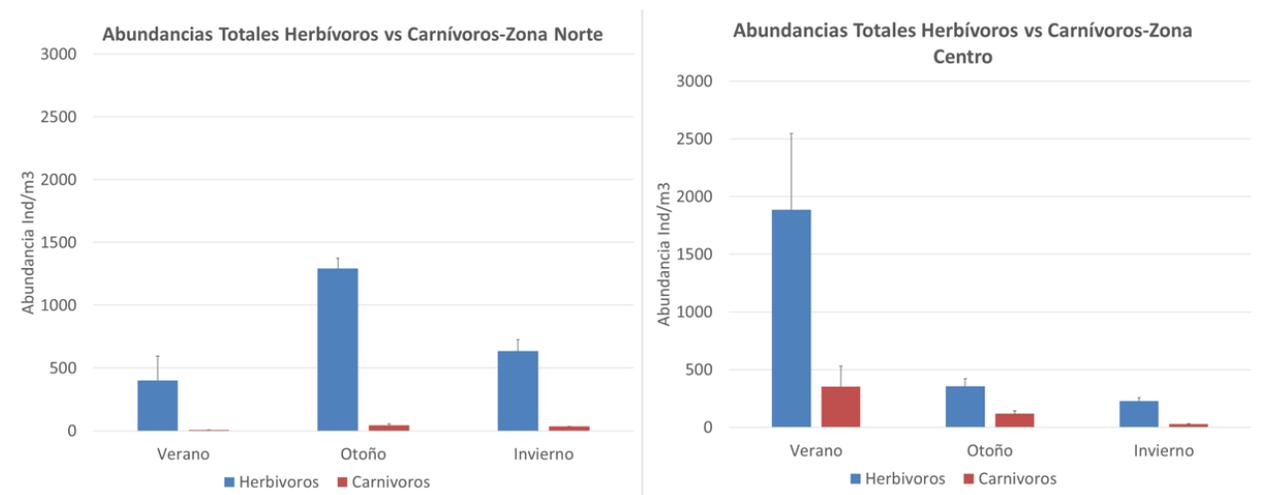


Figura 4. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) grupos zooplanctónicos Herbívoros vs Carnívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.

Tabla 4. PERMANOVA dos vías, Tipo (Herbívoros y Carnívoros) Estación del año y grupos funcionales Zona Norte y Centro de Chile.

Zona		Df	SumaCuadrados	R2	F	Pr(>F)
Norte	Estacion	2	0,609899	0,30022	18,227	0,0817
	Tipo	2	545,933	0,3963	16,35	0,0001
	Interaction	4	0,558683	0,17114	0,8348	0,0382
	Residual	39	65,251	0,27521		
	Total	47	13,153			
Centro	Estacion	2	0,848418	0,424211	32,664	0,0097
	Tipo	1	160,014	16,001	12,321	0,0001
	Interaction	2	0,440954	0,22048	16,977	0,138
	Residual	24	311,686	0,12987		
	Total	29	60,064			

Haciendo la comparación de abundancias entre las zonas norte y centro por herbívoros y carnívoros por separado se observa que la abundancia de herbívoros para la zona norte y centro es de  $402 \pm 193,6$  ind/m<sup>3</sup> y  $1886,2 \pm 662,2$  ind/m<sup>3</sup> en verano respectivamente,  $1293,25 \pm 82,6$  ind/m<sup>3</sup> y  $354,42 \pm 66,9$  ind/m<sup>3</sup> en otoño,  $636,7 \pm 89,8$  ind/m<sup>3</sup> y  $228,1 \pm 26,9$  ind/m<sup>3</sup> en invierno, respectivamente (Figura 5). En el caso de los carnívoros las abundancias para la zona norte y centro son de  $6,77 \pm 1,27$  y  $352,8 \pm 177,8$  ind/m<sup>3</sup> en verano,

44,6±10,1 ind/m<sup>3</sup> y 118,3±26,9 ind/m<sup>3</sup> en otoño y 35,1±1,54 ind/m<sup>3</sup> y 27,9±3,5 ind/m<sup>3</sup> (Figura 6).

Al utilizar Kruskal Wallis para encontrar entre qué estaciones existen diferencias en las abundancias agrupadas de herbívoros y carnívoros, se determinó que no hay diferencias significativas en ninguna de las 3 estaciones Verano (K-W, p=0,07), Otoño (K-W, p=0,8), Invierno (K-W, p=0,2).

Comparando entre las abundancias de herbívoros entre las dos zonas, en invierno, se determinó que hay diferencias significativas en la abundancia de herbívoros entre zonas (K-W, p= 0,0095) no así en verano (K-W, p= 0,13) y otoño (K-W, p= 0,06) . Entre las abundancias de Carnívoros entre las dos zonas, se encontró diferencias en verano(KW, p= 0,049 ) y en otoño (KW, p= 0,049 ) , no en invierno (KW, p= 0,48 ) .

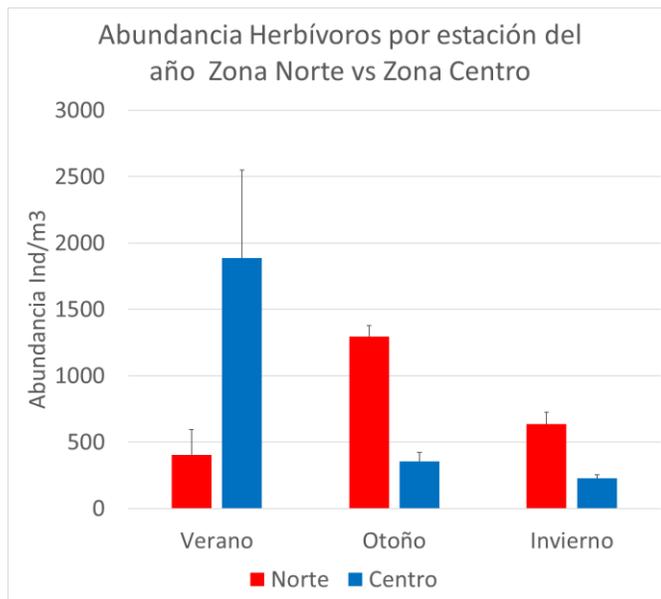


Figura 5. Abundancias (ind/m<sup>3</sup>) de Herbívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.

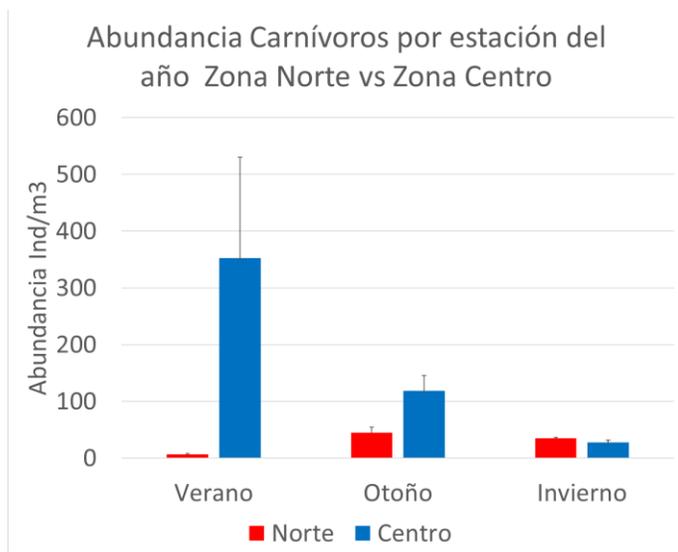


Figura 6. Abundancias (ind/m<sup>3</sup>) de Carnívoros por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.

### Composición corporal (Quitinosos vs Gelatinosos).

La zona norte presenta una variabilidad en los datos estacionales. Los valores de abundancia total (Quitinosos + Gelatinosos) en verano son de  $364 \pm 145.1$  ind/m<sup>3</sup>, en otoño de  $1313.8 \pm 222.4$  y en invierno  $670 \pm 112.6$  ind/m<sup>3</sup> (Figura 9). La zona central, presenta una tendencia decreciente desde el verano hasta el invierno. Los valores de abundancia total en verano son de  $1907.5 \pm 535$  ind/m<sup>3</sup>, en otoño de  $471.6 \pm 46.6$  y en invierno  $227.4 \pm 255.9$  ind/m<sup>3</sup> (Figura 7).

Cuando se compara quitinosos vs gelatinosos por zonas, podemos encontrar que la distribución de los datos es relativamente similar en todas las estaciones, la tendencia es que los grupos quitinosos presentan una abundancia mayor a los gelatinosos. Los valores de abundancia para las fechas promediadas en la zona norte, para quitinosos y gelatinosos son de :  $360.6 \pm 204.9$  ind/m<sup>3</sup> y  $3.5 \pm 0.6$  ind/m<sup>3</sup> en verano respectivamente,  $1253.2 \pm 71.1$  ind/m<sup>3</sup> y  $60.6 \pm 10.4$  ind/m<sup>3</sup> en otoño y  $601.2 \pm 89.9$  ind/m<sup>3</sup> y  $68.8 \pm 37.4$  ind/m<sup>3</sup> en invierno respectivamente. En la zona centro las abundancias de quitinosos y gelatinosos

son :  $1838,2 \pm 674,3$  ind/m<sup>3</sup> y  $69,2 \pm 14,1$  ind/m<sup>3</sup> en verano,  $289,6 \pm 39,7$  ind/m<sup>3</sup> y  $182,0 \pm 53,6$  ind/m<sup>3</sup> en otoño y  $200,5 \pm 37,8$  ind/m<sup>3</sup> y  $26,9 \pm 3,2$  ind/m<sup>3</sup> en invierno (Figura 8).

La PERMANOVA de 2 vías de factores estación del año y Tipo (Composición corporal), exhibió diferencias significativas en la zona norte y centro con valores de  $p < 0.05$ . Se determinó para el factor estación del año un valor  $p = 0,0001$ , el factor tipo (Composición Corporal) con un valor  $p = 0,0001$  y la interacción de ambos con un valor  $p = 0.0283$ . En la zona centro, el factor estación del año un valor  $p = 0,02$ , el factor tipo (quitinosos o gelatinosos) con un  $p = 0,0003$  y la interacción de ambos con un valor  $p = 0,03$  (Tabla 5).

La prueba de Kruskal Wallis para determinar cuáles son las estaciones del año que presentan diferencias significativas en las abundancias de quitinoso y gelatinosos agrupados. En la zona norte se encontró diferencias (K-W,  $p = 0,03$ ), en la zona centro no se encontró diferencias (K-W,  $p = 0,08$ ).

Al realizar el test de Post Hoc de Dunn en la zona norte para encontrar que estaciones del año presentan diferencias en la abundancia, se determinó que las estaciones de Verano e Invierno presenta diferencias significadas ( $p = 0,03$ ) (Tabla 6).

Al determinar si existen diferencias entre quitinosos y gelatinosos en cada estación del año aplicando el test de Kruskal Wallis y realizando observando los gráficos tipo boxplot (Anexo 2), en la zona norte se determinó que hay diferencias significativas entre quitinosos y gelatinosos en la estación de invierno (K-W,  $p = 0,006$ ) y en verano (K-W,  $p = 0.049$ ). En otoño no hubo diferencias (K-W,  $p = 0,08$ ). En la zona centro se encontraron diferencias significativas en la estación de otoño e invierno (K-W,  $p = 0,0004$  y  $p = 0,0003$  respectivamente). En la zona norte se observa una mayor abundancia de individuos en otoño, seguido por invierno y finalmente verano.

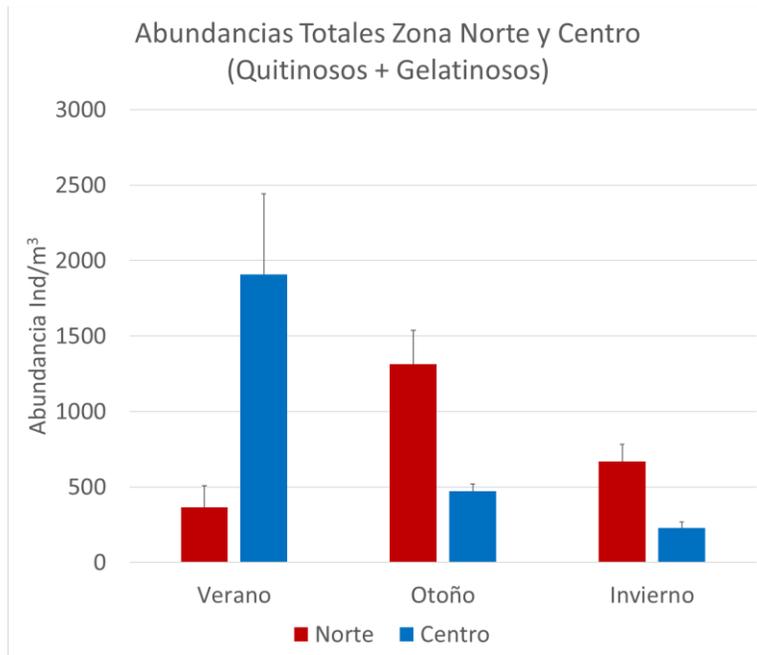


Figura 7. Abundancias (ind/m<sup>3</sup>) totales grupos zooplanctónicos Quitinosos más Gelatinosos, Zona Norte vs Centro de Chile.

Tabla 5. PERMANOVA dos vías, Estación del año y Tipo (Quitinoso vs Gelatinosos) Zona Norte y Centro de Chile.

Zona		Df	SumaCuadrados	R2	F	Pr(>F)
Norte	Estacion	2	218,027	10,901	69,652	0,0001
	Tipo	1	365,604	3,656	23,359	0,0001
	Interaction	2	0,766609	0,3833	2,449	0,0283
	Residual	42	657,351	0,15651		
	Total	47	13,176			
Centro	Estacion	2	0,695944	0,34797	29,495	0,0189
	Tipo	1	142,028	14,203	12,039	0,0003
	Interaction	2	0,664438	0,33222	2,816	0,0249
	Residual	24	283,144	0,11798		
	Total	29	56,121			

Tabla 6. Prueba de Dunn Zona Norte que compara las abundancias agrupadas (ind/m<sup>3</sup>) de Quitinosos y Gelatinosos por estación del año.

	Invierno	Verano	Otoño
Invierno		0,03305	1
Verano	0,03305		0,06295
Otoño	1	0,06295	

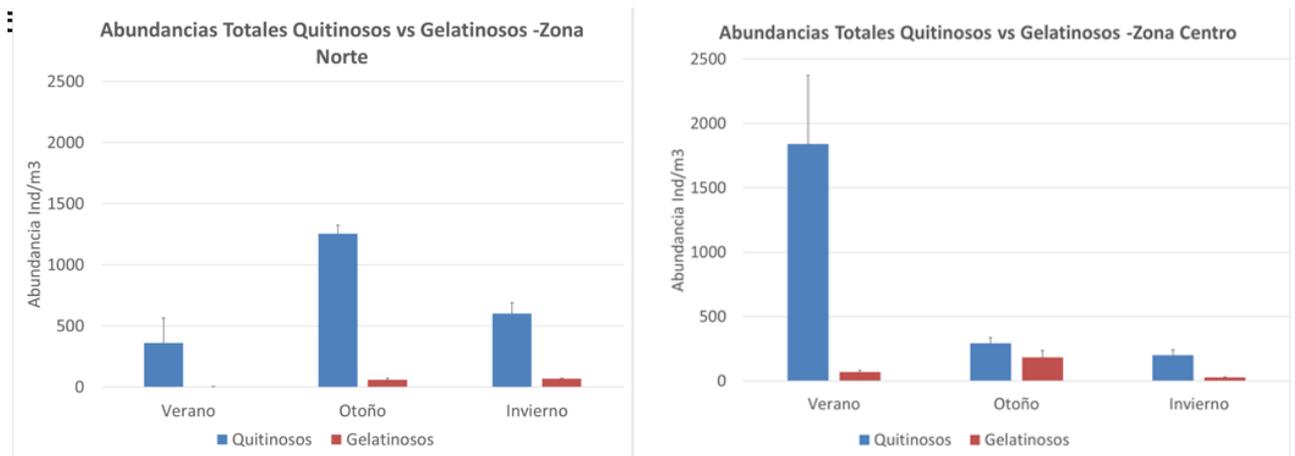


Figura 8. Abundancias totales (ind/m<sup>3</sup>) grupos zooplanctónicos Quitinosos vs Gelatinosos por estación del año Zona Norte y Centro de Chile.

Haciendo la comparación entre las zonas norte y centro por Quitinosos y Gelatinosos por separado, se observa que la abundancia de Quitinosos para la zona norte y centro es de  $360,6 \pm 204,9$  ind/m<sup>3</sup> y  $1838,2 \pm 674,3$  ind/m<sup>3</sup> en verano,  $1253,25 \pm 71,1$  ind/m<sup>3</sup> y  $289,6 \pm 39,7$  ind/m<sup>3</sup> en otoño,  $601,2 \pm 89,9$  ind/m<sup>3</sup> y  $200,5 \pm 37,7$  ind/m<sup>3</sup> en invierno respectivamente. (Figura 9). En el caso de los carnívoros las abundancias para la zona norte y centro son de  $3,5 \pm 0,6$  y  $69,2 \pm 14,1$  en verano,  $60,6 \pm 10,4$  ind/m<sup>3</sup> y  $182,0 \pm 53,6$  ind/m<sup>3</sup> en otoño y  $68,8 \pm 3,7$  ind/m<sup>3</sup> y  $26,9 \pm 3,2$  ind/m<sup>3</sup> (Figura 10).

Al utilizar Kruskal Wallis para encontrar en qué estaciones del año existen diferencias en las abundancias agrupadas de quitinosos más gelatinosos, se determinó que en verano hay diferencias significativas (K-W,  $p=0,03$ ) y también en invierno (K-W,  $p=0,01$ ). En las demás comparaciones no hubo diferencias significativas (K-W,  $p>0,5$ )

Al comparar las abundancias en Quitinosos y Gelatinosos por separado entre las dos zonas, por estación del año, en verano se encontró que hay diferencias significativas en la abundancia de Gelatinosos (K-W,  $p=0,049$ ). En invierno se encontró diferencias significativas en la abundancia de quitinosos (K-W,  $p=0,01$ ) y gelatinosos (K-W,  $p=0,004$ ). En las demás comparaciones no hubo diferencias significativas (K-W,  $p>0,5$ ).

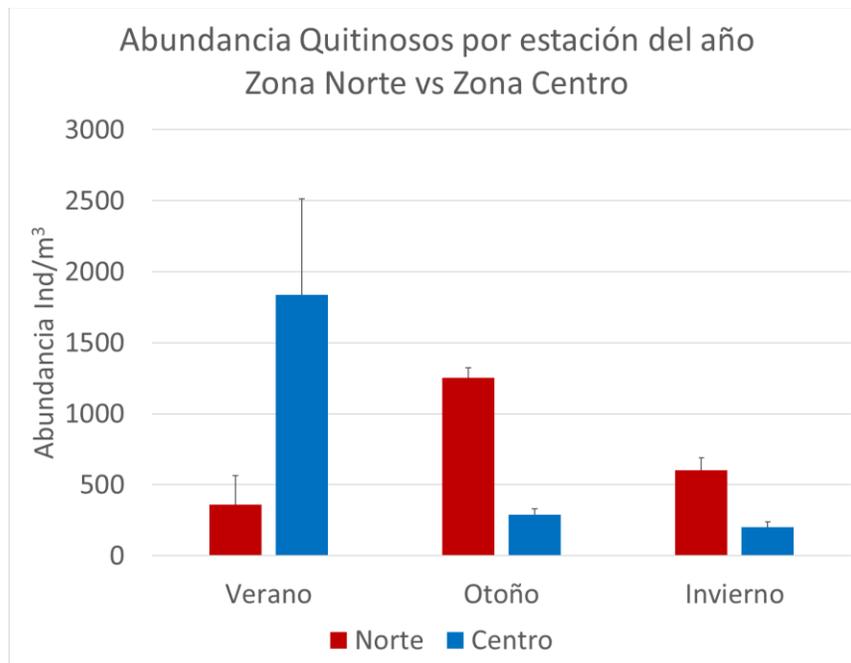


Figura 9. Abundancias de Quitinosos ( $\text{ind}/\text{m}^3$ ) por estación del año Zona Norte y Centro.

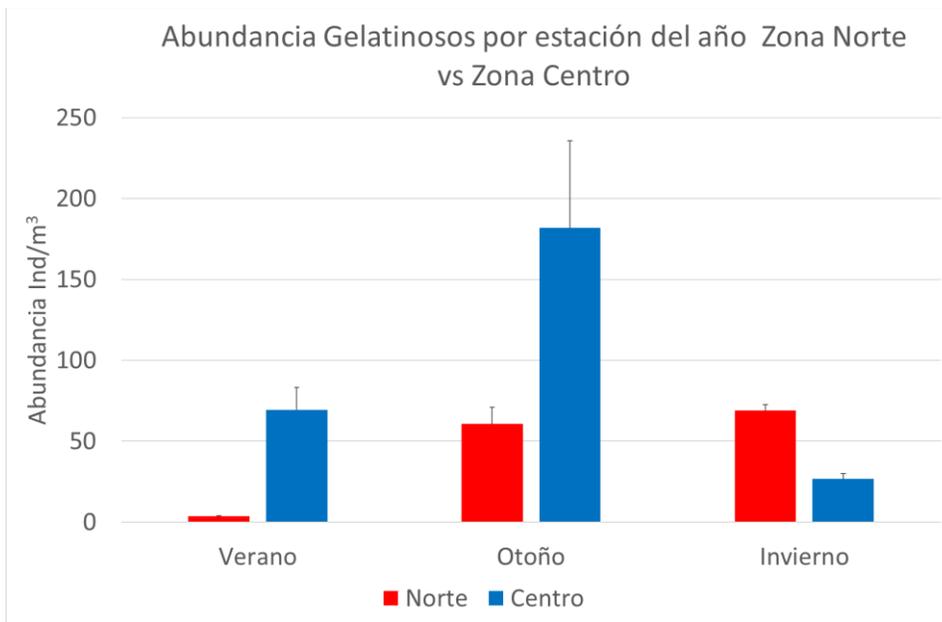


Figura 10. Abundancias de Gelatinosos (ind/m<sup>3</sup>) por estación del año Zona Norte y Centro.

## Discusión

En este estudio se pudo determinar que la estructura comunitaria de las dos zonas presenta variaciones a lo largo de las 3 estaciones del año. Las abundancias fueron mayores en los copépodos en todas las estaciones del año en ambas zonas. Sin embargo, hubo variaciones entre copépodos chicos y grandes y de otros grupos. No siempre fueron los mismos grupos en las 2 zonas, tomando importancia en algunos casos los huevos de peces (invierno-Zona Centro), Sifonóforos (Invierno Zona Centro), poliquetos (Verano Zona Centro) entre otros (reflejado en figura 2). El segundo grupo más abundante en invierno en la zona centro fueron los huevos de peces, alta cantidad de huevos de pez explicada ya que los máximos desoves de sardina y anchoveta son a fines de invierno (agosto-septiembre) (Cubillos, 2001).

Cuando se comparan los índices comunitarios entre las zonas, se puede comprobar que en la zona norte existe un incremento de la diversidad desde verano a invierno progresivamente al igual que la uniformidad (1-D) de la comunidad evidenciado por el aumento del índice de Shannon y disminución del índice de Simpson. En la zona centro se observa el mismo patrón, siendo invierno la mayor diversidad de grupos taxonómicos, verano tiene la menor, otoño estaría en el punto medio. También el invierno presenta la distribución más uniforme comparado con las otras dos estaciones.

Ahora, si se compara la zona norte con la zona centro, en términos generales se puede concluir que la zona centro tiene una tendencia a exhibir mayor diversidad de grupos taxonómicos que de la zona norte, esto puesto que se observa valores más altos en los índices de Shannon-Weaver ( $H'$ ) en las tres estaciones, aunque la zona norte presenta una riqueza de grupos taxonómicos mayor tanto en verano como en invierno; en otoño las 2 zonas presentan una riqueza taxonómica similar. En términos de uniformidad de la comunidad, ambas zonas presentan similitudes en cuanto a cómo fluctúa la abundancia, con un índice de Simpson ( $D$ ) que presenta un comportamiento similar al índice de Shannon -Weaver ( $H'$ ). La dominancia de un grupo en concreto es mayor en ambas zonas en verano y disminuye con el paso de las estaciones. Lo anterior estaría explicado por la alta abundancia de copépodos grandes y chicos presentes en las 3 estaciones del año.

Al comparar por grupos funcionales agrupados en la zona norte no se encontró diferencias estacionales marcadas en la abundancia de grupos funcionales agrupados, la PERMANOVA de 2 vías entregó indicios de no que existían diferencias estacionales. Sin embargo, sí se encontró diferencias significativas entre los grupos funcionales y la interacción entre los factores grupo funcional y estación del año, lo que explicó que el factor grupos funcionales varía a lo largo de las estaciones del año, no mantiene una tendencia fija. Al realizar comparación de medianas, se reafirmó que en las 3 estaciones del año se presentaban diferencias significativas en la abundancia entre los grupos funcionales. En la zona centro tampoco se encontró diferencias estacionales en la abundancia de grupos funcionales agrupados marcadas, no habiendo diferencias significativas. Al comparar los grupos funcionales por estación se determinó, en la zona norte, que en todas las estaciones hay diferencias en la abundancia entre los grupos de herbívoros y carnívoros, habiendo en todas las estaciones una mayor abundancia de herbívoros que carnívoros. Verano es la única estación donde el valor  $p$  es casi 0,05 ( $p=0,049$ ).

La explicación probable de que en la zona norte (diferencias significativas,  $p=0,049$ ) y centro se haya determinado que existen diferencias significativas (cerca de no serlo) o que simplemente no existan diferencias entre los grupos funcionales, puede haber sido por la cantidad desigual de muestreos entre zonas, especialmente en otoño. Al respecto, el muestreo de abril (comienzos de otoño) en la zona norte podría contener una comunidad zooplanctónica mixta entre verano y otoño, mes no muestreado en la zona central, lo que dificultaría la interpretación de los análisis. Por otro lado, al observar las abundancias de los grupos en la zona norte se puede observar que verano mostraría una abundancia menor que en las otras dos estaciones. Dado que en verano se muestro en solo una fecha en el norte, es probable que el muestreo ejecutado en la estación de verano no sea representativo de la estación.

Cuando se observa la comunidad separada por composición corporal (quitinosos vs gelatinosos) a través de la PERMANOVA de dos vías se determinó en la zona norte como también en la zona centro la existencia de diferencias significativas entre estaciones, los grupos funcionales y la interacción entre ambos factores. Al momento de contrastar con e la prueba de Kruskal-Wallis para determinar cuáles son las estaciones que presentan las diferencias, se encontró que la zona Norte presenta diferencias significativas. Al realizar la prueba posthoc de Dunn se encontró que las diferencias son entre la estación de verano e invierno, siendo invierno la estación que presenta una abundancia mayor, acorde a como se distribuyen los datos.

Al comparar los grupos (grupos zooplanctónicos quitinosos vs gelatinoso) se pudo determinar que en la zona norte hay diferencias significativas en las abundancias de las estaciones de verano y invierno, existiendo mayor abundancia de quitinosos. En la zona centro hay diferencias significativas en las estaciones de otoño e invierno donde dominan los quitinosos. Para todas las estaciones la composición corporal dominante fueron los quitinosos como se observa en las figuras (Figura 8) (verano invierno, zona norte – otoño invierno zona centro).

Al comparar entre la zona centro y norte, en términos de grupos funcionales existen diferencias en una de las 3 estaciones, siendo los herbívoros en invierno los que tienen diferencias significativas en su abundancia. Para la composición corporal se determinó que hay diferencias entre las zonas por estación, en verano y invierno. Cuando se busca qué composición corporal se diferencia entre zonas, en verano los gelatinosos presentan abundancias diferentes y en invierno tanto los quitinosos como los gelatinosos presentan diferencias en la abundancia.

El gran número de copépodos en todas las estaciones del año se debe principalmente a la reproducción continua de al menos algunas especies de copépodos dominantes a lo largo de las estaciones del año en las zonas de surgencia, y también a que parte de los copépodos cambian su dieta a lo largo del año aprovechando diferentes tipos de alimento de acuerdo a su disponibilidad, diatomeas (primavera/verano) a nanoplacton/holoplancton (otoño /invierno) (Vargas et al., 2006).

Se esperaba encontrar cambios en la estructura comunitaria mayor estacionalmente en la comunidad mesozooplanctónica en la zona central que en la zona norte, lo cual se vio reflejado en los índices de diversidad. Los cambios estacionales también se vieron reflejados con los grupos taxonómicos del mesozooplancton agrupados como grupos funcionales y composición corporal, observándose cambios tanto entre estaciones y en las mismas estaciones. En general, los resultados muestran el rol dominante de los copépodos, que modulan la distribución de los datos de la comunidad, mostrando, por ejemplo, la dominancia de herbívoros en todas las estaciones y también de quitinosos. Si se hiciera un análisis de las distintas especies de copépodos, tal vez se podría observar más detalladamente las diferencias estacionales propuestas en la hipótesis original.

Comprender las variaciones en la comunidad zooplanctónica estacionalmente y en distintas localidades es relevante debido al rol que ésta desempeña en la trama trófica, ya que el zooplancton es el alimento de consumidores de niveles superiores y también, en algunos casos, de estadios tempranos de organismos de niveles tróficos más altos. Algunos de los que consumen el mesozooplancton son peces que incluso tienen importancia económica, como es el caso de la Sardina y la Anchoqueta, que cumplen roles de depredadores y presas dependiendo del estadio en el que se encuentren. En la zona norte y central de Chile, estas 2 especies constituyen grandes pesquerías por lo que son ejemplos relevantes que realzan la importancia de conocer los cambios en uno de los niveles principales que controlan ecológicamente una trama trófica.

## Conclusión

- la zona centro tiene una tendencia a exhibir mayor diversidad de grupos Taxonómicos expresada con la riqueza específica, los índices de diversidad de Shannon( $H'$ ) y Índice de Simpson (D) comparado a la zona norte. Ambas zonas presentan dominancia de copépodos. Las tendencias para ambas zonas son de aumentar la diversidad a medida que pasan las estaciones del año (verano a invierno).
  - En términos de grupos funcionales se determinó los cambios estacionales que presentan estos grupos, y que existe una dominancia de herbívoros sobre carnívoros a lo largo de las estaciones del año para las dos zonas.
  - En términos de composición corporal, se determinó que existen diferencias estacionales en la zona norte, siendo verano e invierno donde hay diferencias significativas en la abundancia. Al comparar entre quitinosos y gelatinosos a lo largo de las estaciones, se determinó que existen diferencias en la abundancia zona en verano e invierno en la zona norte, y para la zona centro otoño y invierno
  - Cuando se compara entre ambas zonas en las mismas estaciones del año, se determinó que los grupos funcionales de ambas zonas presentan diferencias en la abundancia de herbívoros en invierno, y para los carnívoros en verano y otoño. En términos de composición corporal, se determinó que existen diferencias en verano e invierno: en verano la abundancia de los gelatinosos entre las dos zonas es significativamente distinta, y en invierno las abundancias tanto los quitinosos como los gelatinosos fueron distintas entre zonas.
- Se comprobó la hipótesis planteada, ya que se concluyó a través de las estimaciones de abundancia relativa e índices de diversidad que hay una mayor diversidad en la comunidad mesozooplancónica en la zona centro de Chile. Los resultados determinados para grupos funcionales y composición estructural exhiben cambios a lo largo de las estaciones del año, coincidiendo en que la mayor parte de las variaciones de abundancias están condicionadas por el grupo dominante copépodos.

## REFERENCIAS

- Blanco, J. L., Thomas, A. C., Carr, M.-E., & Strub, P. T. (2001). Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 106(C6), 11451–11467. doi:10.1029/2000jc000540.
- Castro, L. R., González, V., Claramunt, G., Barrientos, P., & Soto, S. (2020). Stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) seasonal changes in particulate organic matter and in different life stages of anchoveta.
- Chiba, S., Batten, S., Martin, C. S., Ivory, S., Miloslavich, P., & Weatherdon, L. V. (2018). Zooplankton monitoring to contribute towards addressing global biodiversity conservation challenges. *Journal of plankton research*, 40(5), 509-518.
- Cubillos, L. A., Bucarey, D. A., & Canales, M. (2002). Monthly abundance estimation for common sardine *Strangomera bentincki* and anchovy *Engraulis ringens* in the central-southern area off Chile (34–40 S). *Fisheries Research*, 57(2), 117-130.
- Escribano, R., Hidalgo, P., González, H., Giesecke, R., Riquelme-Bugueno, R., & Manríquez, K. (2007). Seasonal and inter-annual variation of mesozooplankton in the coastal upwelling zone off central-southern Chile. *Progress in Oceanography*, 75(3), 470-485.
- Hopcroft, R., Roff, J., and Bouman, H. 1998. Zooplankton growth rates: the larvaceans Appendicularia, Fritillaria and Oikopleura in tropical waters. *Journal of Plankton Research*, 20: 539e555
- Morales, C. E., González, H. E., Hormazabal, S. E., Yuras, G., Letelier, J., & Castro, L. R. (2007). The distribution of chlorophyll-a and dominant planktonic components in the coastal transition zone off Concepción, central Chile, during different oceanographic conditions. *Progress in Oceanography*, 75(3), 452-46.
- Pavez, M. A., Castro, L. R., & González, H. E. (2006). Across-shelf predatory effect of *Pleurobrachia bachei* (Ctenophora) on the small-copepod community in the coastal upwelling zone off northern Chile (23 S). *Journal of Plankton Research*, 28(2), 115-129.

- Sieburth, J. M., Smetacek, V., & Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1. *Limnology and oceanography*, 23(6), 1256-1263.
- Thiel M., E.C. Macaya, E. Acuña, W.E. Arntz, H. Bastías, K. Brokordt, P.A. et al. (2007). The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: (*Engraulis ringens*) in response to local and large scale oceanographic variations in north and central Chile. *Progress in Oceanography*, 186, 102342.
- Vargas, C. A., Escribano, R., & Poulet, S. (2006). Phytoplankton food quality determines time windows for successful zooplankton reproductive pulses. *Ecology*, 87(12), 2992-2999.

## Anexo 1

Al evaluar los datos con todas las fechas presentes sin promediarlas, en la zona norte se observa que los datos varían estacionalmente, en verano los datos presentan una media=68,16 ind/m<sup>3</sup>, mediana=7,24 ind/m<sup>3</sup>, desviación estándar=142,14 v ind/m<sup>3</sup>, otoño tiene una media=222,97 ind/m<sup>3</sup>, mediana=38,59 ind/m<sup>3</sup> y desviación estándar=360,75 ind/m<sup>3</sup>, mientras que invierno tiene una media=111,97 ind/m<sup>3</sup>, mediana=58,10 ind/m<sup>3</sup>, desviación estándar=127,52 ind/m<sup>3</sup> (Figura 11).

La zona central, presenta una tendencia decreciente desde el verano hasta el invierno. Los datos presentan medias y medianas de 373,17 ind/m<sup>3</sup> y 231,95 ind/m<sup>3</sup> (SD=516,15 ind/m<sup>3</sup>) en verano, 74,22 ind/m<sup>3</sup> y 48,15 ind/m<sup>3</sup> (SD=48,22 ind/m<sup>3</sup>) en otoño y 42,65 ind/m<sup>3</sup> y 24 ind/m<sup>3</sup> (SD=48,22 ind/m<sup>3</sup>) en invierno) respectivamente (Figura 11)

Cuando se compara Herbívoros y Carnívoros por zonas, en la zona norte los datos presentan para verano, otoño y invierno una media de 628,7 ind/m<sup>3</sup>, 108,6 ind/m<sup>3</sup>, 66,8 ind/m<sup>3</sup> (herbívoros) vs 117,6 ind/m<sup>3</sup>, 39,9 ind/m<sup>3</sup>, 9,0 ind/m<sup>3</sup> (carnívoros) respectivamente y mediana de 353,2 ind/m<sup>3</sup>, 70,85 ind/m<sup>3</sup> y 59,85 ind/m<sup>3</sup> (herbívoros) vs 17,56 ind/m<sup>3</sup>, 26,25 ind/m<sup>3</sup> y 6,45 ind/m<sup>3</sup>(carnívoros), respectivamente.(fig 12 y 13) .

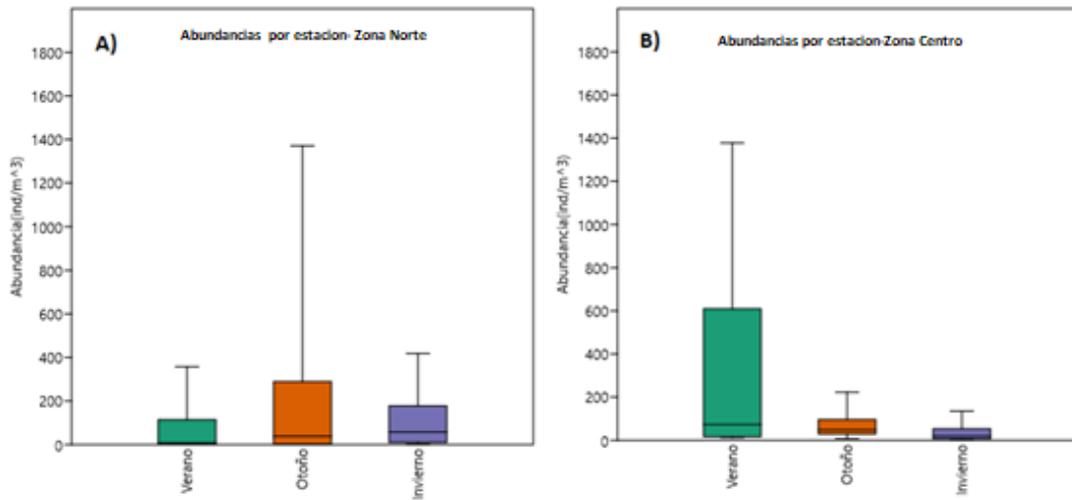


Figura 11. Gráficos de cajas y bigotes (Box and Whiskers) de abundancias por estación del año de zooplancton total (ambos grupos en conjunto) Zona centro y norte donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos. (A: Zona norte; B: Zona centro).

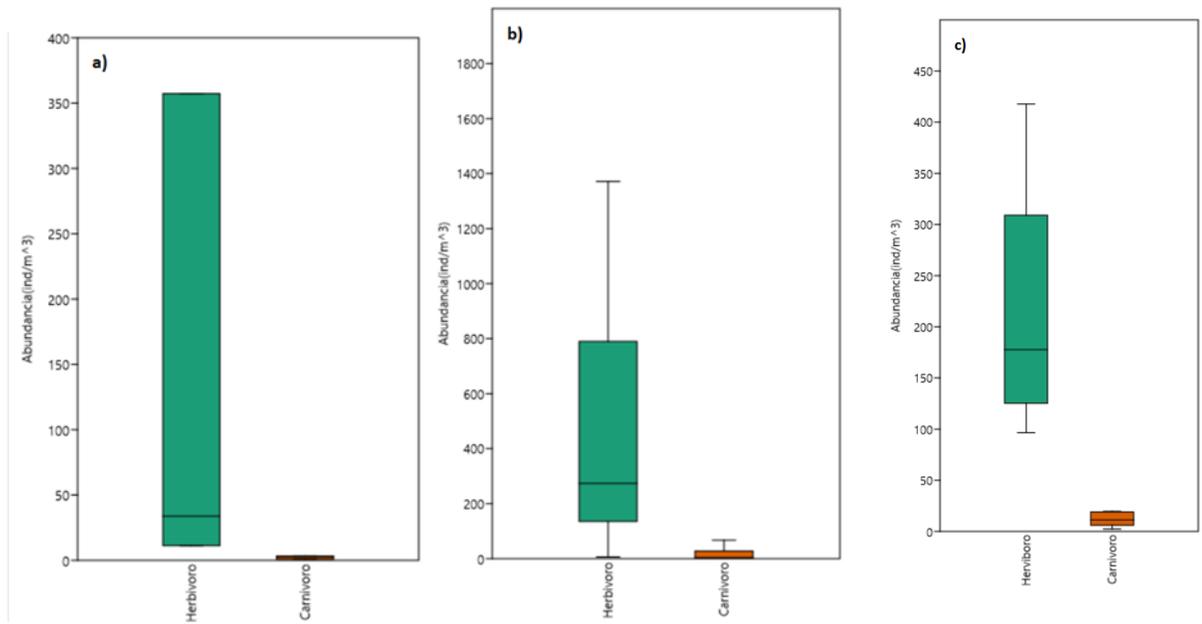


Figura 12. Distribución de abundancias grupos zooplanctónicos Herbívoros y Carnívoros zona Norte por estación donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos (a:Verano; b: Otoño ; c:Invierno).

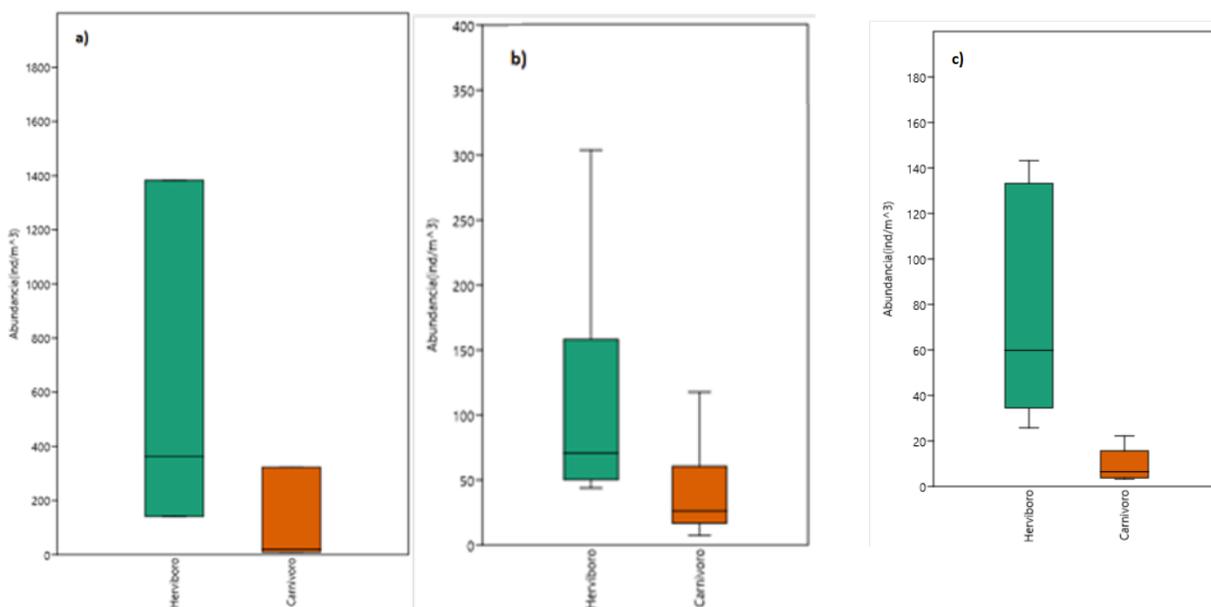


Figura 13. Abundancias grupos zooplanctónicos Herbívoros y Carnívoros en la zona Centro por estación (a: Verano; b: Otoño ; c: Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.

## Anexo 2

En la zona norte, se presenta una variabilidad en los datos estacionales de abundancia de los grupos quitinosos y gelatinosos agrupados, los datos en verano tienen una media=60,68 ind/m<sup>3</sup>, mediana=1,40 ind/m<sup>3</sup> y desviación estándar=145,10 ind/m<sup>3</sup>, otoño tiene una media=218,97 ind/m<sup>3</sup>, mediana=42,44 ind/m<sup>3</sup> y desviación estándar=120,31 ind/m<sup>3</sup>, mientras que el invierno tiene una media=111,67 ind/m<sup>3</sup>, mediana=62,71 ind/m<sup>3</sup>, desviación estándar=120,31 ind/m<sup>3</sup> (Figura 14).

La zona central, presenta una tendencia decreciente desde el verano hasta el invierno. Los datos estacionales presentan unas medias y medianas de: 317,91 ind/m<sup>3</sup> y 72,91 ind/m<sup>3</sup>, con una desviación estándar= 535,02 ind/m<sup>3</sup> en verano, 74,12 ind/m<sup>3</sup> y 48,21 ind/m<sup>3</sup> con una desviación estándar= 68,88 ind/m<sup>3</sup> en otoño y 37,87 ind/m<sup>3</sup> y 19,24 ind/m<sup>3</sup> con una desviación estándar= 47,03 ind/m<sup>3</sup> en invierno. (Figura 14)

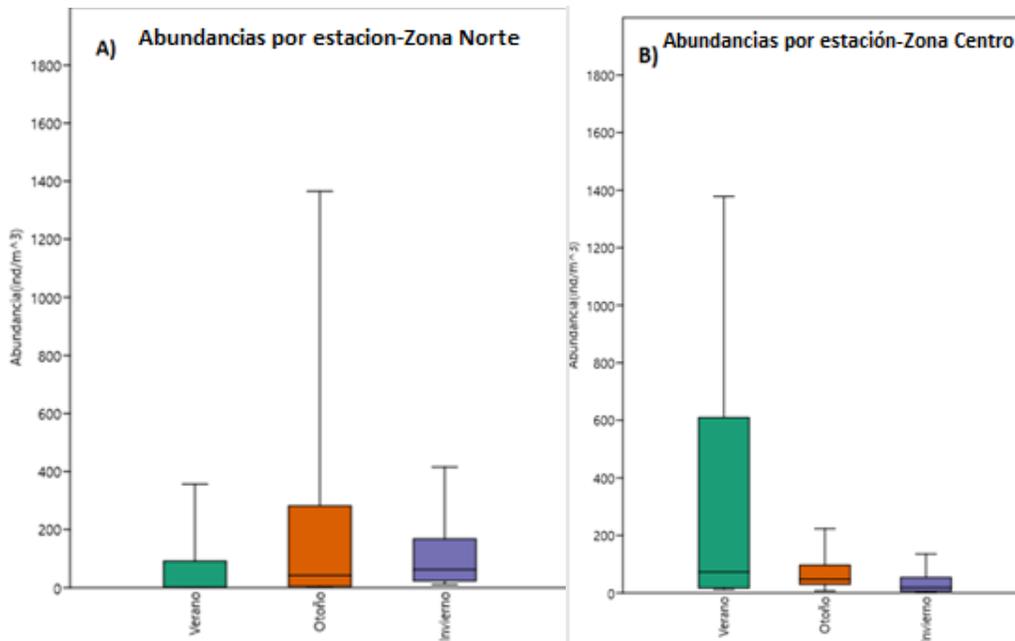


Figura 14. Abundancias por estación del año quitinosos y gelatinosos agrupados. Zona centro y norte. (A: Zona norte; B: Zona centro) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.

Cuando se compara quitinosos vs gelatinosos por zonas, podemos encontrar que la distribución de los datos es relativamente similar en todas las estaciones; la tendencia es que los grupos quitinosos presentan una abundancia mayor a los gelatinosos, contrastada en la zona centro con una media más alta (612 ind/m<sup>3</sup>, 88,60 ind/m<sup>3</sup>, 66,84 ind/m<sup>3</sup> vs 23 ind/m<sup>3</sup>, 59,64 ind/m<sup>3</sup>, 8,95 ind/m<sup>3</sup>, mediana (verano 353,25 ind/m<sup>3</sup> vs 17,56 ind/m<sup>3</sup>, otoño 69,61 ind/m<sup>3</sup> vs 30,77 ind/m<sup>3</sup>, invierno 46,83 ind/m<sup>3</sup> vs 6,8 ind/m<sup>3</sup>) valores máximos mayores exceptuando otoño, donde los gelatinosos presentan el valor máximo más alto (1378 ind/m<sup>3</sup> vs 39 ind/m<sup>3</sup> en verano, otoño 197,97 ind/m<sup>3</sup> vs 222,89 ind/m<sup>3</sup>, invierno 135,47 ind/m<sup>3</sup> vs 21,6 ind/m<sup>3</sup>) (Figura 15 y 16).

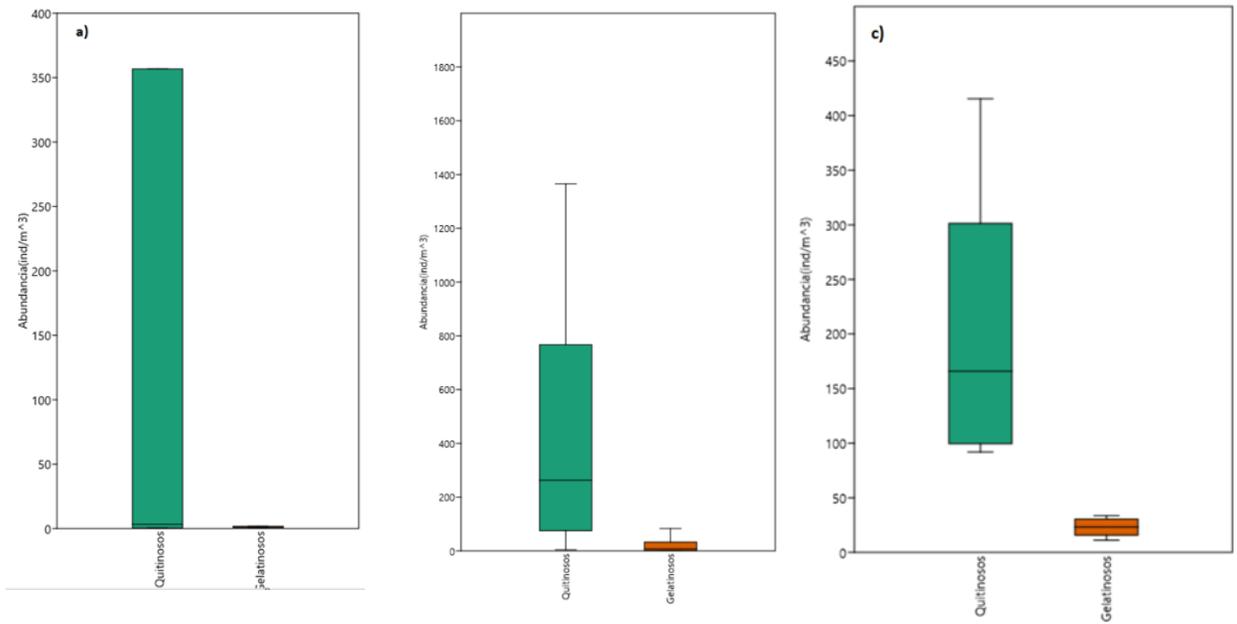


Figura 15. Distribución de abundancias grupos zooplanctónicos quitinosos y gelatinosos zona Norte (a: Verano; b: Otoño; c: Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.

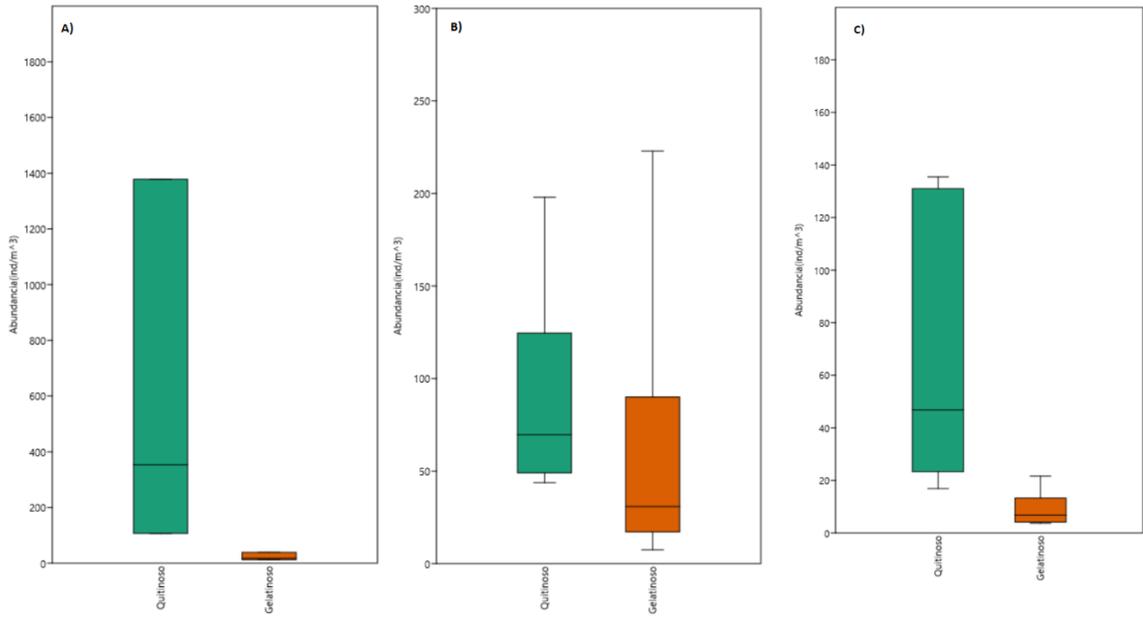


Figura 16. Abundancia grupos zooplanctónicos quitinosos vs gelatinosos Zona Centro (a: Verano; b: Otoño; c: Invierno) donde se representa las medianas, el percentil 25 y 75 y los valores máximos.