



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
 PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.5
 “LÍNEA DE BASE ECOSISTEMAS MARINOS”**

TQB14016-REP-MA-0255

ÍNDICE

3	LÍNEA DE BASE.....	3.5-1
3.5	ECOSISTEMAS MARINOS	3.5-1
3.5.1	INTRODUCCIÓN	3.5-1
3.5.2	OBJETIVOS	3.5-2
3.5.2.1	Objetivo General	3.5-2
3.5.2.2	Objetivos Específicos	3.5-2
3.5.3	RESUMEN ACTIVIDADES Y ESTUDIOS ASOCIADOS A ECOSISTEMAS MARINOS	3.5-2
3.5.4	DETERMINACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	3.5-4
3.5.5	METODOLOGÍA GENERAL.....	3.5-7
3.5.5.1	Índices ecológicos.....	3.5-7
3.5.5.1.1	Diversidad Específica de Shannon (H'; Shannon, 1948).....	3.5-7
3.5.5.1.2	Riqueza de Especies (S)	3.5-7
3.5.5.1.3	Índice de Equidad de Pielou (J'; Pielou, 1966).....	3.5-7
3.5.5.1.4	Índice de Dominancia de Simpson (D; Simpson, 1949)	3.5-8
3.5.5.1.5	Índice de Similitud de Bray – Curtis (BC).....	3.5-8
3.5.5.1.6	Índice de Jaccard (I _j).....	3.5-9
3.5.5.2	Comunidades planctónicas	3.5-10
3.5.5.2.1	Área costera evaluada.....	3.5-10
3.5.5.2.2	Diseño de muestreo	3.5-10
3.5.5.2.3	Pigmentos Fotosintéticos y Nutrientes	3.5-13
3.5.5.2.4	Mortalidad Natural	3.5-13
3.5.5.2.5	Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Fitoplancton	3.5-13
3.5.5.2.6	Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Zooplancton.....	3.5-14
3.5.5.2.7	Índices Comunitarios y Análisis Estadísticos de las Comunidades Planctónicas.....	3.5-14
3.5.5.3	Comunidades bentónicas intermareales de fondos duros	3.5-15
3.5.5.3.1	Caracterización y cuantificación de las franjas intermareales	3.5-16
3.5.5.3.2	Inventario de Especies	3.5-16

3.5.5.3.3	Índices Ecológicos.....	3.5-17
3.5.5.3.4	Análisis de Ordenación por Transectos	3.5-17
3.5.5.4	Comunidades bentónicas intermareales de fondos blandos.....	3.5-18
3.5.5.4.1	Metodología de muestreo y análisis de comunidades macrobentónicas	3.5-18
3.5.5.4.2	Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico	3.5-20
3.5.5.5	Comunidades bentónicas submareales de fondos duros	3.5-20
3.5.5.5.1	Estructura comunitaria.....	3.5-21
3.5.5.5.2	Índices Ecológicos.....	3.5-22
3.5.5.5.3	Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico	3.5-23
3.5.5.6	Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios	3.5-23
3.5.5.6.1	Índices Ecológicos.....	3.5-24
3.5.5.6.2	Estimación de Índice AMBI.....	3.5-25
3.5.5.6.3	Comparación de curvas abundancia-biomasa como índice de perturbación ambiental.	3.5-26
3.5.5.6.4	Análisis de Clasificación por Estaciones (Clúster)	3.5-27
3.5.5.6.5	Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico	3.5-27
3.5.5.7	Comunidades nectónicas (Ictiofauna litoral)	3.5-27
3.5.5.7.1	Evaluación Directa (Buceo Semi - Autónomo)	3.5-28
3.5.5.7.2	Evaluación Cualitativa (filmaciones puntuales)	3.5-29
3.5.5.7.3	Índices Ecológicos.....	3.5-29
3.5.5.7.4	Análisis Estadístico.....	3.5-29
3.5.5.8	Vertebrados costeros (reptiles, aves y mamíferos).....	3.5-30
3.5.5.8.1	Diseño de muestreo	3.5-30
3.5.5.8.2	Esfuerzo de muestreo.....	3.5-31
3.5.5.8.3	Índices Comunitarios	3.5-33
3.5.5.8.4	Criterios y Categorías de Conservación	3.5-33
3.5.5.8.5	Índice de Riesgo (IR).....	3.5-35
3.5.5.8.6	Análisis estadísticos	3.5-37
3.5.5.9	Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos	3.5-37
3.5.5.9.1	Sector costero evaluado.....	3.5-37
3.5.5.9.2	Procedimiento Metodológico.....	3.5-38
3.5.5.9.3	Cálculo del Índice Ponderado de Banco Natural (IPBAN).....	3.5-42
3.5.5.9.4	Evaluación cualitativa	3.5-43
3.5.6	RESULTADOS.....	3.5-45
3.5.6.1	Comunidades planctónicas	3.5-45
3.5.6.1.1	Fitoplancton.....	3.5-45
3.5.6.1.2	Zooplancton.....	3.5-49
3.5.6.2	Comunidades bentónicas intermareales de fondos duros	3.5-53
3.5.6.2.1	Estructura comunitaria.....	3.5-53

3.5.6.2.2	Análisis espacio-temporal (por transectos)	3.5-68
3.5.6.3	Comunidades bentónicas intermareales de fondos blandos.....	3.5-74
3.5.6.3.1	Comparación de las abundancias y biomásas entre campañas..	3.5-74
3.5.6.3.2	Riqueza y Diversidad específica entre campañas.....	3.5-78
3.5.6.3.3	Análisis de clasificación	3.5-81
3.5.6.3.4	Análisis de Ordenación por Estaciones y campañas de muestreo ..	3.5-81
3.5.6.4.1	Estructura comunitaria.....	3.5-82
3.5.6.4.2	Índices Ecológicos.....	3.5-94
3.5.6.4.3	Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico	3.5-100
3.5.6.4.4	Análisis espacio-temporal (transectos)	3.5-102
3.5.6.5	Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios	3.5-108
3.5.6.6	Comunidades nectónicas (Ictiofauna)	3.5-121
3.5.6.6.1	Evaluación Directa.....	3.5-121
3.5.6.6.2	Distribución batimétrica de la comunidad de peces litorales	3.5-126
3.5.6.6.3	Análisis de Clasificación (Índice de Bray – Curtis)	3.5-127
3.5.6.6.4	Evaluación cualitativa zona descarga salmuera.....	3.5-129
3.5.6.6.5	Categorías de conservación	3.5-130
3.5.6.7	Vertebrados costeros (Reptiles, Aves y Mamíferos)	3.5-130
3.5.6.7.1	Densidad y riqueza de aves y mamíferos marinos.....	3.5-130
3.5.6.7.2	Índice de Diversidad de Shannon (H')	3.5-134
3.5.6.7.3	Sitios de Interés.....	3.5-139
3.5.6.8	Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos	3.5-144
3.5.6.8.1	Evaluación cuantitativa	3.5-144
3.5.6.8.2	Evaluación Cualitativa	3.5-147
3.5.6.8.3	Comparación con otros sectores costeros	3.5-148
3.5.7	SÍNTESIS Y CONCLUSIONES	3.5-150
3.5.7.1	Comunidades Planctónicas	3.5-150
3.5.7.2	Comunidades bentónicas Intermareales de Fondo Duro	3.5-152
3.5.7.3	Comunidades bentónicas Intermareales de Fondo Blando.....	3.5-154
3.5.7.4	Comunidades bentónicas submareales de fondos duros	3.5-155
3.5.7.5	Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios	3.5-157
3.5.7.6	Ictiofauna (peces).....	3.5-160
3.5.7.7	Vertebrados Costeros (Reptiles, Aves y Mamíferos)	3.5-161
3.5.7.8	Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos	3.5-163
3.5.8	BIBLIOGRAFÍA	3.5-164

TABLAS

Tabla 3.5-1	Resumen actividades de muestreo y campañas estacionales periodo 2015, Proyecto QB2.....	3.5-2
Tabla 3.5-2.	Índice de estrés para establecer el nivel de ordenamiento en el análisis nMDS.	3.5-9
Tabla 3.5-3.	Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo intensivo de plancton (Datum WGS-84; huso 19).....	3.5-11
Tabla 3.5-4.	Coordenadas UTM (Datum WGS 84) de estaciones de muestreo de comunidades bentónicas intermareales de fondos duros.	3.5-15
Tabla 3.5-5.	Coordenadas UTM (Datum WGS-84) de las ubicaciones de las estaciones de muestreo en el área costera de evaluación.	3.5-19
Tabla 3.5-6.	Coordenadas UTM de los transectos utilizados para evaluar las comunidades submareales de fondos duros (Datum WGS-84).	3.5-20
Tabla 3.5-7.	Patrón de zonación vertical de las diferentes comunidades submareales de la costa norte de Chile.	3.5-22
Tabla 3.5-8.	Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo de la macrofauna submareal de fondos sedimentarios (Datum WGS-84).	3.5-23
Tabla 3.5-9.	Índice de diversidad para establecer la condición ambiental basada en Alcolado (1992).	3.5-24
Tabla 3.5-10.	Índice de diversidad para establecer la condición ambiental basada en Hendei (1977)	3.5-25
Tabla 3.5-11.	Índice AMBI para caracterizar el estado ecológico de los fondos marinos submareales.	3.5-26
Tabla 3.5-12.	Coordenadas UTM de los transectos utilizados para evaluar las comunidades neotónicas (Datum WGS-84), verano del 2015.	3.5-28
Tabla 3.5-13.	Fechas de evaluación de la comunidad íctica, correspondiente a las campañas de verano, otoño e invierno de 2015.	3.5-29
Tabla 3.5-14.	Coordenadas UTM de las unidades muestrales de vertebrados.	3.5-30
Tabla 3.5-15.	Prioridades y ponderación de criterios	3.5-35
Tabla 3.5-16.	Valores asignados.....	3.5-35
Tabla 3.5-17.	Índice y estado de riesgo	3.5-36
Tabla 3.5-18.	Coordenadas UTM* de transectos de evaluación de bancos naturales....	3.5-39
Tabla 3.5-19.	Criterios utilizados para la determinación de la cantidad de unidades de muestreo.	3.5-40
Tabla 3.5-20.	Coordenadas UTM de estaciones de evaluación cualitativa.....	3.5-43
Tabla 3.5-21.	Antecedentes previos sobre estudio de Línea de Base en la zona de estudio.	3.5-53
Tabla 3.5-22.	Cobertura de organismos sésiles (%) y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m ²) en la franja infralitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (X) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por todo el área estudiada.....	3.5-55

Tabla 3.5-23.	Cobertura (%) de organismos sésiles y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m ²) en la franja mesolitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (\bar{x}) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por todo el área estudiada.....	3.5-58
Tabla 3.5-24.	Cobertura (%) de organismos sésiles y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m ²) en la franja supralitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (\bar{x}) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por toda el área estudiada.....	3.5-60
Tabla 3.5-25.	Inventario de especies presentes en las cuatro campañas evaluadas.	3.5-61
Tabla 3.5-26.	Índices Ecológicos promedio (S, H', J' y D) calculado para organismos sésiles y móviles por cada campaña de muestreo.	3.5-65
Tabla 3.5-27.	Resultados del ANDEVA aplicado a los descriptores comunitarios, en el modelo se incluye las diferentes campañas realizadas como fuente de variación. Se reporta la suma de cuadrados (SS), los grados de libertad (df), cuadrados medios (MS), estadístico (F) y la probabilidad asociada (p).	3.5-66
Tabla 3.5-28.	Índices Ecológicos (riqueza específica, diversidad de Shannon, equidad y dominancia) calculado para los grupos sésiles y móviles y total para los 2 transectos intermareales evaluados en el sector lanzadera, primavera del 2015.	3.5-67
Tabla 3.5-29.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.....	3.5-70
Tabla 3.5-30.	Resultados ANDEVA de dos vías aplicado a las abundancias de macroinvertebrados	3.5-78
Tabla 3.5-31.	Listado de especies sésiles y móviles identificadas durante las cuatro campañas de evaluación.....	3.5-82
Tabla 3.5-32.	Índices Ecológicos (diversidad Shannon, dominancia y equidad) obtenidos para las cinco comunidades presentes en el área costera de evaluación.....	3.5-96
Tabla 3.5-33.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.....	3.5-104
Tabla 3.5-34.	Resultado del test ANOSIM realizado con la totalidad de las estaciones y taxones detectados en las tres campañas de muestreos de macrofauna en las comunidades de fondo blando.	3.5-121
Tabla 3.5-35.	Riqueza específica, abundancia relativa y número total de ejemplares de peces litorales registrados por campaña de evaluación.....	3.5-123
Tabla 3.5-36.	Especies de vertebrados registrados en el área costera de evaluación durante las cuatro campañas estacionales, su estado de conservación e índice de riesgo.	3.5-137
Tabla 3.5-37.	Valores de los distintos parámetros utilizados para el cálculo de IPBAN. En rojo se destacan los valores de IPBAN de los recursos considerados bancos naturales.	3.5-145
Tabla 3.5-38.	Descripción cualitativa de las estaciones evaluadas mediante cámaras filmadoras.	3.5-147

FIGURAS

Figura 3.5-1.	Área de Influencia Ecosistemas Marinos.....	3.5-6
Figura 3.5-2.	Índice de similitud para establecer el número de grupos en el análisis de dendrograma.....	3.5-9
Figura 3.5-3.	Ubicación espacial de los sitios de muestreo de plancton	3.5-12
Figura 3.5-4.	Esquema ubicación cuadrantes y división de la franja intermareal, para la evaluación de la biota del intermareal rocoso.....	3.5-16
Figura 3.5-5.	Esquema del transecto perpendicular a la línea de costa utilizado para el inventario de especies.....	3.5-17
Figura 3.5-6.	Vista de la playa de Patillos en dos campañas contrapuestas temporalmente. A) Verano del 2015 y B) Invierno del 2015.	3.5-18
Figura 3.5-7.	Esquema de evaluación de comunidades submareales de fondo duro. ...	3.5-21
Figura 3.5-8.	Curvas ABC hipotéticas (Clarke & Warwick, 2001).	3.5-27
Figura 3.5-9.	Ubicación del área costera de evaluación y disposición de los transectos realizados para la evaluación de Bancos Naturales.	3.5-38
Figura 3.5-10.	Distribución batimétrica de los recursos hidrobiológicos presentes en el área costera de evaluación.	3.5-41
Figura 3.5-11.	Vista panorámica tomada desde una de las cámaras GoPro Hero3. Además se muestra la vista posterior de la videograbadora con la cual se tomó registro de la evaluación.	3.5-42
Figura 3.5-12.	Estaciones de Evaluación Cualitativa.....	3.5-44
Figura 3.5-13.	Variabilidad estacional del valor promedio de la abundancia celular (A), Diversidad específica de Shannon (B) y la Riqueza (C) de la comunidad fitoplanctónica.....	3.5-46
Figura 3.5-14.	Ordenación nMDS para la composición taxonómica y abundancia de organismos de la comunidad fitoplanctónica, para las campañas de verano otoño e invierno de 2015.....	3.5-47
Figura 3.5-15.	Variación estacional de la concentración de Clorofila-a y Feopigmentos ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).	3.5-48
Figura 3.5-16.	Variación estacional de la Concentración de Nutrientes ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) registrados en el área costera de evaluación durante las campañas de muestreo de verano 2015 (VER-15), otoño 2015 (OTO-15), invierno 2015 (INV-15) y primavera de 2015 (PRI-15).	3.5-49
Figura 3.5-17.	Variabilidad estacional del valor promedio de la abundancia (A), Diversidad específica de Shannon (B) y la Riqueza (C) de la comunidad zooplanctónica.	3.5-50
Figura 3.5-18.	Ordenación nMDS para la composición taxonómica y abundancias de organismos de la comunidad zooplanctónica estacionales registradas en el área costera de evaluación.	3.5-51
Figura 3.5-19.	Variabilidad estacional de la biomasa zooplanctónica total ($\text{g}/100\text{ m}^3$) (A) y el porcentaje de mortalidad natural (B).	3.5-52

Figura 3.5-20.	Porcentajes por Grupo funcional, Riqueza específica y Abundancia relativa expresada en porcentaje para los diferentes grupos taxonómicos observados en el área costera de evaluación. Los valores reportados son acumulados durante las cuatro campañas realizadas.	3.5-53
Figura 3.5-21.	Vista de algunas especies representativas de la franja infralitoral del área costera de evaluación. A) Infralitoral transecto ID-6, otoño del 2015 y B) Infralitoral transecto ID-6, invierno del 2015.	3.5-54
Figura 3.5-22.	Vista de algunas de las especies sésiles y móviles de la franja mediolitoral de la zona de estudio. A) Mediolitoral transecto ID-7 otoño del 2015, detalle de <i>Prisogaster niger</i> (ID-3 invierno) y B) Mediolitoral transecto ID-2 (verano del 2015).	3.5-58
Figura 3.5-23.	Vista de las especies móviles dominantes de la franja supralitoral. A) Supralitoral transecto ID-4 primavera del 2015 y B) Supralitoral transecto ID-8 y detalle de <i>A. araucana</i> , invierno del 2015.	3.5-60
Figura 3.5-24.	Análisis de clasificación jerárquica basado en el índice de Jaccard (Presencia/ausencia), obtenido del inventario integrado de especies para las cuatro campañas estacionales.	3.5-64
Figura 3.5-25.	Comparación estacional de los descriptores comunitarios promedio (\pm DS) para las campañas estacionales 2015. Riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon (H'), índice de equidad de Pielou (J') e índice de dominancia de Simpson (D).	3.5-66
Figura 3.5-26.	Índices ecológicos para el sector lanzadera (ID-LN e ID-LS) basado en transectos intermareales evaluados en la campaña de primavera del 2015.	3.5-68
Figura 3.5-27.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.	3.5-71
Figura 3.5-28.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.	3.5-72
Figura 3.5-29.	Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.	3.5-73
Figura 3.5-30.	Análisis de ordenamiento (NMDS) basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.	3.5-74
Figura 3.5-31.	Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de las macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos en el área costera de evaluación por campaña de evaluación.	3.5-75
Figura 3.5-32.	Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos, por sector y campaña de muestreo.	3.5-77
Figura 3.5-33.	Riqueza (A) y Diversidad de especies (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos por campaña de muestreo.	3.5-79

Figura 3.5-34.	Riqueza (A) y Diversidad de especies (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos, por sector y campaña de muestreo.	3.5-80
Figura 3.5-35.	Análisis de clasificación jerárquica de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondo blando por campaña y sector de muestreo	3.5-81
Figura 3.5-36.	Ordenación espacial por análisis nMDS que incluye la matriz de abundancia relativa de la macrofauna intermareal de fondos blandos, por sector y campaña.	3.5-82
Figura 3.5-37.	Composición de grupos taxonómicos representado en porcentaje (%) y riqueza de especies por campaña de estudio en las zonas submareales del área costera de evaluación.	3.5-85
Figura 3.5-38.	Distribución espacial y batimétrica de las comunidades observadas en el área costera de evaluación.	3.5-87
Figura 3.5-39.	Especies características de la Comunidad de Fondos blanqueados someros (FBS).	3.5-88
Figura 3.5-40.	Especies sésiles características de la Comunidad de Fondos blanqueados profundos (FBP).	3.5-89
Figura 3.5-41.	Especies de invertebrados y algas presentes bajo la Comunidad de bosques de <i>Lessonia trabeculata</i> (LT).	3.5-91
Figura 3.5-42.	Especies de invertebrados presentes en la Comunidad de Suspensívoros.	3.5-92
Figura 3.5-43.	Fotografía de la Comunidad de Fondos Blandos (FBLANDO).	3.5-94
Figura 3.5-44.	Riqueza específica de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales.	3.5-95
Figura 3.5-45.	Índice de Diversidad de Shannon (H') calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales. ...	3.5-97
Figura 3.5-46.	Índice de Equidad de Pielou (J') calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.	3.5-98
Figura 3.5-47.	Índice de Dominancia de Simpson (D) calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales. ...	3.5-99
Figura 3.5-48.	Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a las cinco comunidades submareales observadas durante el periodo de estudio.	3.5-101
Figura 3.5-49.	Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico que incluye a las cinco comunidades submareales observadas durante el periodo de estudio.	3.5-102
Figura 3.5-50.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.	3.5-105
Figura 3.5-51.	Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.	3.5-106

Figura 3.5-52.	Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.	3.5-107
Figura 3.5-53.	Análisis de ordenamiento (NMDS) basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.	3.5-108
Figura 3.5-54.	Composición de grupos taxonómicos obtenidos en las comunidades macrobentónicas submareales de fondo blando en las cuatro campañas realizadas.....	3.5-109
Figura 3.5-55.	Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna encontrada en las cuatro campañas realizadas. Proyecto Teck – QB2. La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estáy las líneas verticales la desviación estándar.	3.5-110
Figura 3.5-56.	Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna por estaciones y campañas de muestreo. Proyecto Teck – QB2. La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estáy las líneas verticales la desviación estándar.	3.5-111
Figura 3.5-57.	Riqueza específica promedio estacional (A) y diversidad específica promedio estacional (B) de la comunidad submareal de fondos sedimentarios.	3.5-113
Figura 3.5-58.	Riqueza (A) y Diversidad (B) promedio de la macrofauna observada en la comunidad submareal de fondos sedimentarios, por campaña y estación de muestreo.	3.5-114
Figura 3.5-59.	Promedio del índice AMBI en cada una de las campañas estimado a partir de la macrofauna submareal de fondo blando en las cuatro campañas.	3.5-115
Figura 3.5-60.	Promedio AMBI registrado en cada una de las estaciones de las cuatro campañas de muestreo.	3.5-116
Figura 3.5-61.	Análisis de clasificación jerárquica basado en el índice de similitud de Bray Curtis que incluye la matriz de abundancia relativa de la macrofauna asociada a la comunidad submareal de fondos sedimentarios por estación y campaña de evaluación. (A) Análisis realizado a nivel de especies y (B) análisis realizado a nivel de Familias.	3.5-117
Figura 3.5-62.	Ordenación espacial (nMDS) de abundancias relativas de la comunidad macrobentónica submareal de fondos sedimentarios, por estación y campaña de evaluación. (A) Análisis realizado considerando la totalidad de taxones registrados en la zona de estudio. (B) Análisis realizado considerando la abundancia a nivel de familias.	3.5-119
Figura 3.5-63.	Ordenación espacial de cada una de las estaciones de muestreo de la macrofauna en las comunidades de fondo blando, considerando la abundancia a nivel de grupos taxonómicos mayores. Campañas de Verano 2015, Otoño 2015, Invierno 2015 y Primavera 2015.	3.5-120
Figura 3.5-64.	Riqueza específica (A) y abundancia relativa (N° ind./11 transectos de evaluación) (B), expresada en porcentaje (%) de las especies que componen la comunidad íctica litoral por campaña de evaluación.....	3.5-122
Figura 3.5-65.	Cardúmenes de <i>Chromis crusma</i> (primer plano) y de <i>Isacia conceptionis</i> (segundo plano).	3.5-123

Figura 3.5-66.	Riqueza específica y abundancia relativa del ensamble de peces litorales observados a nivel de transectos durante las cuatro campañas estacionales.	3.5-125
Figura 3.5-67.	Distribución batimétrica de las especies de peces litorales con mayores abundancias observadas durante el estudio.	3.5-126
Figura 3.5-68.	Distribución batimétrica de las especies de peces litorales con menores abundancias observadas durante el estudio.	3.5-127
Figura 3.5-69.	Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis, entre los transectos de peces litorales evaluados en el área costera de evaluación.	3.5-128
Figura 3.5-70.	Imágenes del fondo de cada una de las estaciones para la evaluación cualitativa de la zona de descarga de salmuera.	3.5-129
Figura 3.5-71.	Densidad promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) por campaña de evaluación. ..	3.5-131
Figura 3.5-72.	Densidad promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) observados en el área costera de evaluación por campaña de evaluación.	3.5-132
Figura 3.5-73.	. Riqueza promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) observados en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados durante las cuatro campañas estacionales.	3.5-132
Figura 3.5-74.	Densidad promedio (\pm DS) de reptiles; A) en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados por transecto y campaña, y B) por campaña.	3.5-133
Figura 3.5-75.	Índice de diversidad de Shannon para los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados en las cuatro campañas estacionales.	3.5-135
Figura 3.5-76.	Loberas identificadas en el área costera de evaluación.	3.5-141
Figura 3.5-77.	Pingüineras identificadas en el área costera de evaluación.	3.5-142
Figura 3.5-78.	Sitios de nidificación y sitios de descanso aves migratorias, identificados en el área costera de evaluación.	3.5-144
Figura 3.5-79.	Vista panorámica y detalle de algunos de los recursos hidrobiológicos evaluados en el ambiente submareal para determinación de bancos naturales. Imágenes extraídas de la campaña de otoño del 2015.	3.5-146
Figura 3.5-80.	Capturas obtenidas durante la evaluación cualitativa.	3.5-148
Figura 3.5-81.	Estadística pesquera de los tres recursos hidrobiológicos considerados bancos naturales. Información correspondiente al Puerto de Iquique entre el año 2011 y 2014.	3.5-149

PLANOS

Plano 3.5-01.	Muestreo de Comunidades Bentónicas Intermareales de Fondo Duro.
Plano 3.5-02.	Muestreo de Comunidades Bentónicas Intermareales de Fondo Blando.
Plano 3.5-03.	Muestreo Comunidades Bentónicas Submareales de Fondo Duro e Ictiofauna.

- Plano 3.5-04. Estaciones de Muestreo de Comunidades Bentónicas Submareales de Fondo Blando.
- Plano 3.5-05. Estaciones de Muestreo de Vertebrados Superiores - Sector Marino – Costero.

ANEXOS

- Anexo 3.5-1.1 Comunidades Planctónicas - Campaña Verano 2015
- Anexo 3.5-1.2 Comunidades Planctónicas - Campaña Otoño 2015
- Anexo 3.5-1.3 Comunidades Planctónicas - Campaña Invierno 2015
- Anexo 3.5-1.4 Comunidades Planctónicas - Campaña Primavera 2015
- Anexo 3.5-2. Comunidades Bentónicas Intermareales de Fondos Blandos.
- Anexo 3.5-3. Comunidades Bentónicas Intermareales de Fondos Duros (Archivo Digital)
- Anexo 3.5-4. Comunidades Bentónicas Submareales de Fondos Duros (Archivo Digital).
- Anexo 3.5-5. Comunidades Bentónicas Submareales de Fondos Blandos.
- Anexo 3.5-6. Comunidades Nectónicas (Ictiofauna) - Reporte de Datos Necton (Ictiofauna) (Archivo Digital).
- Anexo 3.5-7. Comunidades de Vertebrados Costeros (Reptiles, Aves y Mamíferos).
- Anexo 3.5-8.1 Constancias de entrega de material fílmico de la evaluación de recursos pesqueros a pescadores artesanales (Archivos Digitales).
- Anexo 3.5-8.2 Reporte de Datos de la Evaluación de Bancos Naturales (Archivo Digital).



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.5
“LÍNEA DE BASE ECOSISTEMAS MARINOS”**

TQB14016-REP-MA-0255

3 LÍNEA DE BASE

3.5 ECOSISTEMAS MARINOS

3.5.1 Introducción

En esta sección se presenta la caracterización de la Línea de Base del componente Ecosistemas Marinos, en la denominada Área Puerto del Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2. El Proyecto comprende la construcción de las obras requeridas para la instalación de un muelle, una planta de filtrado de concentrado y una planta desalinizadora de agua de mar en el borde costero del sector norte de Punta Patache. Con el objeto de proporcionar los antecedentes ambientales necesarios para respaldar la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) asociado al proyecto, y así acreditar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el país, fueron evaluados y caracterizados los componentes biológicos del Ecosistema Marino costero con incidencia en la evaluación ambiental del Proyecto.

El presente informe de Línea de Base Marina, proporciona los resultados de las campañas realizadas en los periodos correspondientes a las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera del año 2015. La caracterización de los Ecosistemas Marinos costeros contempló el análisis de la dinámica de comunidades planctónicas (fitoplancton y zooplancton), de las comunidades bentónicas intermareales y submareales (de fondos duros y blandos), ictiofauna (necton), y vertebrados costeros (reptiles, aves y mamíferos marinos). Adicionalmente, se efectuaron experiencias orientadas al conocimiento del suministro larval como complemento a los estudios de dinámica planctónica (meroplancton), los cuales fueron ejecutados de manera intensiva en el tiempo y son presentados en el Anexo 4-5. Suministro Larval de Comunidades Bentónicas en el Sector Patache Norte, correspondiente al Capítulo 4, Predicción y Evaluación de Impactos.

Finalmente, se precisa que el componente abiótico de los ecosistemas marinos costeros incluidos en el Área de Influencia del Proyecto es abordado como parte del Medio Físico en el Capítulo 3.2.10, Recursos Hídricos Marinos.

3.5.2 Objetivos

3.5.2.1 Objetivo General

El objetivo general del presente estudio de Línea de Base es describir las comunidades biológicas marinas presentes en el Área de Influencia del Proyecto.

3.5.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la dinámica de las comunidades planctónicas marinas en el entorno inmediato donde se planea construir las obras marinas del proyecto.
- Caracterizar las comunidades bentónicas intermareales y submareales en el área de emplazamiento del proyecto y sectores aledaños.
- Caracterizar la ictiofauna litoral marina presente en el área de emplazamiento del proyecto y sectores aledaños.
- Caracterización de la comunidad de vertebrados costeros en el área de emplazamiento del proyecto y sectores aledaños.
- Determinar si los recursos hidrobiológicos presentes en el área de emplazamiento del proyecto, constituyen bancos naturales, de acuerdo a la metodología establecida en la Resolución Exenta N° 2.353 del 04 de agosto del 2010.

3.5.3 Resumen actividades y estudios asociados a Ecosistemas Marinos

En la Tabla 3.5-1 se documenta y resume el esfuerzo de muestreo de los estudios biológicos marinos para cada tipo de comunidad o asociación evaluada a lo largo de las campañas estacionales efectuadas por Costasur Limitada en el ámbito del proyecto QB2 durante el periodo 2015.

Tabla 3.5-1. Resumen actividades de muestreo y campañas estacionales periodo 2015, Proyecto QB2.

Tipo de comunidad	Campañas estacionales			
	verano	otoño	invierno	primavera
Comunidades planctónicas				
Periodo de muestreo	24-30/03/15	27-29/5/15	4-8/09/15	18-21/11/15
N° efectivo días de muestreo plancton	3	3	3	3
Fitoplancton				
Tipo de muestreo fitoplancton	Cualitativo (red 34 um) Cuantitativo (botella oceanográfica)	Cualitativo (red 34 um) Cuantitativo (botella oceanográfica)	Cualitativo (red 34 um) Cuantitativo (botella oceanográfica)	Cualitativo (red 34 um) Cuantitativo (botella oceanográfica)
N° de transectos fitoplancton	8	8	8	8
Largo de transectos (m)	500	500	500	500
N° de estratos fitoplancton	2	2	2	2

Tipo de comunidad	Campañas estacionales			
	verano	otoño	invierno	primavera
Profundidad de muestreo	Superficial y Disco Secchi/2)			
N° total muestras fitoplancton	48	48	48	48
Zooplancton				
Tipo de muestreo zooplancton	Cualit/Cuanti	Cualit/Cuanti	Cualit/Cuanti	Cualit/Cuanti
Tipo de redes muestreo zooplancton (arrastrés verticales, horizontales y oblicuo. 240 μ m)	Epineustónica (superficial); Bongo (12 m); WP-2 (lances verticales)	Epineustónica (superficial); Bongo (12 m); WP-2 (lances verticales)	Epineustónica (superficial); Bongo (12 m); WP-2 (lances verticales)	Epineustónica (superficial); Bongo (12 m); WP-2 (lances verticales)
N° de transectos zooplancton	8	8	8	8
Largo de transectos (m)	500	500	500	500
N° de estratos zooplancton	2	2	2	2
N° total muestras de zooplancton	48	48	48	48
N° total muestras de nutrientes y pigmentos fotosintéticos	48	48	48	48
Comunidad intermareal de fondos duros				
Fecha	19-20/02/15	26-29/06/15	23-26/08/15	25-27/11/15
N° transectos	11	11	11	13
N° cuadrantes	99	99	99	117
Área total muestreada (m^2)	24,75	24,75	24,75	29,25
Comunidad intermareal de fondos blandos				
Fecha	19-20/02/15	04-14/06/15	26-08-15	15/-25/11/15
N° estaciones	15	9	9	12
N° muestras	135	81	81	108
Área total muestreada (m^2)	1,35	0,81	0,81	1,08
Comunidad submareal de fondo duro				
Fecha	23-26/02/15	10-12/02/15	21-23/08/15	22-24/11/15
N° transectos	11	11	11	11
N° cuadrantes	110	110	110	110
Área total muestreada (m^2)	27,5	27,5	27,5	27,5
Comunidad submareal fondo blando				
Fecha	30-03-15	17-06-15	26-08-15	26-27/11/2015
N° estaciones	13	13	13	13
N° replicas	3	3	3	3
N° total de muestras	39	39	39	39
Superficie muestreal (m^2)	0,39	0,39	0,39	0,39

Tipo de comunidad	Campañas estacionales			
	verano	otoño	invierno	primavera
Ictiofauna				
Fecha	23-26/02/15	10-12/02/15	21-23/08/15	22-24/11/15
Nº transectos	11	11	11	11
Largo aprox. Transectos (m)	150	150	150	150
Vertebrados costeros				
Fecha	20-25/02/15	06-14/06/15	21-27/08/15	20-26/11/15
Nº puntos de observación	30	30	30	30
Transectos marítimos	3	3	3	3
Largo (Km) transecto marítimo	33	33	33	33
Nº horas observación	52	52	52	52
Bancos naturales				
Fecha	-	16-20/06/15	-	22-23/06/15
Nº transectos	-	8	-	8
Longitud de transecto (m)	-	50	-	50
Nº cuadrantes	-	40	-	40
Área (m ²)	-	800	-	800

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Determinación y Justificación del Área de Influencia

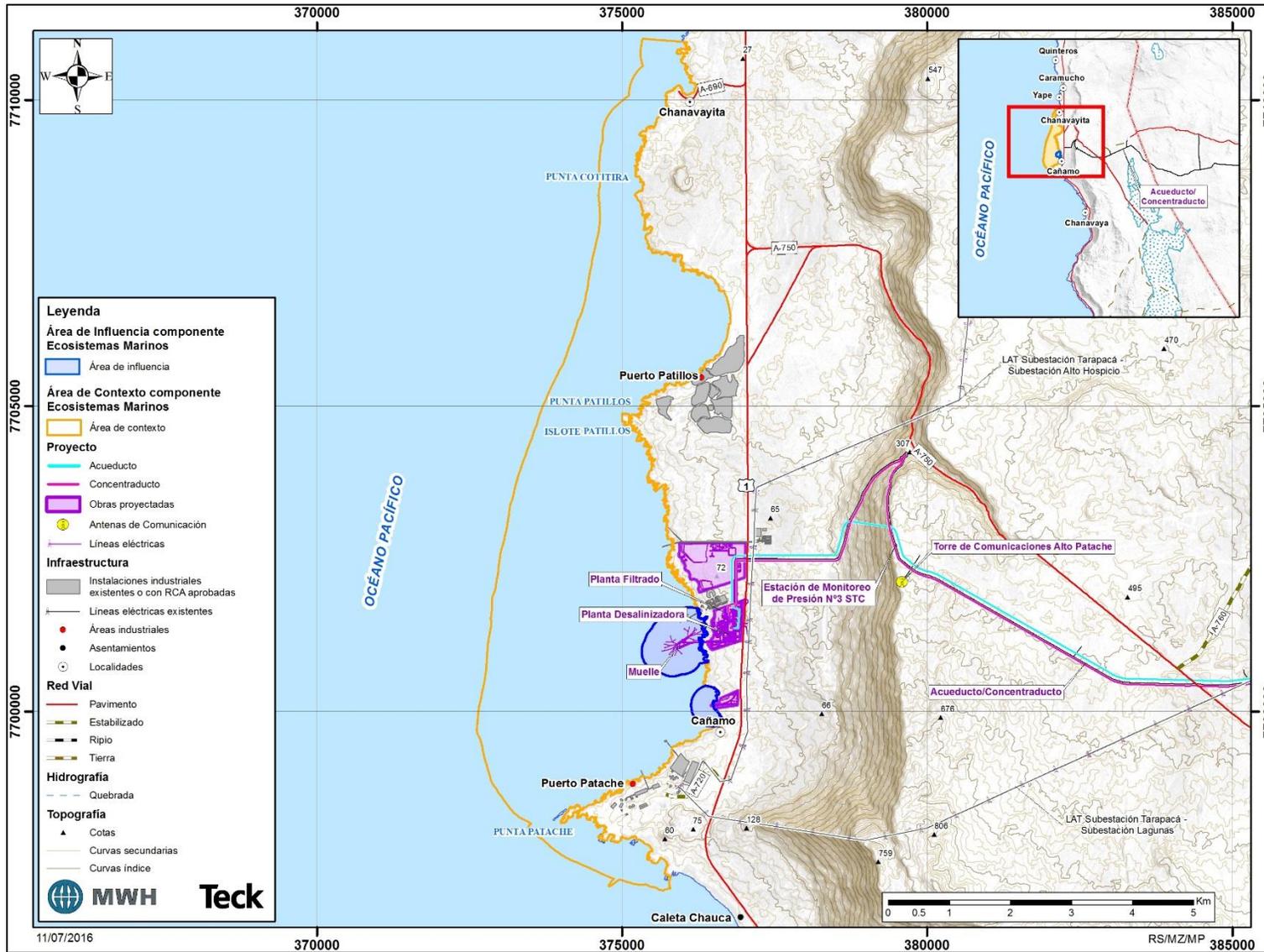
De acuerdo a la definición de Área de Influencia, contenida en el Artículo 2 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2012), “...*el área de influencia es el área o espacio geográfico cuyos elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias*”.

En el marco de esta definición, y en base a los resultados de las evaluaciones de la Línea de Base desarrollada conforme a lo señalado en el literal e.4 del Artículo 18 del D.S. N° 40/2012, sobre un área de contexto comprendida entre Chanavayita por el norte, hasta Playa Chauca por el sur, abarcando una extensión cercana a los 16 km lineales de franja costera (zona litoral) y su proyección hacia el mar, se estableció para el componente Ecosistemas Marinos un Área de Influencia en base a los potenciales impactos ambientales asociados al emplazamiento de las partes, obras y/o acciones del Proyecto puedan generar sobre esta componente; especialmente los referidos a las alteraciones en las características y condiciones basales estructurales de los hábitats y la biota marina asociada a ellos.

El Áreas de Influencia así definida, se divide en dos áreas específicas, concentradas en el entorno marino del Área Puerto. La primera de ellas está asociada a la ubicación de las obras y actividades

a desarrollarse en el contexto del Muelle de Embarque de Concentrado, los emplazamientos de los Sistemas de Captación y de Descarga de efluente salino (salmuera), la cual fue establecida para todas las etapas del proyecto; en tanto que una segunda Área de Influencia, corresponde a la ubicación del emplazamiento de la Estructura de Lanzamiento (Lanzadera), establecida únicamente para la etapa de Construcción del Proyecto. Ambas áreas se encuentran insertas en el entorno marino propiamente dicho, y en conjunto corresponden a un área total de 113,122 ha, la cual es mayor al área de afectación por los impactos identificados y evaluados en el Capítulo 4 para este componente ambiental, pero, tal como lo define el RSEIA (D.S. N° 40/2012), permite justificar la inexistencia de sus efectos. Se precisa que el Área de Influencia definida para el sector del Muelle de Embarque de Concentrado y las estructuras submarinas de los Sistemas de Captación de agua de mar y de Descarga del efluente salino, corresponde a una superficie de 88,805 ha, en tanto que el Área de Influencia definida para el sector Lanzadera, comprende un total de 24,317 ha. La representación espacial de su ubicación es presentada en la Figura 3.5-1.

Figura 3.5-1. Área de Influencia Ecosistemas Marinos.



Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Metodología General

3.5.5.1 Índices ecológicos

En la presente sección, se detallan los algoritmos utilizados para el cálculo de los índices ecológicos que permitieron caracterizar a las distintas comunidades biológicas mencionadas en los puntos posteriores.

Dentro de estos índices se destacan los siguientes:

3.5.5.1.1 Diversidad Específica de Shannon (H'); Shannon, 1948)

La diversidad específica de Shannon (H'), se estimó en relación a la abundancia relativa de cada una de las especies, el total de individuos y el número de especies, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

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

Donde:

- p_i = abundancia relativa de cada especie, calculada como la proporción de individuos de una especie dada para el número total de individuos en la comunidad n_i/N
- n_i = número de individuos de la especie i ; abundancia de la especie i
- N = número total de todos los individuos
- S = número de especies; también llamado riqueza de especies

3.5.5.1.2 Riqueza de Especies (S)

La riqueza de especies (S) se estimó a partir del conteo directo de las especies, según la siguiente fórmula.

$$S = \sum_{i=1}^s S_i$$

Donde:

- S = Número total de especies en la muestra
- S_i = i -ésimo taxón asociado a la muestra

3.5.5.1.3 Índice de Equidad de Pielou (J'); Pielou, 1966)

El índice de equidad (J) se estimó en base al índice de diversidad de Shannon (H') y la riqueza de especies, según se muestra a continuación:

$$J' = H' / \ln(S)$$

Donde:

- J' = Índice de equidad de una muestra
- H' = Índice de diversidad específica de una muestra
- S = Número de especies observadas en una muestra

3.5.5.1.4 Índice de Dominancia de Simpson (D; Simpson, 1949)

A continuación se detalla la fórmula para calcular el índice de dominancia de Simpson.

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde n_i corresponde a la abundancia absoluta de las especies i en la muestra y N a la abundancia total de todas las especies en la muestra. Este índice varía entre cero (cuando todas las especies están representadas en iguales abundancias), y uno (cuando hay sólo una especie representada).

3.5.5.1.5 Índice de Similitud de Bray – Curtis (BC)

Para establecer las similitudes existentes en la estructura de cada comunidad entre las distintas unidades muestrales (estaciones y/o transectos), se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados, usando el índice de Bray-Curtis (ver fórmula de más abajo), el cual es uno de los más comunes en ecología y que es suficientemente robusto para ser usados con datos de fauna marina (Field *et al.*, 1982).

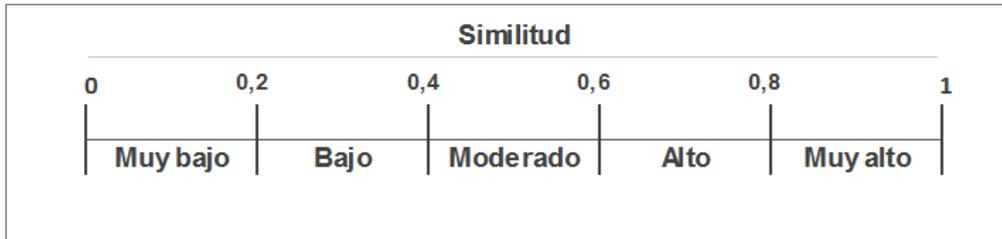
$$BC = \frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S (x_{ij} + x_{ik})}$$

Donde X_{ij} y X_{ik} es la abundancia de la especie i en la comunidad j y k , respectivamente, S es el número total de especies. Este índice es robusto porque incorpora la presencia/ausencia de las especies, junto con sus respectivas abundancias. Previamente, los datos de abundancia fueron transformados a la escala de raíz cuarta para minimizar las variaciones de abundancia interespecíficas. Posteriormente, se formaron conglomerados usando el método de agrupamiento UPGMA, que construye el dendrograma en base a los promedios aritméticos de similitud.

El análisis de clasificación jerárquica o dendrograma se utiliza para encontrar agrupaciones naturales de muestras (comunidades), de esta manera los transectos que se encuentran dentro de un grupo presentan, en general, una mayor similitud entre sí, que las muestras de los otros grupos. El proceso culmina con la formación de una estructura tipo árbol o dendrograma, que presenta una escala o índice de similitud que va desde 0 a 1. Para analizar dichas similitudes, este índice se dividió en fracciones iguales utilizando intervalos de 0,2 unidades, generando 5 intervalos definidos como: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto (Bloom, 1981; más detalle ver Figura 3.5-2).

Complementariamente, se determinó el grado de significancia de los grupos detectados mediante el procedimiento de “bootstrap”, el cual indica el porcentaje de réplicas que mantuvieron cada nodo del dendrograma en el total de iteraciones. Los valores de porcentaje, generalmente se incluyen en los nodos de la gráfica del dendrograma (Jaksic, 2001).

Figura 3.5-2. Índice de similitud para establecer el número de grupos en el análisis de dendrograma.



Fuente: Modificado de Bloom, 1981.

Para determinar la similitud entre las características comunitarias observadas en los diferentes sectores del área de influencia del proyecto se realizó una ordenación no métrica multidimensional (nMDS). Dado que el escalador multidimensional opera con rangos de ordenamiento jerárquico, el análisis en sí no tiene unidad, entregando en un eje cartesiano los agrupamientos formados entre comunidades (Field *et al.*, 1982). Los elementos más similares entre sí forman grupos relacionados, relacionándose este ordenamiento a un valor de estrés cuyos rangos y nivel de ordenamiento son entregados en la Tabla 3.5-2.

Tabla 3.5-2. Índice de estrés para establecer el nivel de ordenamiento en el análisis nMDS.

Estrés	Nivel de ordenamiento
< 0,05	Excelente representación, sin posibilidad de representación errónea
< 0,1	Buena ordenación, sin riesgo real de inferencias erróneas
< 0,2	Potencialmente útil, para valores en el límite superior del rango, hay riesgo de interpretación errónea
> 0,3	Ordenación arbitraria. Las muestras pueden estar representadas aleatoriamente

Fuente: Modificado de Clarke & Warwick (2001).

3.5.5.1.6 Índice de Jaccard (I_J)

El índice de Jaccard (I_J) se utiliza para determinar las diferencias o similitudes entre unidades muestrales (estación y/o transecto). Este índice relaciona la presencia/ausencia de especies en ambas unidades muestrales. La fórmula para su cálculo se aprecia a continuación:

$$I_J = \frac{c}{(a + b + c)}$$

Donde “a” es el número de especies presentes únicamente en el primer sitio, “b” corresponde al número de especies presentes únicamente en el segundo sitio y “c” el número de especies compartidas por ambos grupos.

El índice de Jaccard solamente se calculó para las comunidades bentónicas intermareales de fondos duros.

3.5.5.2 Comunidades planctónicas

3.5.5.2.1 Área costera evaluada

El área costera de interés para el proyecto se localiza en la Región de Tarapacá, aproximadamente a 65 km al sur de Iquique, en las cercanías de Punta Patache. Las coordenadas y codificación de cada una de las estaciones se detallan en la Tabla 3.5-3. La distribución espacial de las estaciones de muestreo se muestra en la Figura 3.5-3.

3.5.5.2.2 Diseño de muestreo

Se diseñó un muestreo de plancton que abarcó espacialmente tanto al área donde se proyecta el emplazamiento del proyecto ubicado al norte de Punta Patache, así como también en un sector ubicado al sur de Punta Patache, sin influencia directa del proyecto (Figura 3.5-3). Se realizaron 4 campañas intensivas durante el año 2015 (verano, otoño, invierno y primavera). Las evaluaciones se realizaron en ocho (8) estaciones verticales y cuatro (4) transectos horizontales, tal como se muestra en la Figura 3.5-3.

La campaña de verano de 2015, se realizó durante los días 24, 29 y 30 de marzo de 2015. El horario de muestreo fueron los siguientes: primer muestreo de día (D1) el 24 de marzo entre las 15:30 y 18:30 horas, el 29 de marzo correspondió al muestreo nocturno (N1) entre las 20:45 y 23:45 y el 30 de marzo el segundo muestreo de día (D2), entre las 12:00 y 15:30 horas.

La campaña de otoño de 2015, se realizó durante los días 27, 28 y 29 de mayo de 2015. El horario de muestreo fueron los siguientes: primer muestreo de día (D1) el 27 de mayo entre las 14:30 y 17:45 horas, el 28 de mayo correspondió al muestreo nocturno (N1) entre las 20:50 y 23:50; y el 29 de mayo el segundo muestreo de día (D2) entre las 14:00 y 17:30 horas.

La campaña de invierno de 2015, se realizó durante los días 4, 7 y 8 de septiembre de 2015. El horario de muestreo fueron los siguientes: primer muestreo de día (D1) el 4 de septiembre entre las 14:30 y 18:30 horas, el 7 de septiembre correspondió al muestreo del día 2 (D2) entre las 10:00 y 14:50 y el 8 de septiembre correspondió al muestreo nocturno (N1) entre las 19:00 y 22:00 horas.

La campaña de primavera de 2015, se realizó durante los días 18, 19 y 21 de noviembre de 2015. El horario de muestreo fueron los siguientes: primer muestreo de día (D1) el 18 de noviembre entre las 12:30 y 17:30 horas, el 19 de noviembre correspondió al muestreo nocturno (N1) entre las 20:30 y 23:00 horas. Y el 21 de noviembre se realizó el segundo muestreo de día (D2) entre las 09:30 y 13:30 horas.

Tabla 3.5-3. Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo intensivo de plancton (Datum WGS-84; huso 19).

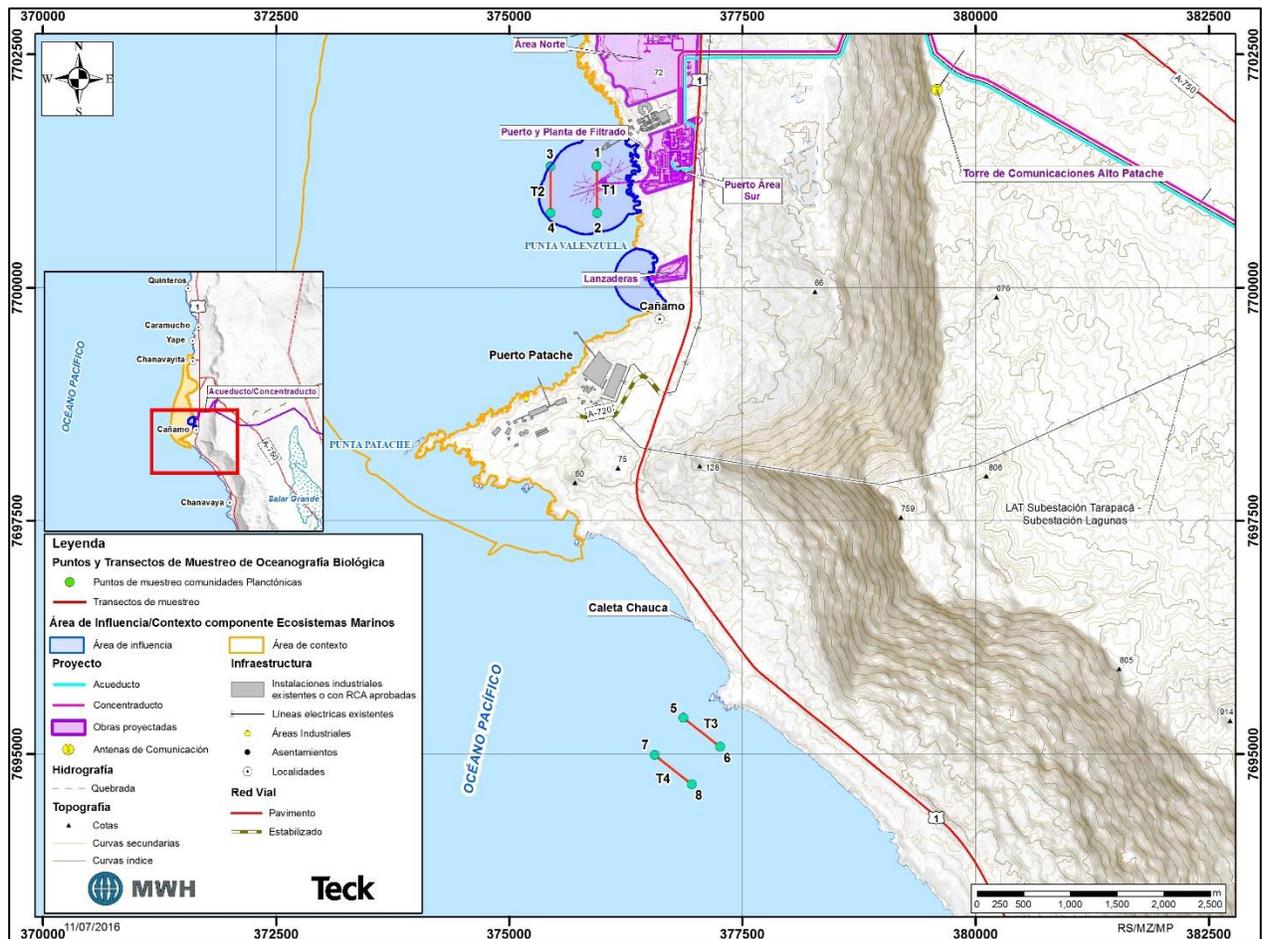
Estación de muestreo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
1 t (inicio transecto t1)	375.936	7.701.301
2 t (fin transecto t1)	375.941	7.700.801
3 t (inicio transecto t2)	375.442	7.701.299
4 t (fin transecto t2)	375.443	7.700.800
5 c (inicio transecto t3)	376.867	7.695.383
6 c (fin transecto t3)	377.226	7.695.073
7 c (inicio transecto t4)	376.560	7.694.987
8 c (fin transecto t4)	376.956	7.694.675

Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las campañas, se realizaron muestreos cuantitativos de fitoplancton, colectando muestras de agua superficial y desde un estrato sub-superficial mediante la utilización de una botella oceanográfica Niskin de 5 l. El estrato sub-superficial fue definido como la profundidad media obtenida por el despliegue del disco Secchi. Además, se realizaron lances verticales con una red manual cónica (con abertura de malla de 45 μm), para obtener una muestra cualitativa e integrada de la columna de agua en cada una de las estaciones de muestreo durante las campañas estacionales.

Para los muestreos de zooplancton se realizaron 3 tipos de arrastre. Los arrastres de tipo vertical se utilizaron para colectar muestras en dos estratos específicos, un lance desde las cercanías de la profundidad máxima (Z total) de cada estación hasta la profundidad media (Z/2), luego otro lance desde la profundidad media hasta la superficie; estos lances fueron realizados utilizando una red WP-2 con mecanismo de cierre remoto. Se realizaron arrastres horizontales superficiales utilizando una red Epineustónica (marco acero inoxidable de 100 cm de ancho x 50 cm de alto, revestida con terciado marino y flotadores de PVC de 110 cm de diámetro y 1,5 m de largo) y para los arrastres oblicuos se utilizó una red Bongo (de acero inoxidable con aros de 60 cm de diámetro), con un depresor de 5 kg a 12 m de profundidad manteniendo la cuerda de arrastre con un ángulo promedio de 45°. Cada red con una apertura de malla de 210 μm equipadas con flujómetros marca HYDRO-BIOS, lo cual permitió obtener el volumen filtrado en cada lance y así poder calcular la abundancia (o densidad) de los taxones zooplanctónicos en función de unidades de volumen. Estos arrastres fueron realizados de forma simultánea a bordo de la embarcación menor COSTASUR I, siguiendo la trayectoria paralela a la línea de costa a 1 nudo por hora desde un punto de muestreo vertical a otro (línea roja que une los puntos Figura 3.5-3) que correspondieron a 500 m lineales.

Figura 3.5-3. Ubicación espacial de los sitios de muestreo de plancton



Nota: Los puntos del 1 al 4 se ubican frente a las futuras instalaciones del proyecto y los puntos del 5 al 8 se ubican al sur de Punta Patache en un sitio sin influencia del proyecto. En cada punto numerado (verde) se realizaron muestreos verticales estratificados de zooplancton con red WP-2 y muestreo de agua para clorofila-a, nutrientes y fitoplancton. Cada Transecto paralelo a la línea de costa de 500 m de longitud (línea roja que une los puntos) (T1 al T4) se realizaron arrastres simultáneos de red Epineustónica (flotante) y red Bongo (12 m).

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el volumen filtrado por la red se utilizó la siguiente fórmula:

$$A * (F_f - F_i) * K = \text{Vol fil (m}^3\text{)}$$

Donde:

A= Área de abertura de la red;

F_f= Flujómetro final;

F_i= Flujómetro inicial;

K= Constante de flujómetro

Vol fil= Volumen Filtrado (m³).

Mientras que la abundancia de organismos fue estimada de la siguiente manera:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de ind / vol fil} = \text{ind/m}^3$$

3.5.5.2.3 Pigmentos Fotosintéticos y Nutrientes

La clorofila-a, feopigmentos¹ y nutrientes (Nitrato, Nitrito y Fosfato), se cuantificaron a partir de muestras de agua superficial y subsuperficial obtenidas mediante una botella Niskin. En todos los puntos de muestreo vertical se filtró 0,5 litros de agua mediante un sistema de porta filtro Nalgene[®] y una bomba de vacío eléctrica (Quimis[®]). Se utilizaron filtros de fibra de vidrio 47 mm de diámetro GF75 marca Advantec[®]. El agua filtrada fue conservada en oscuridad y refrigerada para su posterior análisis de nutrientes utilizando reactivos TNTPlus[®] marca HACH para cada nutriente. Luego del filtrado del agua, los filtros GF75 fueron recubiertos con papel aluminio para evitar su contacto con la luz y se mantuvieron congelados hasta su extracción en frío con acetona al 90%, refrigerándose a 4° C durante 24 horas en ausencia de luz. Luego, se leyeron las absorbancias a 750 nm y 665 nm en condiciones normales y ácidas (HCL 10 %) utilizando un espectrofotómetro marca Hach[®] modelo DR 3900 para obtener los valores de clorofila-a y feopigmentos (Holm-Hansen & Riemann, 1978).

3.5.5.2.4 Mortalidad Natural

Para obtener una estimación de la mortalidad natural de los componentes más conspicuos del zooplancton se utilizó el método de la tinción vital con Rojo Neutro, el cual tiene la ventaja de teñir el aparato de Golgi de los organismos vivos (Yáñez *et al.*, 2012), siendo posible distinguir en forma clara los organismos que estaban vivos o muertos al instante que fueron extraídas las muestras. Al momento de coleccionar la muestra se le agregó 1 ml de solución de Rojo Neutro, se dejó actuar por 1 hora antes de ser fijada con formalina al 10% a la cual se le agregaron 4 gramos de acetato de sodio en solución.

3.5.5.2.5 Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Fitoplancton

La observación e identificación del fitoplancton se realizó mediante un microscopio invertido Olympus CKX41. La composición y abundancia de fitoplancton se estimó mediante el método propuesto por Utermöhl (1958), en función de cámaras de sedimentación de diferentes volúmenes. Para esto se tomaron sub-muestras de 50 ml, las que se dejaron sedimentar en las respectivas cámaras por un periodo de 12 horas. La identificación se realizó con la ayuda de literatura apropiada y específica para los taxones fitoplanctónicos del área costera de evaluación (e.g. Tomas, 1997; Palma & Contreras, 1993).

¹ Los feopigmentos son los pigmentos "no fotosintéticos" producidos por la degradación de la clorofila proveniente tanto de las microalgas como de las macroalgas.

3.5.5.2.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Zooplancton

Las muestras fueron observadas mediante una lupa estereoscópica Olympus modelo SZ51, lo cual permitió llegar hasta una resolución taxonómica de especie en la mayoría de los taxones registrados (>90%). Las muestras fueron observadas en su totalidad (*i.e.* sin utilizar divisor de muestras Folsom), por lo que no se perdió resolución para efectos de cuantificar la riqueza de taxones y la abundancia de organismos obtenidos en las diferentes estaciones y transectos muestreados. Para facilitar la observación y cuantificación del zooplancton se utilizó una placa tipo Bogorov, además de un contador mecánico. La identificación se realizó en base a literatura apropiada y específica para los taxones zooplanctónicos del área costera de evaluación (*e.g.* Boltovskoy, 1981; Palma & Contreras, 1993; Harris, 2000). En términos cualitativos, se elaboró una tabla de ocurrencia para el total de taxones encontrados por estación y por cada una de las profundidades muestreadas. Se obtuvo la biomasa total en gramos (peso húmedo), para cada una de las estaciones y estratos analizados, siguiendo la metodología propuesta por Omori & Ikeda (1984), utilizando una balanza analítica marca VETO, modelo A6709147 y 0,001 g de sensibilidad.

3.5.5.2.7 Índices Comunitarios y Análisis Estadísticos de las Comunidades Planctónicas

Tanto para el fitoplancton como para el zooplancton, a partir de la clasificación taxonómica registrada entre estaciones y transectos se determinaron los atributos comunitarios de riqueza específica (S - número de taxones), y su respectiva abundancia en número de individuos por unidad de volumen (N). Con estos datos se pudo calcular los índices de diversidad de Shannon (H'), dominancia de Simpson (D) y la uniformidad de Pielou (J'). Estos índices se calcularon usando el programa PAST 1.78 (Hammer *et al.*, 2001).

Se realizaron análisis estadísticos multivariados sobre matrices de similitud de Bray-Curtis, obtenidas a partir de datos de abundancia por estación y estrato en ambas comunidades (Bray & Curtis, 1957). Se realizó una ordenación no métrica multidimensional (nMDS) y un análisis de similitud (ANOSIM) para evaluar la presencia de agrupaciones significativas. En los análisis multivariados se utilizó una transformación de datos a raíz cuarta de la abundancia, lo que permitió reducir la varianza de los datos, dando peso tanto a las diferencias registradas en abundancias numéricas como a la identidad de los diferentes taxones registrados en cada grupo. Tanto la ordenación nMDS como la prueba ANOSIM fueron realizadas en el programa PRIMER-E versión 6 (Kruskal, 1964; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006) (“Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research”).

A partir de las abundancias obtenidas se realizaron análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis y análisis de varianza (ANDEVA,) para evaluar diferencias en la abundancia de individuos y los índices comunitarios registrados entre las diferentes campañas estacionales de muestreo. Estos cálculos se obtuvieron utilizando el programa STATISTICA Versión 8.0, verificando previamente los supuestos necesarios de normalidad y homocedasticidad (Marqués de Sá, 2007).

3.5.5.3 Comunidades bentónicas intermareales de fondos duros

Para realizar esta evaluación se dispusieron trece (13) transectos perpendiculares a la línea de costa, distribuidos en diez (10) kilómetros lineales de costa entre Caleta Cáñamo por el sur y caleta Chanavayita por el norte. Del total de transectos, once (11) fueron evaluados en cuatro (4) campañas, mientras que en primavera se adicionaron dos (2) de ellos, con la finalidad de describir específicamente, los sectores donde se proyecta construir parte de las instalaciones del proyecto. La ubicación espacial y coordenadas de cada uno de los transectos se muestran en la Tabla 3.5-4 y Plano 3.5-01.

El monitoreo de esta comunidad bentónica se realizó en cuatro campañas estacionales:

- Campaña de verano, entre los días 19 y 22 de febrero de 2015.
- Campaña de otoño entre el 26 y 29 de junio de 2015.
- Campaña de invierno, entre el 23 y 26 de agosto del 2015.
- Campaña de primavera entre el 25 y 27 de noviembre del 2015.

Todos los muestreos se realizaron en condiciones de bajamar, con cielo parcialmente nublado, viento del suroeste y mar llana.

Para la caracterización y cuantificación de las comunidades del intermareal rocoso en el área costera de evaluación, se emplearon dos (2) métodos de muestreo, los cuales consistieron en: 1) el uso de cuadrantes para la caracterización y cuantificación de las franjas intermareales y, 2) en la realización de un inventario de especies para la caracterización cualitativa de la fauna habitante de este ambiente.

Tabla 3.5-4. Coordenadas UTM (Datum WGS 84) de estaciones de muestreo de comunidades bentónicas intermareales de fondos duros.

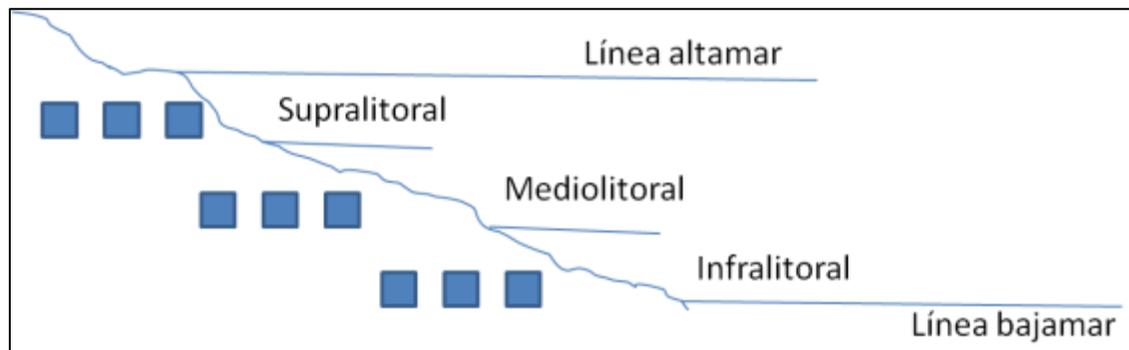
Transecto	Huso	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
ID - 1	19 K	375.857	7.702.645
ID - 2	19 K	375.499	7.704.029
ID - 3	19 K	375.722	7.707.518
ID - 4	19 K	375.851	7.710.233
ID - 5	19 K	375.782	7.703.250
ID - 6	19 K	376.395	7.701.297
ID - 7	19 K	376.573	7.700.275
ID - 8	19 K	376.639	7.699.884
ID - 9	19 K	376.289	7.701.597
ID - 10	19 K	376.370	7.701.222
ID - 11	19 K	376.290	7.701.055
ID – LS*	19 K	376.499	7.700.086
ID – LN*	19 K	376.400	7.700.700

(*) Transectos monitoreados sólo en la campaña de primavera de 2015, para la evaluación específica del sector de la lanzadera.
Fuente: Elaboración propia

3.5.5.3.1 Caracterización y cuantificación de las franjas intermareales

La evaluación de la comunidad se realizó dividiendo el intermareal en tres niveles o franjas: a) supralitoral, b) mesolitoral y c) infralitoral (ver esquema en Figura 3.5-4). En cada una de las franjas se dispuso en forma azarosa tres cuadrantes de 0,25 m², realizando nueve puntos de muestreo por cada transecto, y un total de 99 estaciones en cada campaña (a excepción de la campaña de primavera que se realizó la evaluación de 117 cuadrantes). En cada una de las estaciones se contabilizó la totalidad de los individuos de las especies móviles presentes en el cuadrante. Para evaluar los organismos sésiles, el cuadrante contaba con una grilla de 100 puntos de intersección con los que se determinó el porcentaje de cobertura de cada una de las especies circunscritas en el cuadrante. La identificación y cuantificación de las especies fue realizada *in situ* por biólogos marinos. En caso de duda o dificultad en la identificación taxonómica de alguna de las especies del sitio de estudio se recolectaron muestras biológicas, las que fueron guardadas en bolsas plásticas, debidamente etiquetadas y transportadas al laboratorio para su identificación mediante claves taxonómicas y/o ayuda de especialistas de cada grupo.

Figura 3.5-4. Esquema ubicación cuadrantes y división de la franja intermareal, para la evaluación de la biota del intermareal rocoso.

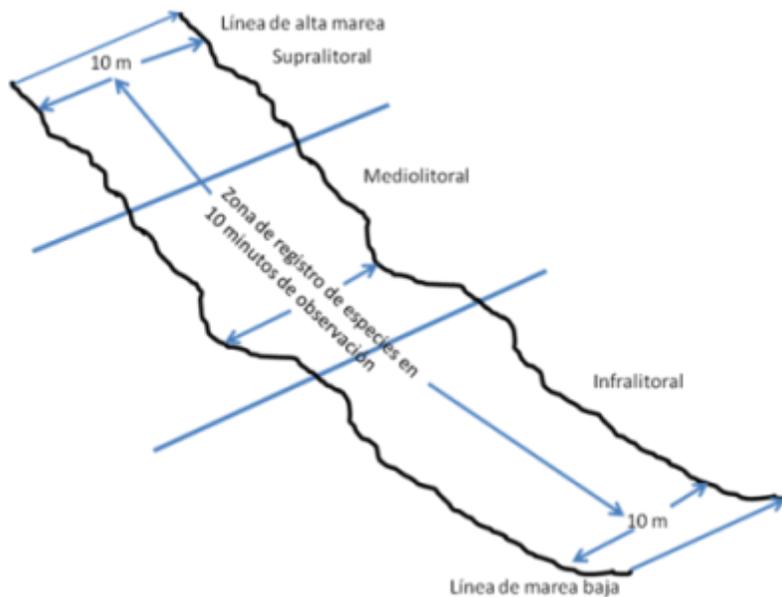


Fuente: Elaboración propia

3.5.5.3.2 Inventario de Especies

Para registrar la mayor cantidad de taxones presentes en la comunidad, y así disminuir la subestimación en la riqueza de especies que se obtiene con los cuadrantes, se realizó una revisión durante 10 minutos de una franja de 10 metros de ancho desde el supralitoral hasta el infralitoral de cada transecto, identificando y contabilizando todas las especies observadas (Figura 3.5-5).

Figura 3.5-5. Esquema del transecto perpendicular a la línea de costa utilizado para el inventario de especies.



Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida en el monitoreo se realizó el cálculo del índice de Jaccard (I_j), que realiza comparaciones a partir de la presencia y ausencia de especies, para entregar similitudes, disimilitudes o distancias que existen entre dos estaciones de muestreo, este procedimiento se realizó en un cruce inter-estacional, es decir, entre todas las estaciones evaluadas.

3.5.5.3.3 Índices Ecológicos

La caracterización de las comunidades intermareales de fondos duros se realizó en base a índices ecológicos, como la riqueza de especies (S), el índice de diversidad de Shannon (H'), índice de equidad de Pielou (J'), índice de dominancia de Simpson (D) e índice de Bray – Curtis (BC). Además, se realizaron análisis de ordenación y clasificación (Clúster y nMDS), utilizando los datos de cobertura, densidad y riqueza de especies obtenidos mediante la evaluación cuantitativa de los cuadrantes. Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos antes descritos son detalladas en el numeral 3.5.5.1 Índices Ecológicos, de este documento.

3.5.5.3.4 Análisis de Ordenación por Transectos

Para conocer la similitud entre los diferentes transectos utilizados en las campañas de monitoreo se aplicó un análisis de ordenación. Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos del análisis son descritas en el numeral 3.5.5.1, Índices Ecológicos del presente Capítulo.

3.5.5.4 Comunidades bentónicas intermareales de fondos blandos

3.5.5.4.1 Metodología de muestreo y análisis de comunidades macrobentónicas

Se caracterizaron las comunidades macrobentónicas intermareales por medio de transectos que fluctuaron entre 5 y 80 m. de longitud ubicados de forma perpendicular a la línea de costa y distribuidos en cuatro (4) playas de arena que son parte del área costera de evaluación: playa Chanavayita, playa Patillo, playa Cádiz y playa Chauca. En la campaña de verano se utilizaron 15 transectos para evaluar las comunidades macrobentónicas presentes en las distintas playas seleccionadas. En la campaña de otoño e invierno se utilizaron nueve (9) transectos que fueron distribuidos en tres (3) playas del sector (se excluye del monitoreo playa Patillos). Durante la campaña de primavera se evaluaron doce (12) transectos ubicados en las cuatro (4) playas seleccionadas (Tabla 3.5-4; Plano 3.5-02). La variabilidad del número de transectos se debe al cambio en la composición del sustrato que presentó Playa Patillos, durante las campañas de verano y primavera era principalmente de arena, y en las campañas de otoño e invierno el sustrato estaba compuesto principalmente por pequeñas guijarros y bolones (ver Figura 3.5-6).

Figura 3.5-6. Vista de la playa de Patillos en dos campañas contrapuestas temporalmente. A) Verano del 2015 y B) Invierno del 2015.



Fuente: Elaboración propia

En cada transecto se ubicaron 9 estaciones distribuidas en tres niveles del intermareal; alto, medio y bajo, sobre la línea de más alta marea y el límite inferior de la zona intermareal. El muestreo de la campaña de verano fue realizado entre el 19 y 22 de febrero del 2015, el muestreo de otoño se realizó entre el 4 y 14 de junio del 2015, la campaña de invierno se efectuó el 26 de agosto del 2015, y la campaña de primavera entre los días 15 y 25 de noviembre del 2015. Todos los muestreos se realizaron en condiciones de bajamar y mar llana.

Tabla 3.5-5. Coordenadas UTM (Datum WGS-84) de las ubicaciones de las estaciones de muestreo en el área costera de evaluación.

Playa	Transecto	Norte	Este
Playa Chanavayita*	T1 ^a	376.164	7.710.117
	T2 ^a	376.136	7.710.096
	T3 ^a	376.099	7.710.084
Playa Patillos	T4	376.718	7.706.842
	T5	376.777	7.706.653
	T6	376.796	7.706.589
Playa Caamo*	T7 ^a	376.696	7.699.828
	T8 ^a	376.690	7.699.793
	T9 ^a	376.652	7.699.764
Playa Chauca*	T10 ^a	376.129	7.697.350
	T11	376.365	7.697.188
	T12 ^a	376.433	7.697.126
	T13	376.595	7.696.950
	T14	376.742	7.696.789
	T15 ^a	376.866	7.696.638

Nota: a indica los transectos y playas muestreadas durante las campañas de otoño e invierno del 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras se obtuvieron mediante un muestreador estándar (tipo *core*) con el cual se extrajo un área de 0,01 m² de sedimento. Se realizó un primer tamizado del sedimento en terreno, ocupando un tamiz de 1 mm. El sedimento se guard en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas y se conserv con una solución de alcohol al 75% para posteriormente ser transportadas a laboratorio.

Una vez en el laboratorio las muestras fueron re-tamizadas con un cernidor de abertura de malla de 1 mm. Se separ el sobrenadante y todo el material en suspensión contenido en él, de manera de realizar una primera separación de la macrofauna (organismos que miden por sobre 1 mm de longitud). Esta operación fue realizada en repetidas oportunidades hasta que visualmente no se observó material en suspensión. Las muestras fueron conservadas en alcohol al 75% para su posterior análisis. El material restante (sedimento y organismo que no se podían separar mediante el método antes descrito ni a simple vista), fue conservado en alcohol al 75% para su posterior separación en gabinete. Para la separación de los organismos del sedimento e identificación de los taxones se utilizó una lupa binocular Zeiss Stemi DV4 y un microscopio óptico.

Una vez que los distintos taxones fueron identificados, se realizó el cálculo de la densidad promedio (ind./0,01m²) y biomasa promedio (g/0,01m²) de cada uno de ellos.

3.5.5.4.2 Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico

Para determinar las similitudes en la estructura comunitaria en los diferentes sectores intermareales de playa seleccionados en el área costera de evaluación y su variación temporal, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados basado en el índice de Bray-Curtis (nivel de significancias por remuestreo o “*bootstrap*”), y el análisis de ordenamiento denominado Escalamiento Multidimensional no Métrico, nMDS. Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos antes descritos se detalla en el numeral 3.5.4.1 (Índices Ecológicos) de este documento.

3.5.5.5 Comunidades bentónicas submareales de fondos duros

Para caracterizar las comunidades bentónicas submareales de fondos duros se efectuaron un total de cuatro (4) campañas de monitoreo: 1) campaña de verano (23 y 26 de febrero de 2015); 2) campaña de otoño (10 y 12 de junio de 2015); campaña de invierno (21 y 23 de agosto de 2015) y; campaña de primavera (22 y 24 de noviembre de 2015).

El área costera de evaluación correspondió a la zona del submareal somero entre 0 a 20 metros de profundidad, abarcando una extensión latitudinal de 10 kilómetros de borde costero. En el área seleccionada se dispusieron once (11) transectos perpendiculares a la línea de costa. En la Tabla 3.5-6 y Plano 3.5-03 se entregan las coordenadas del punto de inicio y término de cada transecto.

Tabla 3.5-6. Coordenadas UTM de los transectos utilizados para evaluar las comunidades submareales de fondos duros (Datum WGS-84).

Transecto	Huso	Coordenadas UTM			
		Inicio (in)		Final (out)	
		Este	Norte	Este	Norte
SD-1	19 K	375.467	7.710.283	375.637	7.710.303
SD-2	19 K	375.595	7.707.247	375.646	7.707.359
SD-3	19 K	375.301	7.704.037	375.397	7.704.059
SD-4	19 K	375.555	7.703.278	375.595	7.703.272
SD-5	19 K	375.687	7.702.558	375.719	7.702.562
SD-6	19 K	376.133	7.701.623	376.181	7.701.606
SD-7	19 K	376.203	7.701.383	376.261	7.701.413
SD-8	19 K	376.151	7.701.193	376.218	7.701.204
SD-9	19 K	376.154	7.701.099	376.219	7.701.113
SD-10	19 K	376.197	7.700.270	376.433	7.700.323
SD-11	19 K	376.113	7.699.901	376.439	7.699.962

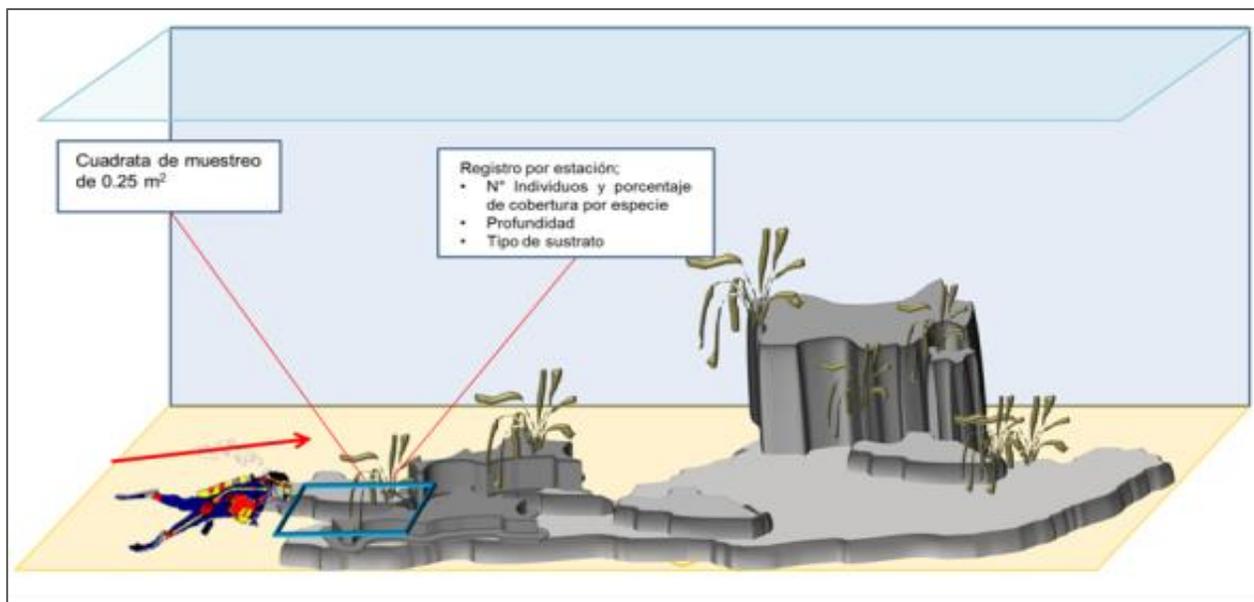
Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.5.1 Estructura comunitaria

Para caracterizar la estructura comunitaria, cada transecto fue dividido en diez (10) estaciones de muestreo. Los transectos fueron ubicados entre los 2 y 20 metros de profundidad sobre el sustrato rocoso. En cada transecto se evaluaron diez (10) estaciones de muestreo, distribuidas cada dos metros de profundidad, comenzando en los 20 metros de profundidad (como máximo) y finalizando lo más cercano a la costa, a 2 metros de profundidad aproximadamente (En el Anexo 3.5-4 se adjuntan los permisos de buceo y el reporte de datos). En cada una de las diez (10) estaciones se dispuso un cuadrante de 0,25 m², en el cual se contabilizó la totalidad de individuos de las especies móviles presentes.

Para el caso de los organismos sésiles y algas se determinó el porcentaje de cobertura de cada una de las especies, mediante una grilla de 100 puntos de intersección que poseía el cuadrante. La identificación y cuantificación de las especies se realizó *in situ* por un biólogo marino (buzo especialista). En caso de dudas acerca de la identificación taxonómica en terreno, las muestras fueron recolectadas en bolsas plásticas etiquetadas y transportadas al laboratorio para su posterior identificación. Adicionalmente, se registró la profundidad, el tipo de sustrato (arena o roca) y la comunidad predominante de cada estación de monitoreo (Figura 3.5-7), de acuerdo a la clasificación desarrollada por Stotz *et al.* (2016), la cual es presentada en la Tabla 3.5-7.

Figura 3.5-7. Esquema de evaluación de comunidades submareales de fondo duro.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-7. Patrón de zonación vertical de las diferentes comunidades submareales de la costa norte de Chile.

Franjas		Profundidad (Aprox.)	Tipo de Comunidad	Características Principales	
Zona Sublitoral	Franja sublitoral	0 – 5 m	Fondos blanqueados someros	Alta abundancia del alga crustosa calcárea <i>Mesophyllum sp.</i> , del erizo <i>Tetrapyrgus niger</i> y caracoles <i>Tegula spp.</i> Aparecen parches de algas crustosas verdes unicelulares y algas foliosas como <i>Glossophora kunthii</i> y <i>Ulva spp.</i>	
			Fondos blanqueados profundos	Similar a la comunidad de fondos blanqueados someros, pero con menores abundancias del erizo negro <i>T. niger</i> y caracoles	
	Subzona infralitoral	5 – 15 m	Superior	Bosques de <i>Lessonia trabeculata</i>	Caracterizada por la presencia del alga parda <i>L. trabeculata</i> . Bajo su dosel se presentan diferentes especies de invertebrados, como el cirripedio <i>Balanus laevis</i> y <i>Pyura chilensis</i> .
			Inferior	Comunidad de suspensívoros	El sustrato primario está ocupado por macro invertebrados alimentadores de suspensión, principalmente el cirripedio <i>Austromegabalanus psittacus</i> y la agregaciones de <i>Pyura chilensis</i> . También aparecen algas crustosas calcáreas.
			Comunidad de algas	Dominada por algas crustosas y pequeñas algas erectas, pero muy poco abundantes.	
	Subzona Circalitoral	Superior 15 – 25 m	Comunidad de incrustantes	Dominada por organismos incrustantes de talla reducida, como algas crustosas, el cirripedios <i>Balanus laevis</i> y tubos del poliqueto <i>Phragmatopoma sp.</i> Aparecen diversos gastrópodos pequeños.	
Inferior bajo 25 m			Comunidad de invertebrados	Caracterizada sólo por invertebrados como esponjas, briozoos e hidroides. No aparecen algas.	

Nota: Se presentan los límites de profundidad aproximados para cada zona y las características determinantes de cada comunidad
 Fuente: Stotz et al., 2016.

3.5.5.5.2 Índices Ecológicos

La caracterización de las comunidades submareales de fondos duros se realizó en base a índices ecológicos, como la riqueza de especies (S), el índice de diversidad de Shannon (H'), índice de equidad de Pielou (J'), índice de dominancia de Simpson (D) e índice de Bray – Curtis (BC). Las formulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos antes descritos se detalla en el numeral 3.5.4.1 (Índices Ecológicos) de este documento.

3.5.5.5.3 Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico

Para determinar las similitudes entre los índices comunitarios obtenidos desde los diferentes sectores del área costera de evaluación y las campañas de evaluación, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados basado en el índice de Bray-Curtis (significancia de los grupos por re-muestreo o “*bootstrap*”), y un análisis de ordenamiento por Escalamiento Multidimensional no Métrico, nMDS. Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos antes descritos se detallan en el numeral 3.5.4.1 (Índices Ecológicos) de este documento.

3.5.5.6 Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios

Para caracterizar las comunidades macrobentónicas submareales de fondos sedimentarios se utilizaron un total de trece (13) estaciones entre los 5 y los 41 metros de profundidad, las cuales se denominaron Q1 a Q9 y C1 a C4 (ver coordenadas en la Tabla 3.5-7 y ubicación en el Plano 3.5-04) y que también fueron utilizadas para la evaluación química del agua de mar y de sedimentos marinos (Sección 3.5.2-10, Recursos Hídricos Marinos). La campaña de verano se realizó el día 30 de marzo de 2015; la campaña de otoño se realizó 17 junio 2015; la de invierno el 26 de agosto del 2015 y la campaña de primavera el 26 y 27 de noviembre del 2015. Las condiciones meteorológicas y del mar durante el desarrollo de todas las campañas fueron de cielo parcialmente nublado, con viento débil proveniente del SO y mar llana.

Tabla 3.5-8. Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo de la macrofauna submareal de fondos sedimentarios (Datum WGS-84).

Estación	Profundidad (m)	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Q1	5	376.267	7.700.719
Q2	23	376.001	7.700.713
Q3	25	375.756	7.700.706
Q4	14	376.190	7.701.160
Q5	33	375.922	7.701.180
Q6	41	375.669	7.701.158
Q7	21	376.126	7.701.664
Q8	30	375.892	7.701.652
Q9	38	375.639	7.701.652
C1	13	376.216	7.699.901
C2	24	375.466	7.703.348
C3	18	375.161	7.704.955
C4	25	375.143	7.707.519

Fuente: Elaboración propia.

En general las muestras de sedimento fueron obtenidas mediante buceo autónomo utilizando un muestreador tipo *core* estándar que permitió extraer el sedimento de un área de 0,01 m², el cual fue enterrado aproximadamente 15 cm en el sustrato. Sin embargo, en las estaciones más profundas (Q5, Q6, Q8 y Q9), las muestras fueron obtenidas mediante la utilización de una draga

modelo Van Veen de 0,05 m², la cual se enterró aproximadamente 8 cm en el sedimento. En cada una de las estaciones se realizó la toma de muestras por triplicado (n = 3). Una vez extraídas fueron guardadas en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas y fijadas con una solución de alcohol diluida al 75%.

En el laboratorio las muestras fueron tamizadas en un cernidor de abertura de malla de 0,5 mm y todo el material retenido en el tamiz se fijó en alcohol al 75%. Para la separación de los organismos del sedimento e identificación de las muestras se utilizó una lupa binocular Stemi DV4, Zeiss y un microscopio óptico. Una vez que los distintos taxones fueron identificados se realizó el cálculo de la densidad promedio (ind./0,01m²), y biomasa promedio (g/0,01 m²).

En los análisis estadísticos se privilegió el uso de test paramétrico (ANDEVA), sin embargo, cuando no se cumplieron con los supuestos de homocedasticidad de varianzas (pese a las transformaciones de los datos), se realizó un test no paramétrico de Kruskal-Wallis.

3.5.5.6.1 Índices Ecológicos

En esta sección se calculó la riqueza de especies (S), el índice de equidad de Pielou (J') y la diversidad específica para cada estación de monitoreo en base a lo que se describe en el punto 3.5.4.1 "Índices ecológicos" del presente informe.

La información de los índices de diversidad de Shannon (H') fue comparada con los criterios de Alcolado (1992) y Hendey (1977) que establecen diferentes estados de perturbación ambiental basados en los índices de diversidad (H'). De acuerdo con Alcolado (1992) conforme a valores de H' es posible distinguir 5 estados ambientales (Tabla 3.5-9). De acuerdo con los criterios de Hendey (1977), basado en comunidades de diatomeas, se pueden distinguir 4 estados ambientales (Tabla 3.5-10). Se precisa, sin embargo, que el uso de estos criterios es referencial, debido a que fueron establecidos en comunidades marinas diferentes a las evaluadas en este estudio, como el caso de Alcolado (1992) que evaluó comunidades de esponjas y Hendey (1977) en diatomeas.

Tabla 3.5-9. Índice de diversidad para establecer la condición ambiental basada en Alcolado (1992).

Valor de H'	Condición ambiental
0 - 1,3	Fuerte y constantemente severo
1,3 – 2,0	Severo
2,0 – 2,5	Algo severo
2,5 – 2,9	Favorable
> 2,9	Muy favorable

Fuente: tomado de Alcolado (1992).

Tabla 3.5-10. Índice de diversidad para establecer la condición ambiental basada en Hendey (1977)

Valor de H'	Condición ambiental
0 – 1	Polución severa
1 – 2	Polución moderada
2 – 3	Polución ligera
3 – 4	Polución no detectable

Fuente: tomado de Hendey (1977).

3.5.5.6.2 Estimación de Índice AMBI

El AMBI es un indicador biótico que mide el estado ecológico de los fondos marinos submareales. Fue desarrollado por investigadores del centro tecnológico AZTI-Tecnalia, del País Vasco, España (<http://www.azti.es/es/ficha/ambi-azti-marine-biotic-index-indicador-ambiental/#.VrjtFPnhDIV>). Su sigla responde a AZTI Marine Biotic Index, AMBI. Este indicador se basa en la macrofauna bentónica, la cual responde a los cambios en las variables físico-químicas del sedimento de manera gradual, observándose en la composición específica de las comunidades y en la abundancia relativa de las especies. El AMBI se basa en la abundancia relativa de las especies de la macrofauna bentónica clasificadas en 5 grupos ecológicos, del I al V, que representan diferentes grados de tolerancia a la alteración del medio, desde más sensibles a la alteración a oportunistas. El índice AMBI fue estimado para cada una de las estaciones de muestreo. Este índice se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$AMBI = \frac{[(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)]}{100}$$

El detalle del índice AMBI se encuentra en la Tabla 3.5-11. La distribución de los grupos ecológicos como función de la sensibilidad al estrés por polución resulta en un Índice biótico consistente en siete niveles: normal (0), sin perturbación (< 1,2), ligeramente perturbado (1,2 – 3,3), moderadamente perturbado (3,3 – 5), fuertemente perturbado (5 – 6), extremadamente perturbado (>6) y sedimentos azoicos (7) (Borja *et al.*, 2000). Este índice ha sido satisfactoriamente utilizado para inferir diferentes fuentes de impactos en ecosistemas marinos en todo el mundo (Quiroga *et al.*, 2013). Para el cálculo del índice, se utilizó el software AMBI, versión 5.0 (Borja *et al.*, 2012), de libre disposición en la red.

Tabla 3.5-11. Índice AMBI para caracterizar el estado ecológico de los fondos marinos submareales.

Grupo ecológico	Características
EG I	Especies muy sensibles al enriquecimiento orgánico, presentes bajo condiciones sin polución (estado inicial). Incluye organismos suspensivos, carnívoros poco selectivos y carroñeros.
EG II	Especies indiferentes al enriquecimiento, siempre presentes en bajas densidades con variaciones poco significantes a lo largo del tiempo.
EG III	Especies tolerantes al enriquecimiento excesivo por materia orgánica. Estas especies pueden estar presentes en condiciones normales, sin polución, pero sus poblaciones se ven estimuladas por el enriquecimiento orgánico (condiciones ligeramente desbalanceadas). Ej. especies alimentadoras de depósito como la familia spionidae (Polychaeta).
EG IV	Especies oportunistas de segundo orden (condiciones ligeramente desbalanceadas a marcadamente desbalanceadas). Ejemplos, poliquetos de pequeño tamaño y alimentadores de depósitos sub-superficiales, como los de la familia cirratulidae.
EG V	Oportunistas de primer orden (condiciones marcadamente desbalanceadas). Taxones típicos son alimentadores de depósitos que proliferan en sedimentos en condiciones reductoras.

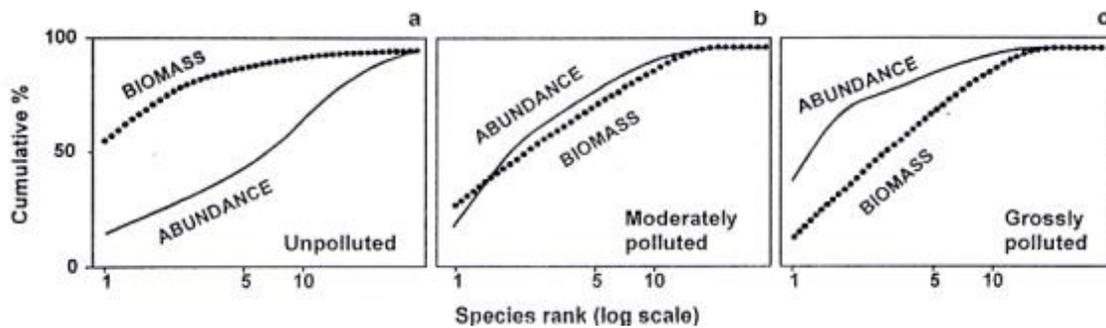
Fuente: Tomado de Borja et al., 2000

3.5.5.6.3 Comparación de curvas abundancia-biomasa como índice de perturbación ambiental.

El método de bioindicación ambiental denominado "Comparación de curvas abundancia-biomasa" (en inglés: "ABC curves", o "abundance/biomass comparison"), se basa en la premisa que cuanto mayor es el estrés ambiental, la biomasa estará homogéneamente distribuida entre las especies en comparación al número de individuos observados. El método grafica las curvas de K-dominancia incluyendo datos de la abundancia como número de individuos o biomasa (porcentaje acumulado de biomasa o abundancia en la ordenada), y las especies ordenadas por rangos decrecientes de abundancia (abscisa con escala logarítmica). Observando cuál de las dos curvas queda por sobre la otra es posible inferir si la comunidad está perturbada, y permite hacer comparaciones en ese sentido. Si se reporta una curva de biomasa por sobre la curva de abundancia se infiere condiciones ambientales desfavorables (Clarke & Warwick, 2001). (Figura 3.5-8, según Clarke & Warwick, 2001). La relación entre ambas curvas fue resumida a través del estadístico W, que se detalla a continuación.

$$W = \sum (B_i - A_i) / [50(S - 1)]$$

Dónde B_i y A_i corresponden al porcentaje de la biomasa y abundancia para el rango i , respectivamente, y S a la riqueza de especies. El estadístico W toma valores entre +1 (comunidad sin perturbación) y -1 (comunidad perturbada) (Clarke, 1990).

Figura 3.5-8. Curvas ABC hipotéticas (Clarke & Warwick, 2001).

Fuente: Clarke & Warwick, 2001.

3.5.5.6.4 Análisis de Clasificación por Estaciones (Clúster)

Para establecer las similitudes entre los indicadores ecológicos obtenidos desde los diferentes sectores que componen el área costera de evaluación y por campaña de evaluación, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados, usando el índice de Bray-Curtis (ver detalle de cálculo en sección 3.5.4.3.1 Índices ecológicos).

Previamente, los datos de abundancia fueron transformados utilizando la raíz cuarta minimizando las variaciones de abundancia interespecíficas. Posteriormente, se formaron conglomerados utilizando el método de agrupamiento UPGMA, que construye el conglomerado en base a los promedios aritméticos de similitud. El método permite graficar el conglomerado con una estructura del tipo árbol o dendrograma. Para el análisis se utilizó el software PRIMER 6.

3.5.5.6.5 Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico

Para determinar las similitudes entre los índices ecológicos obtenidos desde los diferentes sectores al interior del área costera de evaluación y las campañas de evaluación, se realizó un análisis de clasificación jerárquica de conglomerados basado en el índice de Bray-Curtis (significancia de los grupos por re-muestreo o "bootstrap"), y un análisis de ordenamiento Escalamiento Multidimensional no Métrico, nMDS. Las fórmulas y ecuaciones utilizadas para realizar los cálculos antes descritos se detalla en el numeral 3.5.4.1 (Índices Ecológicos) de este documento.

3.5.5.7 Comunidades nectónicas (Ictiofauna litoral)

Para caracterizar el ensamble de peces litorales en el área costera de evaluación se utilizaron once (11) transectos, los que fueron evaluados directamente por 2 buzos especialistas por medio de buceo semi-autónomo. Para estos fines se utilizaron los mismos transectos donde se desarrolló la caracterización de las comunidades submareales de fondos duros (Tabla 3.5-12 y Plano 3.5-03). Además, en la zona de la descarga de la salmuera (difusor) se realizó una serie de filmaciones puntuales, específicamente en un total de 9 puntos (ver Figura 3.5-12 y Tabla

3.5-12) con las cuales se realizó una evaluación cualitativa de la fauna ictia presente en esas profundidades.

Tabla 3.5-12. Coordenadas UTM de los transectos utilizados para evaluar las comunidades neotónicas (Datum WGS-84), verano del 2015.

Transecto	Huso	Coordenadas UTM			
		Inicio (inicio)		Final (fin)	
		Este	Norte	Este	Norte
SD-1	19 K	375.467	7.710.283	375.637	7.710.303
SD-2	19 K	375.595	7.707.247	375.646	7.707.359
SD-3	19 K	375.301	7.704.037	375.397	7.704.059
SD-4	19 K	375.555	7.703.278	375.595	7.703.272
SD-5	19 K	375.687	7.702.558	375.719	7.702.562
SD-6	19 K	376.133	7.701.623	376.181	7.701.606
SD-7	19 K	376.203	7.701.383	376.261	7.701.413
SD-8	19 K	376.151	7.701.193	376.218	7.701.204
SD-9	19 K	376.154	7.701.099	376.219	7.701.113
SD-10	19 K	376.197	7.700.270	376.433	7.700.323
SD-11	19 K	376.113	7.699.901	376.439	7.699.962
Estaciones	Huso	Coordenadas UTM		Profundidad	
		Este	Norte		
P1	19 K	375.643	7.700.959	45	
P2	19 K	375.637	7.700.973	45	
P3	19 K	375.631	7.700.988	45	
P4	19 K	375.673	7.701.005	44	
P5	19 K	375.674	7.700.985	45	
P6	19 K	375.676	7.700.969	43	
P7	19 K	375.724	7.701.021	41	
P8	19 K	375.719	7.700.999	42	
P9	19 K	375.715	7.700.979	42	

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.7.1 Evaluación Directa (Buceo Semi - Autónomo)

Para caracterizar el ensamble de peces litorales en el área costera de evaluación, cada uno de los transectos fue dividido en cuatro rangos batimétricos (0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 y 15 - 20 m de profundidad), contabilizando e identificando todos los peces que el buzo observó a cada lado del eje principal del transecto y en frente de él, tomando en cuenta las condiciones de visibilidad al momento de ejecutar el buceo. Además, la información fue complementada con la distribución espacial de cada comunidad presente en los transectos (Plano 3.5-03).

Tabla 3.5-13. Fechas de evaluación de la comunidad íctica, correspondiente a las campañas de verano, otoño e invierno de 2015.

Campaña	Fecha de evaluación	Visibilidad (m)*
Verano	23 a 26 de febrero de 2015	6
Otoño	10 y 12 de junio de 2015	7
Invierno	21 a 23 de agosto de 2015	10
Primavera	22 a 24 de noviembre de 2015	7

Nota: *Se informa la visibilidad (m) estimada durante los días de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.7.2 Evaluación Cualitativa (filmaciones puntuales)

Debido a que el proyecto tiene considerado la instalación de los difusores (descarga de salmuera) a profundidades mayores de 20 metros, por razones de seguridad para los biólogos encargados en describir el ambiente submareal para este objetivo, se procedió a realizar filmaciones discretas en una grilla de nueve (9) estaciones (P1 a P9) dispuestas alrededor del punto de descarga de salmuera (difusor). En la Figura 3.5-12 y Tabla 3.5-12 se muestran las coordenadas y disposición espacial de cada una de las estaciones evaluadas.

El sistema de filmación es un tripode provisto con tres cámaras gopro que apuntaban en distintas direcciones abarcando un campo de filmación de 360° grados. Una vez descargada la información a una memoria solida de un computador se procedió a contabilizar e identificar cada una de los individuos y especies observadas.

3.5.5.7.3 Índices Ecológicos

Para complementar la información obtenida mediante los procedimientos anteriormente descritos, se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H'), riqueza de especies (S), equidad de Pielou (J') y de dominancia de Simpson (D), mediante las fórmulas detalladas en el acápite 3.5.4.1 Índices ecológicos.

3.5.5.7.4 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con la finalidad de comparar la riqueza específica y abundancia relativa de la comunidad íctica presente en cada una de las cuatro campañas de evaluación. Para estos efectos se utilizó un análisis de varianza paramétrico de ANDEVA de una vía o no paramétrico de Kruskal-Wallis, previo análisis de la homogeneidad de varianza (test de Levene; Sokal & Rohlf, 1979), y normalidad de los datos (test de Shapiro-Wilk, 1972). En caso de existir diferencias significativas se utilizaron test *a posteriori* de comparaciones múltiples, paramétricos (test de Tukey) y no paramétricos (test *Raw p values*), utilizando el programa Past 3.04 (Hammer *et al.*, 2001).

3.5.5.8 Vertebrados costeros (reptiles, aves y mamíferos)

3.5.5.8.1 Diseño de muestreo

Para caracterizar al grupo de vertebrados costeros, en los que se incluyen a los reptiles, aves marinas y mamíferos marinos, inicialmente el equipo de investigadores realizó un reconocimiento del área costera de evaluación con el objetivo de identificar los sitios de interés. Se establecieron un total de treinta y tres (33) unidades de muestreo, las que fueron asociadas al ambiente costero y al ambiente marítimo reconocidos en terreno. Del total de unidades de muestreo, trece (13) correspondieron a Puntos de Observación de Fauna (POF) para aves y mamíferos marinos, cuatro playas para la observación de tortugas (o sitios de nidificación; ambiente costero), trece (13) transectos para la evaluación de reptiles (ambiente costero), y tres (3) transectos marítimos para la observación de aves y mamíferos en el ambiente marino. Las coordenadas de las unidades de muestreo de fauna se presentan en la Tabla 3.5-14, y la disposición espacial de las distintas unidades muestrales se pueden apreciar en detalle en el Plano 3.5-05.

Tabla 3.5-14.Coordenadas UTM de las unidades muestrales de vertebrados.

Acrónimo	Detalle	N°	Coordenadas (Datum WGS-84; 19 K)	
			Este	Norte
POF	Puntos de observación de fauna (aves y mamíferos)	1	375.209	7.704.790
		2	375.504	7.703.836
		3	375.747	7.703.029
		4	375.926	7.702.243
		5	376.377	7.701.474
		6	376.410	7.700.439
		7	376.518	7.699.760
		8	376.211	7.699.526
		9	374.751	7.698.602
		10	374.309	7.698.306
		11	374.721	7.697.975
		12	375.566	7.697.568
		13	377.328	7.695.600
TR	Transecto de reptiles	1 ini	375.256	7.704.800
		1 fin	375.235	7.704.748
		2 ini	375.521	7.703.896
		2 fin	375.566	7.703.864
		3 ini	375.759	7.703.077
		3 fin	375.774	7.702.994
		4 ini	375.924	7.702.255
		4 fin	375.949	7.702.335
		5 ini	376.419	7.701.531
		5 fin	376.416	7.701.445
		6 ini	376.381	7.700.472
		6 fin	376.434	7.700.434
		7 ini	376.548	7.699.750
		7 fin	376.504	7.699.726
		8 ini	376.209	7.699.504
		8 fin	376.239	7.699.561
				9 ini

Acrónimo	Detalle	N°	Coordenadas (Datum WGS-84; 19 K)	
			Este	Norte
		9 fin	374.744	7.698.541
		10 ini	374.313	7.698.373
		10 fin	374.364	7.698.355
		11 ini	374.715	7.697.979
		11 fin	374.746	7.698.019
		12 ini	375.567	7.697.578
		12 fin	375.548	7.697.679
		13 ini	377.311	7.695.609
		13 fin	377.305	7.695.705
		TM	Transectos marítimos (aves y mamíferos)	1 ini
1 fin	375.247			7.710.122
2 ini	375.277			7.710.149
2 fin	375.618			7.710.291
3 ini	375.959			7.710.456
3 fin	375.073			7.709.615
	Playas (tortugas)	Chanavayita	376.126	7.710.088
		Patillos	376.779	7.706.774
		Cañamo	376.666	7.699.739
		Chauca	376.483	7.696.981

Notas: Ini = Punto inicial del transecto; Fin = Punto final del transecto.

Fuente: Elaboración propia

La clasificación de los ambientes reconocidos en el área costera de evaluación se describe a continuación:

- **Ambiente costero:** corresponde a sectores que van desde la línea de costa (punto medio entre la marea alta y baja), hasta 50 m mar adentro y mar afuera de ella. No incluye vegetación costera. El sustrato estaba compuesto por zonas rocosas en forma de bloques, cantos rodados, bolones, entre otros, y algunos sectores con abrupta pendiente costera, acantilados y farellones de hasta 50 m de altura.
- **Ambiente marino:** corresponde al sector que limita con el ambiente costero hacia mar adentro, y se encuentra absolutamente inundado por agua de mar.

3.5.5.8.2 Esfuerzo de muestreo

Para caracterizar el grupo de vertebrados costeros en el área de evaluación se realizaron cuatro campañas en el año 2015. La campaña de verano se realizó entre el 20 y el 25 de febrero; la campaña de otoño se ejecutó entre el 06 y el 14 de Junio del 2015; la correspondiente al invierno fue efectuada entre el 21 y el 27 de Agosto del 2015; mientras que la de primavera se llevó a cabo entre el 20 y 26 de Noviembre. Cada campaña de terreno se desarrolló durante tres (3) días en el rango de tiempo ya comentado para cada campaña. Los muestreos se realizaron entre las 10:00 y las 20:00 horas.

Para la observación y reconocimiento de vertebrados se tuvo en consideración los alcances de la Ley N° 20.293 que "protege a los cetáceos e introduce modificaciones a la ley N° 18.892

General de Pesca y Acuicultura", específicamente en lo que respecta a "Asegurar que las actividades en torno a la observación de cetáceos se realice de manera responsable, regulada y sostenible".

Todas las unidades de muestreo fueron georreferenciadas. El estudio contempló una metodología de evaluación específica para cada clase de vertebrado, basadas en lo descrito por Thompson *et al.* (1998), las cuales se detallan a continuación:

a) Reptiles y tortugas marinas

Para los reptiles se utilizaron trece (13) transectos pedestres de 100 m de largo aproximadamente y 5 metros de ancho (lo que corresponde al rango de visión del observador). La disposición de los transectos se efectuó sobre la base de los 13 POF, y abarcando en su totalidad el área costera de evaluación. A lo largo de cada uno de estos transectos se registraron todos los individuos de manera directa. La identificación de los reptiles fue realizada por herpetólogos y en base a la Guía de Reconocimiento de Reptiles (Marambio-Alfaro & Hiriart-Lamas, 2013).

Para el caso de tortugas marinas se realizó una inspección visual sobre cada una de las playas (Chanayavita, Patillos, Cádiz y Chauca) incluidas en el área costera de evaluación buscando ejemplares vivos o bien rastros en la arena y presencia de nidos (los rastros y presencia de nidos fueron identificados por expertos y según la guía de reconocimiento de los autores Reyes & Hüne, (2015).

A partir de los individuos registrados en los transectos, presentados en el Plano 3.5-05, se estimaron las densidades para cada especie, siguiendo la fórmula:

$$\text{Ind/ha} = \frac{\text{Promedio de Individuos por transecto}}{(L * a/10.000 \text{ m})}$$

Dónde: L = largo del transecto (100 m) y a = ancho del transecto (5 m).

b) Aves y mamíferos marinos

Para las aves marinas y mamíferos marinos se establecieron trece (13) Puntos de Observación de Fauna como unidades de muestreo (POF, numerados desde el POF1 al POF13). La ubicación de los mismos es representada y descrita en el Plano 3.5-05 y la Tabla 3.5-14, respectivamente. Cada POF corresponde a una circunferencia de 50 m de radio, en las que se realizaron los conteos. El conteo se inició cinco (5) minutos después de llegar a cada POF con la finalidad de que los individuos volvieran a su actividad normal después de la intrusión del observador al ambiente, para posteriormente contabilizar todos los individuos avistados en la circunferencia durante cinco (5) minutos. De modo complementario, se registraron los ejemplares que se encontraron presentes fuera de los POF o que se avistaron fuera del tiempo de conteo (anterior o posterior a los cinco minutos de evaluación). La observación de ejemplares se realizó mediante

binoculares marca Carson modelo JK-842 y las fotografías mediante una cámara digital SúperZoom marca Canon modelo Rebel SL1.

A partir de los datos registrados en cada POF, se estimaron las densidades por especie, siguiendo la siguiente fórmula:

$$Ind/ha = \frac{\text{Promedio de individuos por POF}}{(\pi * r^2 / 10.000 m)}$$

Dónde: $\pi = 3.141593$ y $r =$ radio fijo del POF (50 m)

Adicionalmente, se efectuaron tres (3) transectos marítimos con la finalidad de evaluar la presencia de aves y/o mamíferos que poseen hábitos más bien pelágicos o de mar abierto, además de facilitar la identificación de cetáceos de mayor envergadura. Estos transectos tuvieron longitudes aproximadas de hasta 34 km y se ejecutaron durante los días 23 y 25 de febrero de 2015 (campaña de verano), entre el 11 y 13 de Junio del 2015 (campaña de otoño), entre el 22 y 27 de Agosto del 2015 (campaña de invierno), y entre el 24 y 26 de noviembre del 2015 (campaña de primavera). La representación de la ubicación de los transectos marítimos es mostrada con mayor detalle en el Plano 3.5-05.

3.5.5.8.3 Índices Comunitarios

Con la finalidad de complementar la información obtenida mediante los procedimientos anteriormente indicados, se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H'), riqueza de especies (S), equidad de Pielou (J') y de dominancia de Simpson (D), mediante las fórmulas detalladas en el acápite 3.5.4.1 Índices ecológicos. Para realizar dichos cálculos, se utilizó la densidad máxima observada para cada especie y por cada punto de observación de fauna, a partir de las seis jornadas de evaluación ejecutadas en cada una de las campañas de Línea de Base.

3.5.5.8.4 Criterios y Categorías de Conservación

Para establecer el estado de conservación al que corresponde cada especie, se emplearon las categorías de conservación vigentes según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio de Medio Ambiente: D.S. N° 151/2007; Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES): D.S. N° 50/2008; MINSEGPRES: D.S. N° 51/2008; MINSEGPRES: D.S. N° 23/2009; MINSEGPRES: D.S. N° 33/2012; MMA: DS N°42/2012; MMA: DS N° 41/2012. Además, se incluyeron las categorías de conservación vigentes según el reglamento de la Ley de Caza N° 19.473 (Decreto N° 05/98, Ministerio de Agricultura), y del Libro Rojo de los vertebrados de Chile (Glade, 1993). Las categorías no vigentes actualizadas por el Comité de Clasificación de Especies (CCE) se exponen en este documento a modo de referencia. A fin de obtener la categoría de conservación de las especies a nivel mundial, se empleó como referencia adicional la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Las categorías de conservación según el RCE del primer al undécimo proceso de clasificación son:

- En Peligro de extinción (P): Especies en peligro de extinción y cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de peligro continúan operando.
- Vulnerable (V): Especies de los cuales se cree que pasarán en el futuro cercano a la categoría En Peligro de extinción (P) si los factores causales de la amenaza continúan operando.
- Rara (R): Especies cuya población mundial es pequeña, que no se encuentran actualmente En Peligro de extinción (P), ni son Vulnerables (V), pero que están sujetas a cierto riesgo.
- Inadecuadamente Conocida (I): Especies que se supone pertenece a una de las categorías anteriores, pero respecto de las cuales no se tiene certeza debido a la falta de información.
- Fuera de Peligro (F): Especies que habiendo estado en alguna de las categorías anteriores (de riesgo), en la actualidad se considera relativamente segura por la adopción de medidas efectivas de conservación o en consideración a que sus amenazas han cesado.

Desde el quinto proceso de clasificación de especies, el CCE tomó como referencia categorías de conservación propuestas por la IUCN a través del D.S. N° 29/2012, Ministerio de Medioambiente, evaluando el estado de las distintas especies en la realidad nacional. Según la IUCN las categorías de conservación son las siguientes:

- Datos insuficientes (Data deficient, DD), taxón que no cuenta con información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población.
- Preocupación menor (Least concern, LC), taxón que habiendo sido evaluado, no cumple con ninguno de los criterios que definen las categorías de: En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
- Casi amenazado (Near Threatened, NT), taxón que ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga en el futuro cercano.
- Vulnerable (VU), taxón que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
- En Peligro (Endangered, EN), taxón que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
- En Peligro Crítico (Critically Endangered, CR), taxón que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
- Extinta en estado silvestre (*Extinct in the wild*, EW), taxón sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original.
- Extinta (EX), taxón que no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto.
- No evaluado (NE), taxón que no ha sido clasificado en relación a estos criterios.

3.5.5.8.5 Índice de Riesgo (IR)

El Servicio Agrícola y Ganadero (2004) propone un índice para cada especie el cual permite diagnosticar prioridades de manejo o conservación dentro de las especies de vertebrados observadas, y evalúa para cada una de ellas las siguientes características o criterios:

- Estado de conservación (EC)
- Grado de agregación poblacional (AGR)
- Movilidad (M)
- Especialista de hábitat y/o distribución restringida (EH)
- Endemismo (E)
- Criterios de protección de especies: beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria (B), para la mantención del equilibrio de los ecosistemas (E) y con densidades poblacionales reducidas (S; DS N° 05/98, Ministerio de Agricultura).

Basado en estos criterios el IR se define como la suma total ponderada que debiera reflejar el grado de prioridad para la conservación de las especies de vertebrados (Tabla 3.5-15).

Tabla 3.5-15. Prioridades y ponderación de criterios

Prioridad	Criterio	Ponderación (%)
Primera	Estado de Conservación	40
Segunda	Grado de agregación	15
	Movilidad	15
	Especialista de hábitat	15
Tercera	Endemismo	10
Cuarta	BSE	5

Fuente: SAG, 2004.

De acuerdo a los valores expuestos en la Tabla 3.5-15, a cada estado del criterio se le asocia un valor porcentual que se muestra en la Tabla 3.5-16.

Tabla 3.5-16. Valores asignados

Criterio	Estado del Criterio	Valor
Estado de conservación	En Peligro	100
	Vulnerable	80
	Rara	40
	Inadecuadamente conocida	20
	Fuera de Peligro	5
	No evaluada	0
Agregación poblacional	Alta	100
	Media	50
	Baja	0
Movilidad	Baja	100

Criterio	Estado del Criterio	Valor
	Media	50
	Alta	0
Especialista de hábitat	Especialista	100
	No especialista	0
Endemismo	Endémica	100
	No endémica	0
BSE	BSE	100
	BS o BE o SE	67
	B o S o E	33
	No definido	0

Fuente: SAG, 2004

La suma ponderada total (IR), refleja un grado de prioridad en su conservación con valores entre 0% y 100%. Las especies que presenten valores cercanos a 100% son de máxima prioridad y, por lo tanto, debe ser objeto prioritario de medidas de protección frente a potenciales proyectos. Por el contrario, especies que presenten valores cercanos a 0% tienen una menor prioridad debido a su menor sensibilidad frente a eventuales perturbaciones. La Tabla 3.5-17 muestra los rangos de los índices y estados de riesgo para las especies de fauna.

Tabla 3.5-17. Índice y estado de riesgo

Índice de riesgo (%)	Estados de riesgo
76 a 100	Máximo
50 a 75	Alto
25 a 49	Medio
0 a 24	Bajo

Fuente: SAG, 2004.

3.5.5.8.6 Análisis estadísticos

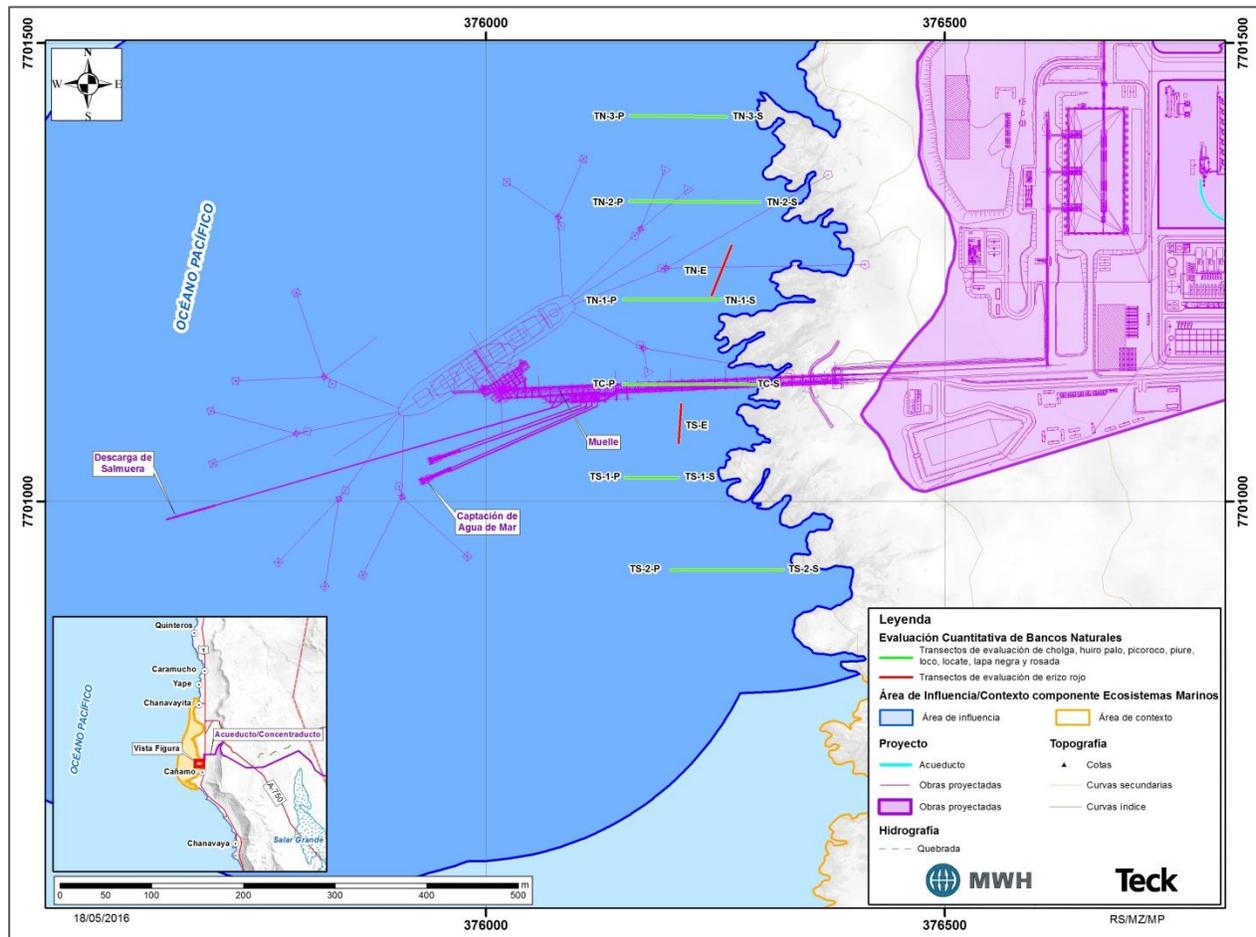
Para determinar diferencias significativas en los promedios de riqueza y abundancia de fauna entre las diferentes unidades muestrales monitoreadas, se aplicaron análisis de varianza paramétricos (*i.e.* test ANDEVA) o no paramétricos (*i.e.* test Kruskal-Wallis), previo análisis de la homogeneidad de varianza (test de Barlett), y normalidad de los datos (test Shapiro-W: Shapiro & Wilk, 1965); en caso de existir diferencias significativas se utilizaron *test post hoc* de comparaciones múltiples, tanto paramétricos (test de Tukey), y no paramétricos (test de Bonferroni), utilizando el software R (R Development Core Team, 2013).

3.5.5.9 Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos

3.5.5.9.1 Sector costero evaluado

El sector costero evaluado se encuentra emplazado en el submareal rocoso aledaño al sector preconcebido para la instalación de obras marinas del proyecto Quebrada Blanca Fase 2. Esta área se caracterizó por estar conformada por grandes macizos rocosos, formando sectores con bajaríos y canalones submarinos (Figura 3.5-9). Actualmente, el área costera de evaluación se encuentra sin régimen de acceso para actividades pesqueras, por lo que se cataloga como un Área de Libre Acceso, en la cual ejercen sus actividades extractivas pescadores artesanales y otras organizaciones, tales como sindicatos de pescadores, provenientes de caletas vecinas (Chanavayita y Cádiz principalmente).

Figura 3.5-9. Ubicación del área costera de evaluación y disposición de los transectos realizados para la evaluación de Bancos Naturales.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.9.2 Procedimiento Metodológico

La determinación de bancos naturales se realizó en base a las directrices metodológicas contenidas en la Resolución Exenta N° 2.353, de la Subsecretaría de Pesca.

Dentro del área costera de evaluación se identificaron un total de nueve (9) recursos hidrobiológicos, específicamente estos fueron la cholga (*Aulacomya ater*), erizo rojo (*Loxechinus albus*), huiro palo (*Lessonia trabeculata*), loco (*Concholepas concholepas*), locate (*Thais chocolata*), picoroco (*Austromegabalanus psittacus*), piure (*Pyura chilensis*), lapa negra (*Fissurella latimarginata*) y rosada (*F. cumingii*). La evaluación se realizó en dos campañas contrapuestas temporalmente: la primera en otoño efectuada del 16 al 20 de junio de 2015, y la segunda en primavera el 22 al 23 de noviembre de 2015.

El área donde se realizó la evaluación de los bancos naturales de especies hidrobiológicas de interés comercial correspondió al sector donde se proyecta la instalación de las principales obras marinas, con una superficie total aproximada de 20 hectáreas. Sin embargo, la evaluación del

recurso erizo rojo se restringió a una superficie de 0,75 hectáreas, dada su distribución parchosa asociada a la zona de rompiente del submareal somero (principalmente < 5 m de profundidad).

Para la mayor parte de los recursos hidrobiológicos, la unidad de muestreo consistió en un transecto perpendicular a la línea de costa, y solo en el caso del erizo rojo se dispusieron paralelos a ésta (Figura 3.5-9; Tabla 3.5-18). El número de transectos se determinó a partir de lo indicado en el numeral 4 de la mencionada resolución (Tabla 3.5-19). De esta forma, los recursos cholga, huiro palo, piure, picoroco, locate, loco, lapa negra y lapa rosada se monitorearon mediante seis (6) transectos, mientras que el erizo rojo se evaluó mediante dos (2) transectos (TS-E y TN-E; Figura 3.5-9; Tabla 3.5-18).

La disposición final de los transectos dentro de la superficie de interés para las obras marítimas del proyecto (puerto, tuberías y zona de descarga de salmuera), se determinó a partir de los antecedentes entregados por los pescadores que participaron de la actividad de evaluación, quienes señalaron los sectores en los cuales se ha detectado la presencia de dichos recursos (ver actas de participación de los sindicatos de pescadores en el Anexo 3.5-8). Además se utilizó la información levantada en el marco de la evaluación de comunidades bentónicas submareales de fondos duros de la campaña de otoño, obteniendo la distribución batimétrica de cada recurso (Figura 3.5-10). A partir de esta información, los transectos fueron clasificados en una sección profunda (TC-P, TS-1-P, TS-2-P, TN-1-P, TN-2-P y TN-3-P), para la evaluación de la cholga y el locate, mientras que los recursos piure, picoroco, huiro palo, loco, lapa negra y rosada se contabilizaron en una zona somera (TC-S, TS-1-S, TS-2-S, TN-1-S, TN-2-S y TN-3-S; Figura 3.5-9).

Tabla 3.5-18. Coordenadas UTM* de transectos de evaluación de bancos naturales.

Estación de muestreo	Inicio		Final	
	Este	Norte	Este	Norte
TS-1	376.150	7.701.021	376.209	7.701.021
TS-2	376.201	7.700.920	376.317	7.700.920
TC	376.149	7.701.123	376.276	7.701.123
TN-1	376.149	7.701.223	376.256	7.701.223
TN-2	376.156	7.701.323	376.298	7.701.322
TN-3	376.157	7.701.423	376.262	7.701.422
TS-E	376.213	7.701.063	376.216	7.701.106
TN-E	376.249	7.701.223	376.271	7.701.278

* Datum WGS-84; huso 19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-19. Criterios utilizados para la determinación de la cantidad de unidades de muestreo.

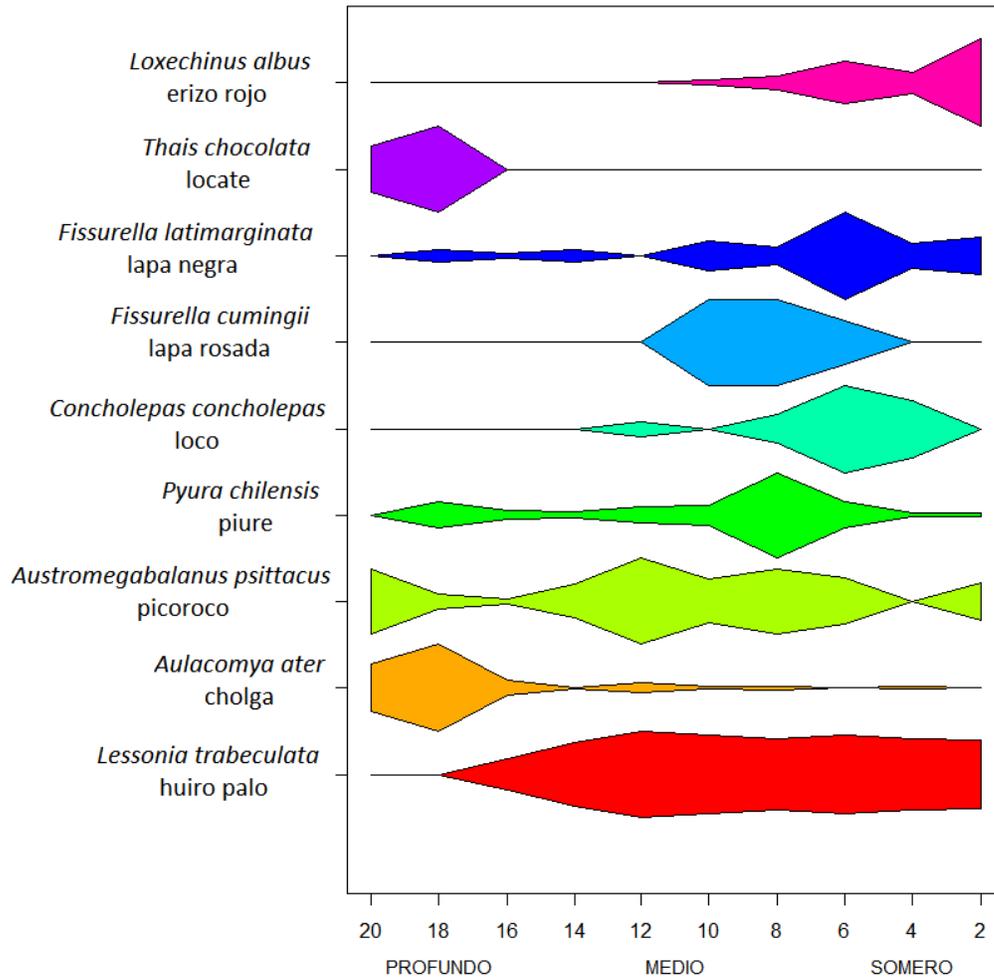
Superficie muestreable (hectáreas)	0,02 - 5	5,01 - 10	10,1 - 15	15,01 – 20	>20
N° de unidades de muestreo	2	3	5	5	6
Superficie total unidades de muestreo (m ²)	200	300	400	500	600

Fuente: Resolución exenta N° 2353, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Cada uno de los transectos utilizados en la evaluación de los recursos bentónicos de importancia comercial tuvo una extensión de 50 m de largo, el cual fue recorrido por un biólogo marino (buzo científico), quien realizó el conteo de los recursos hidrobiológicos móviles (erizo rojo, loco, locate, lapa negra y rosada) presentes a un metro a cada lado del eje central del transecto. Por su parte, los recursos hidrobiológicos sésiles que forman agrupaciones y/o parches (cholga, huiro palo, picoroco y piure), se evaluaron mediante un conteo de individuos en 10 cuadrantes de 0,25 m² dispuestos a lo largo de cada transecto. Además, con la finalidad de que el buzo mantuviera su recorrido sobre un eje central único, con ayuda de una embarcación se instaló una línea de acero inoxidable sobre el lecho marino, con dos boyas de ubicación superficial en cada uno de los extremos del cable.

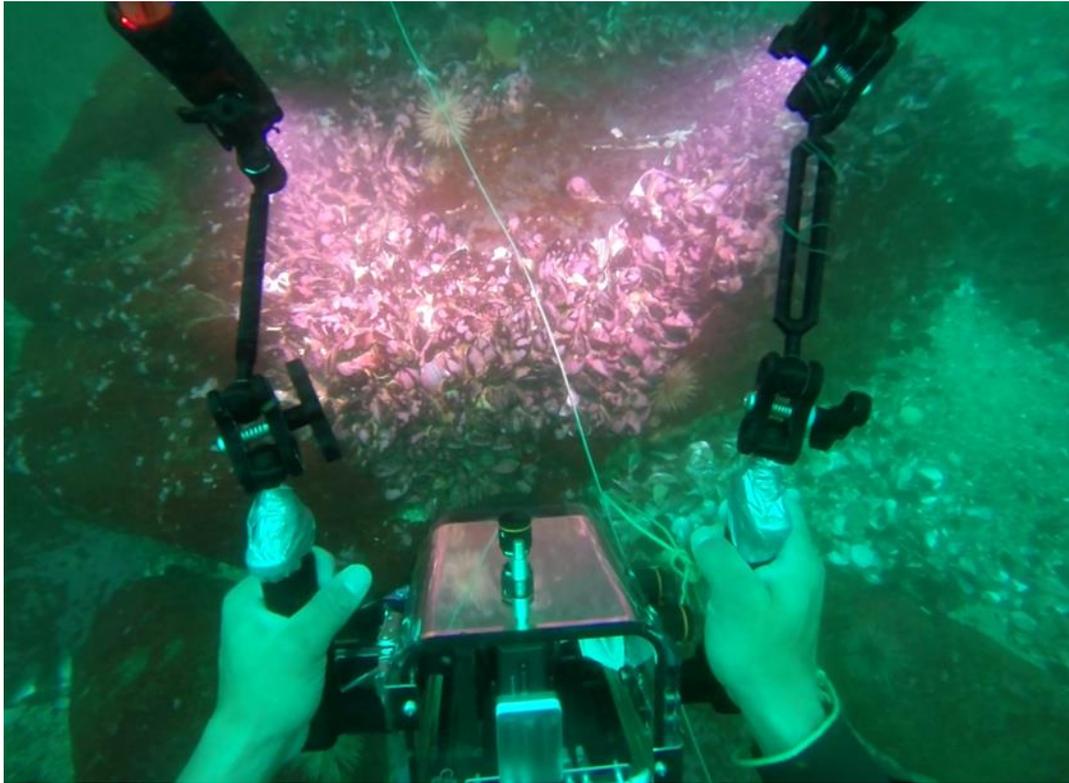
Durante el conteo de recursos, el buzo utilizó un casco dotado con una cámara GoPro HERO3 Black con la que se realizó una filmación continua de la evaluación. A la vez, un segundo buzo realizó una filmación a lo largo de cada transecto, con la utilización de una segunda cámara de similares características, junto a una videograbadora Sony Handycam dotada de dos focos de iluminación marca Ikelite de 3200 lúmenes (Figura 3.5-11).

Figura 3.5-10. Distribución batimétrica de los recursos hidrobiológicos presentes en el área costera de evaluación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-11. Vista panorámica tomada desde una de las cámaras GoPro Hero3. Además se muestra la vista posterior de la videograbadora con la cual se tomó registro de la evaluación.



Fuente: Elaboración propia

3.5.5.9.3 Cálculo del Índice Ponderado de Banco Natural (IPBAN)

Con los datos obtenidos en las diferentes campañas de monitoreo, se procedió a calcular el Índice Ponderado de Banco Natural de Recursos Hidrobiológicos Bentónicos, cuya fórmula se detalla en la Ecuación 1.

Ecuación 1: Fórmula para calcular el IPBAN.

$$\text{IPBAN} = \text{Densidad recurso biológico} \times \text{superficie muestreable (\%)} \times \text{frecuencia de ocurrencia}$$

Donde la densidad del recurso biológico corresponde al número de individuos contabilizados en la totalidad de unidades de muestreo; y la frecuencia de ocurrencia corresponde al cálculo del número total de unidades de muestreo en las que el recurso se encontró presente, dividido por el número total de unidades muestreadas. Más detalles de los valores utilizados para este cálculo se señalan en la Tabla 3.5-37.

De acuerdo al numeral 12 de la resolución exenta N° 2.353 de la Subsecretaría de Pesca, cuando el valor calculado del Índice Ponderado de Banco Natural de un recurso hidrobiológico bentónico

determinado, sea igual o superior al IPBANMax correspondiente, se estimará que existe banco natural.

3.5.5.9.4 Evaluación cualitativa

Debido a que parte del proyecto tiene considerado la instalación de obras marinas a profundidades mayores de 20 metros (Muelle y descarga), y por razones de seguridad para los biólogos encargados en describir el ambiente submareal para este objetivo, se procedió a realizar filmaciones discretas en una grilla de nueve (9) estaciones (P1 a P9) dispuestas alrededor del punto de descarga de salmuera (difusor), junto a otras cuatro (4) ubicadas sobre el eje central del sector considerado para la instalación del puerto (EP-1 a EP-4). En la Tabla 3.5-20 y Figura 3.5-12, se muestran las coordenadas y disposición espacial de cada una de las estaciones evaluadas.

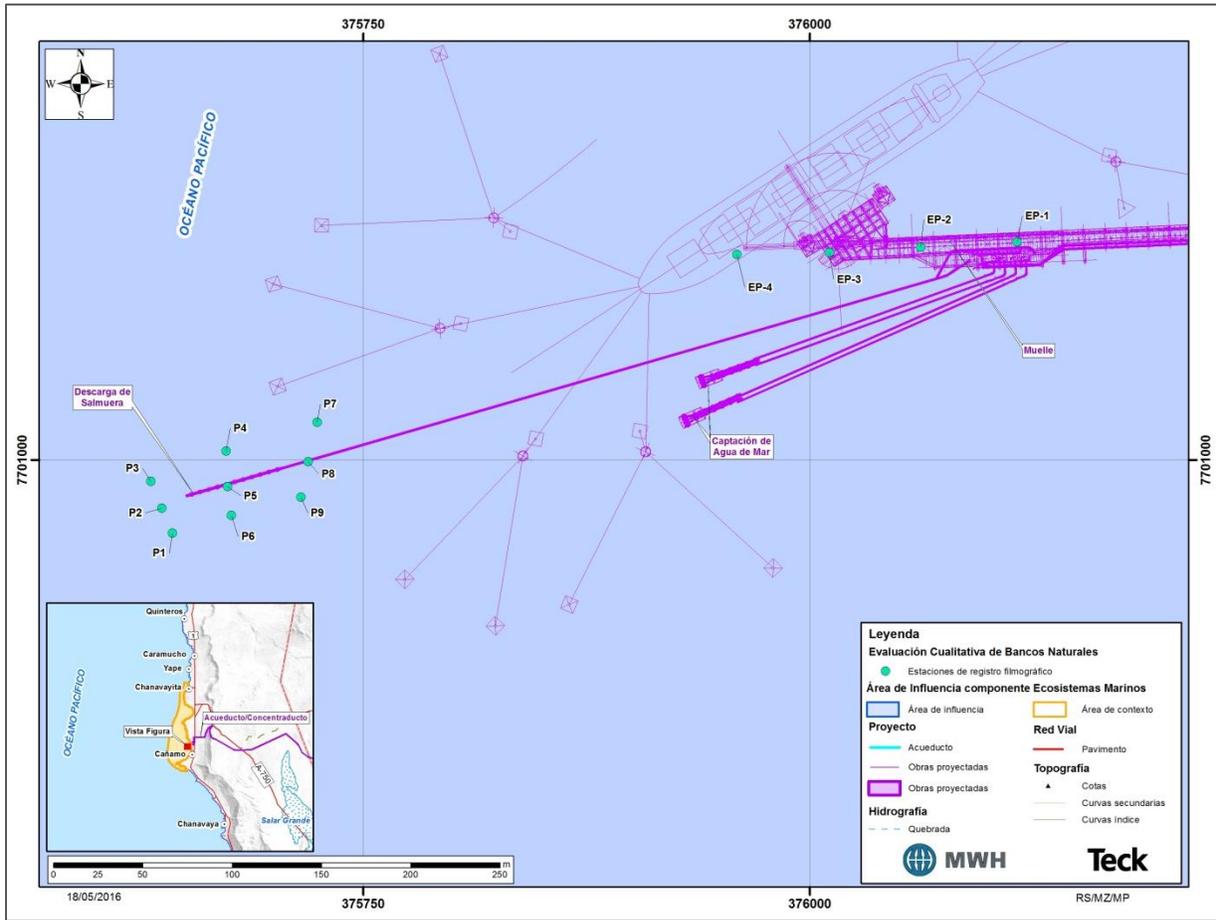
Tabla 3.5-20. Coordenadas UTM de estaciones de evaluación cualitativa (Datum WGS-84; huso 19).

Estación	Profundidad (m)	Este	Norte
EP-1	27	376.116	7.701.122
EP-2	32	376.062	7.701.119
EP-3	32	376.011	7.701.116
EP-4	35	375.959	7.701.115
P1	45	375.643	7.700.959
P2	45	375.637	7.700.973
P3	45	375.631	7.700.988
P4	44	375.673	7.701.005
P5	45	375.674	7.700.985
P6	43	375.676	7.700.969
P7	41	375.724	7.701.021
P8	42	375.719	7.700.999
P9	42	375.715	7.700.979

Fuente: Elaboración propia

En cada una de las estaciones se sumergió un trípode dotado con tres (3) cámaras GoPro Hero3. Una de estas se instaló para que tomara un plano del fondo sedimentario y otras dos con orientación que permitiera obtener una vista panorámica del punto de evaluación. Cada una de estas cámaras registro durante 4 minutos de grabación, de los cuales se extrajo la información cualitativa, tal como; tipo de sustrato, características del fondo y presencia/ausencia de especies.

Figura 3.5-12. Estaciones de Evaluación Cualitativa.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Resultados

3.5.6.1 Comunidades planctónicas

3.5.6.1.1 Fitoplancton

La información obtenida desde el estudio fue integrada en índices ecológicos promedio por campaña (\pm desviación estándar), con el fin de facilitar la interpretación de los resultados. Los resultados pormenorizados y análisis detallados de cada componente y campaña estacional se encuentran en el Anexo 3.5-1.

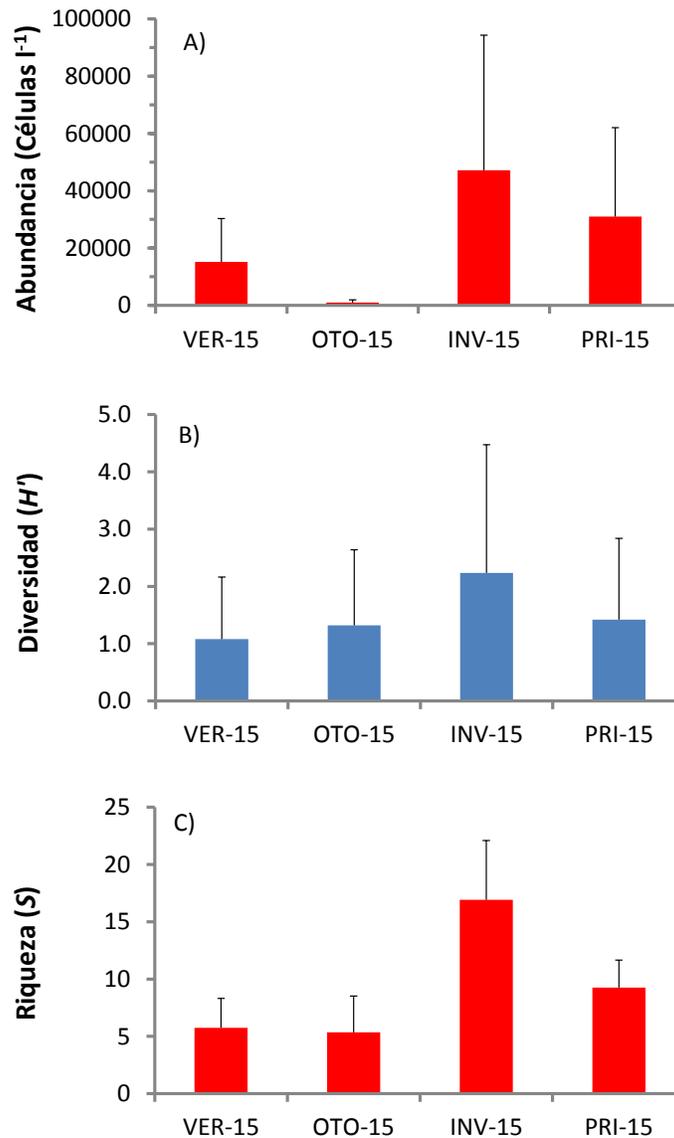
a) Variabilidad Estacional de la Abundancia e Índices Comunitarios

La abundancia fitoplanctónica (Células/l), varió significativamente entre las campañas de muestreo (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=118,5$; $p < 0,0001$), registrando una mayor abundancia durante la campaña de invierno 2015 seguida por la campaña de primavera, verano y otoño de 2015 (Figura 3.5-13-A).

La diversidad específica de Shannon, también mostró diferencias significativas entre las campañas realizadas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3N=192)}=105,3$; $p < 0,001$), donde solo durante la campaña de invierno 2015 se registró una diversidad significativamente mayor que el resto de las campañas (Figura 3.5-13-B).

Por su parte, la riqueza mostró diferencias significativas entre las campañas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=118,5$; $p < 0,001$), siendo la campaña de invierno 2015 la que registró una riqueza significativamente mayor que el resto de las campañas realizadas (Figura 3.5-13-C).

Figura 3.5-13. Variabilidad estacional del valor promedio de la abundancia celular (A), Diversidad específica de Shannon (B) y la Riqueza (C) de la comunidad fitoplanctónica.



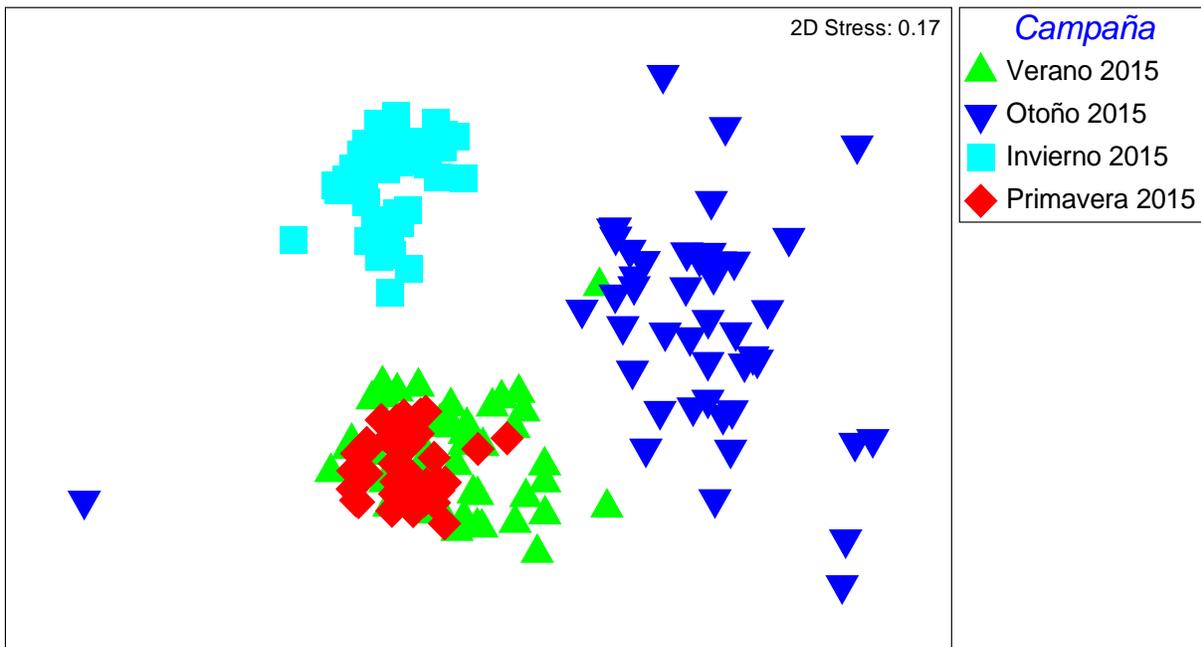
Nota: Las líneas verticales sobre las barras, indican la desviación estándar. Verano (VER-15), Otoño (OTO-15), Invierno (INV-15) y Primavera (PRI-15) de 2015.
 Fuente: Elaboración propia

b) **Análisis de Escalamiento Multidimensional (nMDS)**

El análisis de ordenación nMDS basado en la composición específica y abundancia de la comunidad fitoplanctónica mostró tres (3) agrupaciones: 1) campaña de otoño; 2) campaña de invierno y; 3) campañas de primavera y verano. El análisis ANOSIM indicó que las diferencias observadas son significativas (R global = 0,79; p = 0,001; Figura 3.5-14). Los resultados de los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre las campañas de verano y otoño (ANOSIM R: 0,76; p < 0,001), con una disimilitud de 83,39% (análisis SIMPER), determinada

principalmente por diferencias en las abundancias de la diatomea *Coscinodiscus* spp. y el dinoflagelado *Diplopsalis* sp., que en conjunto aportan el 26,26% de las diferencias entre estos periodos. Los resultados también mostraron diferencias significativas entre las campañas de otoño e invierno (ANOSIM R: 0,83; $p < 0,0001$), con un 87,32% de disimilitud, determinada principalmente por la presencia de las diatomeas *Cylindrotheca* sp., *Chaetoceros* spp., y *Leptocylindrus danicus* solo durante la campaña de invierno. Las diferencias también son explicadas por la abundancia promedio de *Fragilariopsis* sp., que aporta un 28,53% de las diferencias observadas entre las campañas de muestreo. Por último, entre las campañas de invierno y primavera se registró una disimilitud de 78,94%, determinada principalmente por la presencia de *Prorocentrum* sp. durante primavera y de *Chaetoceros* spp. y *Leptocylindrus danicus* presentes solo durante la campaña de invierno (Figura 3.5-14).

Figura 3.5-14. Ordenación nMDS para la composición taxonómica y abundancia de organismos de la comunidad fitoplanctónica, para las campañas de verano otoño e invierno de 2015.

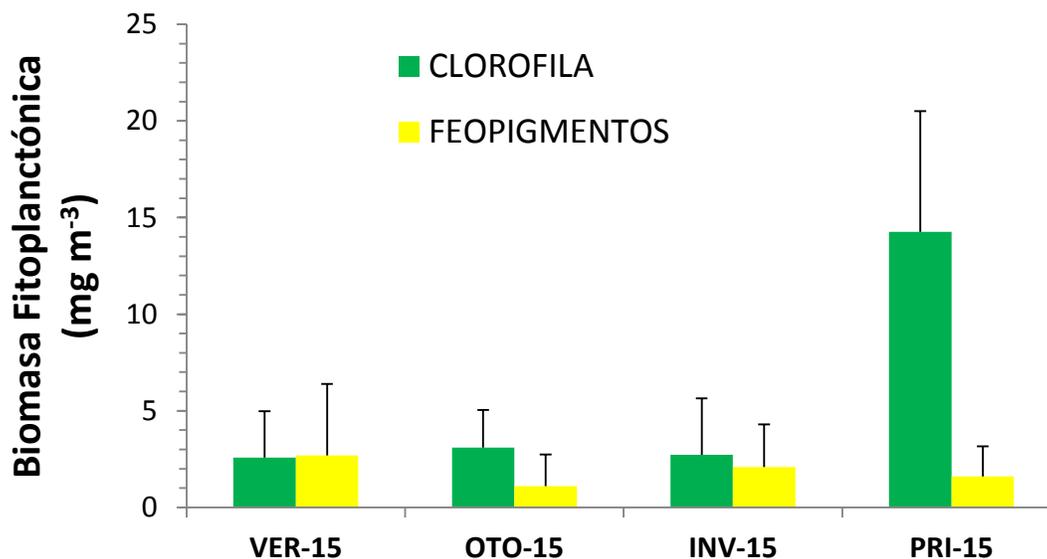


Fuente: Elaboración propia

c) Biomasa Fitoplanctónica (Clorofila-a) y Feopigmentos

La biomasa fitoplanctónica cuantificada como la concentración de la Clorofila-a, varió significativamente entre campañas de muestreo (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=100,8$ $p < 0,001$), destacándose la campaña de primavera en la cual se registró la mayor concentración. Por su parte los feopigmentos también mostraron una variación significativa entre campañas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=7,09$; $p = 0,044$), sin embargo, la prueba *a posteriori* de comparaciones pareadas no tuvo el poder para identificar qué campañas diferían entre sí (Figura 3.5-15).

Figura 3.5-15. Variación estacional de la concentración de Clorofila-a y Feopigmentos ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).



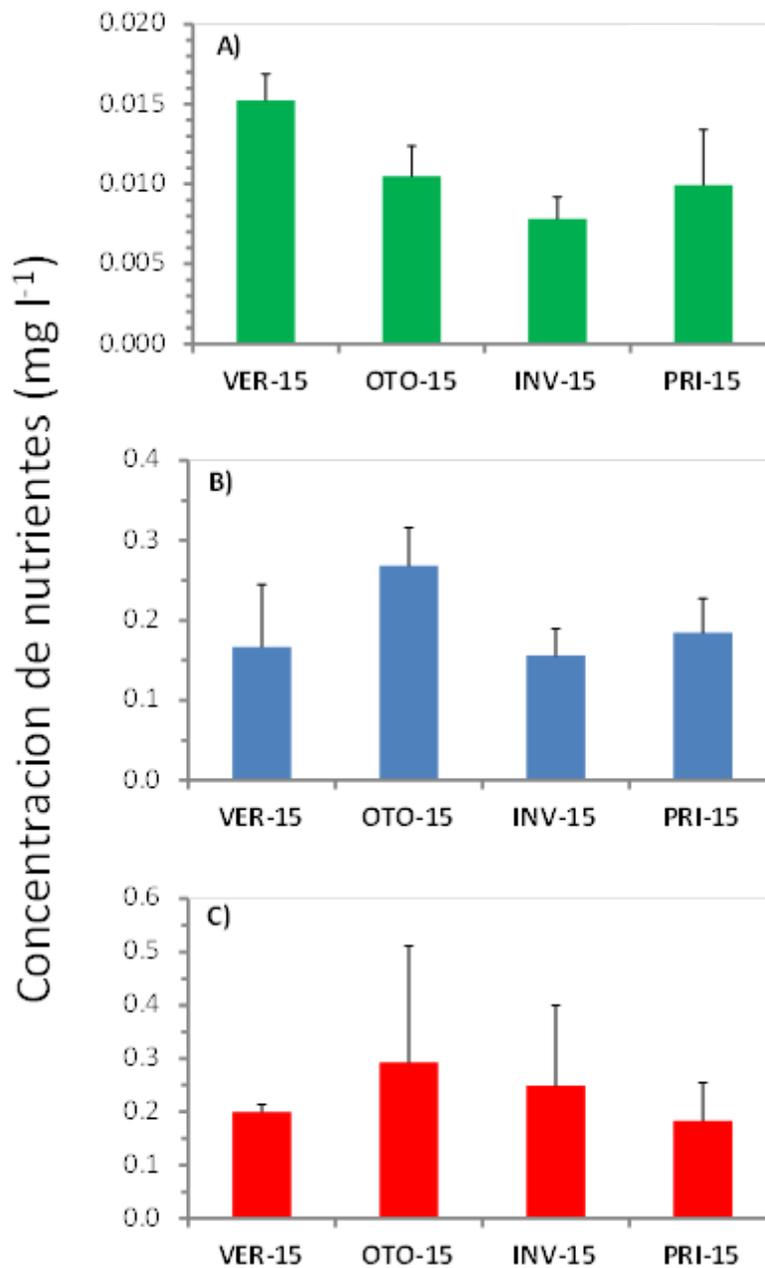
Nota: Campañas de verano (VER-15), otoño (OTO-15), invierno (INV-15) y primavera (PRI-15) de 2015.

Fuente: Elaboración propia

d) Concentración de Nutrientes

La concentración de Nitrito varió significativamente entre las campañas realizadas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=123,2$; $p < 0,001$), observándose la mayor concentración promedio durante la campaña de verano, seguida por otoño, primavera y luego invierno (Figura 3.5-16-A). Las concentraciones de Nitrato también variaron significativamente entre las campañas de monitoreo (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=82,2$; $p < 0,0001$). La mayor concentración promedio se registró en otoño, siendo significativamente mayor a la registrada durante la campaña de verano ($p < 0,0001$) y las campañas de invierno y primavera ($p < 0,01$; Figura 3.5-16-B). El fosfato también mostró una variación significativa entre campañas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)}=84,6$; $p < 0,0001$). La mayor concentración promedio se registró durante la campaña de otoño, seguida por la campaña de invierno y por último las registradas durante las campañas de verano y primavera (Figura 3.5-16-C).

Figura 3.5-16. Variación estacional de la Concentración de Nutrientes (mg.l^{-1}) registrados en el área costera de evaluación durante las campañas de muestreo de verano 2015 (VER-15), otoño 2015 (OTO-15), invierno 2015 (INV-15) y primavera de 2015 (PRI-15).



Nota: (A) Corresponde a Nitrito (B) Nitrato y (C) Fosfato. Las barras verticales indican la desviación estándar.
 Fuente: Elaboración propia.

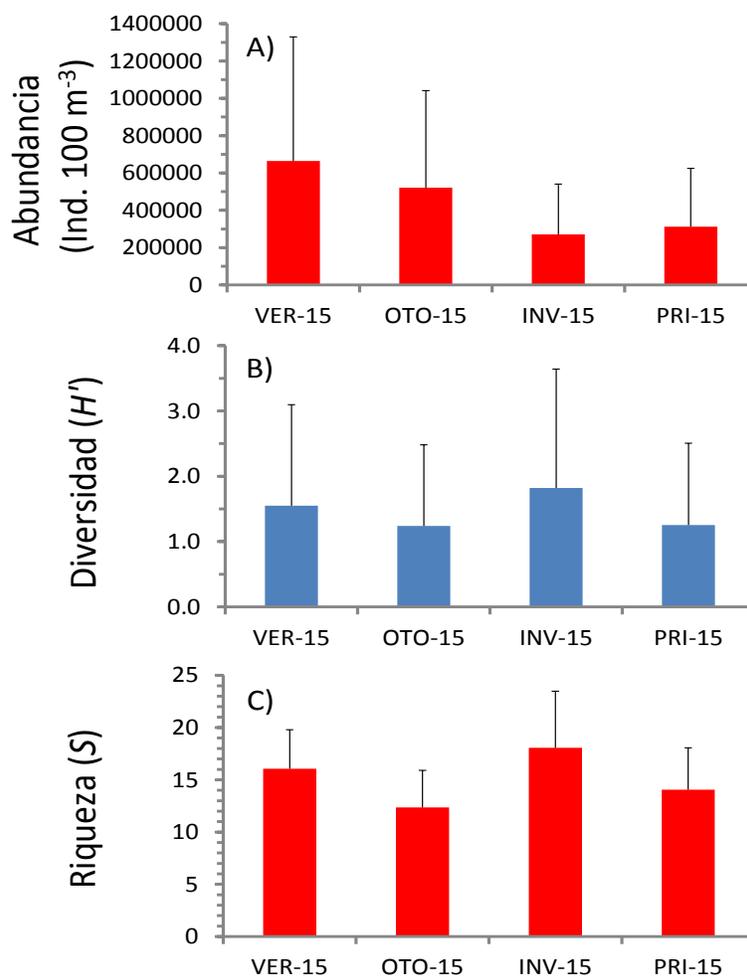
3.5.6.1.2 Zooplancton

La información obtenida desde el estudio fue integrada en índices ecológicos promedio (\pm desviación estándar) por campaña estacional, con el fin de facilitar la interpretación de los resultados. Los resultados pormenorizados y análisis detallados de cada componente y campaña estacional se encuentran en el Anexo 3.5-1.

a) Análisis Estacional de la Abundancia e Índices Comunitarios

La abundancia zooplanctónica promedio no varió significativamente entre las campañas de muestreo (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)} = 6,04$; $p = 0,1$; Figura 3.5-17-A). Por su parte, la diversidad mostró diferencias significativas entre campañas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)} = 41,9$; $p < 0,0001$), donde la diversidad calculada para otoño y primavera fueron significativamente menores a la observadas en las campañas de verano e invierno ($p < 0,001$; Figura 3.5-17-B). La riqueza también mostró diferencias significativas entre campañas (Kruskal-Wallis test: $H_{(3,N=192)} = 35,6$; $p < 0,0001$). La campaña de otoño registró una riqueza significativamente menor a las observadas en la campaña de verano ($p = 0,0002$), e invierno ($p < 0,0001$), pero similar a la observada en la campaña de primavera ($p = 0,23$; Figura 3.5-17-C).

Figura 3.5-17. Variabilidad estacional del valor promedio de la abundancia (A), Diversidad específica de Shannon (B) y la Riqueza (C) de la comunidad zooplanctónica.



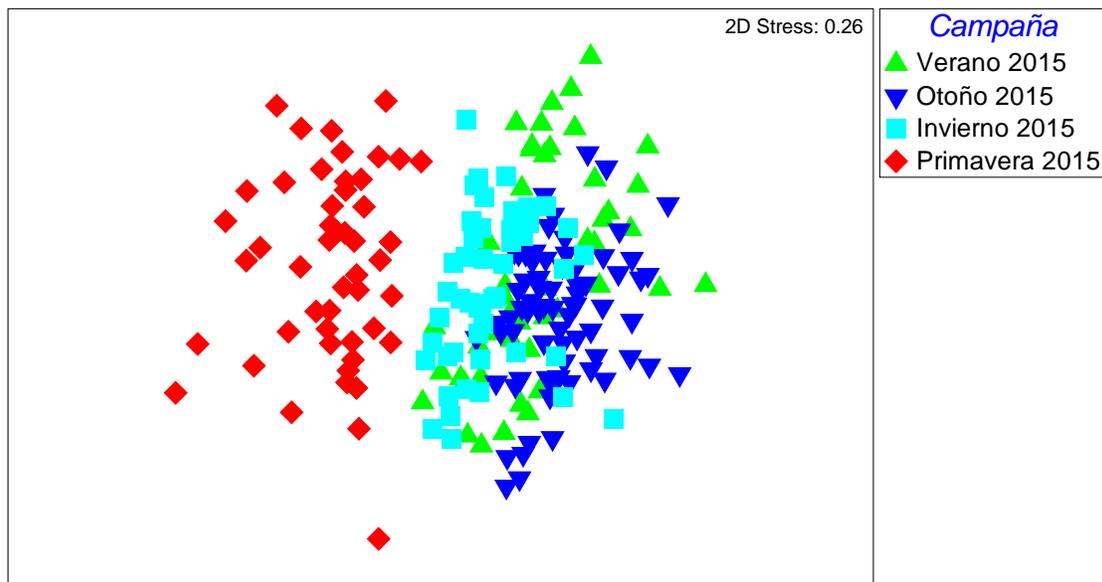
Nota: Las líneas verticales sobre las barras, indican la desviación estándar. Para el verano (VER-15), otoño (OTO-15), invierno (INV-15) y primavera (PRI-15) de 2015

Fuente: Elaboración propia.

b) Análisis de Escalamiento Multidimensional (nMDS)

Los resultados del análisis nMDS establece dos (2) agrupaciones principales: 1) campaña de primavera y 2) campañas de otoño, invierno y verano con un alto nivel de estrés (0,26; Figura 3.5-18). La prueba de ANOSIM, evidenció diferencias significativas entre campañas (R global = 0,54; $p = 0,001$). La disimilitud entre las campañas de verano y otoño fue de un 56,97%, por efecto de las diferencias en las abundancias de organismos holoplanctónicos como *Paracalanus cf. indicus*, *Acartia tonsa*, *Oikopleura dioica* y el taxón meroplanctónico Larva nauplio cirripedio, que contribuyen con el 20,65% de la diferencia entre campañas (análisis SIMPER). Por su parte las campañas de otoño e invierno mostraron una disimilitud de un 54,47%, determinada por las diferencias en las abundancias de los taxones *Paracalanus cf. indicus*, *Acartia tonsa*, *Oikopleura dioica* y el taxón meroplanctónico Larva nauplio cirripedio. Al comparar las campañas de invierno y primavera se determinó una disimilitud de un 66,79%, determinada principalmente por diferencias observadas en la abundancia de *Paracalanus cf. indicus*, *Calanus chilensis*, *Acartia tonsa*, Larva Nauplio, y la presencia de *Centropages furcatus* en la campaña de primavera, aportando un 27,46% de las diferencias entre grupos.

Figura 3.5-18. Ordenación nMDS para la composición taxonómica y abundancias de organismos de la comunidad zooplanctónica estacionales registradas en el área costera de evaluación.



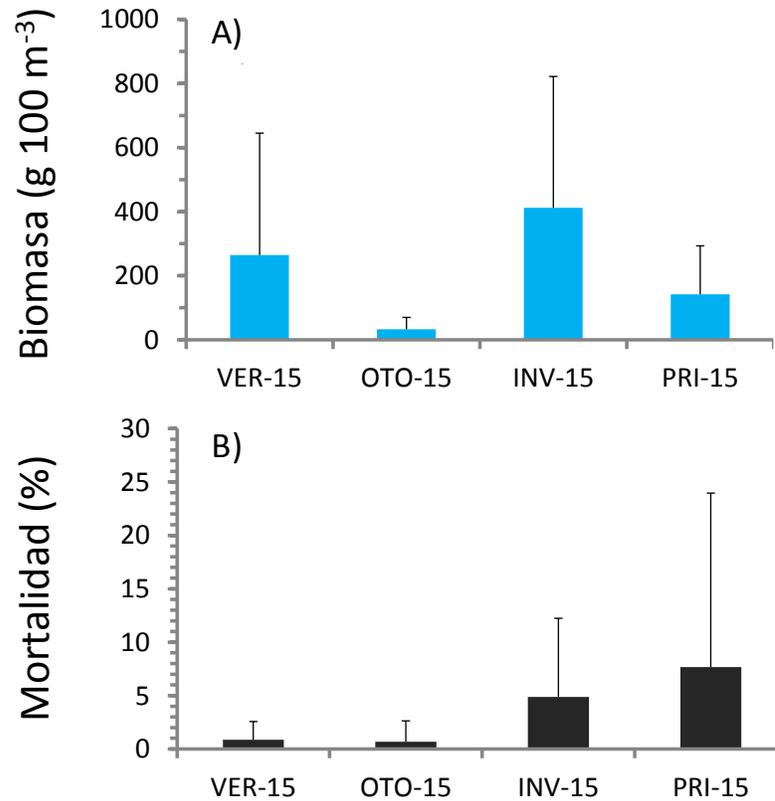
Fuente: Elaboración propia

c) Variabilidad Estacional de la Biomasa Zooplanctónica y la Mortalidad Natural

Los resultados del análisis estadístico aplicado a la matriz de biomasa zooplanctónica húmeda ($\text{g}/100 \text{ m}^3$) reportó diferencias significativas entre los valores observados entre las campañas de monitoreo (Kruskal-Wallis test: $H_{(2, N=144)} = 66,05$; $p < 0,0001$). La mayor biomasa promedio se registró durante la campaña de invierno, seguida por la campaña de verano, la de primavera y la

de otoño (Figura 3.5-19-A). Por su parte, el porcentaje de mortalidad natural de los componentes observados entre campañas también mostró diferencias significativas (Kruskal-Wallis test: $H_{(2,N=144)} = 20,5$ $p < 0,0001$). La campaña de invierno registró una mortalidad significativamente mayor que las observadas en las campaña de verano ($p = 0,009$) y otoño 2015 ($p = 0,0002$) (Figura 3.5-19-B). Las mayores mortalidades fueron registradas en el grupo del Holoplancton² y Meroplancton, con excepción del Ictioplancton, para el cual no se registraron mortalidades.

Figura 3.5-19. Variabilidad estacional de la biomasa zooplanctónica total (g/100 m³) (A) y el porcentaje de mortalidad natural (B).



Fuente: Elaboración propia

² El término *Holoplancton* se emplea para diferenciar la fracción del plancton que permanece todo su ciclo de vida en la columna de agua (sistema pelágico) como parte de la comunidad planctónica. Los organismos del *Meroplancton*, en cambio, conforman la comunidad planctónica únicamente durante sus estadios tempranos (huevos y larvas), para luego en sus etapas maduras conformar otras comunidades, que pueden habitar el sistema bentónico (i.e. comunidades bentónicas) o bien el sistema pelágico (e.g. cefalópodos, peces).

3.5.6.2 Comunidades bentónicas intermareales de fondos duros

3.5.6.2.1 Estructura comunitaria

Los resultados obtenidos desde las cuatro (4) campañas realizadas en el área costera de evaluación indican que la comunidad intermareal de fondos duros está compuesta por ochenta y cinco (85) taxones. Este valor, que corresponde al máximo valor registrado, se obtuvo durante la campaña de otoño. En la campaña de verano, invierno y primavera se registraron cincuenta y nueve (59), cincuenta y ocho (58) y cuarenta y nueve (49) taxones, respectivamente. Los valores de riqueza obtenidos se encuentran por sobre los máximos reportados en otras evaluaciones de Línea de Base cercanas al área costera de evaluación (Tabla 3.5-21).

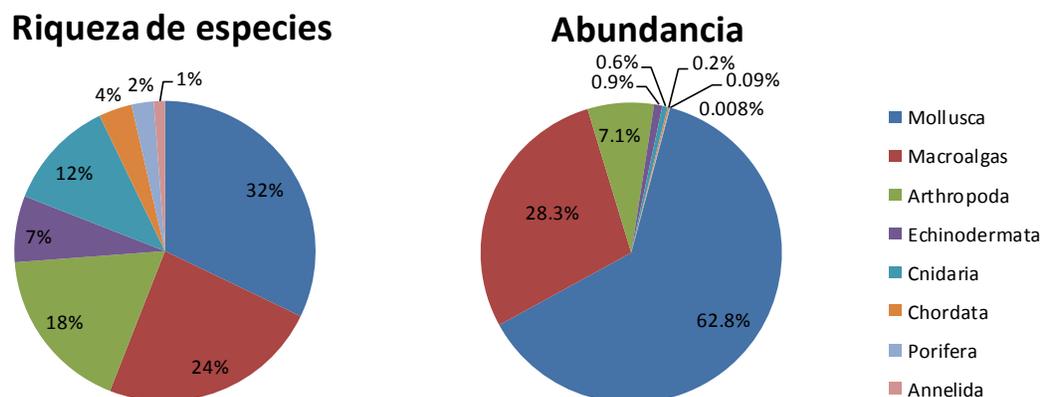
Tabla 3.5-21. Antecedentes previos sobre estudio de Línea de Base en la zona de estudio.

Proyecto	Fecha	Año	Transectos (n)	Cuadrantes (n)	Cuadrante móviles	Cuadrante sésiles	Riqueza total
Pto. Patillos	Abril	2004	3	3 c/u	0,0625 m ²	0,25 m ²	36
Pto. Patache	Noviembre	2009	6	10 c/u	0,25 m ²	0,25 m ²	48
Pto. Pacífico	Abril	2013	6	3 c/u	0,25 m ²	0,25 m ²	23

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los valores acumulados de las cuatro campañas, el grupo taxonómico con mayor riqueza de especies y abundancia relativa correspondió al Phylum Mollusca con un 32% y 63 %, respectivamente. Seguido por el grupo de las Macroalgas, Arthropoda y Cnidaria (Figura 3.5-20).

Figura 3.5-20. Porcentajes por Grupo funcional, Riqueza específica y Abundancia relativa expresada en porcentaje para los diferentes grupos taxonómicos observados en el área costera de evaluación. Los valores reportados son acumulados durante las cuatro campañas realizadas.



Fuente: Elaboración propia

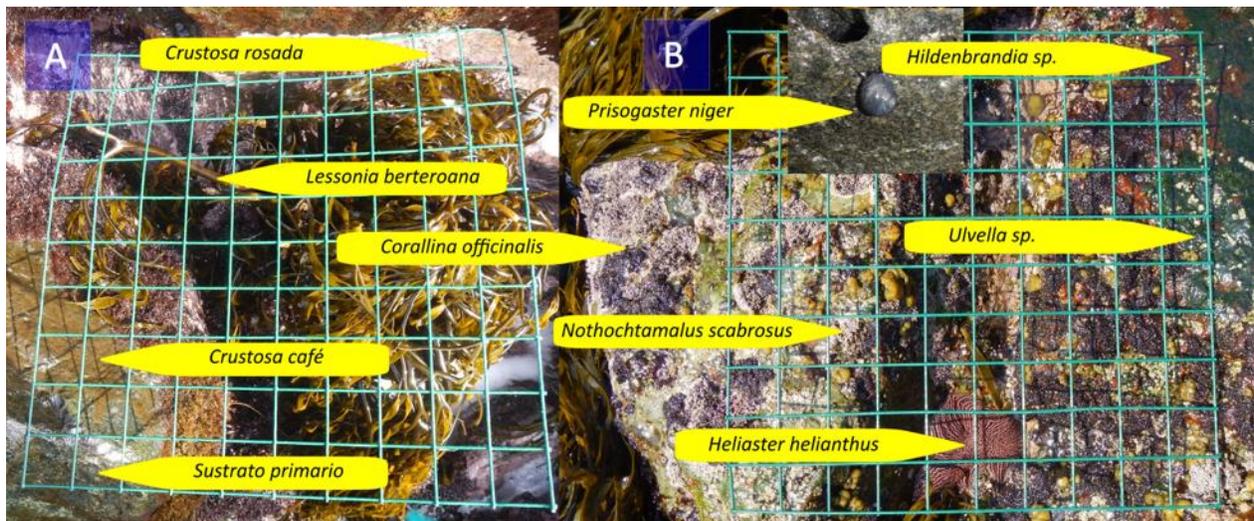
a) Franja Infralitoral

La franja infralitoral registró un total de 73 especies en las cuatro campañas evaluadas, entre ellas 39 sésiles y 34 móviles. Los grupos taxonómicos con mayor número de especies correspondieron a Mollusca, Macroalgas y Arthropoda con 23, 19 y 12 especies, respectivamente. Los otros grupos de organismos como Cnidaria, Echinodermata, Chordata y Porífera presentaron valores de riqueza inferiores a 10 taxones (Tabla 3.5-22).

La cobertura biótica del sustrato primario (roca), alcanzó promedios superiores al 30 %, siendo las macroalgas *Corallina* indeterminada, *Corallina officinalis* y *Ulvella* sp. las especies más conspicuas, con coberturas promedio de $30,9\% \pm 33,6$, $19,9\% \pm 28,1$ y $13,4 \pm 25,5$, respectivamente. La roca desnuda (sin cobertura biótica), alcanzó registros máximos durante la campaña de verano, con un promedio de $18,3\% \pm 30,4$. Otras especies destacadas, pero con coberturas inferiores, son el alga parda *Lessonia berteroana*, la cual destaca por su importancia como recurso comercial, *Gelidium* sp., el molusco bivalvo *Perumytilus purpuratus* y el cirripedio *Nothochthamalus scabrosus* (Tabla 3.5-22 y Figura 3.5-21).

Entre los invertebrados móviles destacan los equinodermos *Athyonidium chilensis*, *Loxechinus albus* (erizo), los moluscos gastrópodos *Tegula atra*, *Prisogaster niger* y *Austrolittorina araucana* como especies frecuentes y con mayores densidades promedio (Tabla 3.5-22 y Figura 3.5-21).

Figura 3.5-21. Vista de algunas especies representativas de la franja infralitoral del área costera de evaluación. A) Infralitoral transecto ID-6, otoño del 2015 y B) Infralitoral transecto ID-6, invierno del 2015.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-22. Cobertura de organismos sésiles (%) y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m²) en la franja infralitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (X) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por todo el área estudiada.

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Organismos sésiles (%)									
Macroalgas	<i>Chaetomorpha firma</i>			0,03	0,2			0,061	0,2
	<i>Chondrus canaliculatus</i>			0,121	0,7	0,061	0,3		
	<i>Colpomenia</i> sp.	1,091	2,9	0,697	1,7	1,576	3,9	2,545	4,6
	<i>Corallina officinalis</i>	13,515	21,9	19,939	28,1	16,818	23,2	15,424	19,7
	Crustosa café	11,364	27,7	6,848	20,3	0,364	1,3	2	6,4
	Corallina indeterminada	11,121	22,4	22,242	31,3	30,939	33,6	19,636	25,6
	<i>Dyctiota kuntii</i>	0,091	0,3	0,182	0,4	1,364	4,6	2,97	8,7
	<i>Endarachne</i> sp.					0,03	0,2		
	<i>Gelidium</i> sp.	5,758	15,8	4,773	12,8	3,545	9,7	7,121	19,9
	<i>Hildenbrandia</i> sp.	6,455	15,6	4,939	10,3	9,727	15,1	8,03	17,3
	<i>Lessonia berteroa</i> *	7,818	6,5	4,152	2,7	5,182	4,9	7,333	6,6
	<i>Montemaria horridula</i>			0,091	0,4				
	<i>Peysonnella</i> sp.	0,03	0,2					0,03	0,2
	<i>Polysiphonia</i> sp.	0,03	0,2			0,212	0,7		
	<i>Pyropia columbina</i> *					0,03	0,2		
	<i>Ralfsia</i> sp.			0,333	1,6	1,091	2,7	0,879	4,7
	<i>Ulva</i> sp.	0,303	0,5	0,091	0,3	0,091	0,3	0,697	1
<i>Ulvellia</i> sp.	8,667	18,6	13,364	25,5	9,152	15,8	12,485	16,5	
Complejo Ceramiales					0,03	0,2			
Porífera	Porífera indet. 1	0,03	0,2	0,182	1	0,212	0,8		
	Porífera indet. 2	0,061	0,2	0,061	0,2	0,091	0,3	0,121	0,3
Mollusca	<i>Brachidontes granulata</i>			0,03	0,2				
	<i>Perumytilus purpuratus</i>	4,576	14,8	0,697	3,2	0,121	0,3	0,121	0,3
	<i>Semimytilus</i> sp.			1,197	6,9				
Arthropoda	<i>Austromegabalanus psittacus</i> *	0,152	0,4	0,061	0,2				
	<i>Balanus</i> sp.					0,03	0,2		
	<i>Jehlius cirratus</i>							0,152	0,9
	<i>Notobalanus flosculus</i>	0,242	0,9	0,364	1			0,03	0,2
	<i>Notochthamalus scabrosus</i>	10	20,2	12,03	19,3	6,606	11,9	9,242	20,1
Chordata	<i>Aplidium peruvianum</i>			0,03	0,2	0,758	2,4	2,182	5
	<i>Pyura chilensis</i> *	0,03	0,2	0,03	0,2			0,03	0,2
Sustrato	Roca	18,303	30,4	7,333	21,7	11,576	23,5	8,848	19,8

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Organismos Móviles (Ind./0,25 m²)									
Cnidaria	<i>Anemonia alicemartinae</i>			0,242	1,4	0,273	1,6		
	<i>Anthothoe chilensis</i>	0,091	0,3	0,061	0,2	0,121	0,5		
	<i>Cereus herpetodes</i>	0,273	0,7	0,061	0,2			0,061	0,2
	<i>Oulactis concinnata</i>			0,03	0,2				
	<i>Oulactis sp.</i>	1,152	1,2	0,394	0,8	0,545	1,4	0,394	1,3
	<i>Phymactis papillosa</i>	0,03	0,2	0,03	0,2				
	<i>Phymanthea pluvia</i>							0,03	0,2
	<i>Anthopleura hermafroditica</i>	0,03	0,2			0,03	0,2	0,061	0,2
Mollusca	<i>Acanthopleura echinata</i>	3,848	17,6			3,091	17,8		
	<i>Austrolittorina araucana</i>	0,03	0,2	0,061	0,3				
	<i>Chiton cumingii</i>	0,03	0,2					0,03	0,2
	<i>Chiton granosus</i>	0,03	0,2	0,061	0,3				
	<i>Chiton sp.</i>	0,061	0,2	0,091	0,5				
	<i>Concholepas* concholepas</i>	0,303	1,7						
	<i>Echinolittorina peruviana</i>			1,061	4,3	0,182	0,6	0,061	0,2
	<i>Enoplochiton niger</i>	0,121	0,3	0,182	0,5	0,03	0,2		
	<i>Fissurella crassa*</i>			0,091	0,4				
	<i>Fissurella maxima*</i>	0,152	0,7	0,303	0,6	0,091	0,3		
	<i>Fissurella sp.</i>	4,121	13,8	2,091	8	3,091	13,6		
	<i>Prisogaster niger</i>	0,061	0,3	0,212	0,6	0,091	0,5	0,212	0,5
	<i>Scurria araucana</i>			0,03	0,2	0,091	0,5	0,03	0,2
	<i>Scurria plana</i>			0,03	0,2				
	<i>Scurria parasítica</i>	0,152	0,4	0,121	0,3	0,212	0,6	0,091	0,3
	<i>Scurria sp.</i>	0,03	0,2	0,091	0,5	0,333	0,9	0,061	0,3
	<i>Scurria variabilis</i>							0,091	0,4
	<i>Siphonaria lessoni</i>	1,303	3,8	1,455	4,3	1,697	5,4	0,909	2,4
	<i>Tegula atra</i>	0,03	0,2	0,03	0,2				
	<i>Toncia sp.</i>	0,091	0,3	0,242	0,5	0,091	0,3	0,061	0,2
Arthropoda	<i>Acanthocycclus gayi</i>			0,03	0,2				
	<i>Liopetrolisthes mitra</i>	0,061	0,2						
	<i>Petrolisthes indet. 1</i>			0,212	1,2				
	<i>Petrolisthes indet. 2</i>			0,061	0,2				
	<i>Petrolisthes tuberculosus</i>			0,03	0,2				
	<i>Petrolisthes violaceus</i>	0,03	0,2						
	<i>Taliepus dentatus</i>	2,727	7,8	2,455	5,6	0,152	0,4		

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Echinodermata	<i>Athyonidium chilensis</i> *	0,515	0,7	0,818	1,1	0,394	0,6	0,485	0,7
	<i>Heliaster helianthus</i>	0,303	0,9	1,515	4,6	0,333	1,4	0,606	1,8
	<i>Loxechinus albus</i> *	0,03	0,2						
	<i>Patiria chilensis</i>	0,636	1,1	1,242	2,2	0,394	1	0,333	0,6
	<i>Stichaster striatus</i>	0,212	0,7	0,182	0,5	0,061	0,3	0,333	1,5
	<i>Tetrapygyus niger</i>			0,03	0,2				
Chordata	<i>Sicyases sanguineus</i>			0,03	0,2			0,061	0,2

Nota; (*) Indica las especies de interés comercial presentes en la franja infralitoral.

Fuente: Elaboración propia

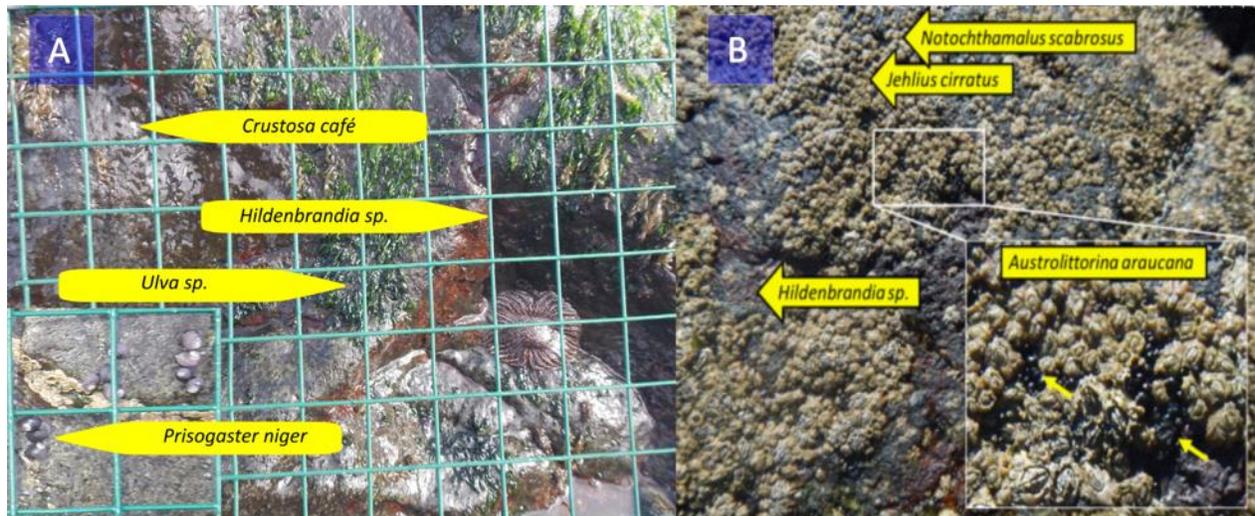
b) Franja Mediollitoral

En la zona media del intermareal se registró un total de 45 taxones (20 sésiles y 25 móviles), durante las cuatro campañas estacionales evaluadas. Los grupos taxonómicos con mayor número de especies correspondieron a Macroalgas (15 especies), Mollusca (15 especies), Cnidaria (6 especies), Arthropoda (5 especies) y Equinodermata (2 especies). Los grupos restantes (Chordata y porífera), estuvieron representados por 1 taxón (Tabla 3.5-23).

El sustrato primario sin cobertura biótica presentó un rango de variación promedio de $11,7\% \pm 26,2$ a $32,1\% \pm 40,9$, durante las campañas de otoño e invierno, respectivamente (Tabla 3.5-23). Entre las especies sésiles destacan las algas *Hildenbrandia* sp., *Ulvella* sp. y crustosa café, y los cirripedios *Jehlius cirratus* y *Notochthamalus scabrosus*, que presentaron las mayores coberturas durante las campañas de otoño y verano, respectivamente (Tabla 3.5-23; Figura 3.5-22).

Los invertebrados móviles más abundantes fueron los moluscos gastrópodos *Austrolittorina araucana*, con un valor máximo promedio de $199,9 \pm 585,2$ Ind./0,25 m² durante la campaña de verano, seguido de *Echinolittorina peruviana* y *Prisogaster niger*, ambos con los mayores registro en invierno ($23,5 \pm 65,1$ Ind./0,25 m² y $3 \pm 10,9$ Ind./0,25 m², respectivamente: ver Tabla 3.5-23 y Figura 3.5-22).

Figura 3.5-22. Vista de algunas de las especies sésiles y móviles de la franja mediolitoral de la zona de estudio. A) Mediolitoral transecto ID-7 otoño del 2015, detalle de *Prisogaster niger* (ID-3 invierno) y B) Mediolitoral transecto ID-2 (verano del 2015).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-23. Cobertura (%) de organismos sésiles y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m²) en la franja mesolitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (\bar{x}) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por todo el área estudiada.

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Organismos sésiles (%)									
Macroalgas	<i>Colpomenia sp.</i>	0,727	1,7	0,939	2,3	1,333	1,7	0,848	1,4
	<i>Corallina officinalis</i>	0,788	2	0,182	0,5	0,394	0,7	3,03	9,3
	Crustosa café	11,424	27	6,788	18,9	5,636	19,7	18,848	28,6
	Corallina indeterminada	0,333	0,9	0,061	0,2	0,545	1,1	0,727	2,1
	<i>Dyctiota kuntii</i>	0,03	0,2			0,03	0,2	0,212	0,9
	<i>Enderachne sp.</i>	0,061	0,2	0,394	1,7	1,364	3,3		
	<i>Gelidium sp.</i>	4,545	12,3	1,364	2,8	5,97	16	2,545	6,6
	<i>Hildenbrandia sp.</i>	22,697	32,8	24,788	35,1	15,515	20,5	15,394	22,3
	<i>Montemaria horridula</i>			0,424	2,4				
	<i>Peysonella sp.</i>	1,394	2,6	1,758	4			7	17,4
	<i>Polysiphonia sp.</i>	0,182	1	0,303	1,3	1,515	5,5		
	<i>Pyropia columbina</i> *			0,273	0,5	0,061	0,2		
	<i>Ralfsia sp.</i>			0,394	1,1	0,545	1,7	0,394	1,9
	<i>Ulva sp.</i>	6,242	18	3,333	8,4	4,727	10	9,061	21,6
<i>Ulvella sp.</i>	10,545	24,2	16,939	29,4	15,333	29,2	11,121	19,1	
Porifera	Porífero indet. 2	0,03	0,2	0,394	0,6	0,303	0,5	0,333	0,6
Mollusca	<i>Perumytilus purpuratus</i>	2,121	9,5	0,455	0,9	0,121	0,3	0,091	0,3
Arthropoda	<i>Jehlius cirratus</i>	8,879	15,8	23,727	34,5	4,03	11,5	2,939	12
	<i>Notochthamalus scabrosus</i>	16,909	24	3,455	6,9	8,939	16	10,242	22,3
Chordata	<i>Pyura chilensis</i> *	0,03	0,2					0,061	0,3
Sustrato	Roca	12,909	25,8	11,697	26,2	32,121	40,9	13	27
	Biofilm			2,242	12,9	4,424	18,8		
	Arena							0,152	0,9

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Organismos Móviles (Ind./0,25 m²)									
Cnidaria	<i>Anemonia alicemartinae</i>					0,364	2,1		
	<i>Bunodactis</i> sp.			0,939	4,1	2,576	7,6	0,667	3
	<i>Cereus herpetodes</i>	0,061	0,2						
	Anthozoa indeterminada 1			0,091	0,5				
	<i>Phymactis papillosa</i>	0,485	1,4	0,152	0,4	0,182	0,5		
	<i>Phymanthea pluvial</i>					0,061	0,2		
Mollusca	<i>Austrolittorina araucana</i>	199,87	585,2	32,273	157,7	1,909	7,8	2	8,1
	<i>Chiton granosus</i>	0,03	0,2	0,182	0,7	0,091	0,5		
	<i>Chiton</i> sp.			0,03	0,2	0,121	0,5		
	<i>Echinolittorina peruviana</i>	9,182	23,3	64,03	203,6	23,455	65,1	9,212	34,1
	<i>Fissurella crassa</i> *	0,03	0,2	0,061	0,2	0,061	0,2	0,061	0,2
	<i>Lottia orbigny</i>	0,273	1	0,576	3,3	0,03	0,2		
	<i>Nacella clypeater</i>			0,061	0,3	0,061	0,3		
	<i>Prisogaster niger</i>	0,061	0,2	2,788	15,7	3	10,9	2,636	13,6
	<i>Scurria araucana</i>	0,03	0,2	0,545	1,1	0,121	0,4	0,212	0,5
	<i>Scurria ceciliana</i>	0,061	0,2	7,121	23,5	0,061	0,2	0,03	0,2
	<i>Scurria plana</i>			0,303	1,3	0,121	0,4	0,03	0,2
	<i>Scurria</i> sp.	1,03	4,4	1,818	5,3	3,758	10,9	0,121	0,5
	<i>Scurria viridula</i>	0,03	0,2	0,03	0,2			0,061	0,2
<i>Siphonaria lessoni</i>	0,727	2,7	10,242	34,8	0,485	1,9	0,121	0,3	
Arthropoda	<i>Acanthocyclus gayi</i>			0,152	0,6	0,03	0,2	0,03	0,2
	<i>Petrolisthes</i> indet. 1	0,061	0,3						
	<i>Petrolisthes violaceus</i>					0,061	0,3		
Echinodermata	<i>Athyonidium chilensis</i>	0,212	0,9			0,061	0,2		
	<i>Heliaster helianthus</i>	0,788	1	0,697	1,2	0,667	1,2	0,939	1,8

Nota; (*) Indica las especies de interés comercial presentes en la franja mesolitoral.

Fuente: Elaboración propia

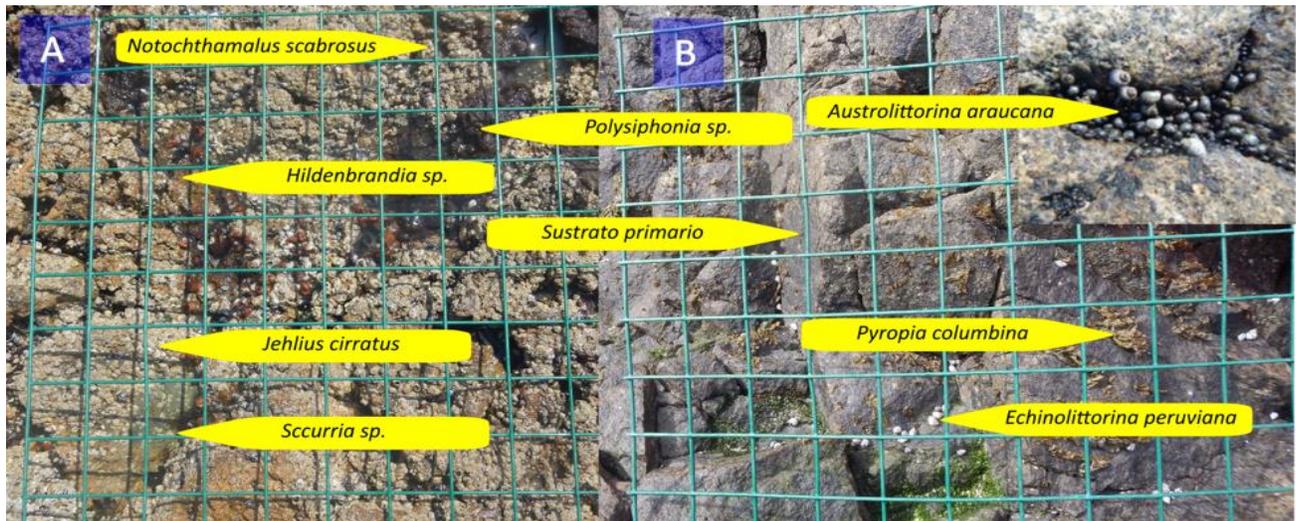
c) Franja Supralitoral

Durante las cuatro campañas evaluadas la franja supralitoral registró un total de 20 taxones, entre ellas 11 especies sésiles y 9 móviles. Los grupos taxonómicos con mayor número de especies correspondieron a Macroalgas, Mollusca, Arthropoda y Cnidaria representadas por 9, 8, 2 y 1 taxones, respectivamente (Tabla 3.5-24).

En esta franja predominó la roca desnuda, presentando hasta un $98,7 \pm 2,5$ % libre de colonizadores durante la campaña de otoño. Entre los organismos sésiles más frecuentes y abundantes destacó el cirripedio *Jehlius cirratus*, con una cobertura máxima promedio en la campaña de invierno de un $8,7 \pm 21,3$. *Pyropia columbina*, alcanzó su máxima cobertura durante la campaña de primavera ($3,1 \pm 8,1$), y *Hildenbrandia* sp. durante la campaña de invierno ($1,8 \pm 8,3$ Tabla 3.5-24 y Figura 3.5-23).

Entre los invertebrados móviles, los pequeños gastrópodos *Echinolittorina peruviana* y *Austrolittorina araucana*, fueron los más abundantes con densidades promedio de $129,2 \pm 162,5$ Ind./0,25 m² y $144,4 \pm 267,4$ Ind./0,25 m², respectivamente (Tabla 3.5-24 y Figura 3.5-23).

Figura 3.5-23. Vista de las especies móviles dominantes de la franja supralitoral. A) Supralitoral transecto ID-4 primavera del 2015 y B) Supralitoral transecto ID-8 y detalle de A. *araucana*, invierno del 2015.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-24. Cobertura (%) de organismos sésiles y densidad de invertebrados móviles (Ind./0,25m²) en la franja supralitoral del intermareal rocoso del área costera de evaluación. Se presenta el promedio (\bar{x}) y desviación estándar (DS) por campaña estacional y por toda el área estudiada

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Organismos sésiles (%)									
Macroalgas	<i>Colpomenia</i> sp.			0,03	0,2	0,182	0,6		
	<i>Corallina officinalis</i>					0,091	0,5		
	<i>Endarachne</i> sp.					0,061	0,3		
	<i>Gelidium</i> sp.	0,03	0,2					0,061	0,3
	<i>Hildenbrandia</i> sp.	0,212	0,9	0,061	0,2	1,818	8,3	0,182	0,6
	<i>Peysonella</i> sp.	0,364	0,8	0,242	1,1			0,273	1,1
	<i>Polysiphonia</i> sp.			0,121	0,7	0,212	1,1		
	<i>Pyropia columbina</i> *	0,03	0,2			2,061	9,1	3,091	8,1
	<i>Ulva</i> sp.	0,03	0,2			0,091	0,3	0,03	0,2
Mollusca	<i>Perumytilus purpuratus</i>	0,879	3,2	0,121	0,3	0,212	0,5	0,121	0,4
Arthropoda	<i>Jehlius cirratus</i>	5,788	15,8	0,727	2	8,697	21,3	4,273	10,4
Sustrato	Roca	92,63 6	17,7	98,667	2,5	86,545	25,2	83,697	29,5
Organismos móviles (Ind./0,25 m²)									
Cnidaria	<i>Anthothoe chilensis</i>					1,455	8,4		
Mollusca	<i>Austrolittorina araucana</i>	144,3 9	267, 4	133,24 2	183, 3	107,03	418, 1	4	7,8
	<i>Echinolittorina peruviana</i>	72,36 4	87,4	94,879	110, 7	129,21 2	162, 5	117,75 8	165, 8
	<i>Lottia orbigny</i>	0,061	0,3	0,879	2,7	0,03	0,2	0,091	0,3
	<i>Scurria araucana</i>	0,061	0,2						

Grupo	Especies	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
	<i>Scurria ceciliania</i>			1,848	10,4				
	<i>Scurria sp.</i>			0,03	0,2	2,424	13,9		
	<i>Siphonaria lessoni</i>			0,061	0,2	0,303	1,3	0,121	0,7
Arthropoda	<i>Trombidium sp.</i>	0,091	0,3	0,03	0,2				

Nota; (*) Indica las especies de interés comercial presentes en la franja supralitoral.

Fuente: Elaboración propia

d) Registro de Especies (metodología cualitativa)

Mediante la observación cualitativa realizada en cada una de las campañas, se identificó un total de 83 especies, dos taxones menos que los registrados en la evaluación cuantitativa. Sin embargo, en algunas campañas se registraron especies que no se identificaron con la metodología cuantitativa (cuadrantes), principalmente organismos móviles como los crustáceos *Leptograpsus variegatus*, *Petrolisthes violaceus* y el molusco *Scurria plana*, que no fueron registrados durante la campaña de verano. En la campaña de invierno se observaron 3 especies adicionales, específicamente el alga *Chaetomorpha aerea*, la anémona *Oulactis concinnata* y el Artrópodo *Grapsus grapsus* (Tabla 3.5-25).

Tabla 3.5-25. Inventario de especies presentes en las cuatro campañas evaluadas.

Nº	Especies	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Organismos Sésiles					
Macroalgas					
1	Complejo ceramiales				+
2	<i>Chaetomorpha aerea</i>		+	+	+
3	<i>Chaetomorpha firma</i>		+		
4	<i>Chondrus canaliculatus</i>		+	+	+
5	<i>Colpomenia sp.</i>	+	+	+	+
6	<i>Corallina officinalis</i>	+	+	+	+
7	Crustosa café	+	+	+	+
8	Corallina indeterminada	+	+	+	+
9	<i>Dyctiota kuntii</i>	+	+	+	+
10	<i>Endarachne sp.</i>	+	+	+	+
11	<i>Gelidium sp.</i>	+	+	+	+
12	<i>Hildenbrandia sp.</i>	+	+	+	+
13	<i>Lessonia berteriana*</i>	+	+	+	+
14	<i>Montemaria horridula</i>		+		
15	<i>Peysonea sp.</i>	+	+		
16	<i>Polysiphonia sp.</i>	+	+	+	+
17	<i>Pyropia columbina*</i>	+	+	+	+
18	<i>Ralfsia sp.</i>		+	+	+
19	<i>Ulva sp.</i>	+	+	+	+
20	<i>Ulvella sp.</i>	+	+	+	+

Nº	Especies	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Porifera					
21	Porífera indet. 1	+	+	+	+
22	Porífera indet. 2	+	+	+	+
Mollusca					
23	<i>Brachidontes granulatus</i>		+		
24	<i>Perumytilus purpuratus</i>	+	+	+	+
25	<i>Semimytilus</i> sp.		+		
Anellida					
26	<i>Pragmatopoma</i> sp.	+	+		+
27	<i>Romanchella</i> sp.	+	+		
Arthropoda					
28	<i>Austromegabalanus psittacus</i> *	+	+		
29	<i>Balanus</i> sp.		+	+	+
30	<i>Jehlius cirratus</i>	+	+	+	+
31	<i>Notobalanus flosculus</i>	+	+	+	+
32	<i>Notochthamalus scabrosus</i>	+	+	+	+
Chordata					
33	<i>Aplidium peruvianum</i>		+	+	+
34	<i>Pyura chilensis</i> *	+	+		
Organismos móviles					
Cnidaria					
35	<i>Anemonia alicemartinae</i>	+	+	+	+
36	<i>Anthothoe chilensis</i>		+	+	+
37	<i>Anthopleura hermaphroditica</i>				+
38	<i>Bunodactis</i> sp.		+	+	+
39	<i>Cereus herpetodes</i>	+	+	+	+
40	<i>Oulactis concinnata</i>	+	+	+	+
41	<i>Phymactis papillosa</i>	+	+	+	+
42	<i>Phymanthea pluvia</i>	+	+	+	+
Mollusca					
43	<i>Acanthopleura echinata</i>	+	+	+	+
44	<i>Austrolittorina araucana</i>	+	+	+	+
45	<i>Chiton cumingsii</i>	+	+		
46	<i>Chiton granosus</i>	+	+	+	+
47	<i>Chiton</i> sp.	+	+	+	+
48	<i>Concholepas concholepas</i> *	+	+		
49	<i>Echinolittorina peruviana</i>	+	+	+	+
50	<i>Enoplochiton niger</i>		+	+	+
51	<i>Fissurella crassa</i> *	+	+	+	+
52	<i>Fissurella maxima</i> *		+		
53	<i>Fissurella</i> sp.	+	+	+	+
54	<i>Lottia orbigny</i>	+	+	+	+

Nº	Especies	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
55	<i>Nacella clypeater</i>	+	+	+	+
56	<i>Prisogaster niger</i>	+	+	+	+
57	<i>Scurria araucana</i>	+	+	+	+
58	<i>Scurria ceciliana</i>	+	+	+	+
59	<i>Scurria plana</i>		+	+	+
60	<i>Scurria parasitica</i>		+		
61	<i>Scurria</i> sp.	+	+	+	+
62	<i>Scurria variabilis</i>	+	+	+	+
63	<i>Scurria viridula</i>	+	+	+	+
64	<i>Siphonaria lessoni</i>	+	+	+	+
65	<i>Tegula atra</i>	+	+	+	+
66	<i>Tonicia</i> sp.	+	+		
Arthropoda					
67	<i>Acanthocyclus gayi</i>	+	+	+	+
68	<i>Grapsus grapus</i>		+	+	+
69	<i>Leptograpsus variegatus</i>		+	+	+
70	<i>Liopetrolisthes mitra</i>		+		
71	<i>Petrolisthes</i> sp 1	+	+		
72	<i>Petrolisthes</i> sp 2		+		
73	<i>Petrolisthes tuberculatus</i>		+		
74	<i>Petrolisthes violaceus</i>		+	+	+
75	<i>Taliepus dentatus</i>	+	+		
76	<i>Trombidium</i> sp.	+	+		
Echinodermata					
77	<i>Athyonidium chilensis</i> *	+	+	+	+
78	<i>Heliaster helianthus</i>	+	+	+	+
79	<i>Loxechinus albus</i> *	+	+	+	+
80	<i>Patiria chilensis</i>	+	+	+	+
81	<i>Stichaster striatus</i>	+	+	+	+
82	<i>Tetrapygyus niger</i>	+	+	+	+
Chordata					
83	<i>Sicyases sanguineus</i>		+		

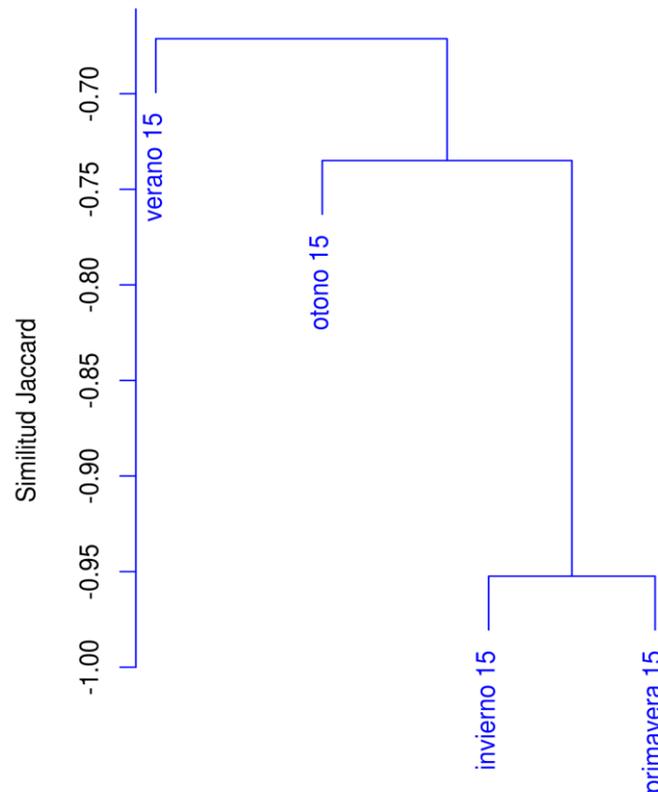
Nota: (+) indica la presencia de cada especie (valores acumulados para el total de transectos)

(*) Indica las especies de interés comercial presentes en el intermareal rocoso.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de clasificación jerárquica basado en el índice de Jaccard se observó que las campañas de invierno y primavera presentaron una mayor similitud en cuanto a la composición taxonómica, con aproximadamente un 95% de similitud (Figura 3.5-24), porcentaje calificado como muy alto según Bloom (1981).

Figura 3.5-24. Análisis de clasificación jerárquica basado en el índice de Jaccard (Presencia/ausencia), obtenido del inventario integrado de especies para las cuatro campañas estacionales.



Fuente: Elaboración propia.

e) Evaluación de la Comunidad (Índices ecológicos)

En términos de riqueza (S), la campaña de otoño fue la que presentó el mayor número de especies, promediando $28,5 \pm 4,9$ especies, y la campaña de primavera con la menor riqueza con un valor promedio de $22,8 \pm 3,0$ taxones. En términos estadísticos se observan diferencias significativas entre las campañas (ANDEVA: $F_{(3, 40)}=3,097$, $P = 0,0374$), siendo la campaña de otoño la que difiere del resto, registrando un descenso significativo en la riqueza de especies entre el periodo de otoño y primavera (TUKEY: $P = 0,0286$; Tabla 3.5-26, Figura 3.5-25 y Tabla 3.5-27.).

El índice de diversidad de Shannon (H') registró en verano un promedio de $1,79 \pm 0,5$, en otoño $1,93 \pm 0,3$, en invierno $1,82 \pm 0,3$ y en primavera $1,98 \pm 0,3$, sin diferencias significativas entre campañas (ANDEVA: $F_{(3, 40)}=0,665$, $P = 0,579$; Tabla 3.5-26, Figura 3.5-25 y Tabla 3.5-27.).

El índice de equidad de Pielou (J') registró en verano un promedio de $0,57 \pm 0,2$, en otoño $0,58 \pm 0,1$, en invierno $0,57 \pm 0,1$ y en primavera $0,63 \pm 0,1$. Para este indicador tampoco se observaron diferencias significativas entre campañas (ANDEVA: $F_{(3, 40)}=0,7$, $P = 0,557$; Tabla 3.5-26, Figura 3.5-25 y Tabla 3.5-27.).

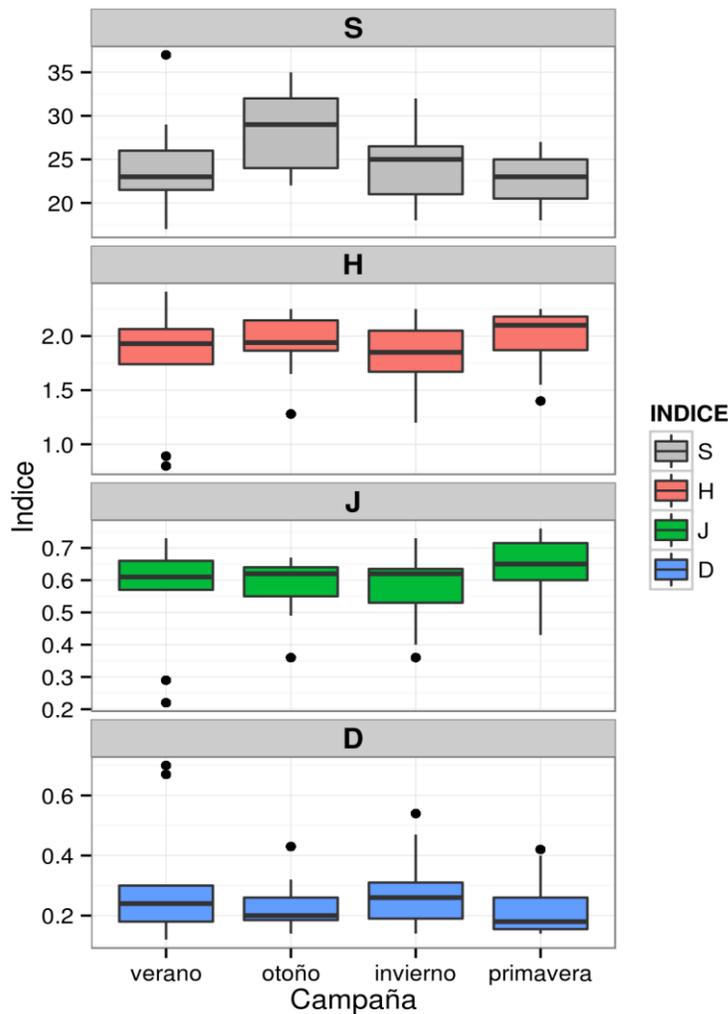
El índice de dominancia de Simpson (D) registró en verano un promedio de $0,30 \pm 0,2$, en otoño $0,23 \pm 0,1$, en invierno $0,28 \pm 0,1$ y en primavera $0,23 \pm 0,1$. Al igual que para la equidad y diversidad no se registraron diferencias significativas entre campañas (ANDEVA: $F_{(3, 40)}=0,74$, $P=0,534$; Tabla 3.5-26, Figura 3.5-25 y Tabla 3.5-27.).

Tabla 3.5-26. Índices Ecológicos promedio (S, H', J' y D) calculado para organismos sésiles y móviles por cada campaña de muestreo.

Índices	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	\bar{x}	DS		DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Riqueza de especies (S)								
Sésiles	13,82	2,04	13,87	2,28	14,18	2,36	14,82	1,66
Móviles	10,55	3,45	11,58	3,47	10,27	3,44	8,00	2,72
Riqueza total	24,36	5,33	25,45	4,91	24,45	4,55	22,82	3,03
Diversidad (H')								
Sésiles	1,81	0,24	1,72	0,19	1,86	0,24	2,00	0,14
Móviles	0,80	0,29	0,88	0,31	0,87	0,44	0,65	0,52
Total (sésiles y móviles)	1,79	0,51	1,80	0,28	1,82	0,32	1,98	0,28
Equidad (J')								
Sésiles	0,69	0,10	0,65	0,05	0,70	0,08	0,75	0,07
Móviles	0,35	0,13	0,37	0,12	0,38	0,19	0,34	0,28
Total (sésiles y móviles)	0,57	0,17	0,56	0,09	0,57	0,11	0,64	0,11
Dominancia (D)								
Sésiles	0,23	0,09	0,23	0,04	0,21	0,06	0,19	0,05
Móviles	0,60	0,16	0,54	0,15	0,59	0,22	0,71	0,26
Total (sésiles y móviles)	0,30	0,20	0,26	0,08	0,28	0,13	0,24	0,10

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-25. Comparación estacional de los descriptores comunitarios promedio (\pm DS) para las campañas estacionales 2015. Riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon (H'), índice de equidad de Pielou (J') e índice de dominancia de Simpson (D).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-27. Resultados del ANDEVA aplicado a los descriptores comunitarios, en el modelo se incluye las diferentes campañas realizadas como fuente de variación. Se reporta la suma de cuadrados (SS), los grados de libertad (df), cuadrados medios (MS), estadístico (F) y la probabilidad asociada (p).

Índices	Fuente de variación	SS	df	MS (Varianza)	F	P
Riqueza de especies (S)	Campañas	191,3	3	63,78	3,097	0,0374*
Diversidad de Shannon (H')	Campañas	0,260	3	0,09	0,665	0,579
Equidad de Pielou (J')	Campañas	0,03	3	0,01056	0,7	0,557
Dominancia de Simpson (D)	Campañas	0,04	3	0,01349	0,74	0,534

Fuente: Elaboración propia

f) Evaluación de la comunidad intermareal del Sector Lanzadera.

Durante la campaña de primavera se incorporó al estudio el Sector Lanzadera que fue evaluado mediante dos transectos (ID-LN e ID-LS), ubicados de forma perpendicular a la línea de costa incluyendo desde la zona por sobre la más baja altura de marea.

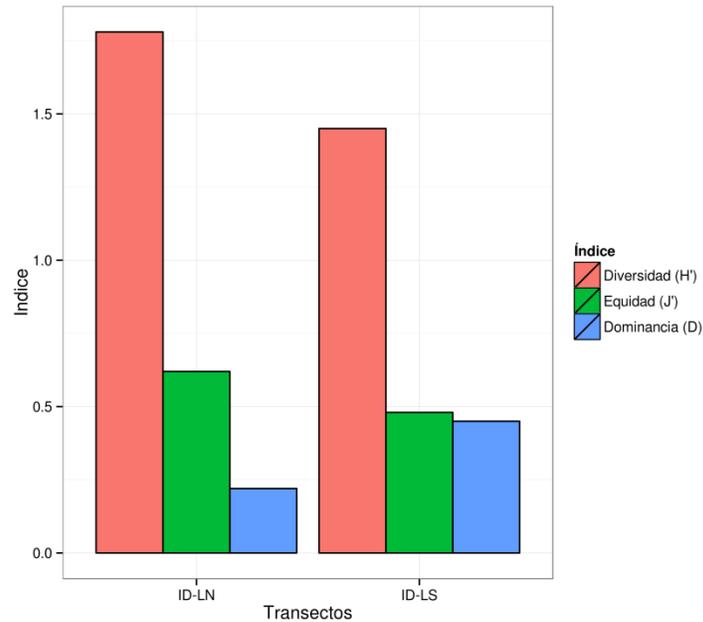
En ambos transectos (ID-LN e ID-LS), la riqueza específica fue similar con 18 y 20 especies, respectivamente. Sin embargo, se observó una mayor diversidad (H') total en el transecto ID-LN ($H' = 1,78$ y $1,45$ para ID-LS, respectivamente). Del mismo modo, en el transecto ID-LN se obtuvo el mayor índice de equidad ($J' = 0,62$), y la menor dominancia ($D = 0,22$; Tabla 3.5-28; Figura 3.5-26).

Tabla 3.5-28. Índices Ecológicos (riqueza específica, diversidad de Shannon, equidad y dominancia) calculado para los grupos sésiles y móviles y total para los 2 transectos intermareales evaluados en el sector lanzadera, primavera del 2015.

Índices	ID-LN	ID-LS
Riqueza de especies (S)		
Sésiles	13	14
Móviles	5	6
Riqueza total	18	20
Diversidad (H')		
Sésiles	1,67	2,26
Móviles	1,29	0,09
Total (sésiles y móviles)	1,78	1,45
Equidad (J')		
Sésiles	0,65	0,86
Móviles	0,8	0,05
Total (sésiles y móviles)	0,62	0,48
Dominancia (D)		
Sésiles	0,23	0,13
Móviles	0,35	0,97
Total (sésiles y móviles)	0,22	0,45

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-26. Índices ecológicos para el sector lanzadera (ID-LN e ID-LS) basado en transectos intermareales evaluados en la campaña de primavera del 2015.



Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2.2 Análisis espacio-temporal (por transectos)

A continuación se presenta una descripción de la información levantada en los once transectos de evaluación durante las cuatro campañas de monitoreo. A su vez se muestran comparaciones desde una perspectiva espacio temporal entre los transectos de mayor cercanía al sector donde se proyecta la instalación del muelle (ID-7, ID-8 e ID-9) y los localizados al norte y sur de estos (ID-1 a ID-6 e ID-10 a ID-11, respectivamente). Para efectos de simplificar la redacción del escrito al área donde se encuentran los transectos ID-7, ID-8 e ID-9 se le denomina Sector Muelle (Figura 3.5-26 y Figura 3.5-27)

Durante las cuatro campañas de monitoreo y en los once transectos de evaluación como parte de los organismos sésiles más abundantes se registró a las algas incrustantes *Hildenbrandia* sp., *Corallina* indeterminada, *Crustosa* café y *Ulvella* sp., y en menor cantidad de transectos a los cirrípedos *Jehlius cirratus* y *Notochthamalus scabrosus*. Por su parte, dentro de los invertebrados móviles con mayores densidades promedio se registró a los pequeños gasterópodos *Austrolittorina araucana* y *Echinolittorina peruviana*. El detalle de registros promedios de cada transecto y campaña se presentan en la Tabla 2 del Anexo 3.5-3.

En el área de estudio y a lo largo de la mayor parte de las campañas se registró la presencia de nueve especies de interés comercial, específicamente; *Lessonia berteriana*, *Pyropia columbina*, *Austromegabalanus psittacus*, *Pyura chilensis*, *Concholepas*, lapas (*Fissurella crassa* y *Fissurella maxima*), *Athyonidium chilensis* y *Loxechinus albus*. En los transectos del Sector Muelle se encontraron ausente *A. psittacus*, *Concholepas* y *Fissurella maxima* (Tabla 2 del Anexo 3.5-3).

Parte de los recursos de interés comercial registrados en el área de estudio en la actualidad se encuentran bajo medidas de administración pesquera, entre ellos; el cierre de inscripción de pescadores aplicados a *L. berteroana* (Res. Ex. 311 del 3 febrero de 2015) y *C. concholepas* (Res. Ex. 1.811 de 18 de julio de 2013); Talla mínima de extracción aplicados a *L. berteroana* (Res. Ex. 3.837 de 30 de septiembre de 2010), *L. albus* (D.S. N° 281 de 30 de septiembre de 1987), lapas (Res. Ex. 248 de 7 de febrero de 1996), *C. concholepas* (Res. Ex. 1.754 de 8 de julio de 2008); y Veda de extracción aplicable a *L. albus* (D.S. N° 281 de 30 de septiembre de 1987) y *C. concholepas* (D. Ex. 344 de 4 de abril de 2012). Además, cabe señalar que ninguno de los recursos pesqueros presentes en el área de estudio, y ninguno de las especies restantes se encuentran dentro de alguna categoría de conservación.

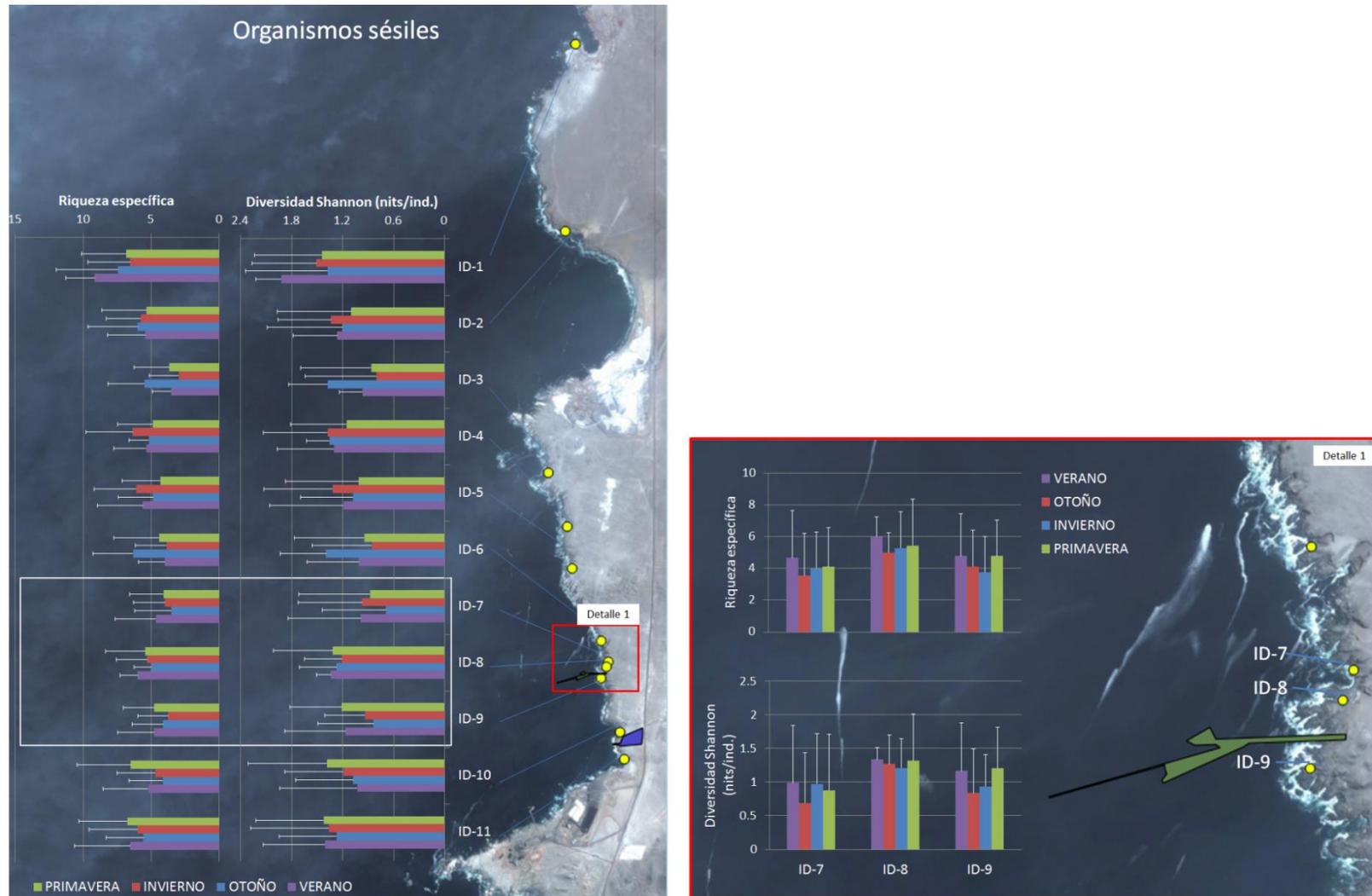
La riqueza específica y diversidad de organismos sésiles de las campañas de verano, invierno y primavera mostraron una tendencia consistente en que los registros promedios de ambos índices alcanzaron las magnitudes superiores en el transecto ID-1, mientras que los inferiores correspondieron a ID-3. En otoño este grupo de organismos también registro la mayor riqueza específica en ID-1 y la mayor diversidad en ID-6 (Tabla 3.5-29, Figura 3.5-26 y Figura 3.5-27). Los invertebrados móviles no mostraron esta tendencia, debido a que los mayores registros de estos índices no se asociaron a un sector del área de estudio en particular. Sin embargo, los menores registros durante la mayor parte de las campañas (verano, otoño y primavera), se registraron en uno de los transectos localizados en el Sector Muelle (ID-8; Tabla 3.5-29, Figura 3.5-26 y Figura 3.5-27).

Tabla 3.5-29.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.

Estación	VERANO				OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA			
	Riqueza específica		Diversidad		Riqueza específica		Diversidad		Riqueza específica		Diversidad		Riqueza específica		Diversidad	
	X	DS	X	DS												
Organismos sésiles																
ID-1	9,17	2,14	1,92	0,30	7,44	4,56	1,38	0,96	6,56	3,13	1,51	0,76	6,86	3,29	1,45	0,79
ID-2	5,44	2,79	1,26	0,52	6,00	3,66	1,20	0,89	5,78	2,54	1,34	0,62	5,33	3,32	1,10	0,87
ID-3	3,56	1,33	0,97	0,27	5,50	2,67	1,38	0,46	3,00	2,14	0,80	0,83	3,67	2,60	0,86	0,83
ID-4	5,38	2,39	1,30	0,67	5,17	1,47	1,36	0,27	6,38	3,42	1,38	0,75	4,89	2,57	1,15	0,66
ID-5	5,63	3,34	1,19	0,86	4,88	2,53	1,08	0,61	6,11	3,10	1,32	0,81	4,33	2,83	1,01	0,86
ID-6	4,00	1,91	1,01	0,61	6,33	2,94	1,40	0,53	3,88	2,30	0,86	0,70	4,44	3,32	0,95	0,82
ID-7	4,67	3,00	0,99	0,85	3,56	2,65	0,69	0,75	4,00	2,31	0,97	0,75	4,11	2,47	0,88	0,84
ID-8	6,00	1,26	1,34	0,17	5,00	1,26	1,27	0,43	5,29	2,29	1,21	0,44	5,44	2,92	1,32	0,69
ID-9	4,78	2,68	1,16	0,71	4,13	2,30	0,84	0,66	3,75	2,25	0,94	0,47	4,78	2,28	1,21	0,61
ID-10	5,22	3,31	1,03	0,91	4,14	2,48	1,08	0,68	4,71	2,81	1,19	0,69	6,50	3,96	1,38	0,93
ID-11	6,56	4,10	1,41	0,73	5,57	2,76	1,27	0,67	6,00	3,55	1,36	0,92	6,75	3,58	1,42	0,80
Organismos móviles																
	X	DS	X	DS												
ID-1	2,67	0,71	0,73	0,29	3,56	1,24	0,80	0,37	1,22	0,67	0,08	0,24	2,29	1,60	0,46	0,64
ID-2	2,38	1,06	0,49	0,35	3,56	1,24	0,80	0,51	1,56	0,73	0,25	0,30	1,88	0,83	0,49	0,45
ID-3	2,67	1,58	0,51	0,48	2,89	2,57	0,54	0,53	2,11	0,78	0,33	0,31	2,38	1,19	0,67	0,50
ID-4	2,38	1,19	0,63	0,57	3,89	2,15	0,61	0,61	3,44	1,59	0,79	0,51	2,00	0,87	0,47	0,43
ID-5	3,67	1,94	0,72	0,66	4,44	1,59	0,79	0,45	3,44	2,30	0,61	0,53	2,50	1,60	0,52	0,61
ID-6	1,89	0,93	0,40	0,44	3,56	3,00	0,65	0,77	2,00	1,12	0,51	0,54	1,33	0,82	0,17	0,42
ID-7	2,71	1,50	0,66	0,58	2,67	1,80	0,69	0,66	2,00	0,82	0,46	0,38	2,00	1,00	0,37	0,44
ID-8	1,63	0,52	0,38	0,33	1,67	0,87	0,25	0,36	2,38	1,30	0,56	0,60	1,13	0,35	0,09	0,25
ID-9	2,75	0,89	0,68	0,29	1,89	0,60	0,46	0,32	2,33	1,22	0,60	0,52	1,33	0,52	0,21	0,33
ID-10	2,78	0,97	0,61	0,35	3,44	2,40	0,58	0,53	2,11	0,93	0,24	0,27	2,43	1,27	0,40	0,31
ID-11	4,00	2,35	0,73	0,58	2,13	0,64	0,36	0,21	2,00	1,12	0,37	0,45	1,56	0,73	0,09	0,21

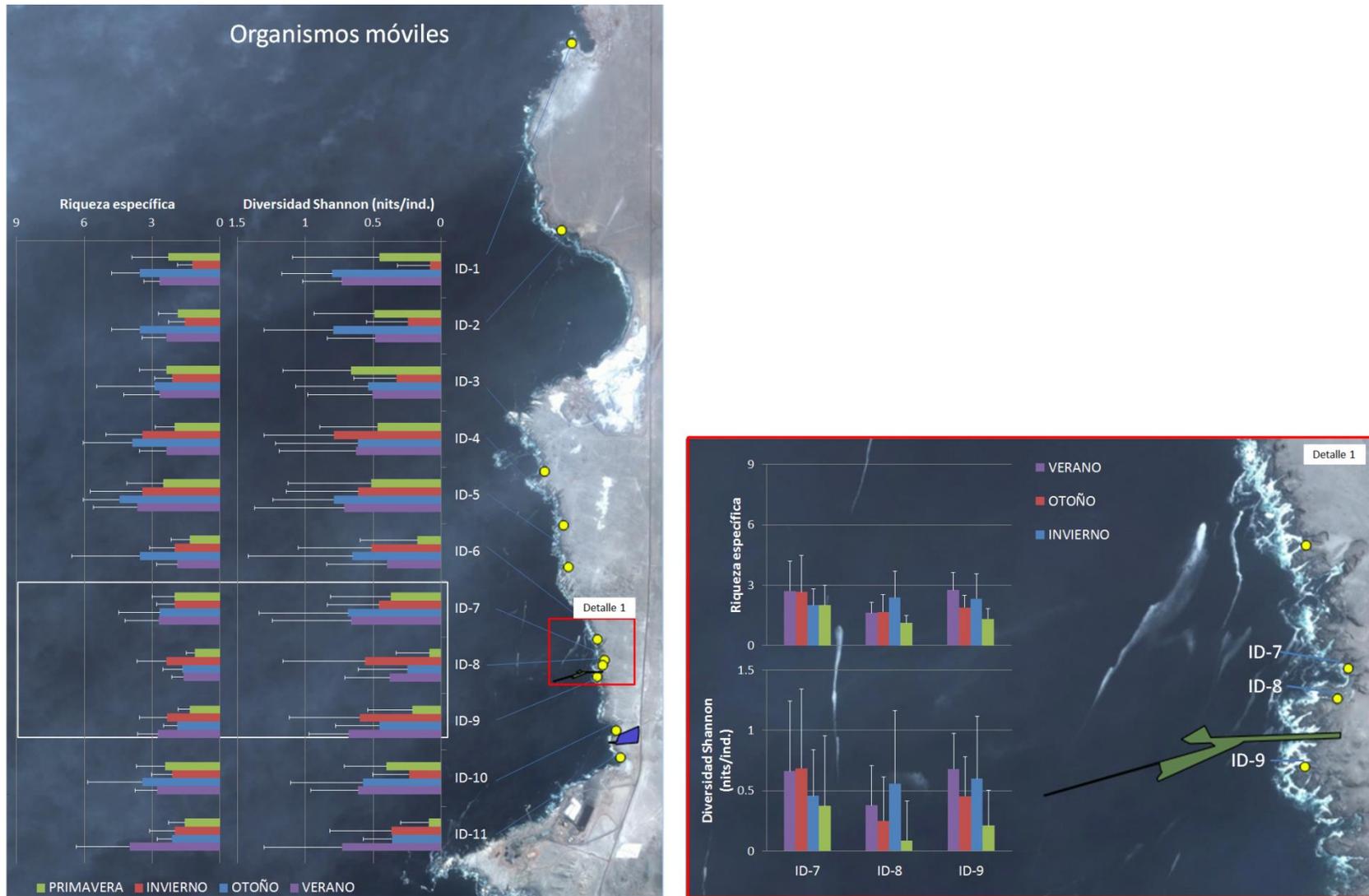
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-27.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-28.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.

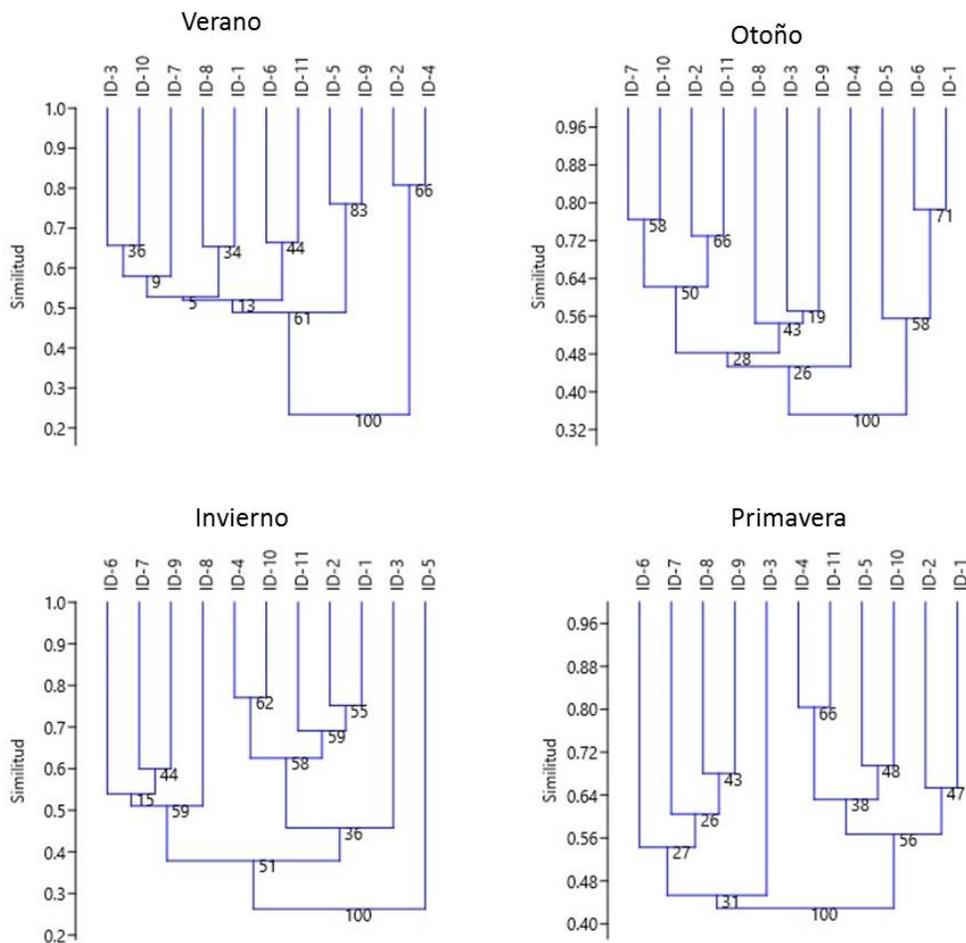


Fuente: Elaboración propia

El análisis de clasificación (dendrograma) correspondiente a cada una de las campañas mostró la ausencia de asociaciones con un mayor grado de similitud entre transectos cercanos espacialmente, por lo que no existen tendencias en el gradiente latitudinal del área de estudio. La mayor parte de las estaciones existentes tuvieron porcentajes de similitud entre bajo y alto según la escala propuesta por Bloom (1981). Según esta misma escala en verano se encontró una asociación entre ID-4 e ID-2 de similitud muy alta, situación que se repitió en primavera entre ID-4 e ID-11 (Figura 3.5-29).

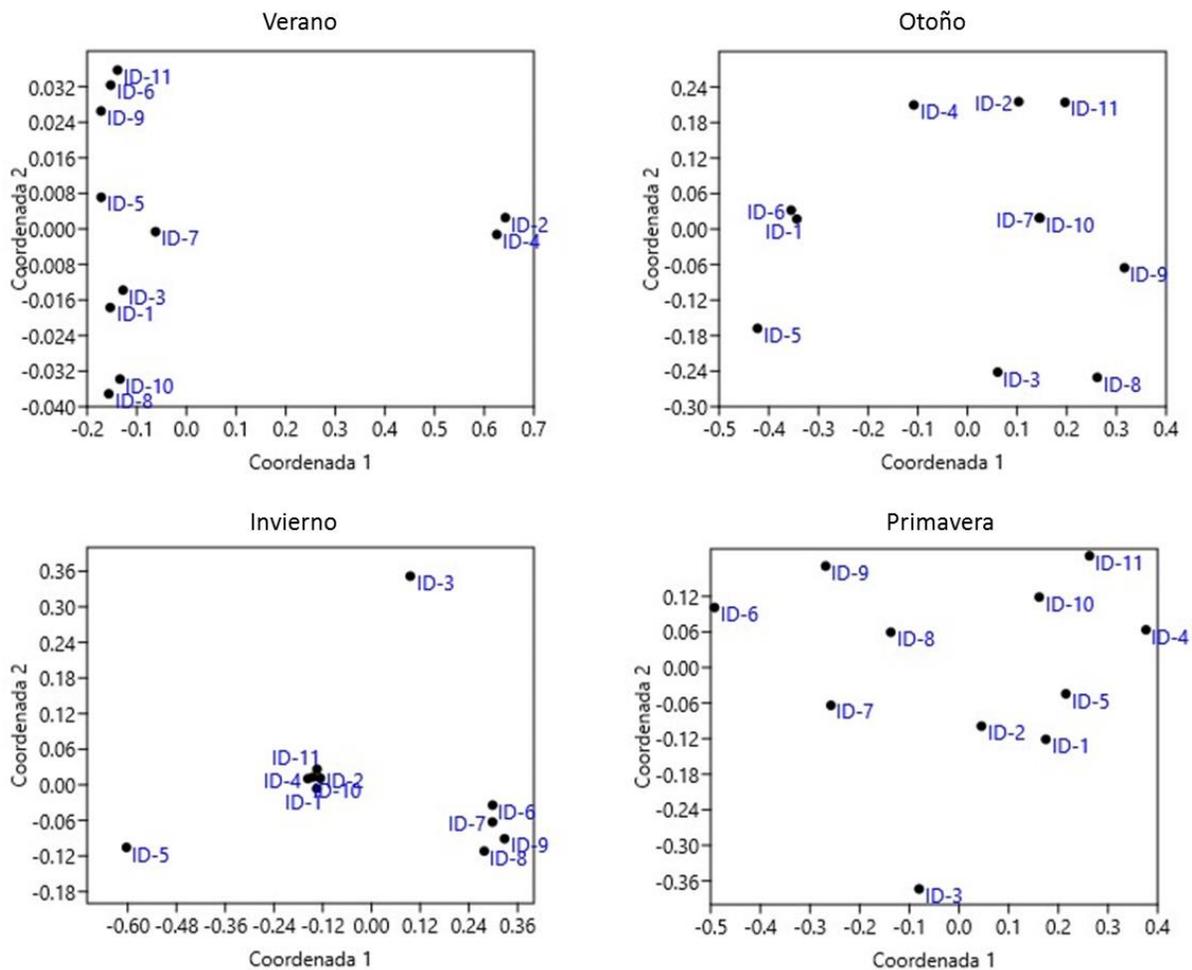
El análisis de ordenación (NMDs) mostró una condición similar a la descrita en el párrafo anterior, donde igualmente se nota la falta de una tendencia en la escala espacial (entre transectos) y temporal (entre campañas) del área de estudio (Figura 3.5-30). En las cuatro campañas el análisis presentó un nivel de *stress* que se encontró en la categoría de ser Potencialmente útil con riesgo de una interpretación errónea (Clarke & Warwick, 2001).

Figura 3.5-29. Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-30. Análisis de ordenamiento (NMDS) basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

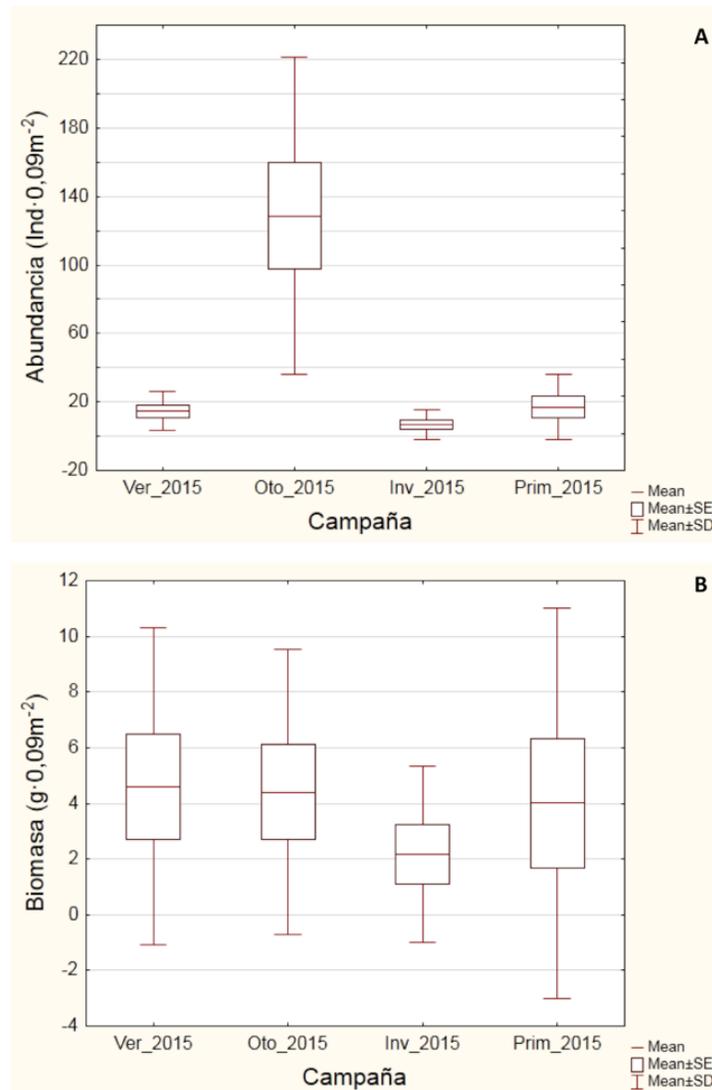
3.5.6.3 Comunidades bentónicas intermareales de fondos blandos

3.5.6.3.1 Comparación de las abundancias y biomásas entre campañas

El análisis de las abundancias y biomásas registradas en la comunidad bentónica intermareal de fondos blandos presentó algunas restricciones: 1) se eliminaron algunos de los transectos considerados originalmente en la campaña de verano (con la finalidad de estandarizar a un total de 3 transectos por playa); 2) se eliminó del análisis la playa Patillo (por la ausencia de sedimentos blandos) y; 3) las estimaciones de abundancia y biomasa utilizadas en el análisis corresponden a la suma de la totalidad de las muestras obtenidas con el muestreador tipo *core* analizados por transectos, por lo que los resultados en lugar de estar expresados en unidad de superficie de 0,01m² están expresado en 0,09m², y se consideró como réplicas cada uno de los transectos.

La comparación entre campañas mostró las mayores abundancias promedio de la macrofauna durante la campaña de otoño. Las campañas de verano, primavera e invierno mostraron valores similares de abundancia (Figura 3.5-31A). En el caso de la biomasa la tendencia es distinta, pues las campañas de verano y otoño del 2015 presentan valores de biomasa similares, observándose un descenso de esta hacia la campaña de invierno del 2015 y luego un ligero incremento en la campaña de primavera del 2015 (Figura 3.5-31B).

Figura 3.5-31. Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de las macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos en el área costera de evaluación por campaña de evaluación.



Nota: La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar.

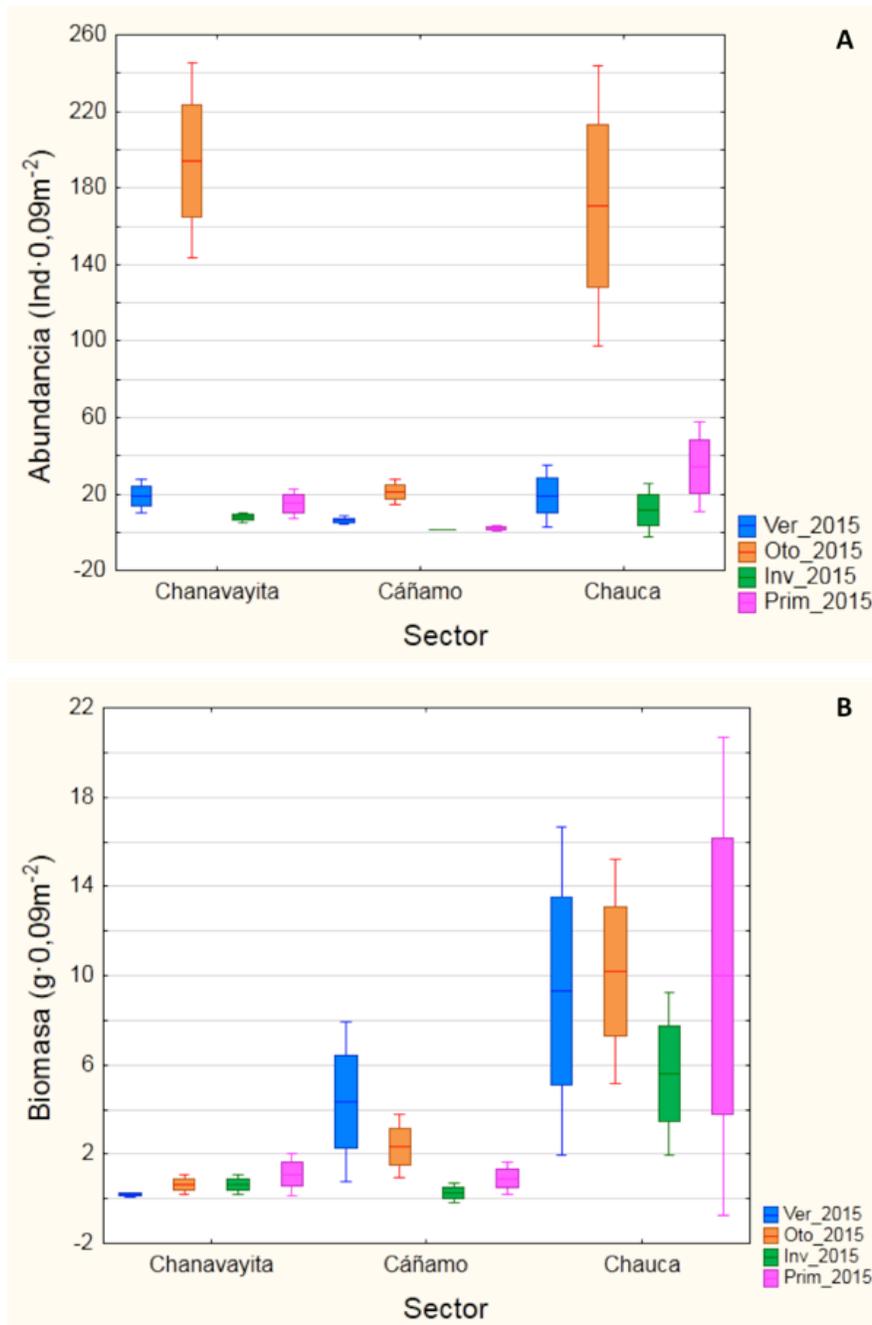
Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis también indicaron que en la campaña de otoño se registraron las mayores abundancias promedio en las playas de Chanavayita y Chauca (Figura 3.5-32A). Esta tendencia estaría relacionada con la presencia de *Emerita analoga* y *Excirrolana braziliensis* en la campaña de otoño. Además, en algunos transectos emplazados en playa Chauca se observaron elevadas abundancias de *Saccocirrus sonomacus*, Oligoquetos Tubificidae y Nematoda. Las abundancias promedios estimadas en las playas de Chanavayita y Chauca fueron significativamente mayores a las registradas en el resto de las playas monitoreadas (ANDEVA de 2-vías: $F_{(6, 24)}=5,6206$, $p=0,00092$).

Por otra parte, los resultados indicaron que playa Chauca mantuvo los mayores valores promedios de biomasa, independientemente de la campaña de monitoreo (Figura 3.5-32B). Esta tendencia fue producto de la alta abundancia de *E. analoga* registrada en esta playa. Cabe destacar que *E. analoga* presentó una alta variabilidad espacial en el monitoreo de primavera (entre transectos), lo que explica la alta desviación estándar observada en la representación gráfica de los resultados (Figura 3.5-32B).

A pesar de las tendencias observadas, el análisis de ANDEVA 2-vías considerando la interacción de los factores Campaña*Sectores, no revela diferencias significativas (ANDEVA 2-vías: $F_{(6, 24)}=0,85636$; $p=0,54028$).

Figura 3.5-32. Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos, por sector y campaña de muestreo



Nota: La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-30. Resultados ANDEVA de dos vías aplicado a las abundancias de macroinvertebrados

Campaña	Sector	Ab promedio	Grupos Homogéneos				
			1	2	3	4	5
Inv_2015	Cáñamo	1		*			
Prim_2015	Cáñamo	1,33		*	*		
Ver_2015	Cáñamo	2,49	*	*	*		
Inv_2015	Chanavayita	2,74	*	*	*		
Inv_2015	Chauca	3,01	*	*	*		
Prim_2015	Chanavayita	3,79	*		*	*	
Ver_2015	Chauca	4,11	*			*	
Ver_2015	Chanavayita	4,27	*			*	
Oto_2015	Cáñamo	4,58	*			*	
Prim_2015	Chauca	5,61				*	
Oto_2015	Chauca	12,87					*
Oto_2015	Chanavayita	13,85					*

Nota: El modelo incluye los factores campaña y sector como fuentes de variación. Se reportan resultados por factor y la interacción de ambos ($P < 0,05$, *diferencias significativas).

Fuente: Elaboración propia

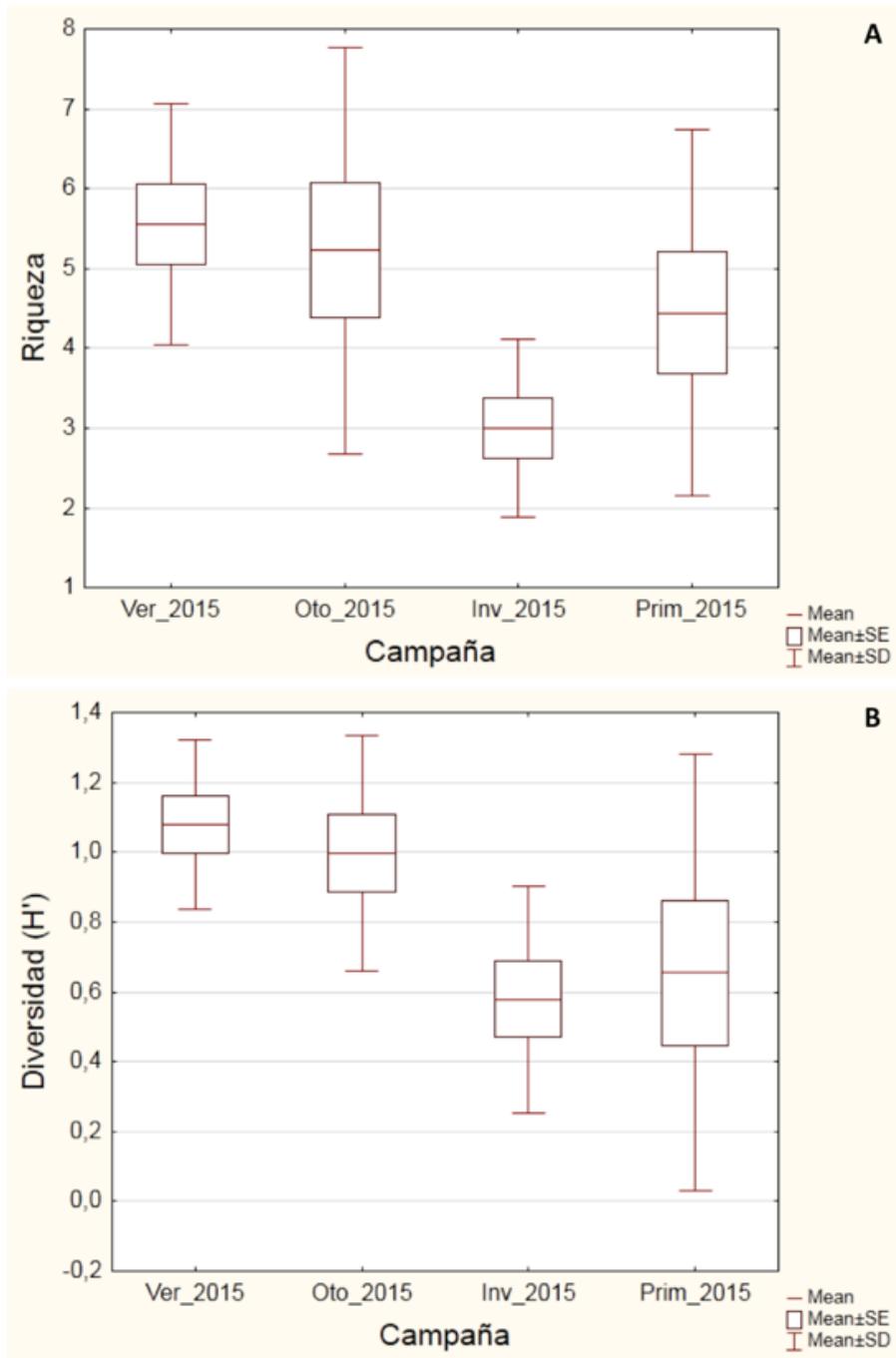
3.5.6.3.2 Riqueza y Diversidad específica entre campañas

Los resultados del análisis sobre la riqueza y diversidad específica de la macrofauna observada en el área costera de evaluación mostraron una variabilidad estacional de estos índices ecológicos. Se registró el mayor promedio en la campaña de verano $5,5 \pm 1,5$ y el menor promedio se registró en la campaña de invierno (3 ± 1 especie/campaña; Figura 3.5-33A), probablemente asociado a la estacionalidad. El índice ecológico de diversidad mostró similar tendencia es decir se registraron los mayores valores en verano y los menores en la campaña de invierno (Figura 3.5-33B).

Al analizar la información integrada por playa/sector y por campaña de muestreo, se observó en términos generales que la mayor riqueza específica está asociada a playa Chanavayita, luego a playa Cáñamo y por último Playa Chauca (Figura 3.5-34A). En relación a todas las playas analizadas, el menor valor de riqueza específica fue en la campaña de invierno (Figura 3.5-34A). El análisis ANDEVA 2-vías (Campañas*Sectores) muestra que las tendencias observadas no presentan diferencias significativas (ANDEVA 2-vías: $F_{(6, 24)}=1,3333$; $p=0,28113$).

En relación al índice de diversidad, los resultados mostraron una menor diversidad de especies en las campañas de invierno para todas las playas analizadas. Sin embargo, este descenso es más marcado en playa Chauca, donde se registra la menor diversidad asociada a la campaña de primavera (Figura 3.5-34B). Los mayores valores de diversidad se encuentran asociados a las campañas verano, otoño y primavera en el sector Chanavayita (Figura 3.5-34B). Las tendencias observadas en la interacción de los factores Campaña*Sectores no son significativas (ANDEVA 2-vías: $F_{(6, 24)}=0,99349$, $p=0,45197$).

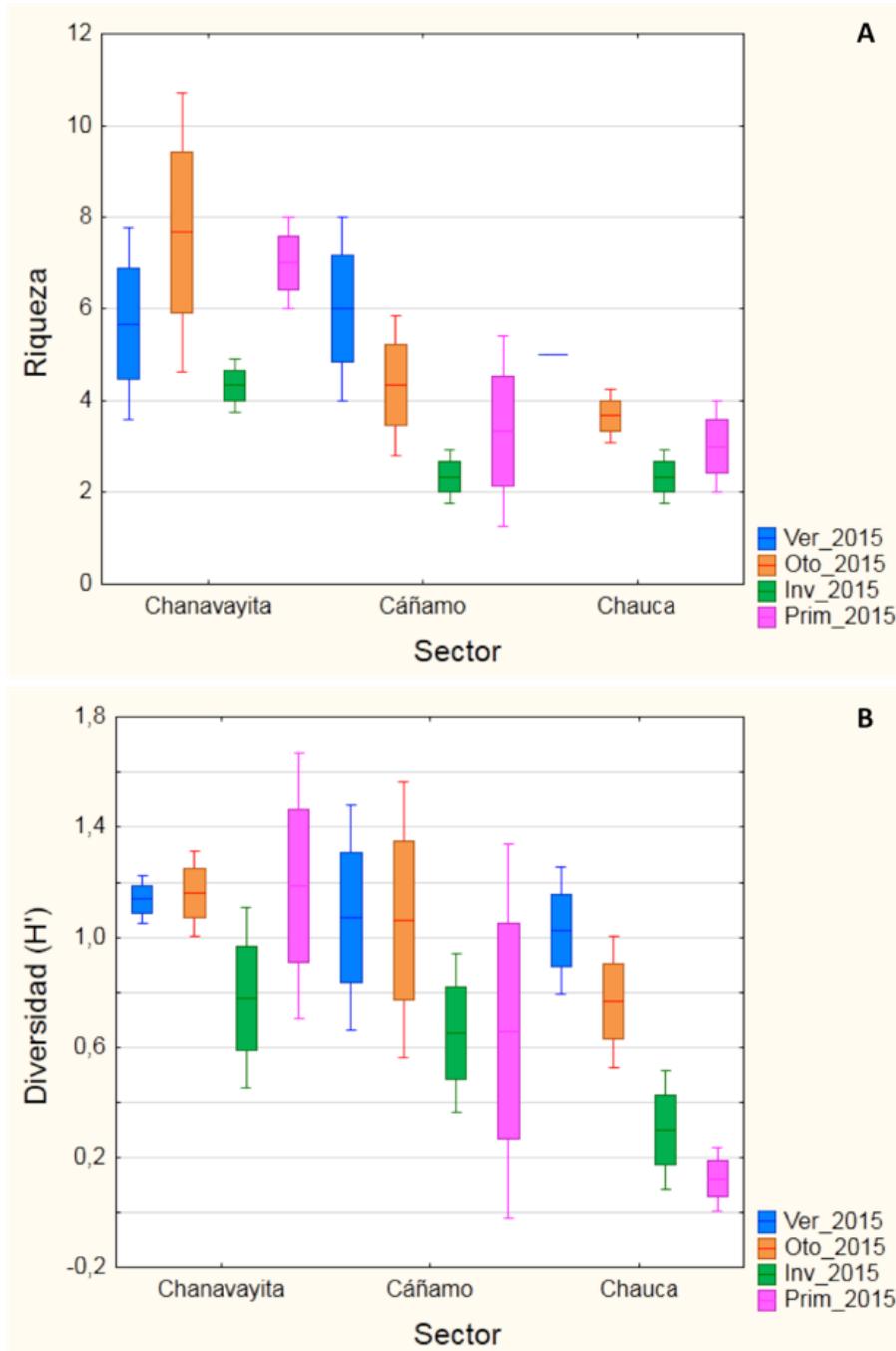
Figura 3.5-33. Riqueza (A) y Diversidad de especies (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos por campaña de muestreo.



Nota: La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5-34. Riqueza (A) y Diversidad de especies (B) promedio de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondos blandos, por sector y campaña de muestreo.



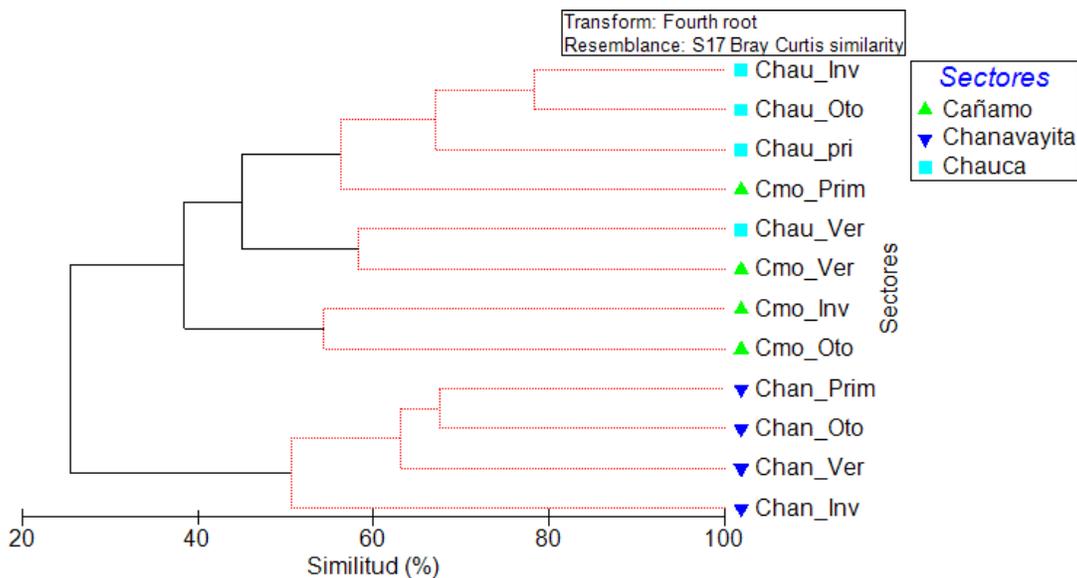
Nota: La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.3.3 Análisis de clasificación

El análisis de clasificación jerárquico que incluye la variabilidad espacial y temporal del sistema de estudio, mostró un alto nivel de similitud en la composición de la comunidad en cada uno de los sectores y campañas de muestreo (Figura 3.5-35). El sector Chanavayita agrupó las cuatro campañas de monitoreo, sugiriendo que mantiene una composición comunitaria estable e indicativa de una condición sitio-específica, pesar de las diferencias estacionales observadas (Figura 3.5-35). Por otra parte, el sector Chauca forma una agrupación que incluye las campañas de invierno, otoño y primavera, uniéndose a este grupo el sector Cáñamo, campaña de primavera (Figura 3.5-35). De manera similar, se observa que durante la campaña de verano se agrupan los sectores de Chauca y Cáñamo (Figura 3.5-35). La mayor variabilidad estacional se observa en las mediciones realizadas en el sector Cáñamo (Figura 3.5-35).

Figura 3.5-35. Análisis de clasificación jerárquica de la macrofauna que compone la comunidad intermareal de fondo blando por campaña y sector de muestreo

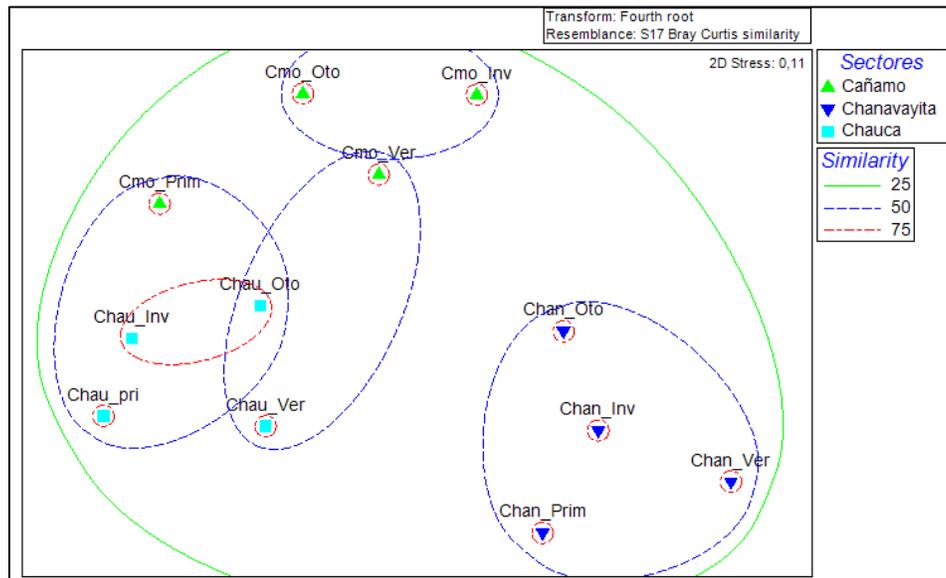


Nota: En rojo se muestran los grupos que son significativos, con un 95% de confianza (Test SIMPROF).
 Fuente: Elaboración propia

3.5.6.3.4 Análisis de Ordenación por Estaciones y campañas de muestreo

Los resultados del análisis nMDS son similares a lo observado en el análisis de conglomerados. Se observa que en el sector Chanavayita se agruparon las cuatro campañas con un índice de similitud superior al 50% (Figura 3.5-36). Se pudo verificar también una agrupación formada por las campañas de otoño, invierno y primavera obtenidas en playa Chauca, las cuales se agrupan con los datos obtenidos desde el sector Cáñamo campaña de primavera. Dentro de este grupo se encuentra un subgrupo conformado por las campañas de otoño e invierno en el sector Chauca que presentó el mayor nivel de similitud, con un porcentaje superior al 75% (Figura 3.5-36). Cabe destacar que los diferentes sectores analizados mostraron un índice de similitud superior al 25%, independiente de la variabilidad estacional observada (Figura 3.5-36).

Figura 3.5-36. Ordenación espacial por análisis nMDS que incluye la matriz de abundancia relativa de la macrofauna intermareal de fondos blandos, por sector y campaña.



Fuente: Elaboración propia

3.5.6.4 Comunidades bentónicas submareales de fondos duros

3.5.6.4.1 Estructura comunitaria

Durante las cuatro campañas estacionales se observó un total de 103 especies, asociadas a 9 grupos taxonómicos (Figura 3.5-37; Tabla 3.5-31), entre los cuales el grupo Mollusca fue el de mayor representación. Además, los resultados indican que durante la campaña de verano se registró la mayor riqueza específica, representada por 79 especies, seguida de las campañas de invierno, otoño y primavera con 74, 68 y 67 especies, respectivamente.

Tabla 3.5-31. Listado de especies sésiles y móviles identificadas durante las cuatro campañas de evaluación.

Grupo	Especie	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Organismos sésiles (%)					
Algae	Complejo ceramiales	+	+	+	+
	<i>Corallina</i> sp.			+	
	Crustosa café	+	+		
	Corallinales indet.	+	+	+	+
	<i>Dictyota kunthii</i>	+		+	+
	<i>Endarachne</i> sp.			+	
	<i>Gelidium</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Halopteris</i> sp.			+	
	<i>Hildenbrandia</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Lessonia berteriana</i> *		+	+	+
	<i>Lessonia trabeculata</i> *	+	+	+	+

Grupo	Especie	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
	<i>Polysiphonia</i> sp.				+
	<i>Ralfsia</i> sp.	+	+	+	+
	Rhodophyta indeterminada	+	+		+
	<i>Rhodymenia corallina</i>	+	+	+	+
	<i>Rhodymenia skottsbergii</i>	+	+	+	+
	<i>Ulvella</i> sp.	+	+	+	+
Porifera	<i>Clionaopsis platei</i>			+	+
	Porífero indet. (amarilla)	+	+		+
	Porífero indet. (morada)		+		+
	Porífero indet. (salmón)	+	+	+	+
Mollusca	<i>Aulacomya ater</i> *	+	+	+	+
	<i>Chama pellucida</i>		+		
	<i>Choromytiluys chorus</i> *		+	+	+
Annelida	<i>Phragmatopoma</i> sp.	+	+	+	+
	Polychaeta tubicola indet.	+	+	+	+
	<i>Spirorbis</i> sp.	+	+		
Arthropoda	<i>Austromegabalanus psittacus</i> *	+	+	+	+
	<i>Balanus laevis</i>	+	+		+
	<i>Balanus</i> sp.	+	+	+	+
Ectoprocta	Bryozoa indet.	+	+	+	+
Chordata	<i>Aplidium peruvianum</i>	+	+	+	+
	<i>Pyura chilensis</i> *	+	+	+	+
Nº total de especies sésiles		24	27	25	27
Organismos móviles (ind/0,25m²)					
Cnidaria	<i>Anemonia alicemartinae</i>	+	+	+	+
	<i>Antholoba achates</i>	+	+	+	
	<i>Anthothoe chilensis</i>	+	+	+	
	Anthozoa indet. 1	+		+	
	Anthozoa indet. 2	+	+		
	Anthozoa indet. 3		+	+	+
	Anthozoa indet. 4			+	
	<i>Cereus herpetodes</i>	+	+	+	+
	<i>Corynactis</i> sp.	+		+	
	<i>Paranthus niveus</i>	+			
	<i>Phymactis papillosa</i>			+	
	<i>Phymanthea pluvia</i>	+	+	+	+
	<i>Renilla chilensis</i>	+			
Mollusca	<i>Acanthopleura echinata</i>	+	+	+	+
	Gastrópodo indeterminado		+		
	<i>Calyptraeta trochiformis</i>	+	+	+	
	<i>Chiton cumingsii</i>	+	+		+
	<i>Chiton</i> sp.	+			
	<i>Concholepas concholepas</i> *	+		+	

Grupo	Especie	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
	<i>Crassilabrum crassilabrum</i>	+	+	+	+
	<i>Crepidula dilatata</i>	+	+	+	+
	<i>Crepidula</i> sp.			+	
	<i>Diaulula variolata</i>		+		
	<i>Fissurella cumingii</i> *	+			+
	<i>Fissurella latimarginata</i> *	+	+	+	+
	<i>Fissurella peruviana</i> *	+	+	+	
	<i>Fissurella</i> sp.	+		+	+
	<i>Mitrella unifasciata</i>	+	+	+	+
	<i>Nassarius gayii</i>	+	+	+	+
	<i>Olivia peruviana</i>			+	
	<i>Priene rude</i>	+	+	+	+
	<i>Priene scabrum</i>	+	+	+	+
	<i>Prisogaster niger</i>				+
	<i>Rissoina inca</i>		+	+	
	<i>Scurria</i> sp.				+
	<i>Scurria plana</i>	+	+	+	+
	<i>Thais chocolata</i>	+	+	+	+
	<i>Tegula atra</i>	+	+	+	+
	<i>Tegula luctuosa</i>	+	+	+	+
	<i>Tegula tridentata</i>	+	+	+	+
	<i>Tonicia</i> sp.	+	+	+	+
<i>Tricolia macleani</i>	+	+	+	+	
<i>Xanthochorus</i> sp.	+	+	+	+	
Arthropoda	<i>Cancer plebejus</i>	+		+	
	<i>Homalaspis plana</i> *	+			
	<i>Liopetrolisthes mitra</i>		+	+	+
	<i>Paguristes weddelli</i>	+	+		+
	<i>Pagurus edwardsii</i>	+	+	+	+
	<i>Pagurus</i> sp.	+			+
	<i>Pagurus villosus</i>	+	+	+	+
	<i>Petrolisthes desmarestii</i>	+			
	<i>Pilumnoides perlatus</i>			+	
	<i>Pisoides edwardsii</i>			+	
	<i>Pterygosquilla armata</i>	+			
	<i>Rhynchocinetes typus</i>	+	+	+	+
	<i>Romaleon polyodon</i> *	+		+	
	<i>Taliepus dentatus</i> *	+			
Equinodermata	<i>Arbacia spatuligera</i>	+	+	+	+
	<i>Heliaster helianthus</i>	+	+	+	+
	Holothuroidea indet.	+			
	<i>Loxechinus albus</i> *	+	+	+	+
	<i>Luidia magellanica</i>	+	+	+	+
	<i>Meyenaster gelatinosus</i>	+		+	+

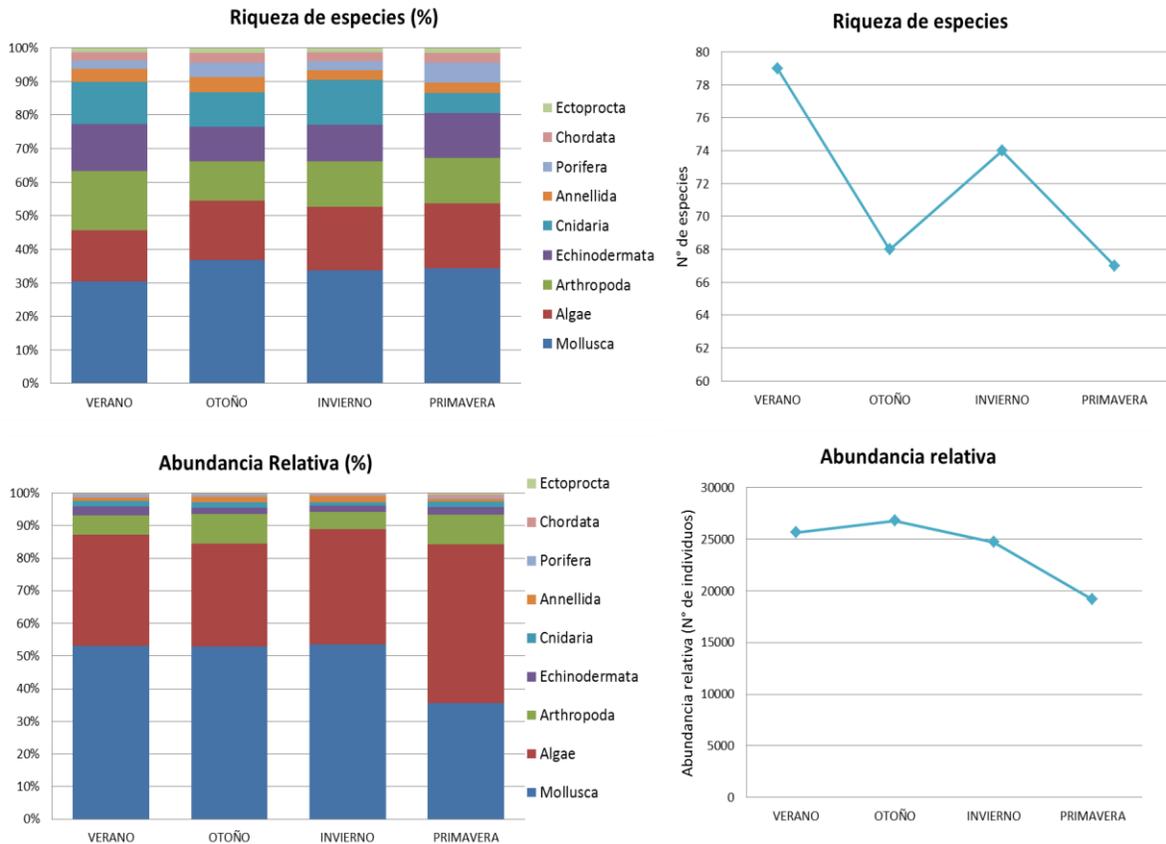
Grupo	Especie	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
	<i>Odontaster penicillatus</i>	+			
	Ophiuroidea indet.	+			+
	<i>Patiria chilensis</i>	+	+	+	+
	<i>Stichaster striatus</i>	+	+	+	+
	<i>Tetrapygyus niger</i>	+	+	+	+
Nº total de especies móviles		55	41	49	40

Nota: (*) Indica las especies consideradas recursos de interés comercial.

Fuente: Elaboración propia

En términos de abundancia relativa, durante las campañas de verano, otoño e invierno el grupo Mollusca fue también dominante, alcanzando el 53 % del total observado. En primavera el grupo Algae tuvo un mayor grado de dominancia, con una representación del 48,6 %. Dentro de los grupos menos abundantes se encuentran Chordata, Ectoprocta y Porífera, los que presentaron valores < 1 % de la abundancia total en cada campaña (Figura 3.5-37).

Figura 3.5-37. Composición de grupos taxonómicos representado en porcentaje (%) y riqueza de especies por campaña de estudio en las zonas submareales del área costera de evaluación.



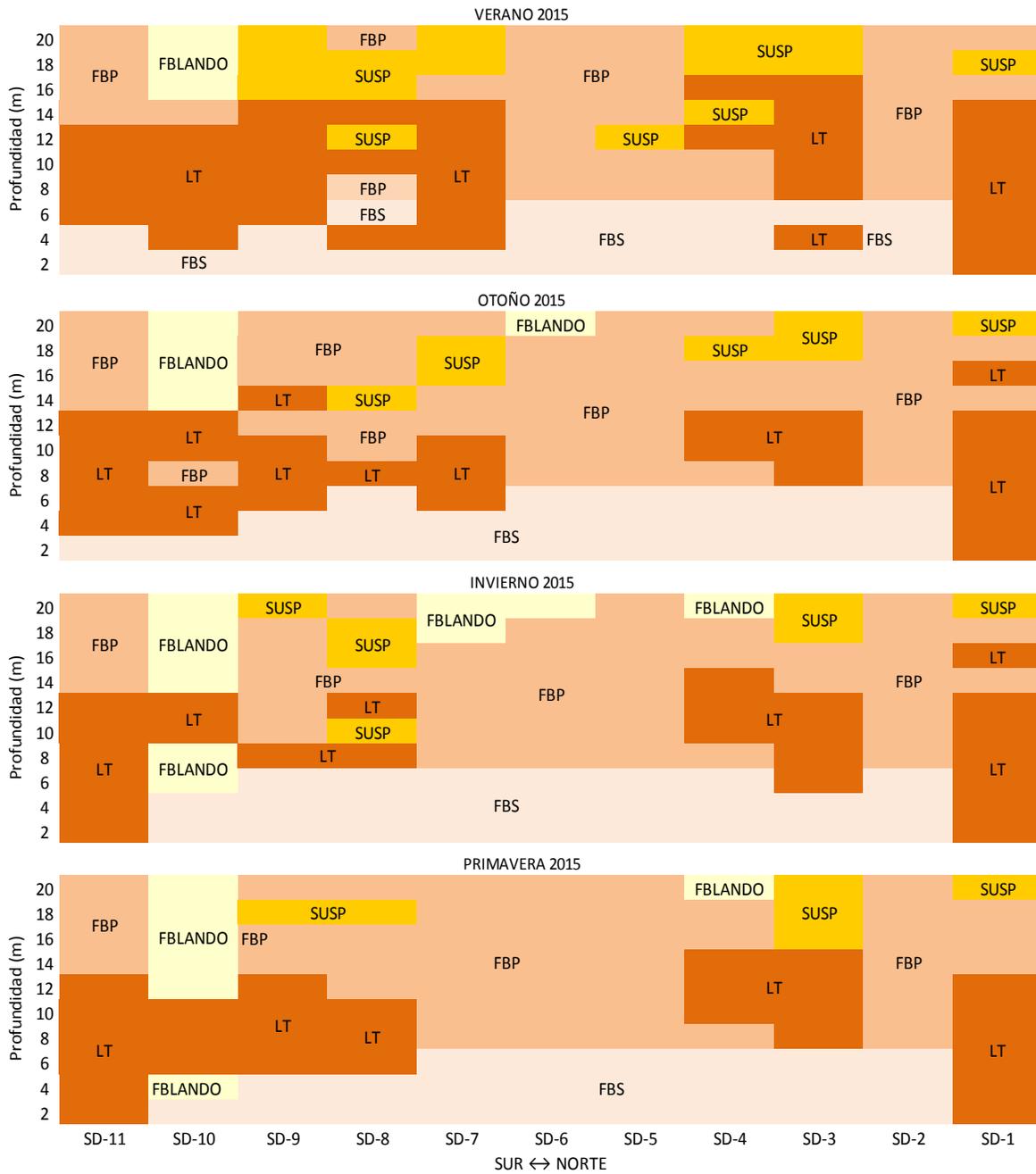
Nota: En la Figura también se reporta la abundancia relativa de los grupos taxonómicos observados en porcentajes (%) y número de individuos por campaña de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Se identificó un total de cinco (5) comunidades submareales, específicamente; 1) Comunidad de Fondos Blanqueados Someros (FBS); 2) Comunidad de Fondos Blanqueados Profundos (FBP); 3) Comunidad de Bosques de *Lessonia trabeculata* (LT); 4) Comunidad de Suspensívoros (SUSP) y, con una menor representación se observó la presencia de sustrato blando (arena), albergando a una comunidad denominada Fondos Blandos (FBLANDO).

Los resultados indicaron que las diferentes comunidades submareales identificadas en el área de estudio son mayormente estables espacial y temporalmente (Figura 3.5-38.), sin embargo, se reportaron algunas variaciones espaciales durante la campaña de invierno, las cuales hacen mención a una mayor ocurrencia de FBLANDO, desplazando en un par de transectos (SD-6 y SD-7) a la comunidad de fondos blanqueados profundos y a la comunidad de suspensívoros (Figura 3.5-38).

Figura 3.5-38. Distribución espacial y batimétrica de las comunidades observadas en el área costera de evaluación.



Nota: FBS: Comunidad de Fondos Blanqueados Someros; FBP: Comunidad de Fondos Blanqueados Profundos; LT: Comunidad de Bosques de *Lessonia trabeculata*; SUSP: Comunidad de Suspensivos y FBLANDO: Comunidad de Fondos Blandos.

Fuente: Elaboración propia

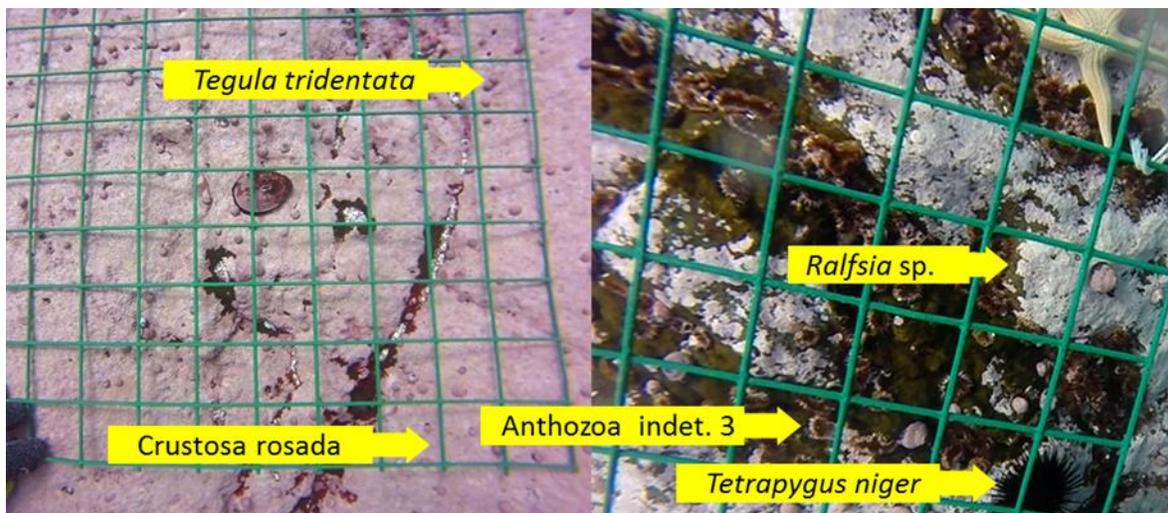
a) Comunidad de Fondos Blanqueados Someros (FBS)

Los resultados mostraron que la comunidad de FBS está presente en la mayoría de los sectores que componen el área costera de evaluación (Figura 3.5-38), distribuyéndose entre los 2 y 6 metros de profundidad.

La comunidad de fondos blanqueados someros presentó la mayor riqueza durante la campaña de otoño con 38 taxones, mientras que la menor riqueza se registró en primavera con 31 especies. Entre los organismos sésiles, los más conspicuos fueron el alga *Corallina* indeterminada, la cual alcanzó altos porcentajes de cobertura llegando a un máximo de $87,96 \pm 20,7$ % durante la campaña de verano, y un mínimo de $75,78 \pm 29,84$ % en primavera. Entre los organismos móviles destacan los moluscos gastrópodos *Tricolia macleani* y *Tegula tridentata*, el primero presentó los mayores registros con un máximo en verano de $42,37 \pm 175,76$ Ind./0,25 m², y el segundo presentó un máximo de $30,26 \pm 73,91$ Ind./0,25 m² durante la primavera (más detalle ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4).

La estructura comunitaria de FBS es consistente con los antecedentes entregados por Stotz *et al.* (2016), quienes reconocen una alta dominancia de *Tegula* sp. y el alga calcárea del género *Mesophylum*. ($71,3 \pm 27,91$ %), que probablemente corresponda al alga denominada *Corallina* indeterminada en esta línea de base. Además, Stotz *et al.* (2016), señala que los FBS se caracterizan por albergar elevadas densidades del erizo negro (*Tetrapygyus niger*), especie que presentó registros promedio que fluctuaron entre $6,52 \pm 17,06$ Ind./0,25 m² y $9,3 \pm 14,76$ Ind./0,25 m² en primavera y verano, respectivamente (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4; Figura 3.5-42).

Figura 3.5-39. Especies características de la Comunidad de Fondos blanqueados someros (FBS).



La imagen corresponde al monitoreo de otoño del 2015.

Fuente: Elaboración propia

b) Comunidad de Fondos Blanqueados Profundos (FBP)

Los resultados indicaron que esta comunidad estuvo presente en la mayoría de los transectos, entre los 8 y 20 metros de profundidad (Figura 3.5-38). La mayor riqueza específica se observó en la campaña de verano (55 taxones) y la menor en primavera con 50 taxones.

El número de organismos sésiles identificados fluctuó entre 17 y 22 taxones (en otoño e invierno, respectivamente), y no se observó variabilidad temporal en el índice. La especie *Corallina* indeterminada reportó los mayores porcentajes de cobertura promedio, presentando el máximo en la campaña de invierno con $56,72 \pm 38,35$ %. Otra alga que destacó fue *Hildenbrandia* sp. la que evidenció un aumento en la cobertura, en uno y dos órdenes de magnitud respecto a lo observado en FBS (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4). El resto de organismos sésiles identificados presentaron coberturas menores al 10% (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4).

En cuanto a la fauna móvil, los resultados muestran que las mayores abundancias promedio correspondieron a dos pequeños gasterópodos. En verano y primavera *Mitrella unifasciata* presentó los máximos ($45,23 \pm 82,36$ ind./0,25 m² y $20,27 \pm 40,75$ ind./0,25 m², respectivamente), mientras que en otoño e invierno fue *Tricolia macleani* ($56,82 \pm 154,45$ Ind./0,25 m² y $65,47 \pm 156,35$ Ind./0,25 m²). El resto de los organismos móviles, salvo *Nassarius gayii* (en verano y otoño), *Tegula tridentata* (en otoño y verano) y *Pagurus villosus* (en otoño), presentaron abundancias relativas inferiores a los 10 Ind./0,25 m². Por su parte, el equinodermo *Tetrapygus niger* presentó una menor abundancia relativa en comparación con lo observado en FBS, lo que resulta coincidente con las diferencias existentes entre FBS y FBP en función de la distribución que estos tienen en el gradiente batimétrico del submareal duro (Stotz *et al.* 2016; ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4).

Figura 3.5-40. Especies sésiles características de la Comunidad de Fondos blanqueados profundos (FBP).



Nota: La imagen corresponde al monitoreo de otoño del 2015.

Fuente: Elaboración propia

c) Comunidad de Bosques de *Lessonia trabeculata* (LT)

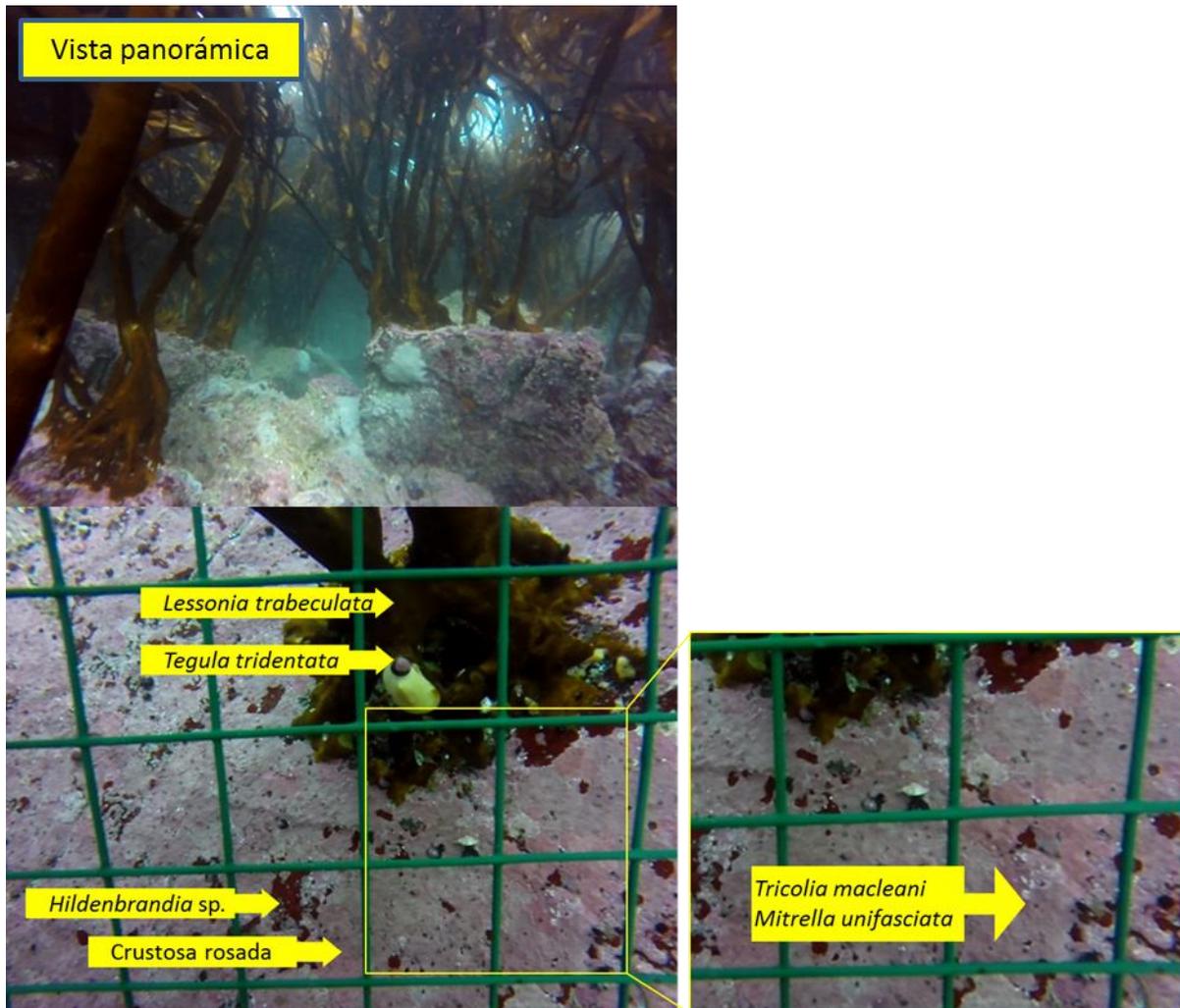
Los resultados indicaron que la comunidad de *Lessonia trabeculata* se distribuye espacialmente en los extremos del área costera de evaluación (norte y sur), mientras que en términos batimétricos, ésta se dispuso entre los 2 y 16 metros de profundidad (Figura 3.5-38).

El estudio registró 58 taxones en la campaña de verano, 53 en otoño y 56 en primavera, asociados a la comunidad de *L. trabeculata* (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4). Entre las especies observadas destacan por el nivel de cobertura las algas *Corallina* indeterminada ($59,72 \pm 27,12$ % de cobertura en primavera), *Hildenbrandia* sp., *Rhodymenia skottsbergii* y el alga laminaral *Lessonia trabeculata*. Esta última es el taxón más conspicuo de esta comunidad (LT), la cual alcanzó coberturas (medido en el disco de fijación) que fluctuaron entre $6,24 \pm 7,1$ % y $7,76 \pm 8,89$ % para verano y primavera, respectivamente. Además, respecto a las demás comunidades, en LT se observó un aumento en la abundancia de pequeñas algas foliosas, como *Gelidium* sp. y *Dictyota kunthii* (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4 y Figura 3.5-41).

Los invertebrados móviles con mayor representación en términos de abundancia fueron pequeños gasterópodos, específicamente *Mitrella unifasciata*, *Tricolia macleani*, *Nassarius gayii*, *Crassilabrum crassilabrum* y *T. tridentata*, mientras que las otras especies presentaron densidades inferiores a 5 Ind./0,25 m² (más detalle ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4 y Figura 3.5-41).

De acuerdo a lo anterior la caracterización de la comunidad de LT en el área costera de evaluación fue consistente con la distribución, composición específica y abundancias descrita por diversos autores (Fernández *et al.*, 2000; Vásquez & Vega, 2004; Vásquez & Vega 2005; Gaymer *et al.*, 2008; Stotz *et al.*, 2016).

Figura 3.5-41. Especies de invertebrados y algas presentes bajo la Comunidad de bosques de *Lessonia trabeculata* (LT).



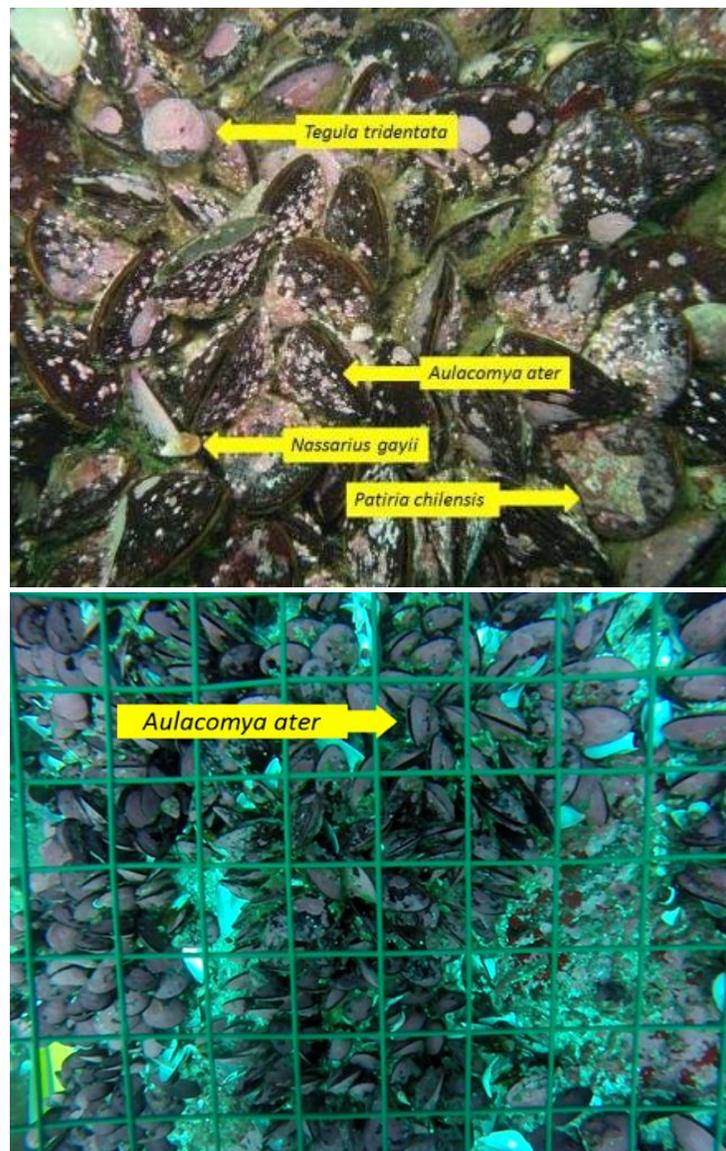
Nota: La imagen corresponde al monitoreo de otoño del 2015.

Fuente: Elaboración propia

d) Comunidad de Suspensívoros (SUSP)

En el área costera de evaluación la comunidad de SUSP mostró una importante variabilidad temporal. Es así, como en la campaña de verano esta comunidad estuvo representada en 7 de los 11 transectos evaluados, mientras que en las campañas de otoño y primavera se observó solo en 4 transectos (Figura 3.5-38). El rango batimétrico de distribución abarcó desde los 10 a 20 metros de profundidad.

Los resultados también mostraron que la riqueza específica varió temporalmente. La campaña de verano registró el mayor número de especies, registrando 41 taxones, seguida por la campaña de invierno con 29 taxones y por las campañas de otoño y primavera con 23 taxones (Tabla 3.5-32).

Figura 3.5-42. Especies de invertebrados presentes en la Comunidad de Suspensivos.

Imágenes correspondientes a los monitoreos de verano (superior) y otoño (inferior) de 2015.

Fuente: Elaboración propia

Entre las especies sésiles el bivalvo *Aulacomya ater* ("cholga") presentó la mayor cobertura, alcanzando un máximo de $89,4 \pm 8,32$ % durante la campaña de otoño y un mínimo de $50,8 \pm 40,04$ % en verano. Otra especie que presentó amplias coberturas promedio fue el alga *Hildenbrandia* sp., cuyos porcentajes de cobertura son similares a las descritas para *A. Ater*. En cuanto a los otros organismos, los registros son inferiores al 10% de cobertura (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4 y Figura 3.5-42).

Entre las especies móviles, el cangrejo ermitaño *Pagurus villosus* presentó las mayores densidades durante las campañas de otoño, invierno y primavera ($35,8 \pm 27,17$ Ind./0,25 m², $45,14 \pm 112,45$ Ind./0,25 m² y $44,5 \pm 77,91$ Ind./0,25 m², respectivamente). En verano el caracol

N. gayii fue el más numeroso con valores promedio de $19,93 \pm 16,36$ Ind./0,25 m² (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4 y Figura 3.5-42).

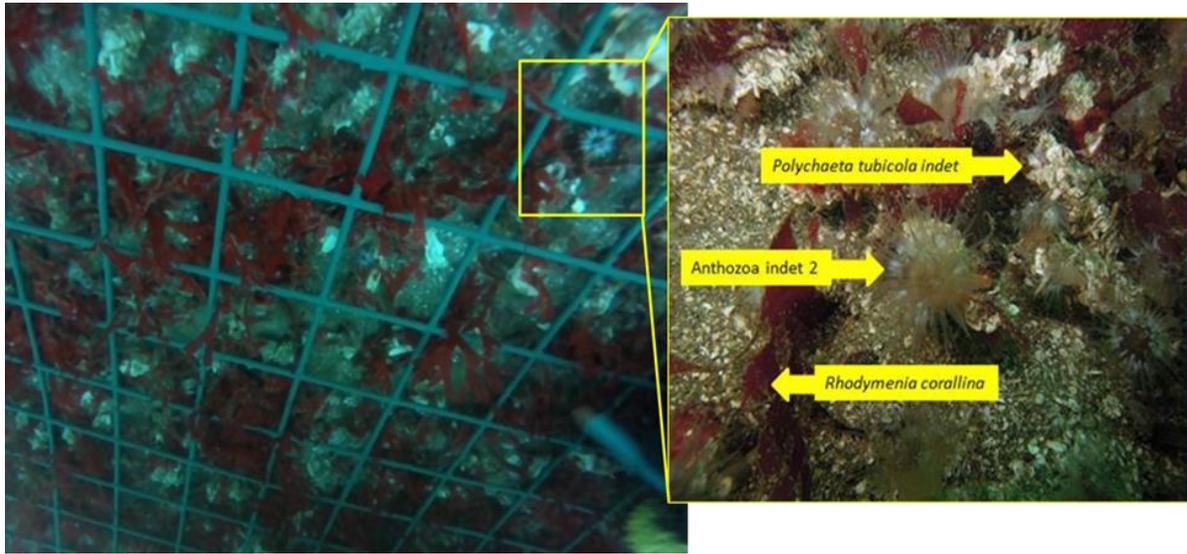
e) Comunidad de Fondos Blandos (FBLANDOS)

Esta comunidad fue registrada durante todas las campañas de muestreo en el área costera de evaluación, principalmente en el transecto SD-10. La comunidad de FBLANDOS fue registrada entre los 4 y 20 metros de profundidad. Durante el verano esta comunidad estuvo restringida a los estratos más profundos (entre 16 m y 20 m), aumentando su distribución a zonas someras en las campañas posteriores. Durante la campaña de primavera el transecto SD-10 presentó casi un 90% de ocurrencia, siendo interrumpido entre los 16 y 10 metros de profundidad por la comunidad de *L. trabeculata* (Figura 3.5-38; Figura 3.5-43).

La comunidad de Fondos Blandos se caracterizó por tener la menor riqueza específica en todas las campañas evaluadas, llegando a un máximo de 15 taxones en la campaña de primavera y a un mínimo de 10 taxones en verano (Tabla 3.5-32). Otra característica de esta comunidad fue que la mayor parte de la superficie evaluada estaba libre de organismos sésiles, llegando a un promedio máximo de $99,3 \pm 1,16$ % de sustrato arenoso libre de cobertura durante invierno.

Tal como se observa en la Tabla 1 del Anexo 3.5-4 y Tabla 3.5-32, la riqueza específica de organismos sésiles habitando sobre el sustrato arenoso fue baja, la cual fluctuó entre 2 y 6 taxones durante el verano y primavera, respectivamente. Entre las especies registradas, el *Polychaeta* tubícola indeterminado, presentó los mayores porcentajes de cobertura promedio llegando a $13,67 \pm 13,58$ % en verano y $10 \pm 16,49$ % en primavera (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4).

Entre los organismos móviles, las mayores abundancias corresponden a Anthozoa indeterminada 2 (anémona) con un promedio máximo de $51,67 \pm 85,2$ Ind./0,25 m² en verano y $15,8 \pm 24,01$ Ind./0,25 m² en otoño (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4; Figura 3.5-43). Durante el muestreo realizado en invierno esta anémona estuvo ausente, y *N. gayii* fue la especie más conspicua ($3,5 \pm 4,62$ Ind./0,25 m²), mientras que en primavera, lo fue *P. villosus* con valores de $3,43 \pm 8,64$ Ind./0,25 m² (ver Tabla 1 del Anexo 3.5-4).

Figura 3.5-43. Fotografía de la Comunidad de Fondos Blandos (FBLANDO).

Nota: La imagen corresponde al monitoreo de otoño del 2015.

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.4.2 Índices Ecológicos

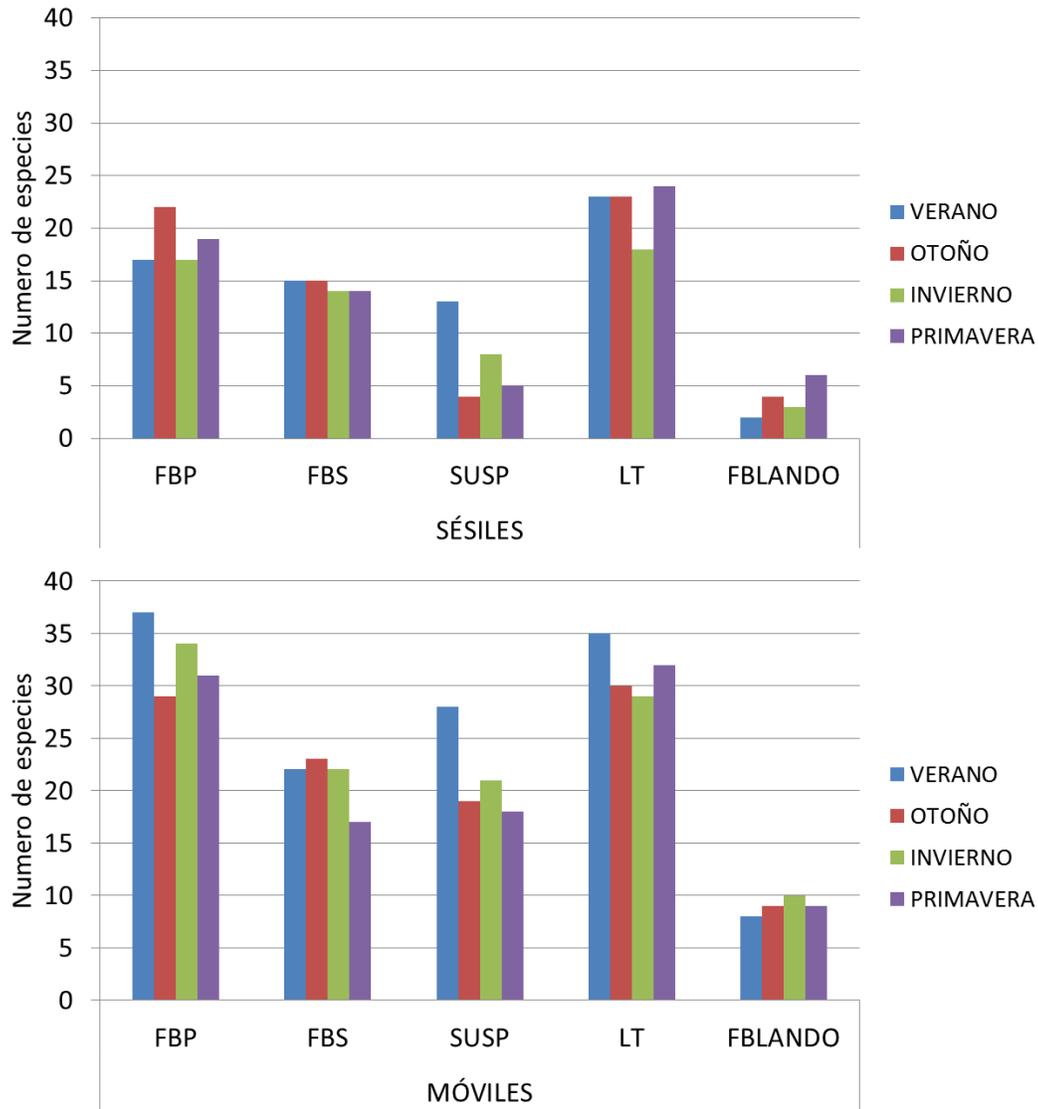
En esta sección se presenta un análisis comparativo de los índices ecológicos calculados para los organismos sésiles y móviles de las cinco comunidades observadas en este estudio.

a) Riqueza de especies (S)

Entre las cinco (5) comunidades descritas en el área costera de evaluación, la mayor riqueza de especies sésiles fue observada en la comunidad de *L. trabeculata*, llegando a un máximo de 24 taxones en primavera. La menor riqueza de especies fue observada en la comunidad de FBLANDO con valores que fluctuaron entre 2 y 6 taxones durante verano y primavera, respectivamente (ver Figura 3.5-44; Tabla 3.5-32).

Para el caso de los organismos móviles la comunidad de FBP presentó la mayor riqueza, con 37 y 34 taxones en verano e invierno, respectivamente. De similar forma, en otoño y primavera la comunidad LT también presentó los mayores índices de riqueza (37 y 34 taxones, respectivamente). Por otro lado la menor cantidad de especies móviles la presentó la comunidad FBLANDO, cuyo máximo llegó a 10 taxones (invierno) y mínimo a 8 taxones en verano (ver Figura 3.5-44; Tabla 3.5-32).

Figura 3.5-44. Riqueza específica de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5-32. Índices Ecológicos (diversidad Shannon, dominancia y equidad) obtenidos para las cinco comunidades presentes en el área costera de evaluación.

Parámetro / Estación	Sésiles					Móviles				
	FBP	FBS	SUSP	LT	FBLAN DO	FBP	FBS	SUS P	LT	FBLAND O
Riqueza específica (S)										
Verano	17	15	13	23	2	37	22	28	35	8
Otoño	22	15	4	23	4	29	23	219	30	9
Invierno	17	14	8	18	3	34	22	21	29	10
Primavera	19	14	5	24	6	31	17	18	32	9
Diversidad (H')										
Verano	1,78	1	1,66	2,3	0,54	1,80	1,79	2,41	1,62	0,92
Otoño	1,23	0,85	0,6	1,94	0,97	1,91	2,27	2,39	1,88	1,1
Invierno	1,38	1,15	1,34	2,09	0,94	1,63	1,98	2,22	1,78	1,53
Primavera	1,73	1,29	0,94	2,23	1,6	2,23	1,7	1,79	2,24	1,71
Equidad (J')										
Verano	0,62	0,36	0,65	0,73	0,78	0,5	0,57	0,72	0,46	0,44
Otoño	0,4	0,31	0,33	0,64	0,7	0,57	0,72	0,76	0,55	0,5
Invierno	0,49	0,44	0,64	0,72	0,85	0,46	0,64	0,73	0,53	0,66
Primavera	0,59	0,49	0,59	0,7	0,89	0,65	0,6	0,62	0,53	0,78
Dominancia (D)										
Verano	0,26	0,64	0,27	0,16	0,65	0,3	0,24	0,14	0,28	0,51
Otoño	0,46	0,75	0,75	0,27	0,53	0,26	0,25	0,18	0,28	0,79
Invierno	0,4	0,66	0,42	0,29	0,98	0,29	0,18	0,18	0,25	0,26
Primavera	0,32	0,6	0,56	0,28	0,32	0,37	0,39	0,39	0,19	0,97

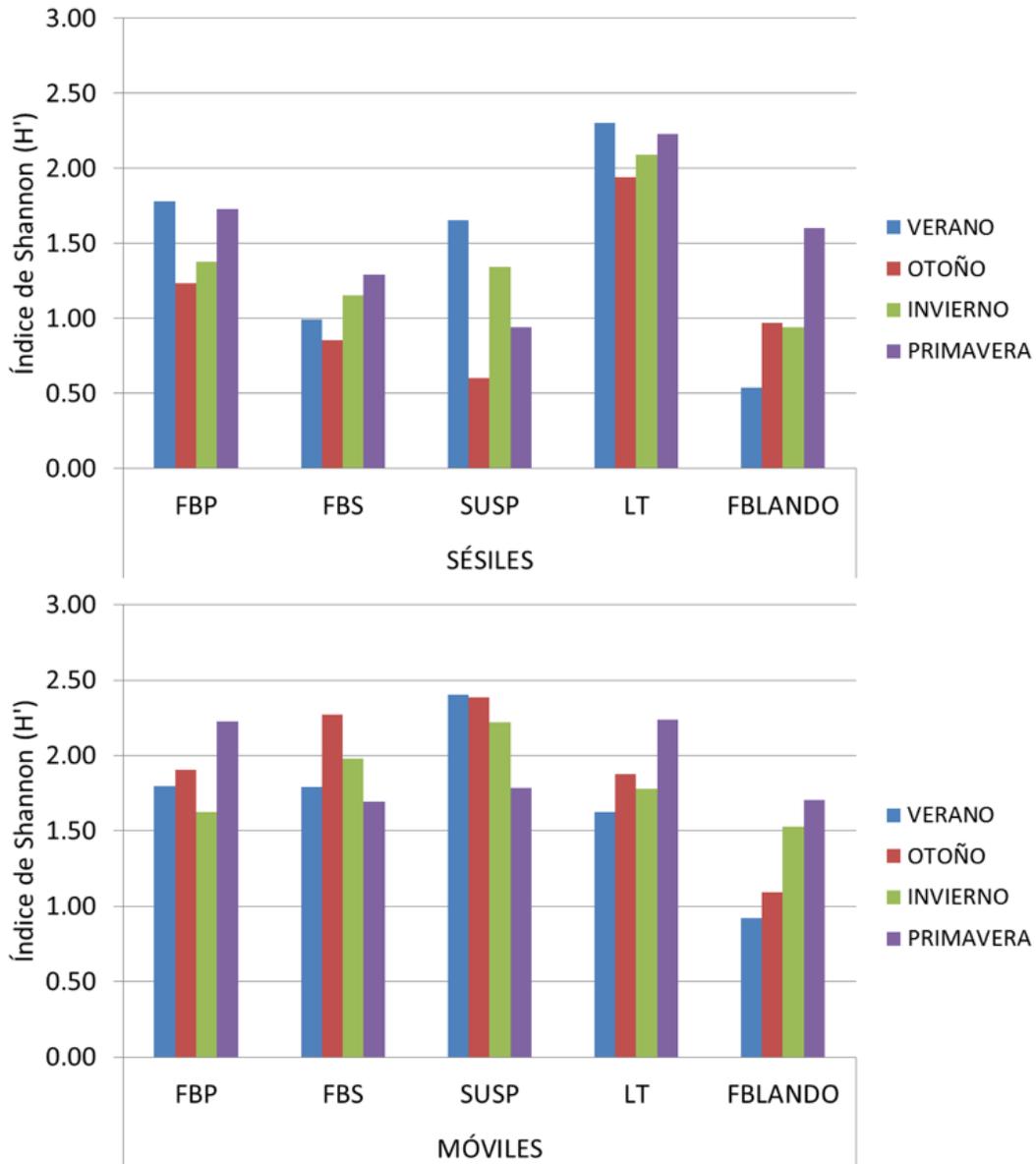
Fuente: Elaboración propia.

b) Índice de Diversidad de Shannon (H')

La diversidad específica (H') de organismos sésiles es mayor en la comunidad de LT durante las cuatro campañas evaluadas, y menor en la comunidad de FBLANDO durante las campañas de verano, otoño e invierno. La comunidad de SUSP mostró baja diversidad en la campaña de primavera (Figura 3.5-45; Tabla 3.5-32).

Para el caso de los organismos móviles, la diversidad fue mayor en la comunidad de suspensívoros durante las primeras tres campañas (verano, otoño e invierno), y durante la última campaña (primavera) el índice fue mayor en LT. Los menores índices fueron registrados en la comunidad de fondos blandos en las cuatro campañas evaluadas (Figura 3.5-45; Tabla 3.5-32).

Figura 3.5-45. Índice de Diversidad de Shannon (H') calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales.

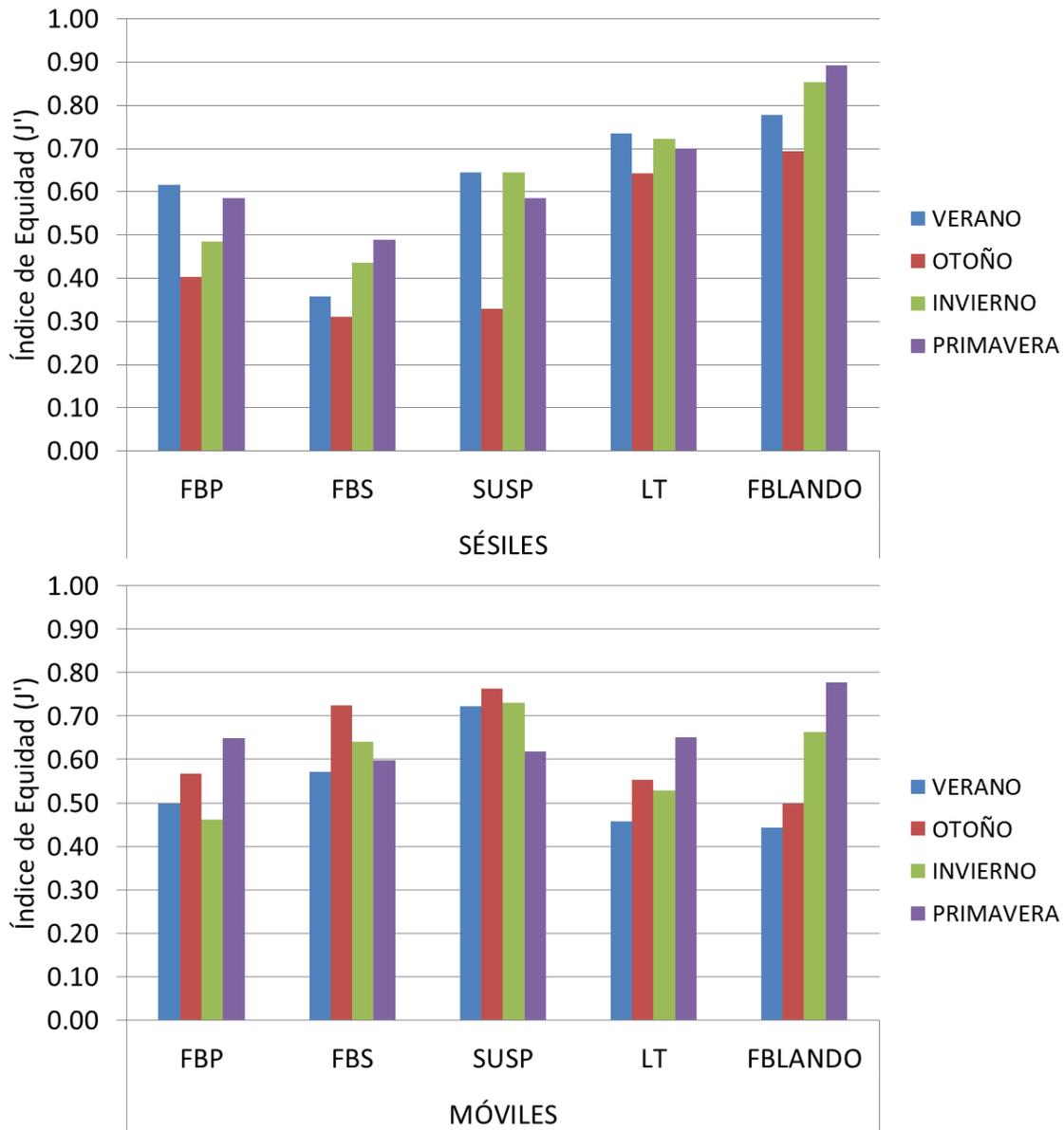


Fuente: Elaboración propia.

c) Índice de Equidad de Pielou (J')

En cuanto el índice de equidad (J'), la comunidad de FBLANDO presentó los mayores valores de los organismos sésiles, mientras que FBS presentó la menor equidad durante las cuatro (4) campañas. Para el caso de los organismos móviles la comunidad de suspensívoros presentó los mayores registros durante verano, otoño e invierno. En cambio, la mayor equidad (J') de invertebrados móviles se registró durante la primavera en la comunidad de FBLANDO (Figura 3.5-46; Tabla 3.5-32).

Figura 3.5-46. Índice de Equidad de Pielou (J') calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

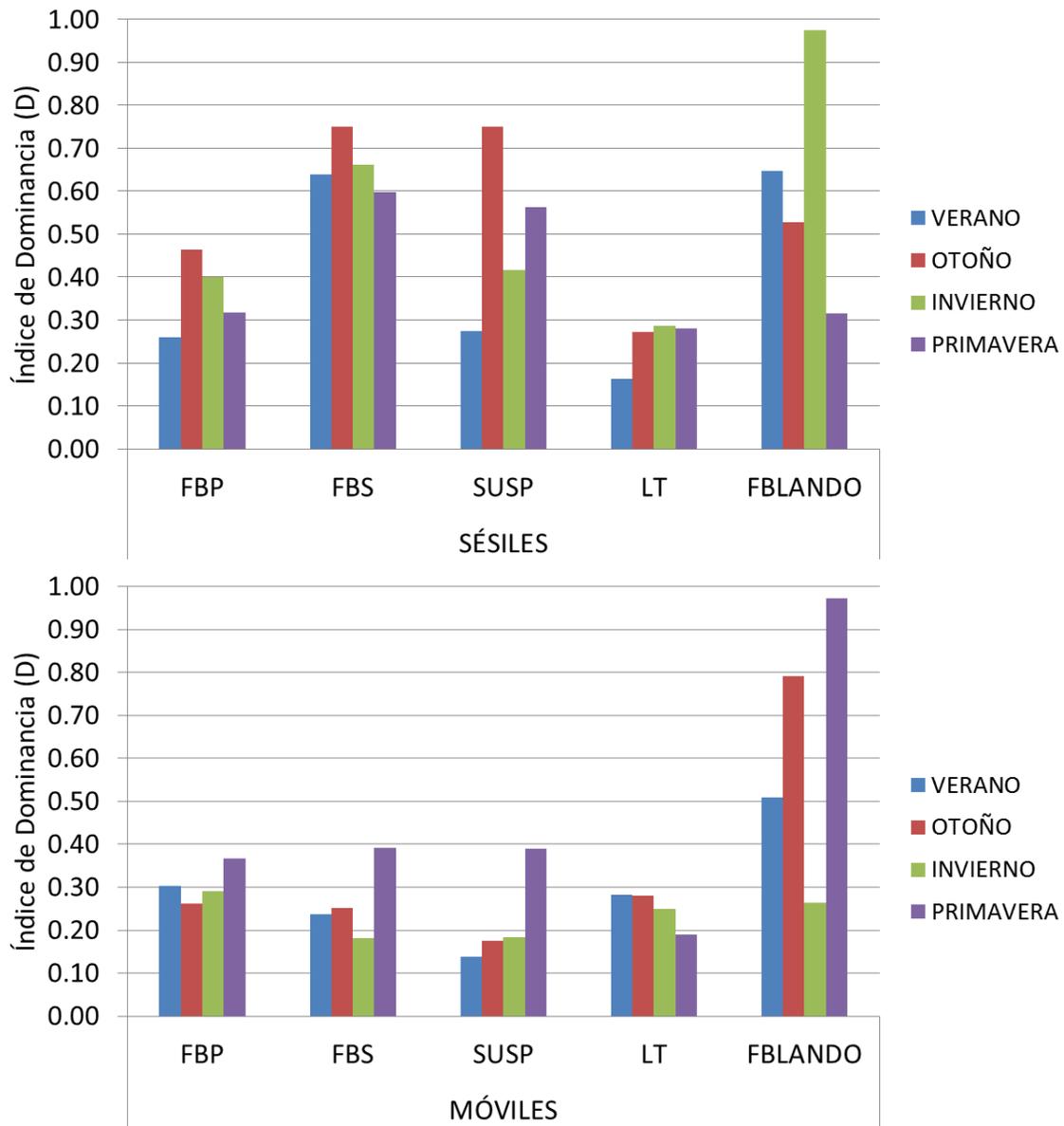
d) Índice de Dominancia de Simpson (D)

Entre las comunidades descritas, los organismos sésiles de los fondos blanqueados someros presentaron una dominancia similar entre las cuatro campañas de muestreo, y con valores superiores a las otras comunidades en casi todos los monitoreos, siendo superada solo por la comunidad de fondos blandos durante el invierno. La comunidad LT presenta los menores valores de dominancia entre las comunidades y épocas de muestreo (Figura 3.5-47; Tabla 3.5-32). Por otra parte, los fondos blandos presentaron alta dominancia del grupo de los organismos sésiles.

Para el caso del grupo de organismos móviles los valores fueron mayores en la comunidad de fondos blandos (ver Figura 3.5-47; Tabla 3.5-32).

Para el caso de los organismos sésiles, los valores de dominancia presentaron una clara tendencia a aumentar durante la primavera, siendo la comunidad de fondos blanqueados aquella con mayores índices de dominancia durante las campañas efectuadas en verano, otoño y primavera (Figura 3.5-47; Tabla 3.5-32).

Figura 3.5-47. Índice de Dominancia de Simpson (D) calculado para grupos de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas estacionales.



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, se observa que la comunidad de LT durante todo periodo de estudio (verano, otoño, invierno y primavera), tuvo la mayor riqueza específica y diversidad (H'), junto a una elevada equidad (J') y la menor dominancia de organismos sésiles. Estos cálculos se explican porque los porcentajes de cobertura promedio de los organismos que conforman esta comunidad no se asocian a un taxón en particular, como si ocurre en otras comunidades, en las cuales hubo mayor dominancia de *Corallina* indeterminada (FBS y SUSP), y *Polychaeta* indeterminado (FBLANDO), cuyos valores superaron en uno y dos órdenes de magnitud a los registros del resto de organismos sésiles (Tabla 3.5-32).

La fauna móvil alcanzó alta diversidad y equidad, y también baja dominancia en la comunidad de suspensívoros, respondiendo a que la abundancia relativa se encuentra repartida en una mayor cantidad de especies (e.g. *Mitrella unifasciata*, *Nassarius gayii* y *Pagurus villosus*), a diferencia de lo que ocurre en FBLANDO. En esta comunidad la baja riqueza específica sumado a las altas abundancias de Anthozoa indet. 2, determinan los bajos índices de diversidad (H') y equidad (J'), y las más altas dominancias de las campañas de verano, otoño y primavera (Tabla 3.5-32).

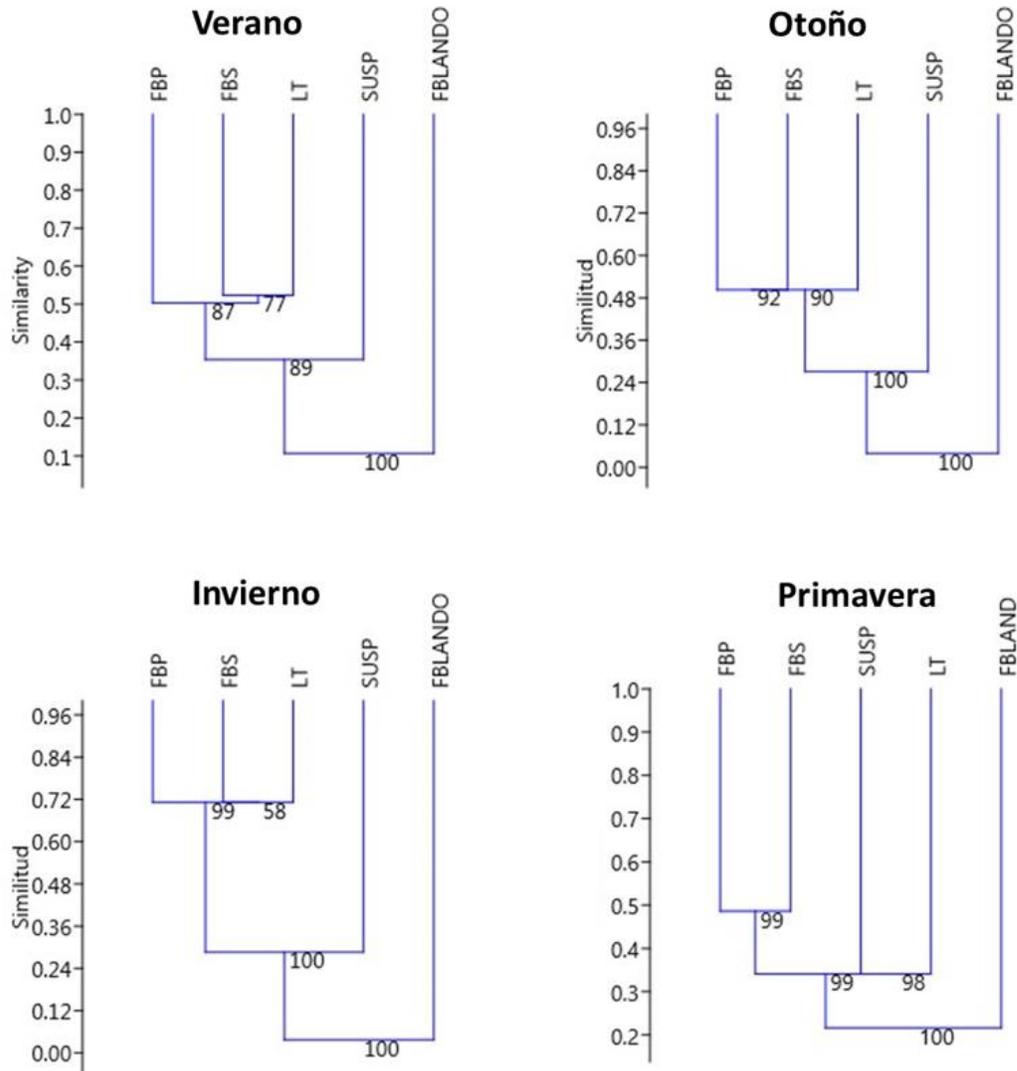
En términos ecosistémicos, las comunidades LT y SUSP son reconocidas por tener un alto valor, ya que *L. trabeculata* y *A. ater* funcionan como especies bioingenieras, otorgando una mayor disponibilidad de sustrato, refugio y alimento para otras especies (Vásquez & Vega, 2004; 2005), este antecedente podría explicar los altos valores en los índices ecológicos mencionados anteriormente.

3.5.6.4.3 Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico

Los resultados del análisis de clasificación sugirieron una agrupación entre las comunidades FBS, FBP y LT, durante las campañas de verano, otoño e invierno, con porcentajes de similitud moderados según la escala propuesta por Bloom (1981). El análisis también mostró una baja similitud entre las comunidades de SUSP y FBLANDO considerados como bajos y muy bajos (ver Figura 3.5-48; Figura 3.5-49). Por último, el análisis sugirió un agrupamiento entre las comunidades de FBP y FBS con un índice de similitud del 48% para la campaña de primavera, considerada moderada según el autor mencionado, mientras que las otras comunidades tuvieron una baja y muy baja similitud.

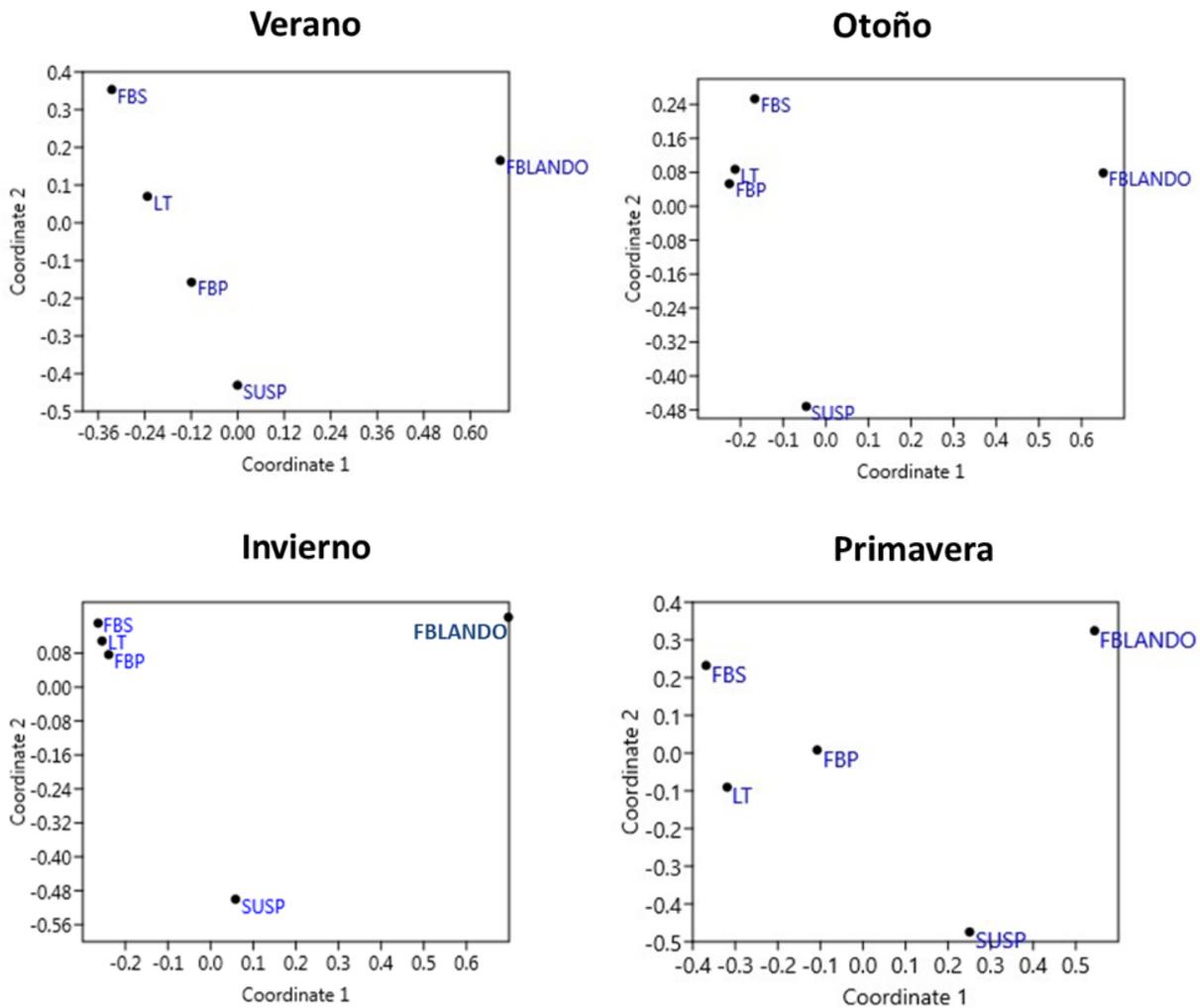
El análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico mostró resultados que son consistentes con el Análisis de Clasificación, presentando una marcada separación de la comunidad FBLANDO y en menor grado de la comunidad de SUSP. Por su parte, las comunidades de FBS, FBP y LT formaron una agrupación notoria en las campañas de otoño e invierno. Cabe señalar que, durante las cuatro campañas evaluadas en la presente línea de base, este análisis presentó valores de *stress* inferiores a 0,05, considerándose como de una excelente representación (Clarke & Warwick, 2001; ver Figura 3.5-48; Figura 3.5-49).

Figura 3.5-48. Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a las cinco comunidades submareales observadas durante el periodo de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-49. Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico que incluye a las cinco comunidades submareales observadas durante el periodo de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.4.4 Análisis espacio-temporal (transectos)

A continuación se presenta una descripción de la información levantada en los once transectos de evaluación durante las cuatro campañas. A su vez se muestran comparaciones desde una perspectiva espacio temporal entre los transectos de mayor cercanía al sector donde se proyecta la instalación del muelle (SD-7, SD-8 y SD-9) y tuberías (SD-10 y SD-11), respecto a los localizados al norte (SD-1 a SD-6). Para efectos de simplificar la redacción estos transectos se denominan como sector Muelle y Lanzadera (Figura 3.5-48 y Figura 3.5-49).

Los organismos sésiles en la totalidad de los transectos de evaluación y durante las cuatro campañas tuvieron al alga incrustante *Corallina* indeterminada como la especie más abundante, con coberturas promedios que fluctuaron entre $95,4 \pm 7,6 \%$ y $16,5 \pm 26,5 \%$ correspondientes al

transecto SD-2 en invierno y a SD-10 en primavera, respectivamente (Tabla 2 del Anexo 3.5-4). Dentro de los organismos móviles destacaron las densidades presentadas por pequeños gasterópodos (e.g. *Mitrella unifasciata*, *Nassarius gayi*, *Tricolia macleani* y *Tegula tridentata*) y *Tetrapygos niger* (para más detalles ver Tabla 2 del Anexo 3.5-4).

Dentro de los transectos localizados en el Sector Muelle (SD-7, SD-8 y SD-9) y Lanzadera (SD-10 y SD-11) se registró la presencia de once recursos pesqueros, específicamente *Lessonia berteroana*, *L. trabeculata*, *Austromegabalanus psittacus*, *Pyura chilensis*, *Concholepas concholepas*, lapas (del género *Fissurella*), *Thais chocolata*, jaibas (*Cancer setosus*, *Homalaspis plana* y *Romaleon polyodon*), *Loxechinus albus*, *Aulacomya ater* y *Choromytiluys chorus*. Los dos últimos recursos solo se registraron en el Sector Muelle (para más detalles ver Tabla 2 del Anexo 3.5-4).

Algunos de los recursos de interés comercial mencionados se encuentran bajo medidas de administración pesquera, entre ellos; el cierre de inscripción de pescadores aplicados a *L. berteroana* y *L. trabeculata* (Res. Ex. 311 del 3 febrero de 2015) y *C. concholepas* (Res. Ex. 1.811 de 18 de julio de 2013); Talla mínima de extracción aplicados a *L. berteroana* y *L. trabeculata* (Res. Ex. 3.837 de 30 de septiembre de 2010), *L. albus* (D.S. N° 281 de 30 de septiembre de 1987), jaibas (D.S. N°9 de 12 de enero de 1990), *T. chocolata* (D.S. N° 427 de 6 de diciembre de 1985), lapas (Res. Ex. 248 de 7 de febrero de 1996), *C. concholepas* (Res. Ex. 1.754 de 8 de julio de 2008), *A. ater* (D.S. N° 147 de 25 de abril de 1986) y *C. chorus* (D.S. N°136 de 22 de abril de 1986); y Veda de extracción aplicable a *L. albus* (D.S. N° 281 de 30 de septiembre de 1987) y *C. concholepas* (D. Ex. 344 de 4 de abril de 2012). Para ninguna de las especies registradas en este estudio se identificó algún tipo de categoría de conservación.

Los indicadores ecológicos riqueza específica y diversidad de Shannon obtenidos a nivel de transectos durante las cuatro campañas se presentan en la Tabla 3.5-33, Figura 3.5-50 y Figura 3.5-51. En estas se observa que en los transectos del Sector Muelle (SD-7, SD-8 y SD-9), los organismos sésiles presentaron registros promedios que se encuentran dentro del rango de fluctuación observada en la totalidad de los transectos. En el caso de los invertebrados móviles, en SD-7 durante otoño se registró la mayor riqueza específica promedio ($6,6 \pm 3,13$ especies), mientras que SD-8 en invierno presentó los mayores registros de ambos índices ($6,44 \pm 2,01$ especies y $1,33 \pm 0,38$ nits/ind.), y en primavera la mayor diversidad ($1,17 \pm 0,29$ nits/ind.).

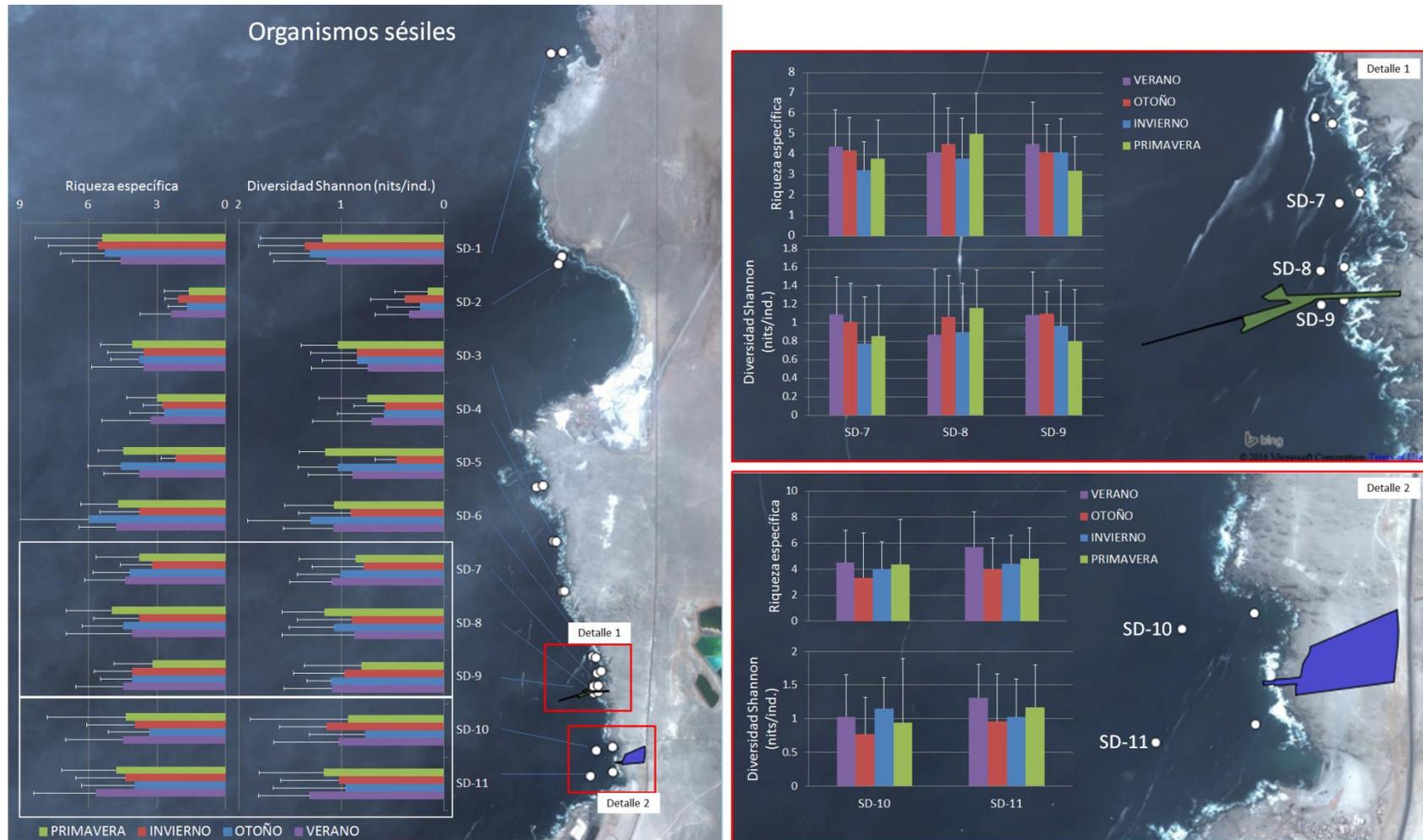
Los organismos sésiles del Sector Lanzadera (SD-10 y SD-11), en la mayor parte de las campañas la riqueza específica y diversidad presentó registros promedio de magnitudes intermedias respecto a los demás transectos. Solo en verano SD-11 mostró los valores más altos de ambos índices ($5,7 \pm 2,71$ especies y $1,31 \pm 0,5$ nits/ind; ver Tabla 3.5-33 y Figura 3.5-50). Por su parte, los invertebrados móviles en estos dos transectos presentaron una condición similar, salvo en verano donde nuevamente SD-11 alcanzó los mayores registros de los dos índices mencionados ($7,8 \pm 4,16$ especies y $1,18 \pm 0,51$ nits/ind), junto a que en otoño la diversidad de SD-10 se posicionó como el valor promedio inferior ($0,69 \pm 0,61$ nits/ind; Tabla 3.5-33 y Figura 3.5-50).

Tabla 3.5-33.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles y móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación

Estación de Muestreo	VERANO				OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA			
	Riqueza		Diversidad		Riqueza		Diversidad		Riqueza		Diversidad		Riqueza		Diversidad	
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
Organismos sésiles																
SD-1	4,60	2,12	1,15	0,51	5,30	1,95	1,31	0,38	5,60	2,17	1,36	0,45	5,40	2,95	1,18	0,60
SD-2	2,40	1,35	0,34	0,33	1,70	0,82	0,23	0,32	2,10	0,57	0,38	0,33	1,60	1,07	0,16	0,32
SD-3	3,60	2,27	0,74	0,55	3,80	1,23	0,85	0,34	3,60	1,58	0,85	0,45	4,10	1,37	1,03	0,36
SD-4	3,30	2,11	0,70	0,58	2,70	1,49	0,59	0,45	2,78	0,83	0,58	0,30	3,00	1,33	0,75	0,47
SD-5	3,80	1,55	0,89	0,43	4,60	1,43	1,03	0,39	2,20	0,63	0,47	0,20	4,50	1,08	1,16	0,25
SD-6	4,80	1,62	1,08	0,49	6,00	3,28	1,30	0,61	3,78	1,72	0,91	0,51	4,70	1,64	1,07	0,48
SD-7	4,40	1,78	1,09	0,41	4,20	1,62	1,01	0,42	3,22	1,39	0,78	0,51	3,80	1,87	0,86	0,55
SD-8	4,10	2,88	0,87	0,71	4,50	1,78	1,07	0,44	3,80	1,99	0,90	0,53	5,00	2,00	1,17	0,41
SD-9	4,50	2,07	1,09	0,46	4,10	1,37	1,10	0,24	4,10	1,66	0,97	0,49	3,20	1,69	0,80	0,55
SD-10	4,50	2,51	1,03	0,63	3,33	1,80	0,77	0,54	4,00	2,10	1,15	0,46	4,38	3,46	0,94	0,95
SD-11	5,70	2,71	1,31	0,50	4,00	2,31	0,96	0,71	4,40	2,17	1,02	0,57	4,80	2,39	1,17	0,63
Organismos móviles																
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
SD-1	5,70	2,71	1,06	0,63	6,50	1,96	1,17	0,43	6,40	2,37	1,17	0,41	5,40	1,58	1,16	0,32
SD-2	4,00	0,94	0,85	0,34	3,30	1,25	0,85	0,24	2,70	1,34	0,56	0,49	2,80	1,32	0,66	0,46
SD-3	6,00	2,11	0,76	0,53	5,80	2,66	1,00	0,41	5,50	1,96	1,02	0,55	5,30	2,67	0,91	0,50
SD-4	5,20	2,15	0,84	0,55	5,20	1,62	1,08	0,32	5,00	1,22	0,84	0,33	5,00	1,56	0,87	0,34
SD-5	3,60	1,96	0,60	0,36	4,90	1,37	1,00	0,32	4,80	1,48	1,01	0,26	3,90	1,52	0,82	0,42
SD-6	4,50	1,72	0,68	0,35	6,56	1,13	0,92	0,32	4,50	1,84	0,79	0,42	4,67	2,40	0,86	0,50
SD-7	6,20	2,74	0,99	0,27	6,60	3,13	1,14	0,48	5,30	2,95	0,86	0,50	4,60	2,37	0,98	0,47
SD-8	5,30	3,30	0,89	0,64	6,10	2,69	1,05	0,23	6,44	2,01	1,33	0,38	4,90	1,79	1,17	0,29
SD-9	5,80	4,92	0,84	0,57	5,70	2,21	1,00	0,44	6,30	2,83	1,12	0,30	5,20	2,66	0,94	0,44
SD-10	4,60	2,22	0,66	0,36	4,11	2,32	0,69	0,61	2,89	1,54	0,62	0,48	3,57	1,72	0,78	0,52
SD-11	7,80	4,16	1,18	0,51	6,10	2,56	0,94	0,36	4,70	2,41	1,12	0,59	4,50	1,58	1,08	0,37

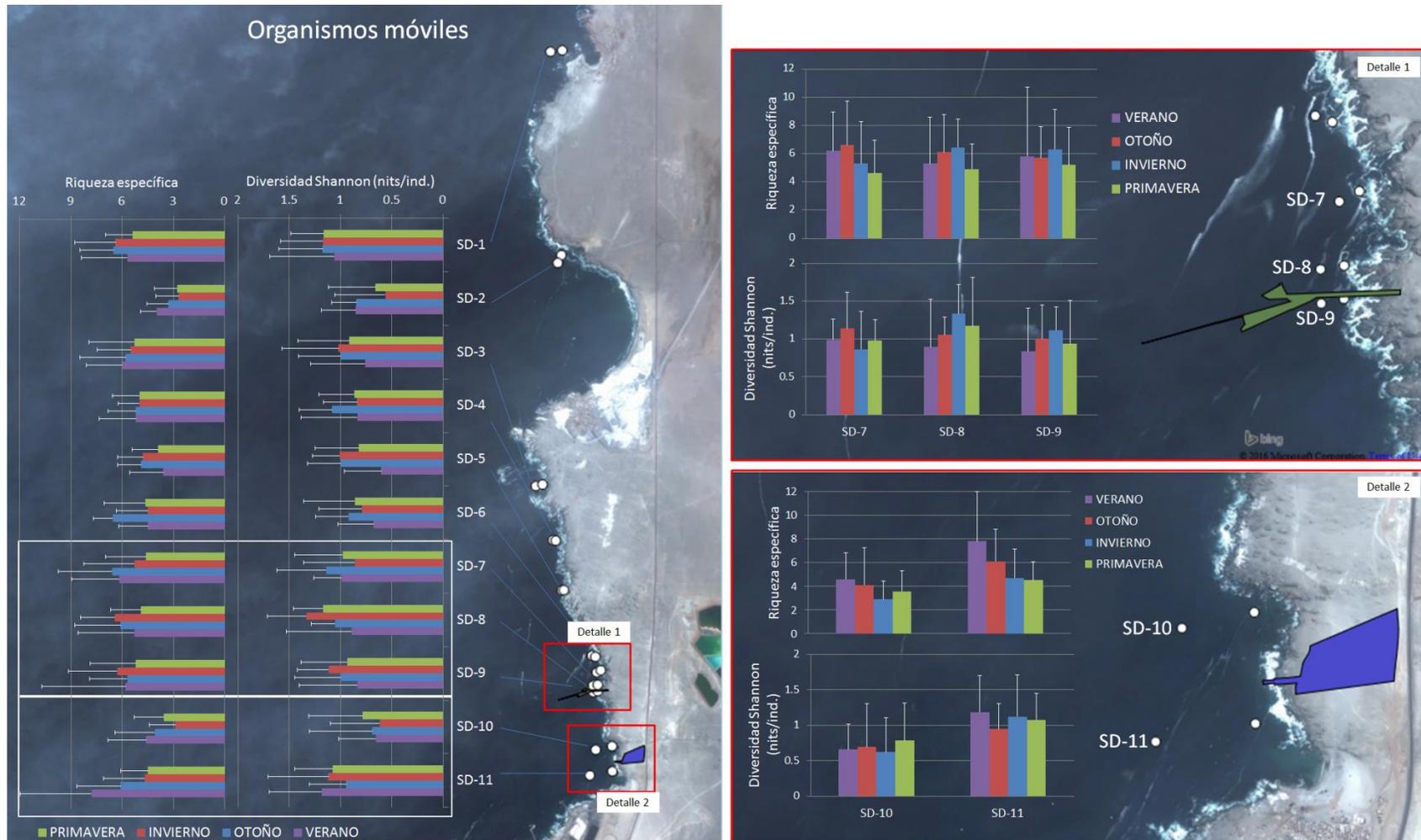
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-50.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos sésiles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-51.Registros promedios de la riqueza específica y diversidad de Shannon de organismos móviles correspondiente a las cuatro campañas de evaluación.

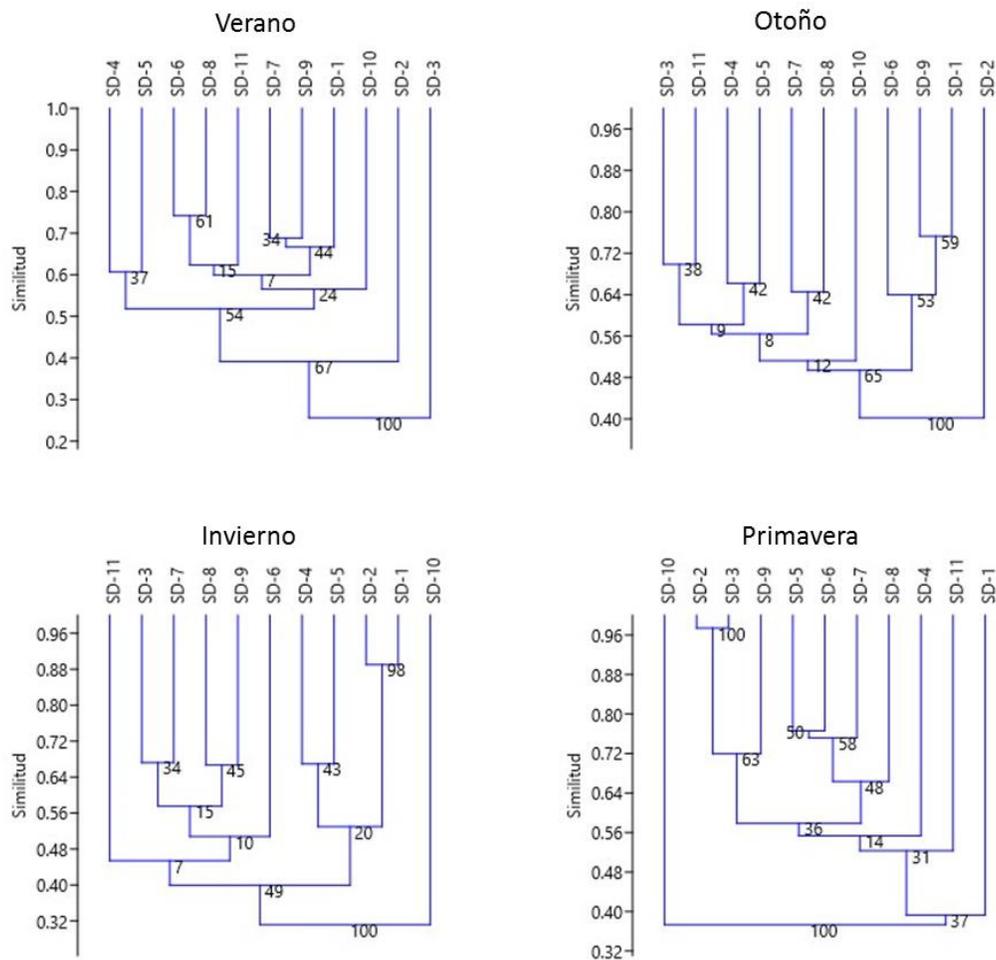


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de clasificación (dendrograma), se observa que la mayor parte de las asociaciones presentaron porcentajes de similitud que en encuentran entre el rango de bajo y alto (entre un 20 y 80 %), según la escala de Bloom (1981). Solo en invierno y primavera se formaron agrupaciones de similitud muy alta entre SD-1 y SD-2, y entre SD-2 y SD-3, respectivamente (Figura 3.5-52). El análisis de ordenamiento (NMDS) mostró un comportamiento similar sin la presencia de algún tipo de patrón que indique la presencia de aglomeraciones en la escala espacial (entre transectos) y temporal (entre campañas; Figura 3.5-53), cuyos análisis presentaron un nivel de stress que para las cuatro campañas se encontró en la categoría de ser Potencialmente útil con riesgo de una interpretación errónea (Clarke & Warwick, 2001).

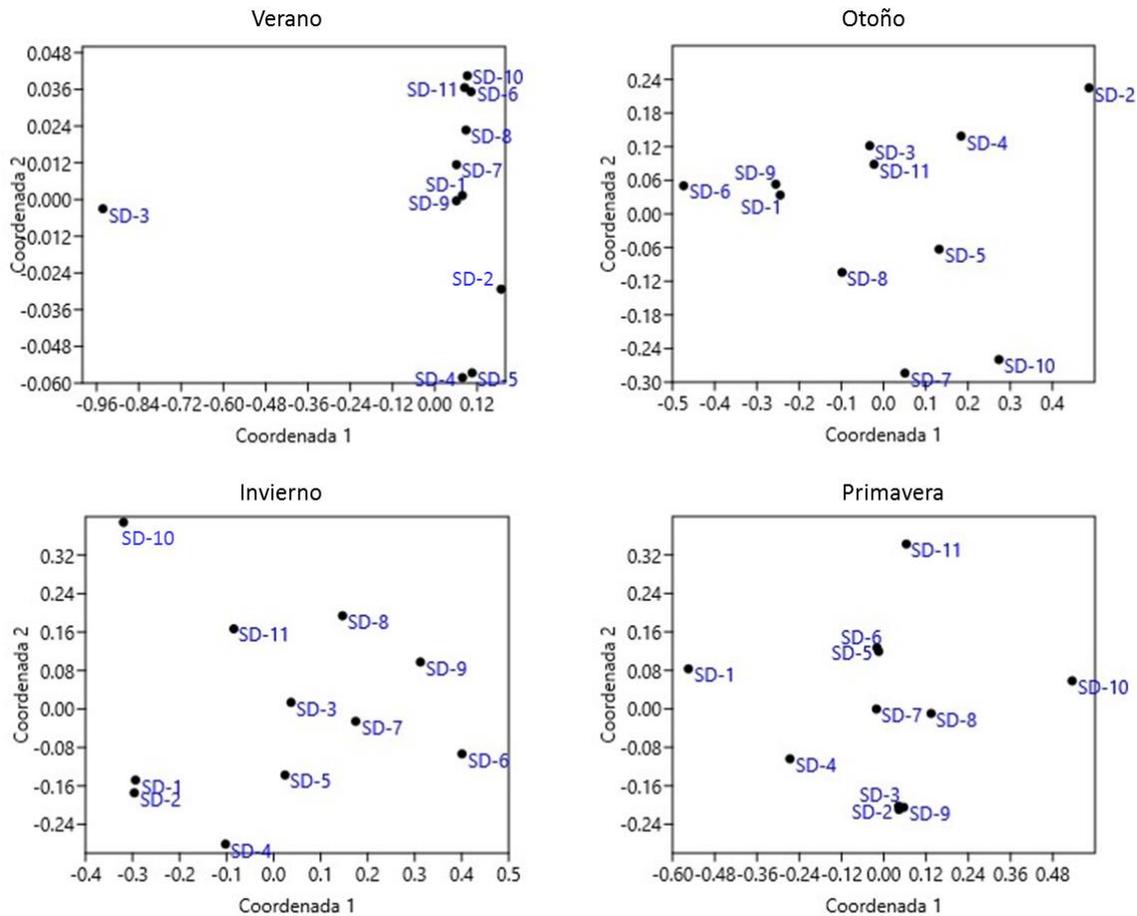
De esta forma y según el análisis de Clasificación (dendrograma) y de Ordenamiento (NMDS) durante las cuatro campañas hubo un bajo nivel de cercanía entre los transectos evaluados, lo cual estaría respondiendo a la heterogeneidad de sustrato presente a lo largo de la extensión latitudinal del área de estudio.

Figura 3.5-52. Análisis de dendrograma basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-53. Análisis de ordenamiento (NMDS) basado en índice de similitud de Bray Curtis que incluye a los 11 transectos evaluados durante las cuatro campañas de estudio.



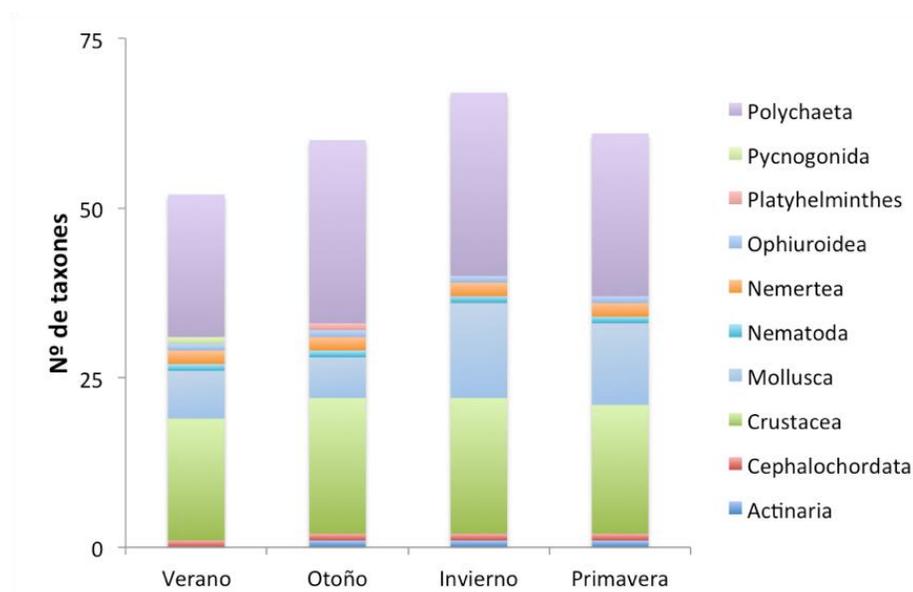
Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.5 Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios

a) Composición de grupos taxonómicos

El análisis de la variabilidad temporal del número de taxones mostró una variación de entre 50 y 60 taxones. El mayor número de taxones fue registrado en la campaña de invierno y el menor en la de verano (Figura 3.5-54). Los grupos más numerosos son Polychaeta, Crustacea y Mollusca. De ellos, el que se presenta más estable, en términos del número de taxones, es el grupo Crustacea, que fluctuó entre 18 y 20 taxones. Por su parte, Polychaeta presentó el mayor número de especies identificadas en la campaña de invierno.

Figura 3.5-54. Composición de grupos taxonómicos obtenidos en las comunidades macrobentónicas submareales de fondo blando en las cuatro campañas realizadas.



Fuente: Elaboración propia.

b) Comparación abundancia y biomasa entre campañas

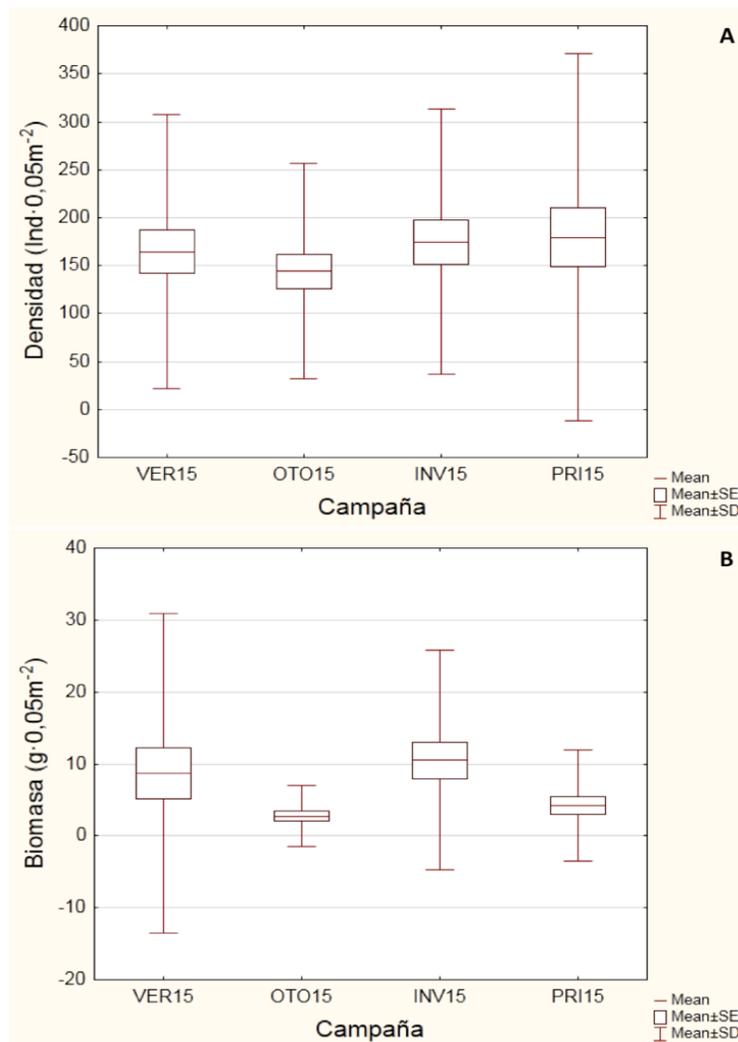
El análisis de la variabilidad temporal de la abundancia de la macrofauna entre campañas de muestreo no muestra una tendencia definida. Se aprecia un leve incremento en la densidad desde la campaña de Otoño hacia la de Primavera (Figura 3.5-55A), sin embargo, tendencia no arroja diferencias significativas (ANDEVA $F_{(3, 149)}=0,22725$; $p=0,87732$. Datos transformados con raíz cuadrada). La campaña de primavera 2015 presentó una alta dispersión de datos, lo cual es el reflejo de la alta variabilidad de abundancia registrada entre las estaciones. En particular se observó una alta abundancia del Ostrácodo Cypridinidae y Nematoda asociados a algunas de las estaciones de muestreo.

En el caso de la biomasa, se observó una variabilidad asociada a algunas de las campañas de muestreo. Las campañas de verano e invierno 2015 presentan los mayores valores de biomasa, mientras que la menor biomasa está asociada a las campañas de otoño y primavera 2015 (Figura 3.5-55B). La biomasa registrada en las campañas de Otoño y Primavera es significativamente menor a la registrada en las campañas de verano e invierno (ANDEVA $F_{(3, 149)}=5,0333$; $p=0,00237$)

Al analizar la información considerando las estaciones de muestreo y campañas, se observa una tendencia a que los mayores registros de densidad se encuentran asociados estación C3, siempre asociada a alta abundancia de Ostracoda. La mayor densidad en esta estación se registra durante la campaña de primavera (Figura 3.5-56A). Por el contrario, las menores densidades estuvieron siempre asociadas a las estaciones Q3, Q5, Q6 y Q9.

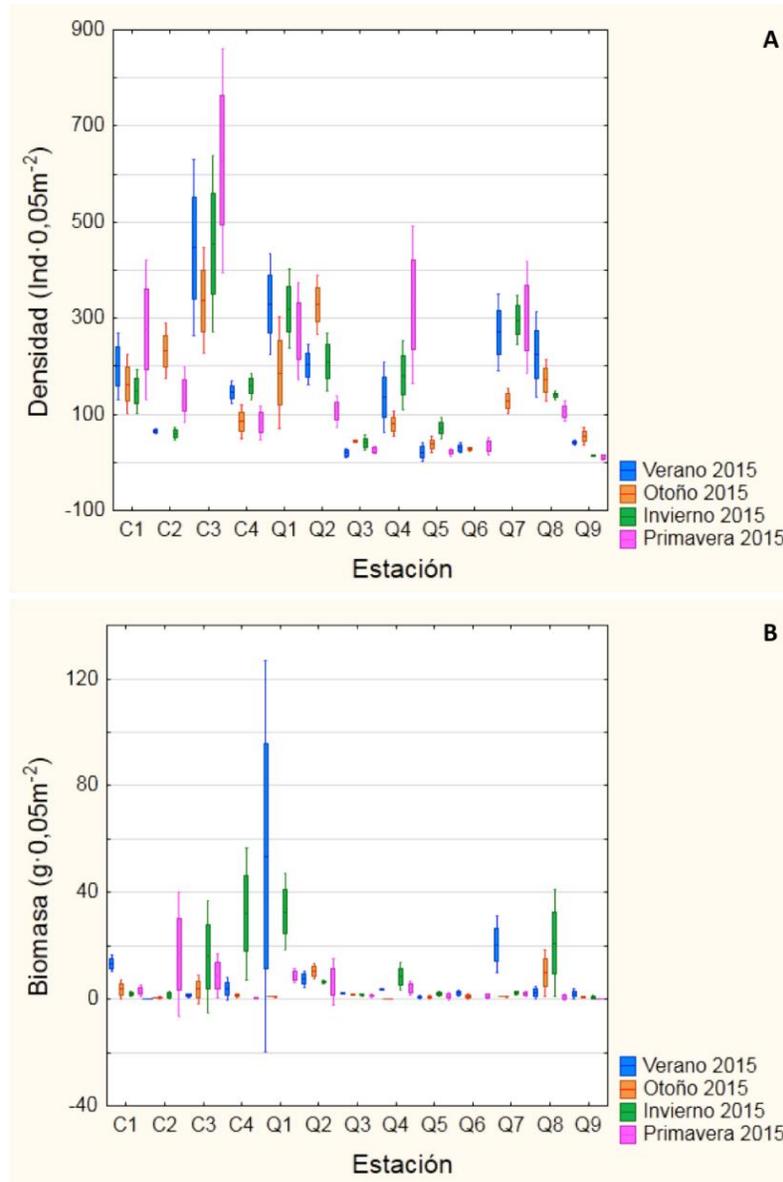
Respecto de la biomasa promedio, se aprecia que en la estación Q1, durante la campaña de verano, se registra el mayor valor de biomasa. Esto se debe específicamente al aporte de biomasa de *Venus antiqua* a la comunidad (Figura 3.5-56B). Los valores de biomasa registrada en el resto de las campañas y estaciones son relativamente similares, con excepción de cuatro estaciones de la campaña de Invierno 2015 (C3, C4, Q1 y Q8), una estación de la campaña de primavera 2015 (C2) y una estación de la campaña (Q7) de la campaña de verano (Figura 3.5-56B).

Figura 3.5-55. Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna encontrada en las cuatro campañas realizadas. Proyecto Teck – QB2. La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar las líneas verticales la desviación estándar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-56. Abundancia (A) y Biomasa (B) promedio de la macrofauna por estaciones y campañas de muestreo. Proyecto Teck – QB2. La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar las líneas verticales la desviación estándar.



Fuente: Elaboración propia.

c) Riqueza y diversidad específica entre campañas

Los índices de riqueza y diversidad son dependientes del tamaño de la muestra y del esfuerzo de muestreo. De acuerdo con esto, se debe tener presente la diferencia en las unidades muestrales utilizadas. En aquellas estaciones donde no se pudo tomar las muestras mediante buceo, debido a la profundidad de dichas estaciones (Q3, Q5, Q6 y Q9), estas muestras fueron tomadas con draga, que tienen una mayor superficie de muestreo ($0,05\text{m}^2$). Estas diferencias en la unidad muestral podrían resultar en una mayor representación de especies en dichas estaciones. Si bien las muestras fueron estandarizadas a una misma superficie ($0,05\text{m}^2$) esta estandarización sólo tiene efectos sobre la abundancia y la biomasa, no así en la riqueza y diversidad.

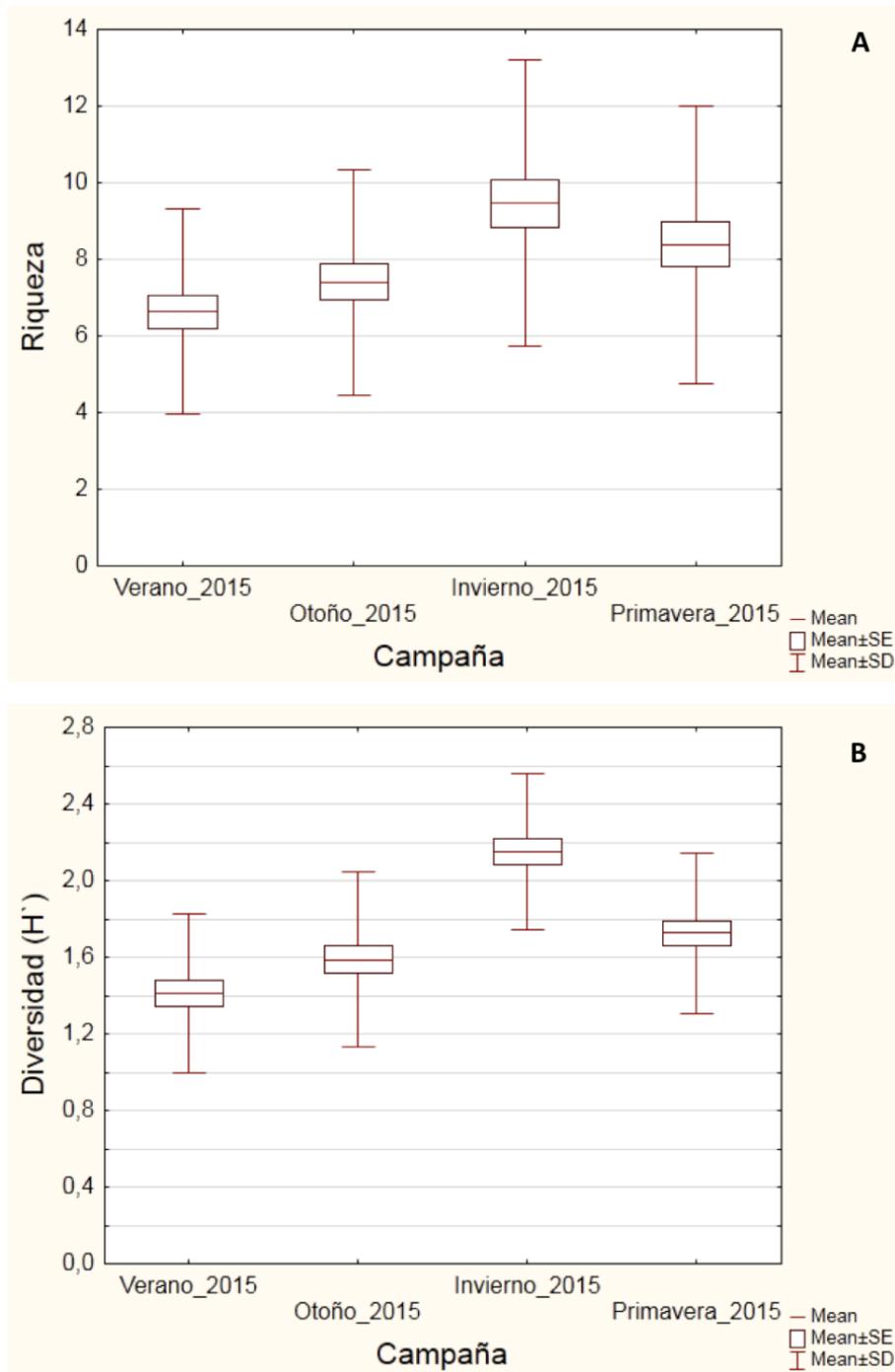
El análisis de la variabilidad temporal de la riqueza promedio de especies en cada una de las campañas de muestreo, refleja que la mayor riqueza de especies se encuentra asociada a la campaña de Invierno 2015, mientras que los menores valores se registran en la campaña de verano (Figura 3.5-57A). La menor riqueza de especie registrada en la campaña de verano es significativamente distinto a lo registrado en las campañas de otoño y primavera (ANDEVA $F_{(3, 149)}=5,2562$, $p=0,00178$).

La diversidad de especie sigue el mismo patrón descrito para la riqueza de especie, la mayor diversidad se registra en la campaña de invierno (Figura 3.5-57B). Existen diferencias significativas en la diversidad registrada en la campaña de invierno con respecto a las otras tres campañas de monitoreo. De igual manera, la diversidad estimada en la campaña de verano es significativamente menor a lo registrado en la campaña de primavera (ANDEVA $F_{(3, 149)}=20,112$, $p<0,05$).

Al analizar la riqueza separada por campaña y estación se observa una alta variabilidad en los datos, no observándose un patrón claro. La mayor riqueza específica está asociada a la campaña de invierno 2015, específicamente en las estaciones Q1 y Q7 (Figura 3.5-57A). Altos valores de riqueza (en relación con el resto de las estaciones) se registraron también para la campaña de primavera en las estaciones C3 y Q4 (Figura 3.5-58A). Se observó una tendencia a registrar una mayor diversidad durante la campaña de invierno y una menor diversidad durante el verano (Figura 3.5-58B).

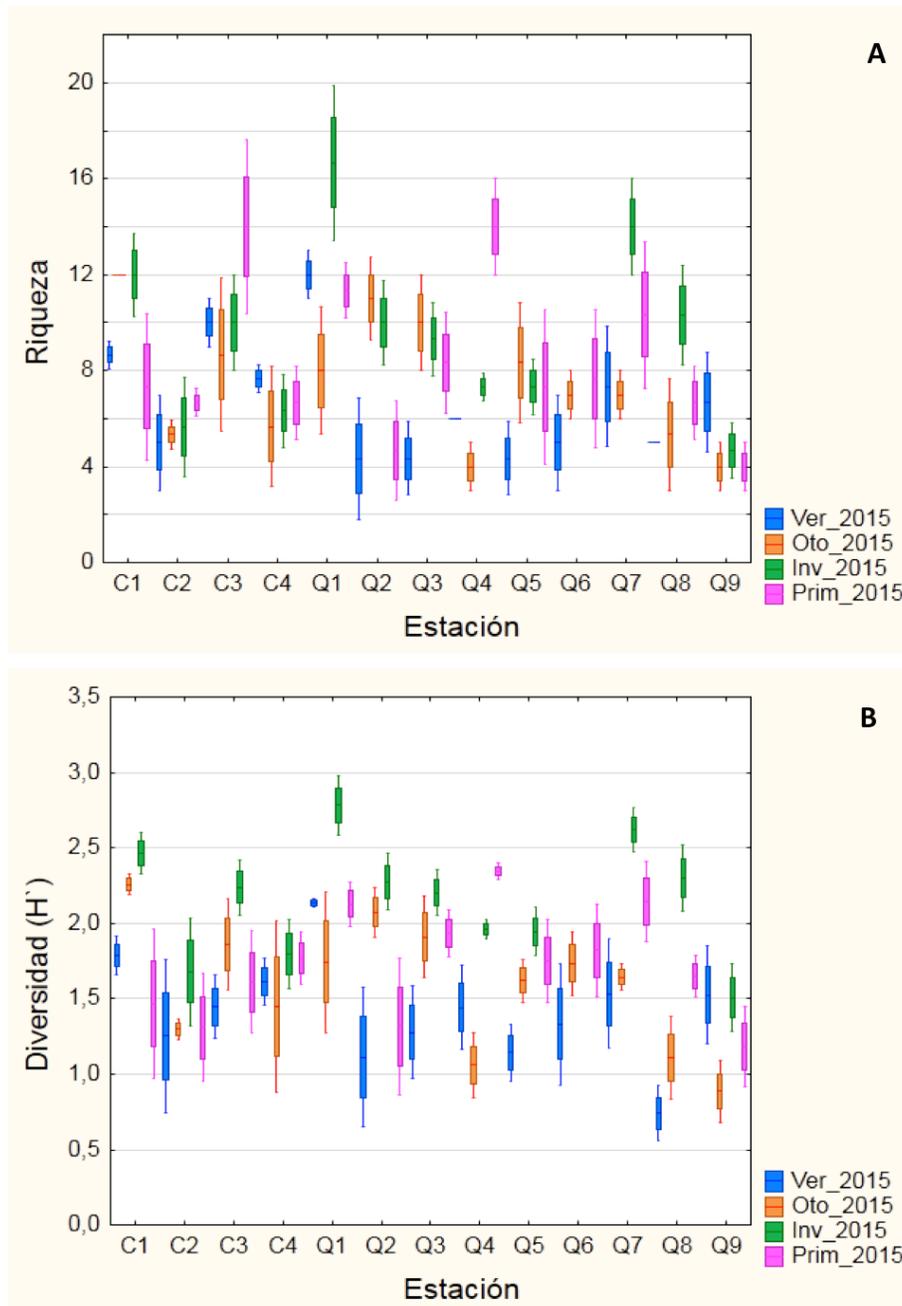
De acuerdo con estos resultados, se observa que el uso de una unidad muestral de mayor tamaño en algunas de las estaciones de muestreo no habría generado mayor influencia sobre la riqueza específica ni la diversidad, ya que no se observó que estos índices hayan presentado valores particularmente más altos en aquellas estaciones muestreadas mediante el empleo de draga.

Figura 3.5-57. Riqueza específica promedio estacional (A) y diversidad específica promedio estacional (B) de la comunidad submareal de fondos sedimentarios.



Nota: La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar.
 Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-58. Riqueza (A) y Diversidad (B) promedio de la macrofauna observada en la comunidad submareal de fondos sedimentarios, por campaña y estación de muestreo.



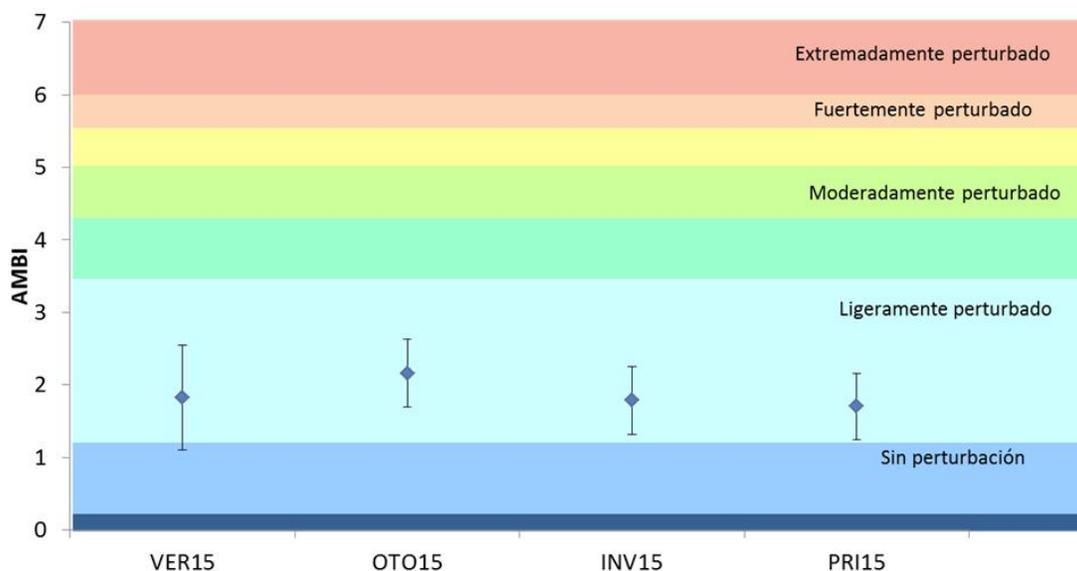
La línea central de las cajas representa la media, la caja un error estándar y las líneas verticales la desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

d) Índice AMBI

Los resultados obtenidos desde el índice AMBI sugieren que el área de estudio corresponde a un área ligeramente perturbada, independiente de la variación temporal observada (Figura 3.5-59). No se observan diferencias significativas entre el promedio AMBI en las cuatro campañas realizadas (ANDEVA $F_{(3, 47)}=1,7742$; $p=0,16497$).

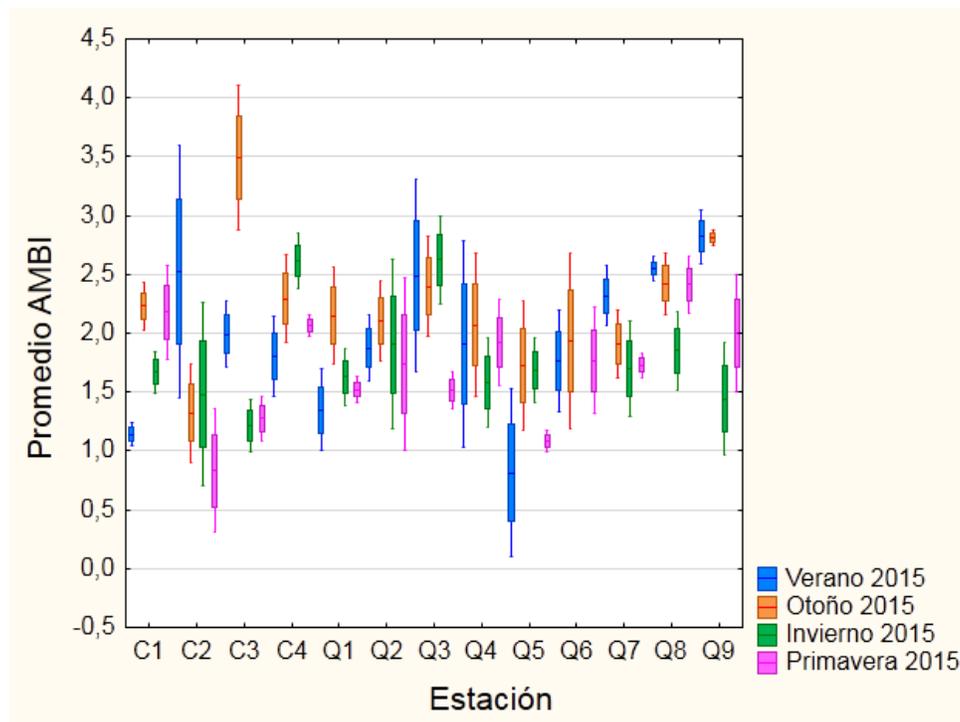
El análisis del índice AMBI por estación y campaña de muestreo muestra que la peor condición ambiental se registra en la estación C3 durante la campaña de otoño 2015 (Figura 3.5-60), esto producto de una alta abundancia del poliqueto *Capitella capitata* y de Nematoda, pertenecientes a los grupos funcionales V y III, respectivamente, lo cual es reflejo de perturbación local. Sin embargo, a pesar de registrar un promedio mayor, esta estación se mantuvo en la categoría “ligeramente perturbado”. Por el contrario, los menores promedios AMBI, o una mejor condición ambiental, se registraron en las estaciones C2 y Q5, asociados a las campañas de primavera y verano, respectivamente (Figura 3.5-60). En general, las distintas estaciones de muestreo, en las cuatro campañas realizadas se mantuvieron en una condición de perturbación ligera, la única excepción es la estación C3 en la campaña de otoño, donde se presentaron condiciones de perturbación moderada.

Figura 3.5-59. Promedio del índice AMBI en cada una de las campañas estimado a partir de la macrofauna submareal de fondo blando en las cuatro campañas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-60. Promedio AMBI registrado en cada una de las estaciones de las cuatro campañas de muestreo.



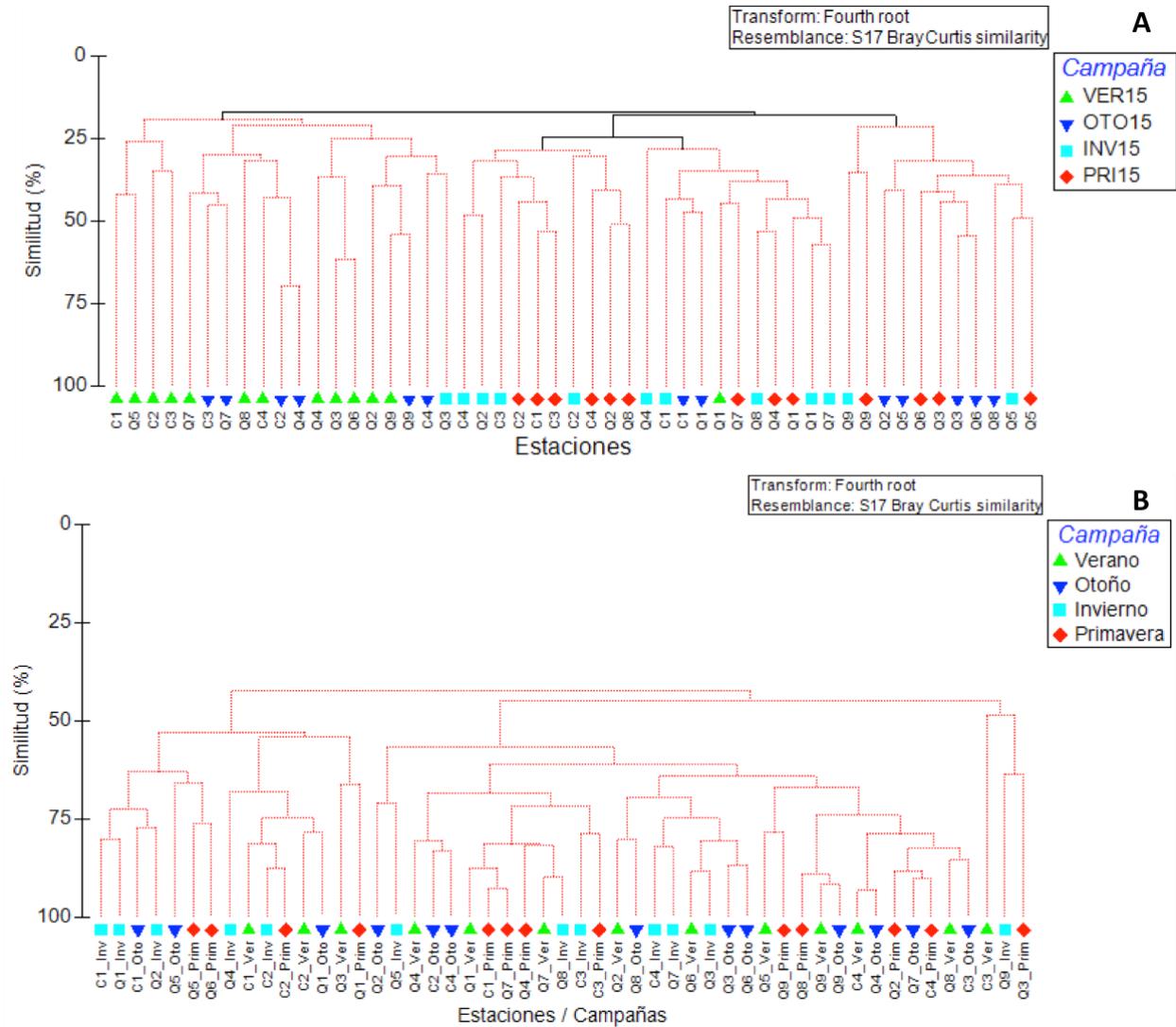
Fuente: Elaboración propia.

e) Análisis de Clasificación

Se realizó un análisis de conglomerados considerando la composición de especies cada una de las estaciones de muestreo en las tres campañas realizadas. Se observa una tendencia de las estaciones de verano a agruparse entre ellas, con algunas de las estaciones de otoño uniéndose a este conglomerado (Figura 3.5-61A). Se observa un segundo conglomerado conformado por estaciones de las campañas de invierno y primavera. Los otros dos conglomerados están formados por estaciones de distintas campañas de muestreo (Figura 3.5-61A). En general se observa una baja similitud entre las estaciones de muestreo dentro de las respectivas campañas, ya que la mayor parte de las estaciones presenta un nivel de similitud menor al 50% (Figura 3.5-61A).

Se realizó también un análisis de conglomerado basado en familias, de manera de determinar patrones de agrupamiento basados en las abundancias de estos grupos taxonómicos mayores y absorber así la variabilidad atribuible a la variabilidad de algunas especies en particular. Sin embargo, en términos generales no se aprecia una mayor similitud entre las estaciones de monitoreo, no pudiéndose observar algún patrón determinado (Figura 3.5-61B). Se aprecia que la estación C3, de la campaña de Verano es la que presenta la menor similitud respecto de las otras estaciones (Figura 3.5-61B).

Figura 3.5-61. Análisis de clasificación jerárquica basado en el índice de similitud de Bray Curtis que incluye la matriz de abundancia relativa de la macrofauna asociada a la comunidad submareal de fondos sedimentarios por estación y campaña de evaluación. (A) Análisis realizado a nivel de especies y (B) análisis realizado a nivel de Familias.



En rojo se muestran los grupos que son significativos a un 95% de confianza (Test SIMPROF).

Fuente: Elaboración propia.

f) Análisis de Ordenación por Estaciones y campañas de muestreo

Al igual que con el análisis de conglomerados, el análisis de ordenación nMDS se realizó considerando la totalidad de los taxones registrados en las cuatro campañas de monitoreo y también a nivel de familias.

Al hacer el análisis a nivel de especies, se observa una tendencia de las estaciones de la campaña Verano 2015 a agruparse en la parte inferior de la Figura 3.5-61A y entre ellas se ubican algunas de las estaciones de la campaña Otoño 2015. En la parte superior de la Figura 3.5-61A dominan

las estaciones de invierno 2015, junto con algunas de las estaciones de las campañas de primavera y otoño. En el centro de la Figura 3.5-61A se ubican la mayoría de las estaciones correspondientes a las campañas de primavera y otoño. Sin embargo, se debe tener en cuenta el alto estrés estimado para la ordenación resultante de este análisis, el cual de acuerdo con los rangos establecidos por Clarke & Warwick (2001) podría conducir a interpretaciones erróneas de los resultados.

Al realizar el análisis a nivel de Familias (Figura 3.5-61B) se aprecian tres grandes grupos de estaciones que mantienen un nivel de similitud superior al 50% al interior de cada uno de estos grupos. Además, se aprecia que la estación C3, de la campaña de Verano se encuentra separada del resto de las estaciones (Figura 3.5-61B). Uno de los grupos antes mencionados está formado por dos estaciones, correspondientes a las campañas de invierno y primavera. Al interior de cada uno de los grupos más grandes, se aprecian estaciones que se unen con un nivel de similitud superior al 75%, sin embargo, no se aprecia un patrón claro de agrupamiento entre ellas (Figura 3.5-61B).

El análisis de nMDS basado en especie y familia (Figura 3.5-61A y B) mostró una alta dispersión de los objetos incluidos en el espacio gráfico con índices de estrés cercanos a 3 que sugieren que la distribución de los objetos responde al azar (Clarke & Warwick 2001), esto limita el poder realizar conclusiones derivadas del ordenamiento.

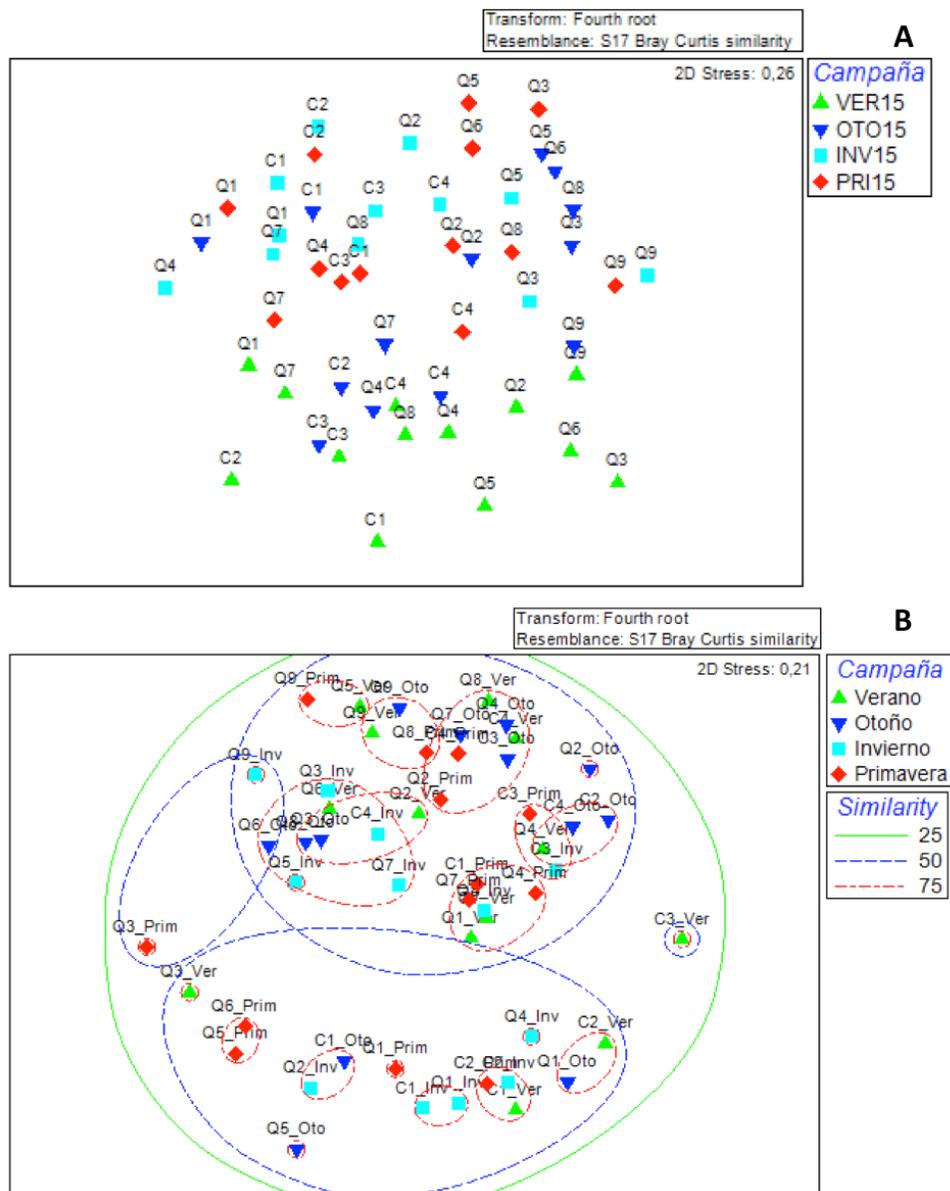
Se realizó un tercer ordenamiento, esta vez basado en grupos taxonómicos mayores (Figura 3.5-63), Se observa que el patrón de distribución de las distintas estaciones ubicadas en la parte superior de la Figura 3.5-63 responde a la presencia de Nematoda, el cual tiende a ser más abundante en las estaciones Q8 y Q2 en la campaña de Verano, sin embargo no se aprecia un patrón temporal asociado a la presencia de este grupo, ya que hay estaciones de otras campañas de muestreo que igualmente presentan alta presencia de Nematoda (Figura 3.5-63). Algo similar ocurre con Nemertea, donde hay estaciones de todas las campañas de muestreo que presentan alta abundancia de este grupo taxonómico (Figura 3.5-63).

El grupo Crustacea tiene una mayor presencia asociado a la estación C3, asociada a las campañas de invierno, primavera y verano (Figura 3.5-63). Mollusca tiene una mayor presencia en las estaciones ubicadas en la zona media y baja de la Figura 3.5-63, sin embargo, no se aprecia un patrón espacial o temporal (Figura 3.5-63). Polychaeta es el grupo que tiene la mayor presencia en el área de estudio (Figura 3.5-63), sin poder identificarse algún patrón espacial o temporal asociado a la presencia de este grupo taxonómico. En general se observa un grupo de estaciones representadas por las estaciones Q3, Q5 y Q6 que presentan baja abundancia de estos grupos taxonómicos

El análisis ANOSIM, realizado para las cuatro campañas de monitoreo, considerando todos los taxones encontrados en la totalidad de las estaciones, revela que a nivel global las estaciones presentan una alta sobreposición en la composición de especies de la comunidad, no obstante, las comunidades de macrofauna detectadas en las tres campañas pueden ser consideradas como diferentes ($R=0,307$; $N.S.=0,1\%$)

Al hacer la comparación entre campañas, se observa que la mayor sobreposición a nivel de la composición de la comunidad ocurre entre la campaña de Primavera 2015 con respecto a las campañas de Otoño e Invierno 2015 (Tabla 3.5-34). La mayor separación ocurre entre las campañas de verano 2015 e invierno 2015, lo que podría estar reflejando la condición de estaciones contrastantes. Sin embargo, se debe considerar que un $R < 0,5$ refleja una condición de sobreposición en la estructura de la comunidad, pero aún es posible reconocer ciertas diferencias.

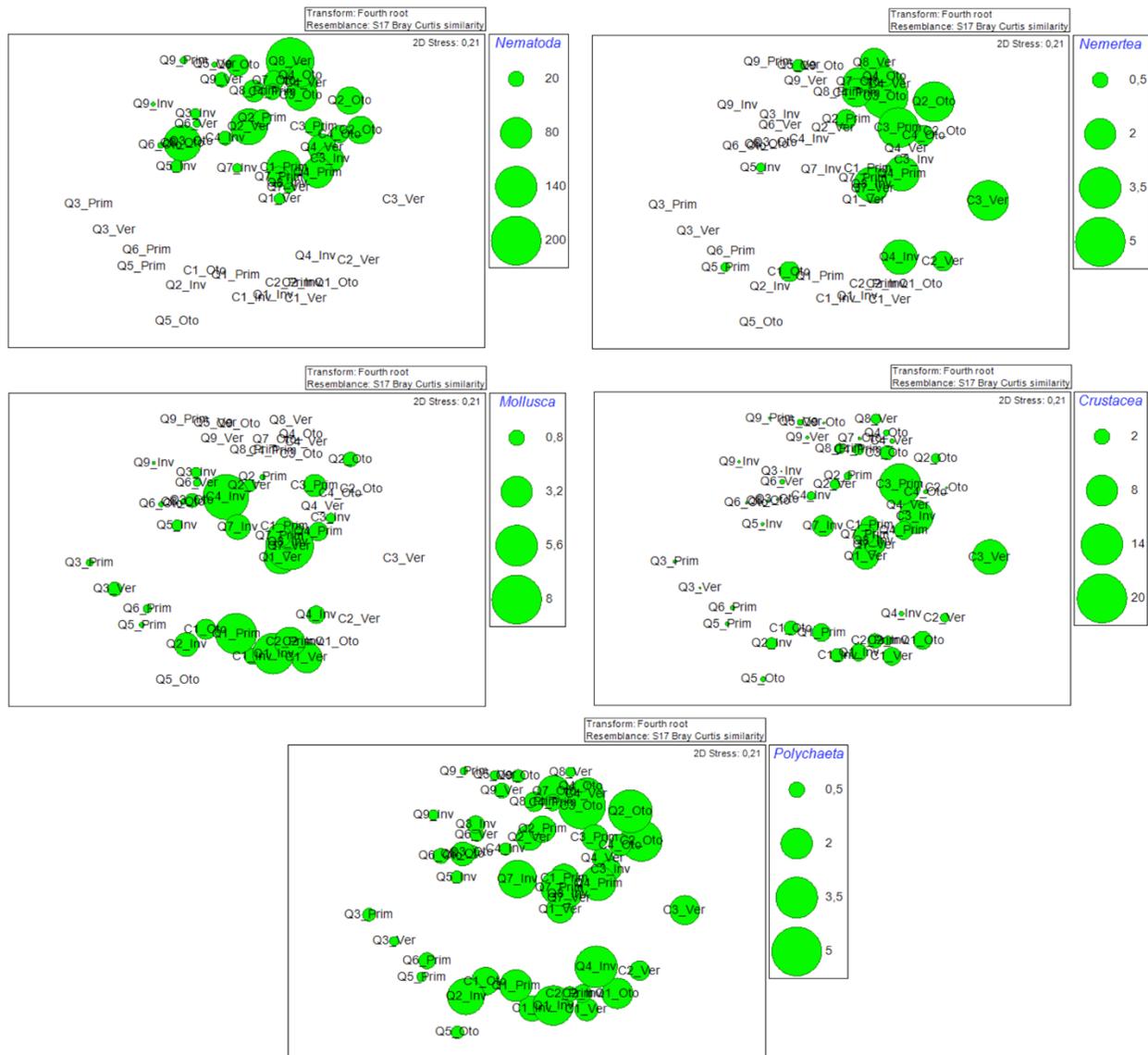
Figura 3.5-62. Ordenación espacial (nMDS) de abundancias relativas de la comunidad macrobentónica submareal de fondos sedimentarios, por estación y campaña de evaluación. (A) Análisis realizado considerando la totalidad de taxones registrados en la zona de estudio. (B) Análisis realizado considerando la abundancia a nivel de familias.



Campañas de Verano 2015, Otoño 2015, Invierno 2015 y Primavera 2015.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-63. Ordenación espacial de cada una de las estaciones de muestreo de la macrofauna en las comunidades de fondo blando, considerando la abundancia a nivel de grupos taxonómicos mayores. Campañas de Verano 2015, Otoño 2015, Invierno 2015 y Primavera 2015.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.5-34. Resultado del test ANOSIM realizado con la totalidad de las estaciones y taxones detectados en las tres campañas de muestreos de macrofauna en las comunidades de fondo blando.

Grupos	R	Significancia (%)
VER15, OTO15	0,33	0,1
VER15, INV15	0,496	0,1
VER15, PRI15	0,468	0,1
OTO15, INV15	0,322	0,2
OTO15, PRI15	0,169	0,9
INV15, PRI15	0,069	13,7

Fuente: Elaboración propia.

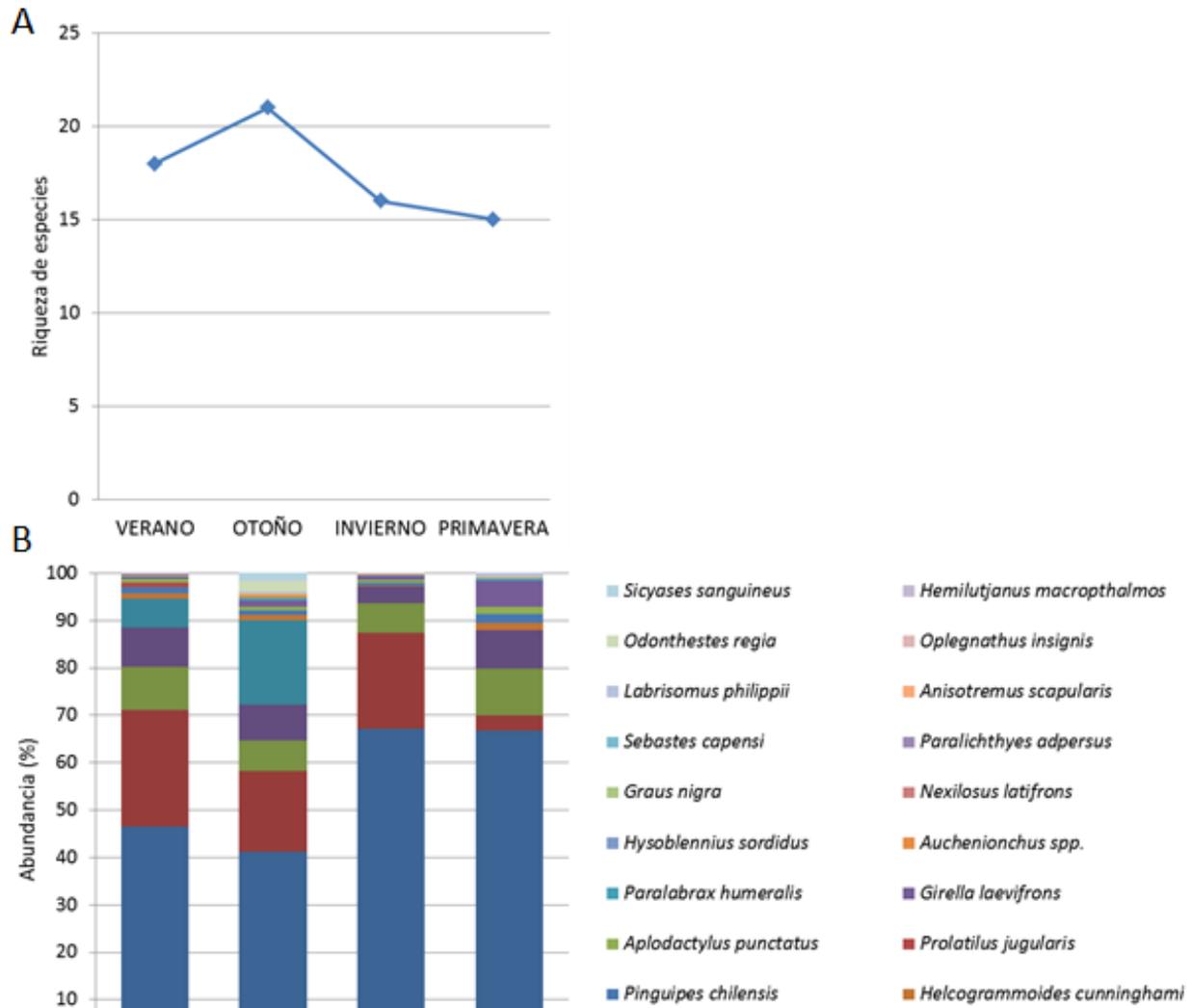
3.5.6.6 Comunidades nectónicas (Ictiofauna)

3.5.6.6.1 Evaluación Directa

En el área de estudio se registraron un total de 23 especies con una abundancia relativa de 14.750 individuos. Al analizar la variabilidad temporal de la riqueza de especies se observó que en la campaña de otoño se registró la mayor cantidad de especies con 21 taxones, junto a la mayor abundancia llegando a 4.571 individuos. La menor riqueza de especies y abundancia relativa se observó en primavera (15 taxones y 2.819 individuos, ver Figura 3.5-64; Tabla 3.5-35).

El análisis estadístico determinó que la riqueza de especies observada en otoño es significativamente mayor a las registradas en las campañas de invierno, verano y primavera. (Kruskal Wallis $p= 0,02017$, test *a posteriori* Mann Whitney). Por otra parte, el análisis no detectó una variabilidad temporal significativas entre las abundancias registradas (Kruskal Wallis $p= 0,3207$).

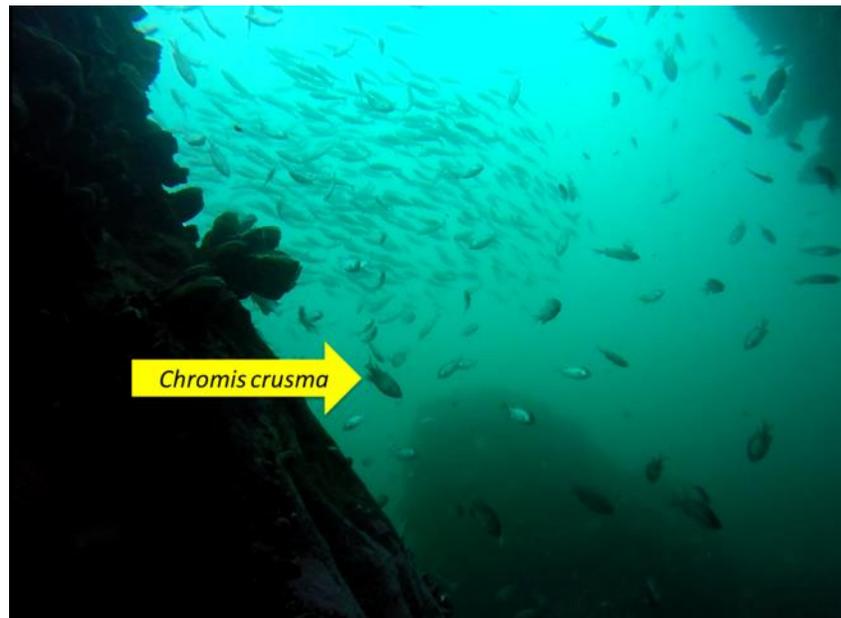
Figura 3.5-64. Riqueza específica (A) y abundancia relativa (N° ind./11 transectos de evaluación) (B), expresada en porcentaje (%) de las especies que componen la comunidad íctica litoral por campaña de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

El ensamble de peces litorales se caracterizó por altas abundancias de la especie *Chromis crusma* (Burrito), observándose un mayor número de ejemplares en todas las campañas de evaluación, con un máximo en invierno de 2.589 individuos y un mínimo en verano con 1.634 individuos (Tabla 3.5-35). La segunda especie con alta abundancia en submareal rocoso fue la cabinza (*Isacia conceptionis*), con valores de abundancia relativa en un orden de magnitud inferior a los presentados por las castañetas, alcanzando un máximo de 859 individuos en verano y un mínimo de 90 individuos en primavera (Figura 3.5-65; Figura 3.5-64).

Figura 3.5-65. Cardúmenes de *Chromis crusma* (primer plano) y de *Isacia conceptionis* (segundo plano).



Fuente: Elaboración propia.

Algunas de las especies que integraron el ensamble de peces litorales en el área costera de evaluación fueron *Hypsoblennius sordidus* (Cachudito), *Graus nigra* (Vieja), *Paralichthyes adpersus* (Lenguado), *Sebastes capensis* (Cascajo), *Oplegnathus insignis* (San Pedro), *Nexilosus latifrons* (Castañeta), *Anisotremus scapularis* (Sargo) y *Hemilutjanus macrophthalmos* (Apañado; Figura 3.5-64). Cabe mencionar que se observó la especie *O. Regia* (pejerrey de mar), en la campaña de otoño (ver Tabla 3.5-35).

Tabla 3.5-35. Riqueza específica, abundancia relativa y número total de ejemplares de peces litorales registrados por campaña de evaluación.

Especie	Campaña				Total	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	N° de ind	%
<i>Chromis crusma</i>	1.634	1.888	2.589	1.881	7.992	54,18
<i>Isacia conceptionis</i>	859	778	776	90	2.503	16,97
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	316	294	243	277	1.130	7,66
<i>Scartichthys sp.</i>	295	347	143	234	1.019	6,91
<i>Trachurus murphyi</i>	209	812	0	0	1.021	6,92
<i>Helcogrammoides cunninghami</i>	45	50	1	39	135	0,92
<i>Pinguipes chilensis</i>	44	43	23	53	163	1,11
<i>Prolatilus jugularis</i>	33	0	0	0	33	0,22
<i>Aplodactylus punctatus</i>	27	37	21	45	130	0,88
<i>Girella laeivfrons</i>	13	56	35	154	258	1,75
<i>Paralabrax humeralis</i>	8	27	7	13	55	0,37

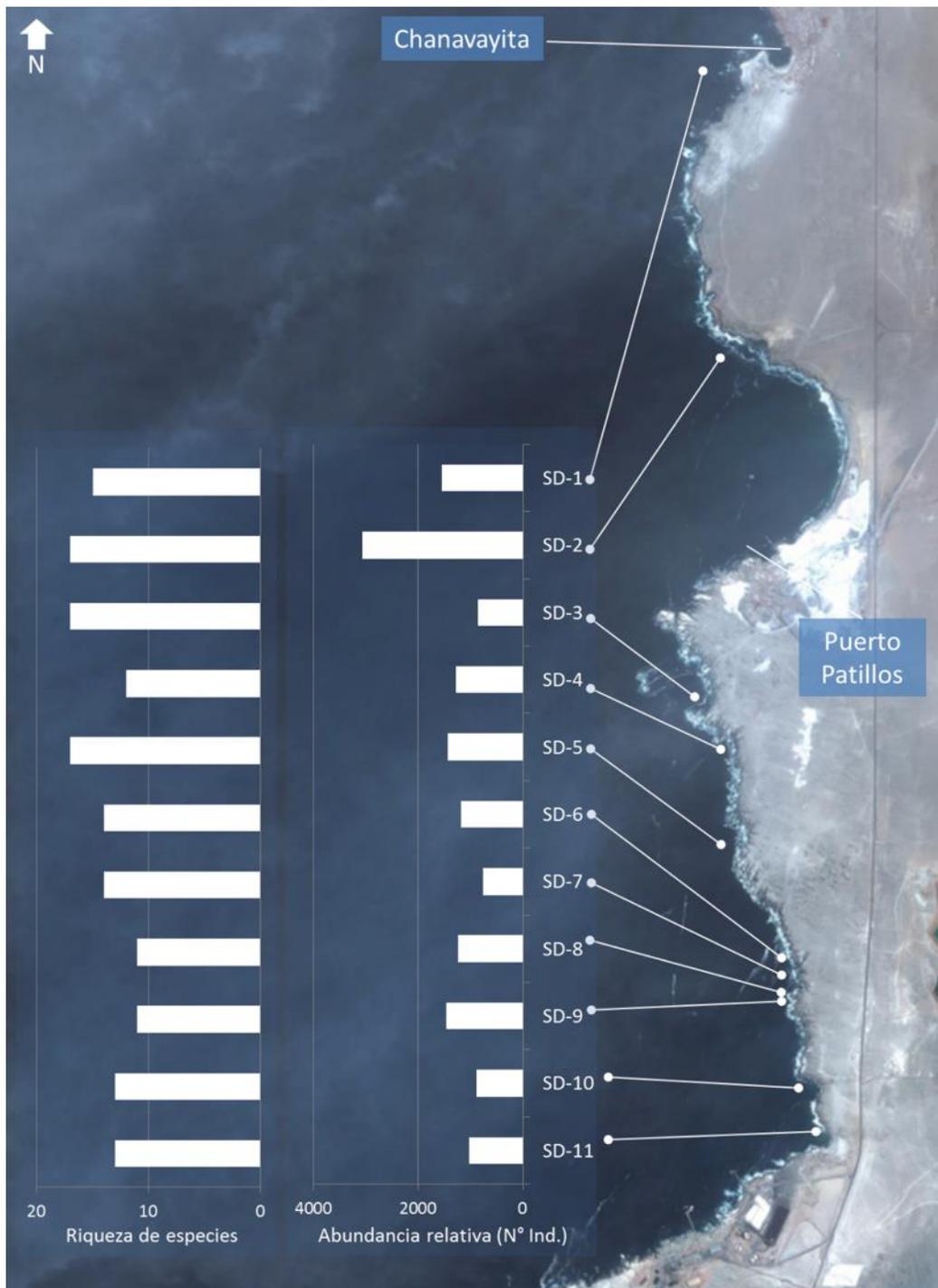
Especie	Campaña				Total	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	N° de ind	%
<i>Auchenionchus</i> sp.	7	26	0	0	33	0,22
<i>Hypsoblennius sordidus</i>	6	0	0	1	7	0,05
<i>Nexilosus latifrons</i>	4	4	5	2	15	0,10
<i>Graus nigra</i>	3	1	1	3	8	0,05
<i>Paralichthys adspersus</i>	1	1	0	1	3	0,02
<i>Sebastes capensis</i>	0	5	0	2	7	0,05
<i>Anisotremus scapularis</i>	1	6	3	3	13	0,09
<i>Labrisomus philippii</i>	1	14	4	21	40	0,27
<i>Oplegnathus insignis</i>	0	5	1	0	6	0,04
<i>Odontesthes regia</i>	0	100	0	0	100	0,68
<i>Hemilutjanus macropthalmos</i>	0	1	1	0	2	0,01
<i>Sicyases sanguineus</i>	0	76	1	0	77	0,52
ABUNDANCIA RELATIVA	3.506	4.571	3.854	2.819	14.750	
RIQUEZA DE ESPECIES	18	21	16	15	23	

Nota: Abundancia relativa: N°ind./11 transectos de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los indicadores comunitarios de cada uno de los transectos entre las cuatro campañas evaluadas, se observa que el transecto SD-2 es el de mayor riqueza y abundancia con 17 taxones y 3.071 individuos. En los transectos SD-3 y SD-5 se obtuvo la misma riqueza pero con menores abundancias (855 y 1.431 individuos, respectivamente). Los transectos con menor riqueza de especies (11 taxones) fueron SD-8 y SD-9, y el transecto con menor abundancia fue SD-7 con 760 individuos (Figura 3.5-66). En la Tabla 2 del Anexo 3.5-6 se entrega la abundancia relativa determinada a nivel de transectos de cada una de las especies presentes.

Figura 3.5-66. Riqueza específica y abundancia relativa del ensamble de peces litorales observados a nivel de transectos durante las cuatro campañas estacionales.

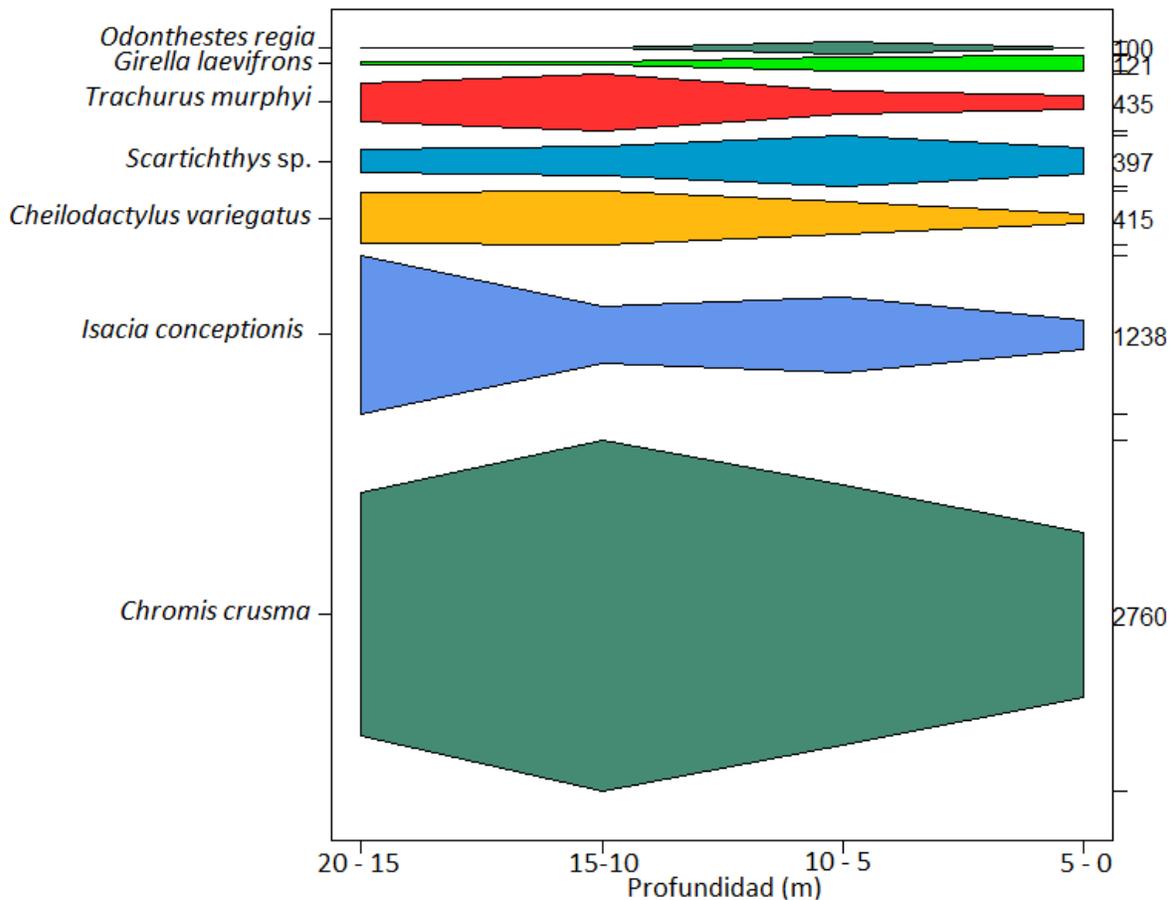


Nota: Abundancia relativa: N° ind./11 transectos de evaluación
 Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.6.2 Distribución batimétrica de la comunidad de peces litorales

En la Figura 3.5-67 se puede observar la distribución batimétrica de las especies más conspicuas, encontrándose mayores abundancias de *O. regia*, *G. laevisfrons* y *Scartichthys* sp. en la zona más somera y *C. variegatus*, *I. conceptionis* y *T. murphyi* en la zona más profunda (Figura 3.5-67).

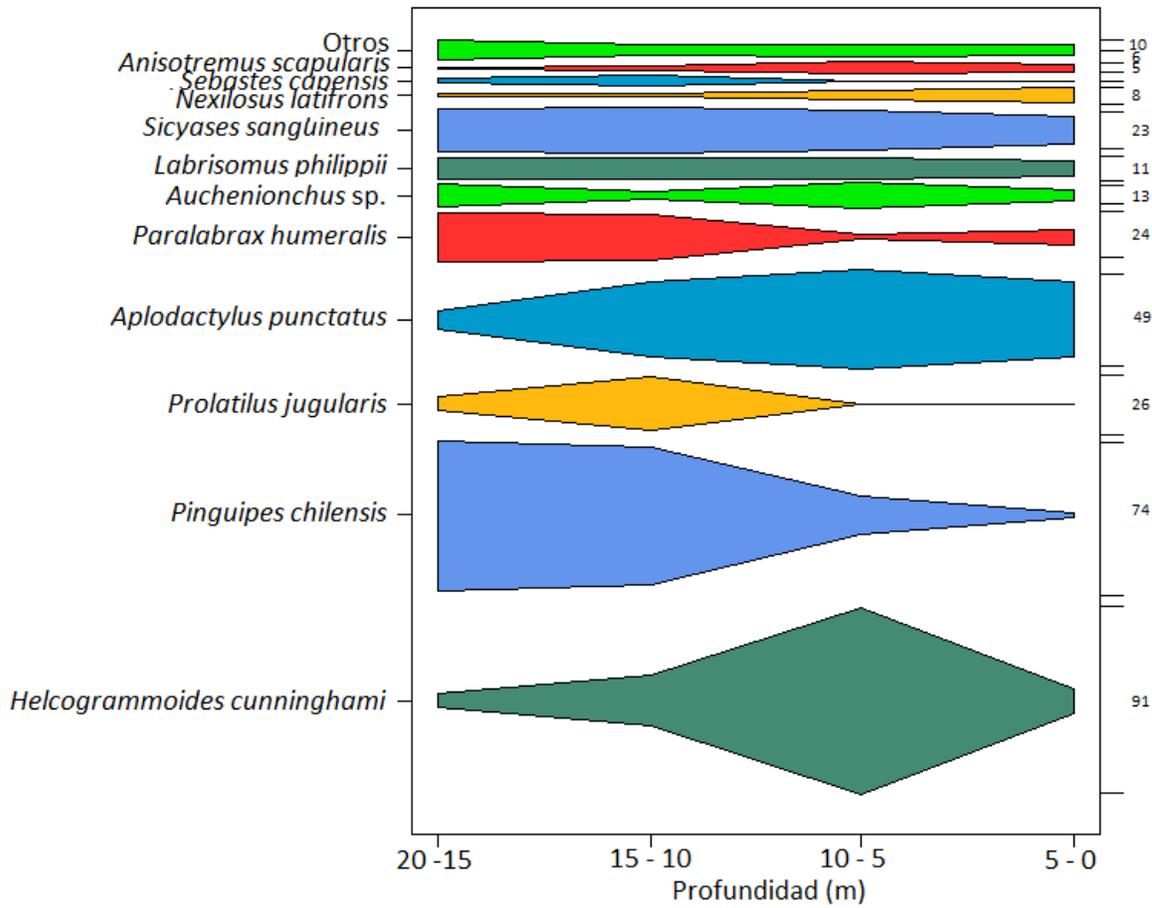
Figura 3.5-67. Distribución batimétrica de las especies de peces litorales con mayores abundancias observadas durante el estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Entre las especies consideradas menos abundantes (<100 individuos), *Prolatilus jugularis*, *Pinguipes chilensis* y *Paralabrax humeralis* presentaron una clara distribución hacia la zona más profunda. La jerguilla (*A. punctatus*) se distribuye homogéneamente entre los 15 y 0 metros de profundidad, y las especies *Girella laevisfrons* (Baunco), *Hypsoblennius sordidus* (Cachudito) y *Nexilosus latifrons* (Castañeta) presentaron una mayor abundancia relativa en el rango batimétrico entre 0 hasta 5 m (Figura 3.5-68).

Figura 3.5-68. Distribución batimétrica de las especies de peces litorales con menores abundancias observadas durante el estudio.

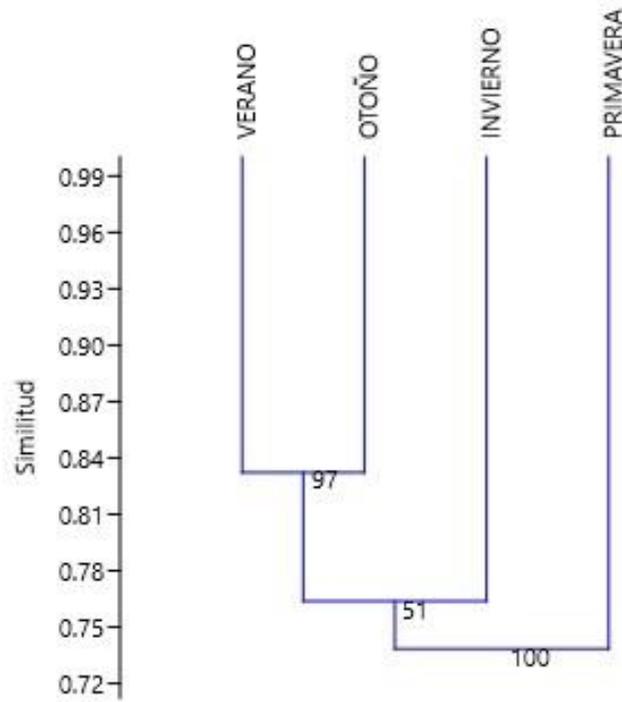


Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.6.3 Análisis de Clasificación (Índice de Bray – Curtis)

A partir del análisis de clasificación jerárquica y según la clasificación de Bloom (1981) se determinó que la campaña de verano y otoño presentaron mayor similitud entre las composiciones de especies y sus abundancias relativas (83%), y a su vez, estas dos campañas mostraron un alto grado de similitud con la campaña invernal (Bloom, 1981). Sin embargo, las tres campañas antes mencionadas presentan una baja significancia (bootstrap de 51 %), lo que genera un tercer agrupamiento (invierno-primavera), el cual llegó a un 74 % de similitud, junto a un bootstrap considerado alto (100 %; Figura 3.5-69).

Figura 3.5-69. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis, entre los transectos de peces litorales evaluados en el área costera de evaluación.

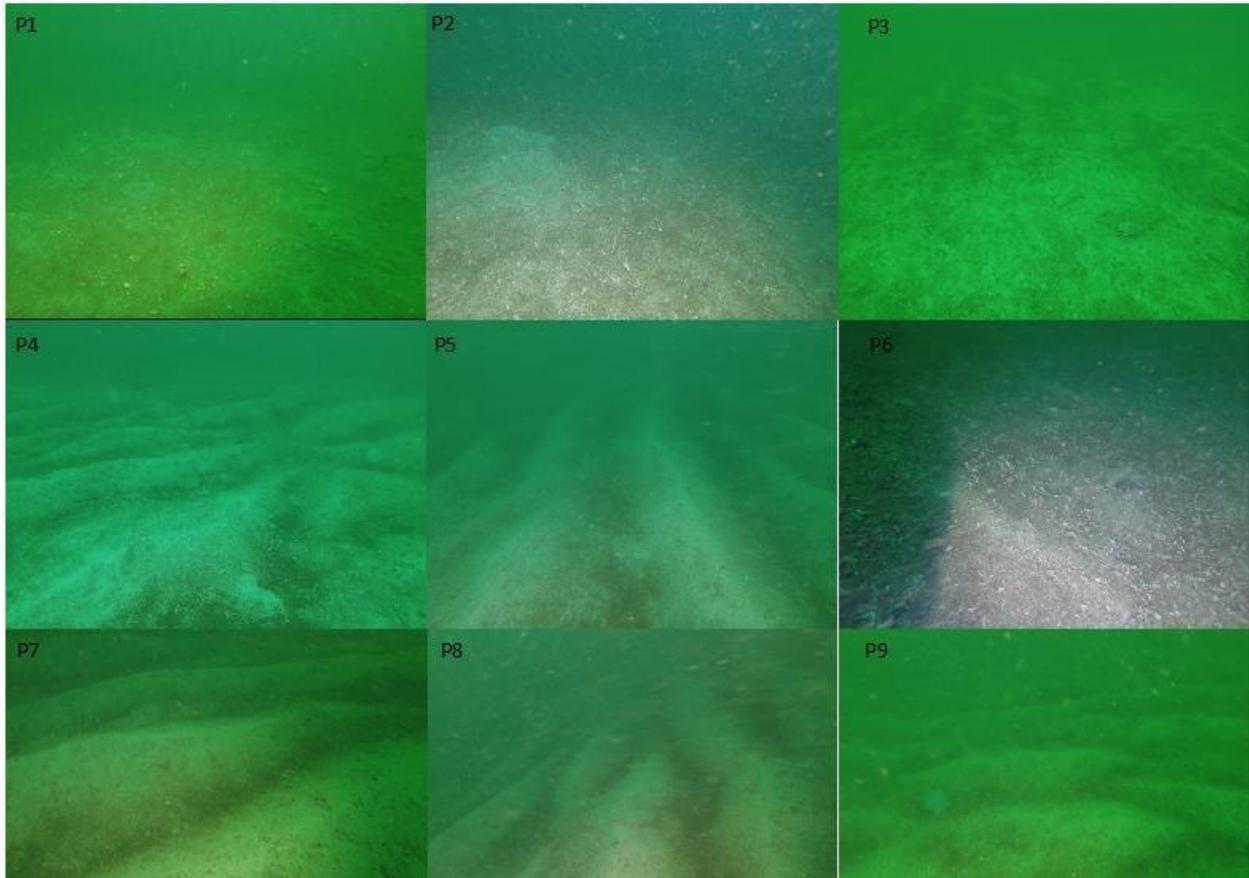


Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.6.4 Evaluación cualitativa zona descarga salmuera

En las filmaciones puntuales realizadas en la zona donde se proyecta descargar la salmuera (Figura 3.5-12) se observa que el sustrato es de tipo sedimentario (Figura 3.5-70), principalmente arena y conchuela.

Figura 3.5-70. Imágenes del fondo de cada una de las estaciones para la evaluación cualitativa de la zona de descarga de salmuera.



Fuente: Elaboración propia.

En la zona de descarga de la salmuera se observaron dos especies de peces, uno correspondiente a *Paralichthys adspersus* en la estación P4 (minuto 7:14 filmación) y un cardumen de pequeños peces pelágicos no identificados (posiblemente *Sardinops sagax* o *Engraulis ringens*) en la estación P1.

3.5.6.6.5 Categorías de conservación

Cabe destacar que, de la totalidad de especies identificadas en la presente línea de base, ninguna se encuentra catalogada en estado de conservación de acuerdo al último (Undécimo proceso) proceso de clasificación de especies (DS N° 38/2015).

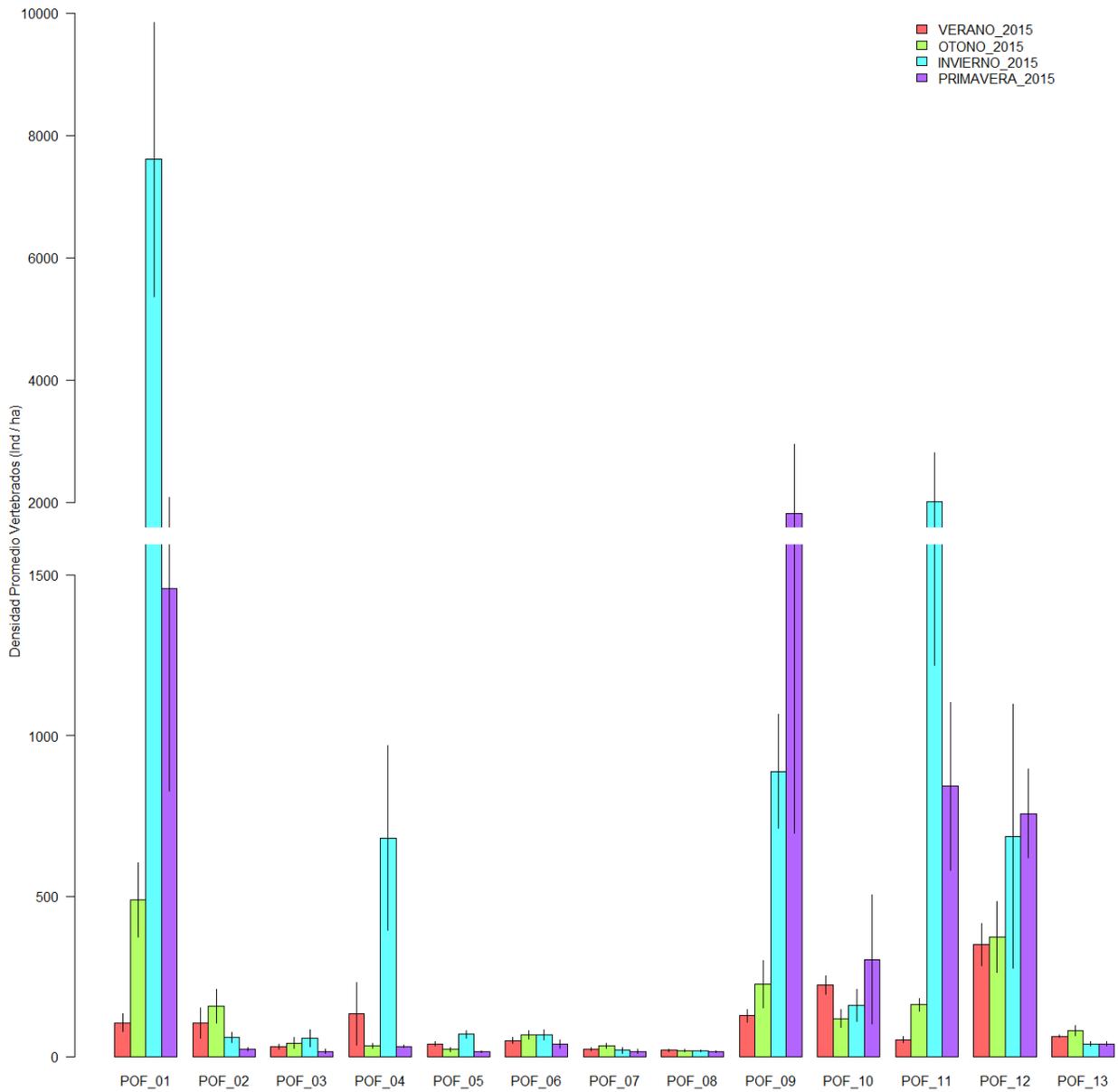
3.5.6.7 Vertebrados costeros (Reptiles, Aves y Mamíferos)

3.5.6.7.1 Densidad y riqueza de aves y mamíferos marinos

Los resultados del estudio indicaron que las mayores densidades promedio de aves y mamíferos marinos fueron reportadas en los Puntos de Observación de Fauna (POF), POF 1, POF 4, POF 9 POF 11 y POF 12 (ver Figura 3.5-71). Cabe destacar, que estos puntos de muestreo se caracterizaron por presentar islotes rocosos cercanos a la costa y/o acantilados con escasa presencia antrópica, lo cual favorecería que aves como guanayes, piqueros, pelícanos, gaviotines monja y pingüinos de Humboldt (entre otros), además de lobos marinos, realicen actividades de reproducción, nidificación y crianza alrededor de ellos. Al agrupar la densidad de vertebrados de todos los POF evaluados durante las cuatro campañas de línea de base, podemos observar que durante las campañas de verano y otoño, los registros se mantuvieron relativamente similares con promedios entre los 100 – 150 ind/ha; durante la campaña invernal la densidad promedio de vertebrados superaron los 900 ind/ha, mientras que durante la última campaña de primavera del 2015, la densidad promedio bordeó los 400 ind/ha (ver Figura 3.5-72). Se encontraron diferencias significativas en la densidad promedio de vertebrados para las cuatro campañas estacionales realizadas (ANDEVA, $P = 0,0003$), indicando además que la campaña de invierno del 2015 fue la que presentó el mayor promedio de todo el período de estudio (Test *a posteriori* de Tukey, $P < 0,001$; más detalle ver Figura 3.5-72).

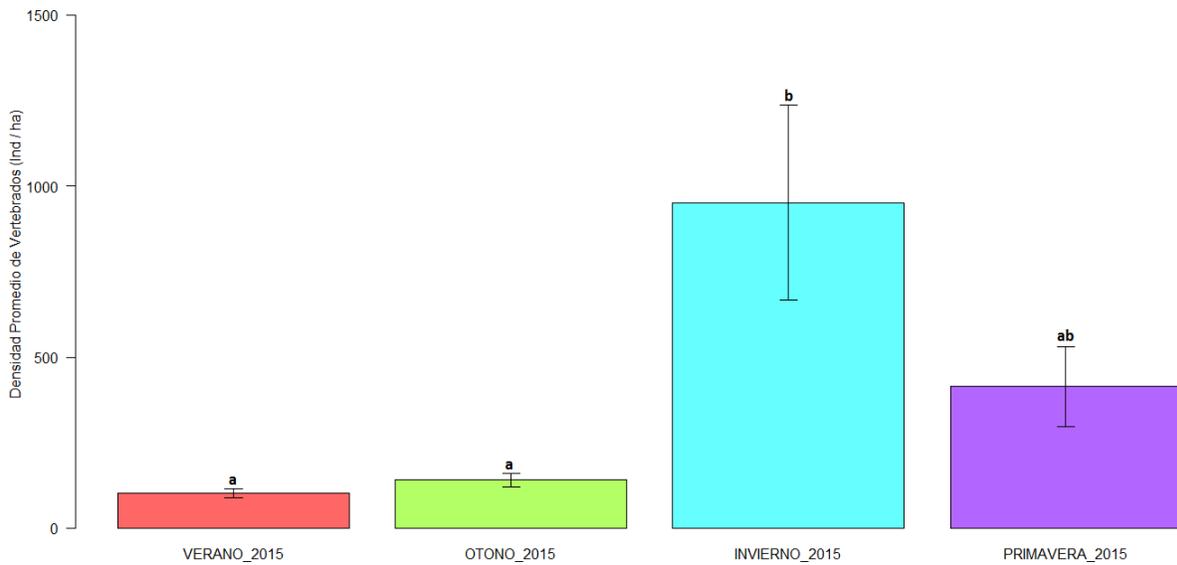
Por otra parte, al observar la riqueza promedio en los distintos POF para las cuatro campañas estacionales, se evidencia que no existe una tendencia clara para esta variable en términos espaciales, a pesar de que los POF 1, POF 9, POF 10 y POF 12 conforman el grupo con los mayores registros, mientras que el grupo de los POF 3, POF 4, POF 5, POF 7 y POF 8 es el que presenta las menores riquezas promedio (más detalle ver Figura 3.5-73). Del mismo modo, y en una escala temporal, tampoco se aprecia que la riqueza específica promedio exhiba una tendencia entre las cuatro campañas realizadas, motivo por el cual no se registraron diferencias significativas para la riqueza promedio entre las cuatro campañas estacionales evaluadas (Kruskal – Wallis, $P = 0,066$).

Figura 3.5-71. Densidad promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) por campaña de evaluación.



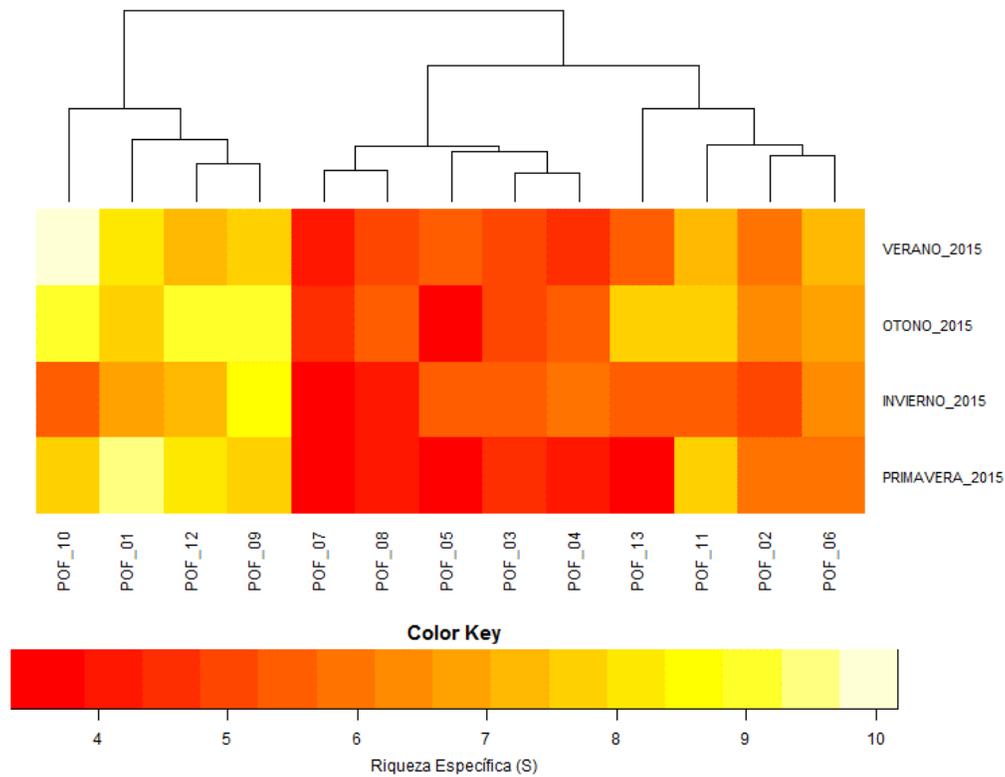
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-72. Densidad promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) observados en el área costera de evaluación por campaña de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-73. Riqueza promedio de vertebrados (aves y mamíferos marinos) observados en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados durante las cuatro campañas estacionales.



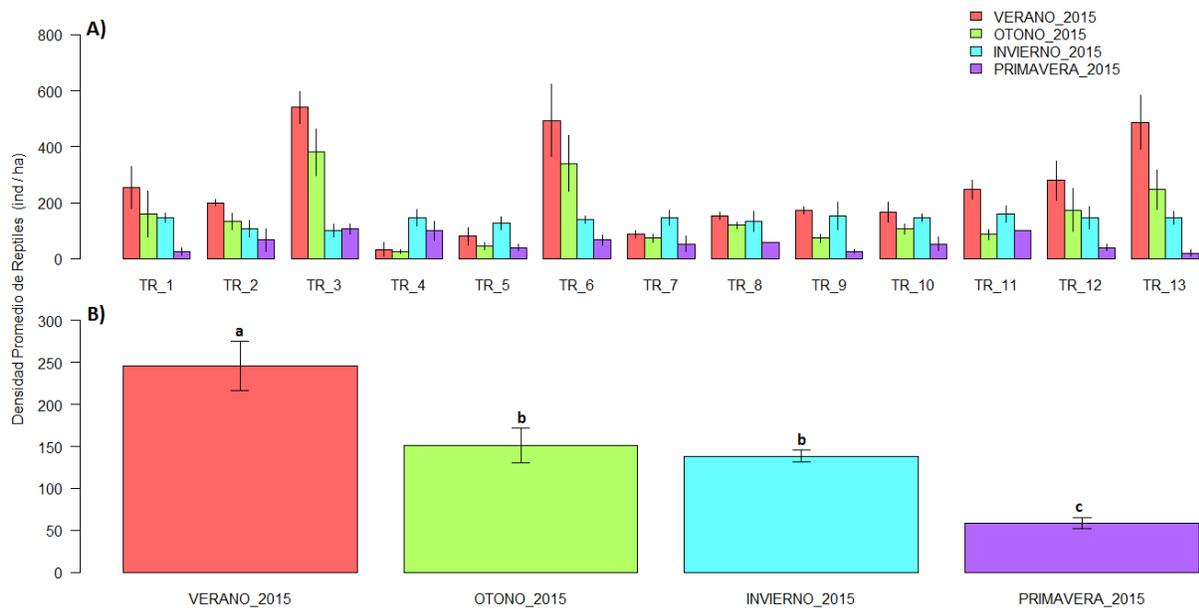
Fuente: Elaboración propia.

a) Reptiles y Tortugas Marinas

Las mayores densidades promedio se registraron en los TR 3, TR 6 y TR 13, principalmente durante las campañas de verano y otoño. En la época invernal los registros se mantuvieron relativamente homogéneos en todos los transectos evaluados y similares a los de la campaña de otoño, mientras que las densidades promedio observadas en primavera fueron las menores (ver Figura 3.5-74 A). Cabe destacar, que los transectos antes mencionados presentan características similares entre sí, ya que corresponden a sitios con roca maciza y cantos rodados de gran tamaño cercanos al ambiente intermareal. Esta razón permitiría que el corredor de cuatro bandas obtuviera una mayor disponibilidad de refugios y alimento, en comparación con los otros transectos evaluados, los cuales se encontraban cercanos a acantilados rocosos y sustrato arenoso.

Temporalmente, la mayor densidad promedio se observó durante la campaña estival, época caracterizada por temperaturas más elevadas en relación a las campañas de otoño, invierno y primavera. La densidad promedio del corredor de cuatro bandas fue significativamente diferente entre las cuatro campañas evaluadas (Kruskal – Wallis, $P = 3,57 \times 10^{-11}$), siendo estadísticamente superior durante el verano del 2015 e inferior durante primavera del mismo año (Test de comparaciones múltiples de Bonferroni, $P < 0,001$ y $P < 0,01$, respectivamente; más detalle ver Figura 3.5-74 B).

Figura 3.5-74. Densidad promedio (\pm DS) de reptiles; A) en los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados por transecto y campaña, y B) por campaña.

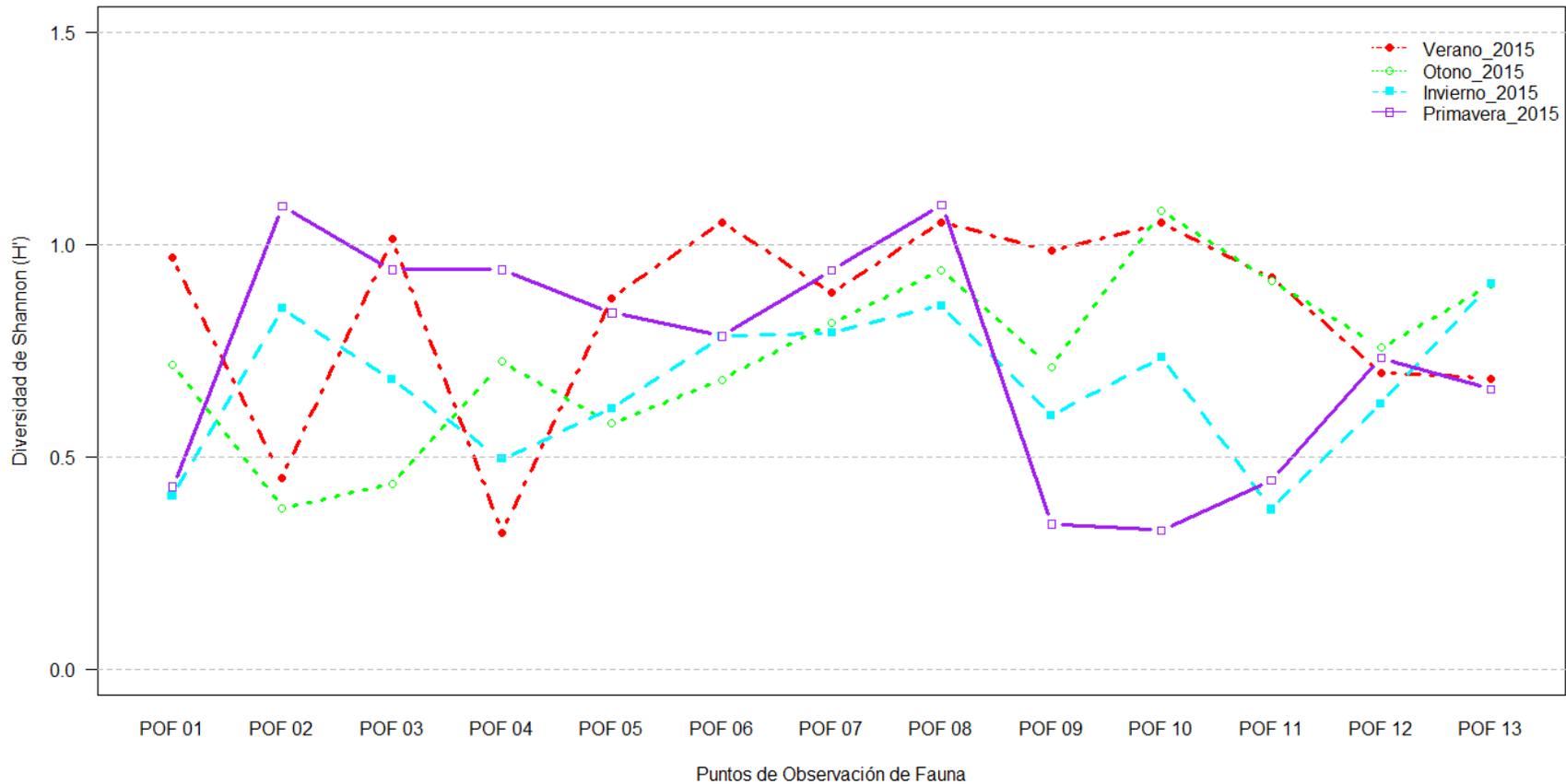


Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.7.2 Índice de Diversidad de Shannon (H')

En términos generales, el índice de diversidad de Shannon (H') calculado para los vertebrados monitoreados en el área costera de evaluación, fluctuó irregularmente entre los distintos POF evaluados para cada campaña. Por ejemplo, durante la campaña de verano del 2015, los mayores registros fueron observados en los POF 1, POF 2, POF 6, POF 8 y POF 10 con valores de H' entre 0,9 y 1. En otoño del 2015, los mayores valores de H' se reportaron en los POF 8, POF 10 y POF 11 con valores entre 0,9 y 1. Durante la época invernal, los mayores niveles estuvieron en los POF 2, POF 8 y POF 13; mientras que para la campaña de primavera del 2015 se observaron en los POF 2, POF 3, POF 4, POF 7 y POF 8 (Figura 3.5-75). En relación a lo anterior, no es posible observar una clara tendencia para este índice y los POF evaluados en el tiempo, por lo que el área costera de evaluación presenta una variabilidad estacional atribuible a la presencia/ausencia de especies debido, por ejemplo, a sus conductas migratorias (e.g. gaviotín elegante, rayadores, playeros) y/o reproductivas (e.g. lobos de mar, gaviotas garuma) o bien factores antrópicos (presencia de guaneros en islotes donde nidifican guanayes, piqueros, pingüinos, entre otros). Sin embargo, lo anterior, los POF 7, POF 8 y POF 12 fueron los que presentaron la menor variabilidad temporal para este índice, en comparación con los restantes POF evaluados.

Figura 3.5-75. Índice de diversidad de Shannon para los distintos Puntos de Observación de Fauna (POF) evaluados en las cuatro campañas estacionales.



Fuente: Elaboración propia.

a) Criterios y Categorías de Conservación

En la Tabla 3.5-36 se aprecia un listado con todas las especies avistadas durante las cuatro campañas de línea de base marina en el área costera de evaluación; destacando su taxonomía, categoría de conservación, índice de riesgo y estacionalidad.

En relación a este listado, indicamos que se observó un total de veintiocho (28) especies de vertebrados en todo el período de estudio. Estas especies se dividen en un (1) reptil, siendo éste el corredor de cuatro bandas (*M. quadrivittatus*) categorizado como “Insuficientemente Conocido” (I) según la Ley de Caza. Por otra parte, las aves están representadas por veintitrés (23) taxones, de los cuales seis (6) se encuentran en algún estado de conservación, siendo éstas la gaviota garuma (*L. modestus*), el gaviotín monja (*L. inca*), el guanay (*P. bougainvillii*) y el pingüino de Humboldt (*S. humboldti*) categorizadas como “Vulnerables” (V) según la Ley de Caza, el Libro Rojo, la CCE y/o la IUCN; mientras que el piquero (*S. variegata*) y lile (*P. gaimardi*) se clasifican como “Insuficientemente Conocidos” (I) según la Ley de Caza y el Libro Rojo. Finalmente, los mamíferos marinos estuvieron representados por cuatro (4) especies, estando todas ellas en alguna categoría de conservación. Así, es el caso del lobo de mar (*O. flavescens*) quien se encuentra “Fuera de Peligro” (F) según el Libro Rojo; el chungungo (*L. felina*) y la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) están clasificadas como “Vulnerables” (V) de acuerdo al Libro Rojo y/o la CCE; y finalmente, la ballena fin (*B. physalus*) se encuentra en estado “Crítico” (CR) y “En Peligro” (EN) según la CCE y IUCN (más detalles ver Tabla 3.5-36).

De acuerdo al índice de riesgo (IR) propuesto por el SAG (2004), podemos indicar que ocho (8) de las veintiocho (28) especies registradas en el presente estudio, poseen un IR que amerita una atención especial. El taxón que presenta el IR más alto es el chungungo (*Lontra felina*) con 55 pts y clasificado en un estado de riesgo *ALTO*. Posteriormente, y con un IR entre 25 a 49 puntos, se encuentran el corredor de cuatro bandas (*Microlophus quadrivittatus*), gaviota garuma (*Larus modestus*), gaviotín monja (*Larosterna inca*), guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), pingüino de Humboldt (*S. humboldti*), ballena fin (*B. physalus*) y ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), quienes se clasifican en un estado de riesgo *MEDIO*. Las especies restantes se encuentran clasificadas con un IR *BAJO*, y su estado de conservación, los que poseen alguno, corresponden a Fuera de Peligro o Inadecuadamente conocidas.

Cabe hacer mención especial que los ejemplares de las especies guanayes, piqueros, liles, gaviotines monja, pingüinos de Humboldt, lobos de mar y corredores de cuatro bandas, ocuparon activamente el área costera de evaluación (islotos costeros, acantilados y/o costa rocosa), principalmente en actividades de alimentación, reproducción y nidificación.

Durante todo el periodo de estudio, se avistaron seis (6) especies en sólo una campaña de monitoreo; el rayador (*R. niger*) durante la temporada estival; el peuco (*Parabuteo unicinctus*), chungungo (*L. felina*) y ballena fin (*Balaenoptera physalus*) en invierno, y la gaviota de franklin (*Larus pipixcan*) y la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) durante la primavera (más detalle ver Tabla 3.5-36).

Tabla 3.5-36. Especies de vertebrados registrados en el área costera de evaluación durante las cuatro campañas estacionales, su estado de conservación e índice de riesgo.

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Origen	CITES	Categoría de Conservación								IR	Campaña Estacional			
						B	S	E	Ley de Caza	Libro Rojo	RCE	IUCN	Migrador		Verano	Otoño	Invierno	Primavera
CLASE REPTILIA																		
Squamata	Tropiduridae	<i>Microlophus quadrivittatus</i>	Corredor de cuatro bandas	E	-	-	S	E	I	-	LC	-	-	36,4	x	x	x	x
CLASE AVES																		
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Peuco	N	-	B	-	E	-	-	LC	-	3,4			x		
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Jote cabeza roja	N	-	B	-	-	-	-	LC	-	1,7	x	x	x	x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Gaviota de Franklin	N	-	B	-	-	-	-	LC	Mb	1,7				x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	N	-	-	-	E	-	-	LC	-	1,7	x	x	x	x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus modestus</i>	Gaviota garuma	N	-	-	S	-		VU	LC	-	33,7	x	x	x	x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus belcheri</i>	Gaviota peruana	N	-	-	S	-	-	-	LC	-	9,15	x	x	x	x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante	N	-	-	S	-	-	-	NT	Mb	1,7	x		x	x	
Charadriiformes	Laridae	<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín monja	N	-	-	S	-	V	-	NT	-	33,7	x	x	x	x	
Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	Pilpilén	N	-	-	-	E	-	-	LC	-	3,4	x	x	x	x	
Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus ater</i>	Pilpilén negro	N	-	-	S	E	-	-	LC	-	16,7	x	x	x	x	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	Playero blanco	N	-	B	-	-	-	-	LC	Mb	16,7	x		x		
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Aphriza virgata</i>	Playero de las rompientes	N	-	B	S	-	-	-	LC	Mb	18,4	x		x	x	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Arenaria interpres</i>	Playero vuelvepedras	N	-	B	S	-	-	-	LC	Mb	18,4	x			x	
Charadriiformes	Rynchopidae	<i>Rynchops niger</i>	Rayador	N	-		S	-	-	-	LC	Mb	1,7	x				
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito	N	-	B	-	-	-	-	LC	Mb	16,7	x		x	x	
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huairavo	N	-	-	-	E	-	-	LC	-	1,7	x	x	x	x	
Passeriformes	Furnaridae	<i>Cinclodes nigrofumosus</i>	Churrete costero	N	-	B	-	-	-	-	LC	-	16,7	x	x	x	x	
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Guanay	N	-	B	-	-	V	-	NT	-	33,7	x	x	x	x	
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Lile	N	-	B	S	-	I	-	NT	-	11,4	x	x	x	x	

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Origen	CITES	Categoría de Conservación								IR	Campaña Estacional			
						B	S	E	Ley de Caza	Libro Rojo	RCE	IUCN	Migrador		Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus thagus</i>	Pelícano	N	-	B	-	E	-	-	-	NT	-	11,4	x	x	x	x
Pelecaniformes	Sulidae	<i>Sula variegata</i>	Piquero	N	-	B	-	E	I	I	-	LC	-	11,4	x	x	x	x
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Yeco	N	-	-	-	-	-	-	-	LC	-	-	x	x	x	x
Sphenisciformes	Spheniscidae	<i>Spheniscus humboldti</i>	Pingüino de Humboldt	N	-	-	-	-	-	V	VU	VU	-	32	x	x	x	x
CLASE MAMMALIA																		
Carnivora	Otariidae	<i>Otaria flavescens</i>	Lobo de mar	N	-	-	-	-	-	F	-	LC	-	9,5	x	x	x	x
Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra felina</i>	Chungungo	N	I	-	-	-	-	V	VU	EN	-	55			x	
Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera physalus</i>	Ballena fin	N	I	-	-	-	-	-	CR	EN	-	47,5			x	
Cetacea	Megaptera	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	N	I	-	-	-	-	-	VU	LC	-	47,5				x

Simbología:

X = especie presente en determinada campaña de Línea de Base.

Origen: N: Nativo IR: Índice de Riesgo (SAG, 2004) Tala (2006): Mb: Migrador Boreal (especie que se reproduce en el Hemisferio Norte) CITES I: Se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio de especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.

B: especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria.

S: especie catalogada con densidades poblacionales reducidas.

E: especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales.

IUCN – RCE (DS 151/06, DS 50/08, DS 51/08, DS 23/09, DS 33/12, DS 41/12, DS 42/12, DS 19/12, DS 13/13, DS 52/14, DS38/15: CR: Crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazado, LC: Preocupación menor.

LEY DE CAZA (DS 05/98) – LIBRO ROJO (Glade, 1993): I: Inadecuadamente conocida, F: Fuera de Peligro, P: En Peligro de Extinción, V: Vulnerable.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.7.3 Sitios de Interés

Durante el estudio se categorizaron los sitios que poseen algún tipo de interés biológico; éstos corresponden a:

- a. Loberas
- b. Pingüíneras
- c. Sitios de nidificación y descanso aves migratorias

En el Plano 3.5-05 se muestra la disposición espacial de los diferentes sitios de interés identificados en nuestro estudio.

a) Loberas (*Otaria flavescens*)

En base a las evaluaciones realizadas tanto en el ambiente costero (POF) como en el marítimo (transectos marinos), se identificaron cinco (5) loberas ocupadas activamente por ejemplares de *Otaria flavescens* (lobo de mar).

- 1) Pta. Patillos: esta lobera se encuentra en un islote costero de gran tamaño, caracterizado por albergar una cantidad importante de aves marinas; que generan una guanera o covadera. En el costado norte del islote, y durante las cuatro campañas efectuadas, se observó una colonia de lobos de mar (*O. flavescens*) con alrededor de 20 – 30 individuos, siendo éstos principalmente adultos (machos y hembras) que se encontraban en actividad de descanso. No se registraron individuos en labores reproductivas, ni tampoco se avistaron juveniles (más detalle ver Plano 3.5-05 y Figura 3.5-76).
- 2) La segunda lobera está dispuesta sobre afloramientos rocosos de mediano tamaño, y se encuentra ubicada entre los puertos de Collahuasi y el puerto de la Central Térmica Tarapacá (ver Plano 3.5-05). En este punto se identificó una colonia de aproximadamente 15 – 25 individuos, donde predominaban ejemplares adultos (machos y hembras) más que los juveniles. Durante las cuatro campañas de monitoreo, los lobos de mar se avistaron principalmente descansando sobre las rocas (Figura 3.5-76).
- 3) La lobera tres (3) representa la colonia de mayor importancia en términos de abundancia relativa. Ésta se encuentra situada en Punta Patache, y abarca varios islotes de distintos tamaños, como también el sector costero aledaño (ver Plano 3.5-05). Durante todo el periodo evaluado, fue posible apreciar una gran cantidad de ejemplares de *O. flavescens* de todos los rangos etarios y sexo, identificando tanto a adultos (machos y hembras), juveniles y crías. Las actividades realizadas por los lobos de mar en Pta. Patache son variadas, y van desde descansos sobre los roqueríos, peleas por el control del territorio y las hembras, conductas de reproducción (cortejo y apareo), y labores de alimentación en los alrededores del sitio. La colonia residente en Pta. Patache alcanzó un registro máximo en época estival de entre 2.000 – 3.000 ejemplares.

- 4) La cuarta lobera identificada en el área costera de evaluación, se sitúa en el extremo noroeste de playa Chauca y corresponde a una plataforma rocosa rodeada de playas arenosas (ver Plano 3.5-05). En esta lobera se cuantificaron alrededor de 50 – 80 individuos durante las cuatro campañas de Línea de Base, siendo éstos principalmente adultos (machos y hembras) y algunos juveniles. La mayoría de los ejemplares de *O. flavescens* fueron avistados descansando sobre las rocas y otros en actividades de reproducción.

- 5) La quinta lobera identificada se encuentra ubicada en la denominada Pta. Negra, en el extremo sur de playa Chauca. Este punto corresponde a un islote costero de baja altura y magnitud, rodeado de costa rocosa por el sur (ver Plano 3.5-05). A diferencia de las otras cuatro colonias, en este sector se apreció una amplia variabilidad en la cantidad de individuos avistados durante las cuatro campañas de Línea de Base evaluadas. Por ejemplo, en la campaña de verano se registró un importante número de ejemplares (2.000 individuos aproximadamente), correspondiente mayormente a crías y juveniles; mientras que los adultos contabilizados bordearon los 20 individuos entre machos y hembras. Durante la campaña de otoño no se avistaron lobos marinos, por lo que la lobera se encontraba desierta. En las campañas de invierno y primavera se volvieron a registrar especímenes de *O. flavescens* en este sector, sin embargo, las observaciones fueron dos órdenes de magnitud menor en comparación con la campaña de verano; además, la principal actividad de los individuos avistados fue el descanso y cuidado de las crías. Los resultados obtenidos en este estudio, dan evidencia de que esta lobera no sería permanentemente utilizada por lobos, y cumpliría más bien una función de “guardería”, ya que las crías y juveniles se encontrarían protegidos por la presencia de adultos. Esta última afirmación es corroborada por Malinarich (2013a), quien ha denominado a este sector como ecológicamente importante desde el punto de vista de la reproducción de estos mamíferos marinos.

Al comparar los hallazgos encontrados en la presente línea de base, con estudios de fauna marina realizados en la región de Tarapacá durante los años 2011 y 2013 (Promar, 2012 A, B y C); podemos indicar que en ambos casos se identificaron las loberas correspondientes a Pta. Patillos, Pta. Patache, playa Chauca y Punta Negra como sitios activos para el lobo común *Otaria flavescens*, ya sea para descanso y/o reproducción. Sin embargo, en nuestro estudio se identificó una lobera adicional a lo registrado anteriormente (Promar, 2012 A, B y C), situándose ésta entre los puertos de Collahuasi y el puerto de la Central Térmica Tarapacá (ver Plano 3.5-05). En términos de abundancia promedio, nuestros resultados superan por lo menos, en un orden de magnitud a lo registrado por Promar (2012 A, B y C), ya que estos últimos reportaron para Pta. Patillos una densidad promedio de 10 ind; para Pta. Patache 424 ind, y para Pta. Negra 43 ind; registros inferiores a los encontrados en la presente Línea de Base.

Figura 3.5-76. Loberas identificadas en el área costera de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

b) Pingüineras (*Spheniscus humboldti*)

En el área costera de evaluación, fue posible identificar dos (2) sitios ocupados activamente por el pingüino de Humboldt (ver Plano 3.5-05).

- 1) En el islote costero ubicado frente a Pta. Patillos, se registró una pingüinera durante las cuatro campañas de Línea de Base. En este sitio, los pingüinos de Humboldt se reúnen para descansar, reproducirse, anidar y criar a sus polluelos (ver Figura 3.5-77). Esta pingüinera registró un máximo de 65 individuos (adultos y juveniles) durante la campaña de invierno del 2015.
- 2) La segunda pingüinera identificada se encuentra ubicada al sur de Pta. Patache (POF 11), y corresponde a un islote costero de gran tamaño y altura, en donde también anidan guanayes, liles y piqueros, entre otros. De similar forma que, en el sitio mencionado anteriormente en Pta. Patillos, en este sitio los individuos realizan la mayoría de sus actividades, desde el apareamiento, nidificación, crianza y descanso (Figura 3.5-77). Durante la campaña de invierno del 2015, se registró un máximo de 150 individuos, entre adultos y juveniles, quienes ante la presencia humana, se esconden rápidamente en sus madrigueras o simplemente se introducen al mar.

En el estudio de censos de avifauna realizado por Malinarich (2013a) en la Región de Tarapacá, se reportan los mismos dos sitios de nidificación del pingüino de Humboldt, que proporcionan el hábitat necesario para la puesta de huevos y posterior crianza de los polluelos. Si bien en este artículo no se mencionan densidades de pingüinos en cada uno de estos sitios, el autor destaca la importancia de la regulación en la actividad extractiva de guano blanco pues produce un efecto incalculable en las poblaciones del pingüino de Humboldt, debido a la disminución de hábitat y a la destrucción de nidos.

Figura 3.5-77. Pingüineras identificadas en el área costera de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

c) Sitios de nidificación y de descanso de aves migratorias

En el área costera de evaluación se identificaron cuatro (4) sitios importantes de nidificación de aves marinas, y un (1) sitio de descanso de aves migratorias (ver Plano 3.5-05). Sin embargo, también se detectaron otras zonas costeras donde nidificaban especies como el lile, pilpilén blanco, pilpilén negro, gaviotas peruanas y dominicanas. Estas zonas se distribuyeron a lo largo del área costera de evaluación y no corresponden a sitios especie específicos.

- 1) En el islote costero frente a Pta. Patillos se encuentra un importante sitio de nidificación de aves tales como el piquero (*S. variegata*), guanay (*P. bougainvillii*) y lile (*P. gaimardi*), además, de pingüinos. Estas aves se observaron nidificando entre las rocas y criando a sus polluelos (ver Figura 3.5-78).

- 2) En acantilados y farellones costeros situados en los alrededores del POF 5, se identificaron sitios de nidificación de patos liles, los cuales prefieren este tipo de ambientes por otorgarles mayor seguridad y refugio.
- 3) Un tercer sitio de nidificación importante para el gaviotín monja (*L. inca*) y patos liles, corresponde al situado en el puerto de la Central Térmica Tarapacá (CELTA). En las estructuras metálicas sobre y bajo el muelle, las aves encuentran lugares apropiados para colocar sus nidos y criar a sus polluelos. Durante todo el periodo de estudio se registraron individuos juveniles y adultos anidando (Figura 3.5-78).
- 4) En el farellón costero donde se dispuso el POF 12, se encuentra un sitio de nidificación del gaviotín monja (*L. inca*). En este punto se observaron individuos juveniles durante las cuatro campañas de Línea de Base, mientras que en primavera-verano fue posible avistar cortejos y apareamientos. Es un sitio donde nidifica casi exclusivamente esta especie, y con escasa representatividad lo hacen patos liles (*P. gaimardi*) y piqueros (*S. variegata*; Figura 3.5-78).
- 5) Se identificó un importante sitio de descanso para aves migratorias en el área costera de evaluación; el cual correspondió a playa Chauca situada al sur de Pta. Patache (ver Plano 3.5-05). En este sitio, se observó al gaviotín elegante (*T. elegans*), al playero blanco (*C. alba*) y al rayador (*R. niger*) durante la campaña de verano del 2015, principalmente descansando y/o alimentándose sobre la playa (Figura 3.5-78). En la época otoñal no se avistaron especies migratorias en este sector. Los representantes de invierno del 2015 fueron el gaviotín elegante (*T. elegans*) y el playero blanco (*C. alba*); mientras que en primavera del 2015 se registró el gaviotín elegante (*T. elegans*) y la gaviota de Franklin (*L. pipixcan*; Figura 3.5-78). En todas las campañas realizadas, fue posible avistar gran cantidad de ejemplares de gaviota garuma (*L. modestus*) en actividades de alimentación y descanso sobre la playa.

Cabe destacar que esta área costera evaluada representa un sitio de gran importancia para biodiversidad costera en la región de Tarapacá y para el país, razón por la cual Punta Patache ha sido declarada como "Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad" (SINIA, 2016), debido principalmente a la presencia de mamíferos marinos, especialmente de taxones en algún estado de conservación. Es una zona de surgencia y alta productividad; y además presenta una alta diversidad de aves marinas locales y migratorias. Lo anteriormente expuesto es consistente con nuestros resultados que registraron islotes y farellones costeros importantes para el establecimiento de colonias de aves guaneras como el guanay, el pelícano, el piquero y el pingüino de Humboldt; y para el desarrollo de lobos marinos comunes. También se pudo identificar una playa de arena (Chauca) de vital importancia para la alimentación, descanso y actividades de cortejo de aves marinas como la gaviota garuma (*L. modestus*), el rayador (*R. niger*), gaviotín elegante (*T. elegans*), la gaviota de Franklin (*L. pipixcan*) y playero blanco (*C. alba*).

Durante el estudio no fue posible avistar individuos adultos, juveniles, crías y/o nidos del gaviotín chico (*Sternula lorata*) en el área costera de evaluación; esto a pesar de que estudios recientes (Malinarich, 2013b; Vilina *et al.* 2012) indican la presencia de dicha especie en el sector costero

de Patillos y sector sur de Puerto Patache, específicamente reportaron un total de tres (3) nidos y seis (6) huevos durante la campaña de agosto 2013, y de cinco (5) individuos adultos en conductas reproductivas durante el 2010.

Figura 3.5-78. Sitios de nidificación y sitios de descanso aves migratorias, identificados en el área costera de evaluación.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.8 Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos

3.5.6.8.1 Evaluación cuantitativa

Los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología para la determinación de bancos naturales mostraron una variabilidad temporal del recurso cholga en el área costera de evaluación. Este recurso presentó la mayor abundancia relativa en las campañas de otoño y primavera, con valores de 177,67 Ind./m² y 145,53 Ind./m² respectivamente. A pesar de los elevados valores, este recurso no constituye banco natural (IPBAN < IPBANMax; Tabla 3.5-37; Figura 3.5-79). El erizo rojo, presentó densidades de 6,87 Ind./m² en otoño y 6,62 Ind./m² en primavera (Tabla 3.5-37; Figura 3.5-79), valores que determinaron que este recurso se considere como un banco natural, en ambas campañas de monitoreo (IPBAN > IPBANMax; ver Tabla 3.5-37; Figura 3.5-79).

Los otros recursos pesqueros que presentaron condición de banco natural fueron el loco, la lapa negra (en la campaña de otoño), la lapa rosada y el locate durante la primavera (IPBAN > IPBANMax; ver Tabla 3.5-37; Figura 3.5-79). Por otra parte, los recursos piure, huiro palo y jaiba

mostraron bajas abundancias relativas en ambas campañas, y por ende valores de IPBAN bajos que no constituyeron banco natural (< IPBANMax; ver Tabla 3.5-37; Figura 3.5-79).

Los datos correspondientes a cada uno de los transectos se presentan en la Tabla 3 del Anexo 3.5-8 correspondiente a la presente sección.

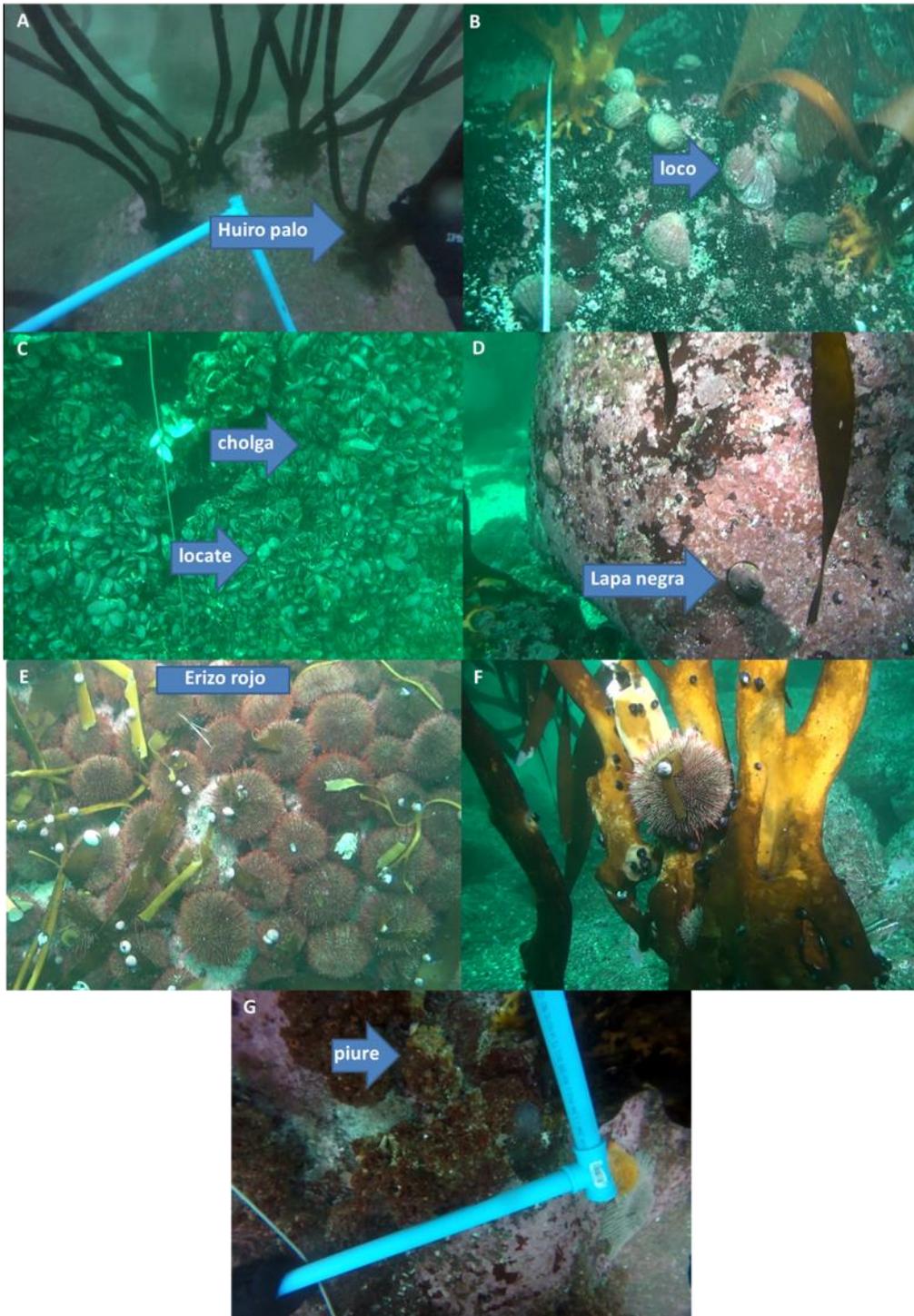
Tabla 3.5-37. Valores de los distintos parámetros utilizados para el cálculo de IPBAN. En rojo se destacan los valores de IPBAN de los recursos considerados bancos naturales.

Recurso		Superficie muestreable	Frecuencia de ocurrencia	Abundancia relativa	Densidad	IPBAN	IPBANMax
		(hectáreas)		N° Ind.	Ind/m ²		
Sésiles							
Huiro palo	P	20	1	40	2,67	0,3	33,74
	O	20	0,67	38	2,53	0,19	
Piure	P	20	0,33	6	0,4	0,02	850
	O	20	0,83	98	6,53	0,61	
Picoroco	P	20	0,33	8	0,53	0,02	400
	O	20	0,17	22	1,47	0,03	
Cholga	P	20	0,83	2.183	145,53	13,64	93,88
	O	20	0,5	2.665	177,67	9,99	
Móviles							
Locate	P	20	1	504	0,84	151,2	65,29*
	O	20	0,33	141	0,24	14,1	
Lapa negra	P	20	0,17	1	0	0,05	1,001
	O	20	0,67	20	0,03	4	
Lapa rosada	P	20	0,67	98	0,16	19,6	1,001
	O	20	0,17	2	0	0,1	
Loco	O	20	0,33	244	0,41	24,4	3,77
Jaibas	P	20	0,50	14	0,02	2,1	2,59
Erizo	P	0,75	1	1.323	6,62	3.439,8	3,27
	O	0,75	1	1.373	6,87	3.569,8	

Nota: (*) El recurso locate no tiene un valor de IPBANMax por lo que se utilizó el valor superior correspondiente al grupo de caracoles. (P) primavera, (O) otoño.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-79. Vista panorámica y detalle de algunos de los recursos hidrobiológicos evaluados en el ambiente submareal para determinación de bancos naturales. Imágenes extraídas de la campaña de otoño del 2015.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.6.8.2 Evaluación Cualitativa

En las estaciones localizadas en el área donde se proyecta la instalación de difusores de salmuera, se registró un total 3 especies, específicamente el pequeño gasterópodo *Nassarius gayi*, un poliqueto tubícola indeterminado y organismos pertenecientes al género *Cancer* (especie con interés comercial; Tabla 3.5-38, Figura 3.5-80 A y B). Esta última especie se caracterizó por encontrarse presente en las nueve estaciones monitoreadas, mientras que *N. gayi* tuvo una menor presencia, con registros en P5 y P9 (Tabla 3.5-38). En cuanto a las características texturales del fondo marino de cada estación, predominó el sustrato arenoso, con presencia de *ripple marks*³ u “ondas o rizaduras” (Tabla 3.5-38, Figura 3.5-80 A y B), cuyas formaciones se originan por la acción de las corrientes marinas presentes en el sector (Monroe *et al.*, 1997).

En las estaciones dispuestas sobre el eje central del puerto, se encontraron presentes cuatro especies, entre ellas; ejemplares del genero *Cancer*, los organismos sésiles *Arbacia spatuligera* y el molusco bivalvo *Aulacomya ater* (recurso de interés comercial; Tabla 3.5-38, Figura 3.5-80). Conjuntamente se evidenció la presencia del pez litoral *Cheilodactylus variegatus* (bilagay). Se señala que las dos especies sésiles registradas se observaron solamente en EP-1, sobre un macizo rocoso de aproximadamente 1 metro de alto, el cual se encuentra aislado en una zona plana con una mayor predominancia de sustrato con conchuela (Tabla 3.5-38, Figura 3.5-80 C, D y E).

Tabla 3.5-38. Descripción cualitativa de las estaciones evaluadas mediante cámaras filmadoras.

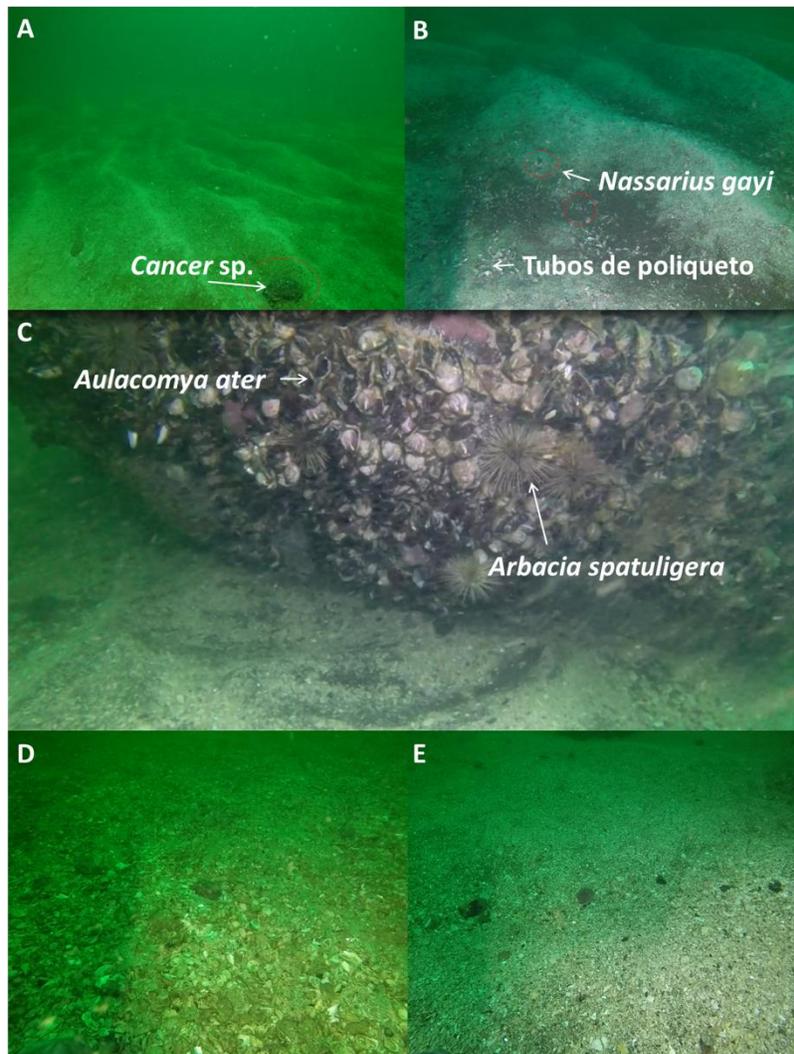
Estación	EP-1	EP-2	EP-3	EP-4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Tipo de sustrato	C-MR	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Característica de fondo	PI	PI	PI	PI	PI	PI	RM						
Profundidad	27	32	32	35	45	45	45	44	45	43	41	42	42
Annelida													
Polychaeta tubicola indet.					+				+	+	+	+	+
Arthropoda													
<i>Cancer</i> sp.		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Equinodermata													
<i>Arbacea spatuligera</i>	+												
Mollusca													
<i>Aulacomya ater</i>	+												
<i>Nassarius gayi</i>									+				+
Peces													
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	+	+											
Riqueza específica	3	2	1	0	2	1	1	1	3	2	2	2	3

El símbolo “+” indica las especies presentes.

(C) conchuela, (MR) macizo rocoso, (A) arena, (PI) plano y (RM) ripple marks (“ondulitas o rizaduras”).

Fuente: Elaboración propia.

³ Referida a la presencia de crestas onduladas subparalelas y surcos dejados en el lecho marino por acción del agua.

Figura 3.5-80. Capturas obtenidas durante la evaluación cualitativa.

Nota: En A y B se presentan los tres organismos presentes en el sector de mayor profundidad. En C se muestra el pequeño macizo rocoso presente en EP-1. En D y E se presenta una panorámica de las estaciones de menor profundidad (EP-1 y EP-2) y la presencia de conchuela.

Fuente: Elaboración propia.

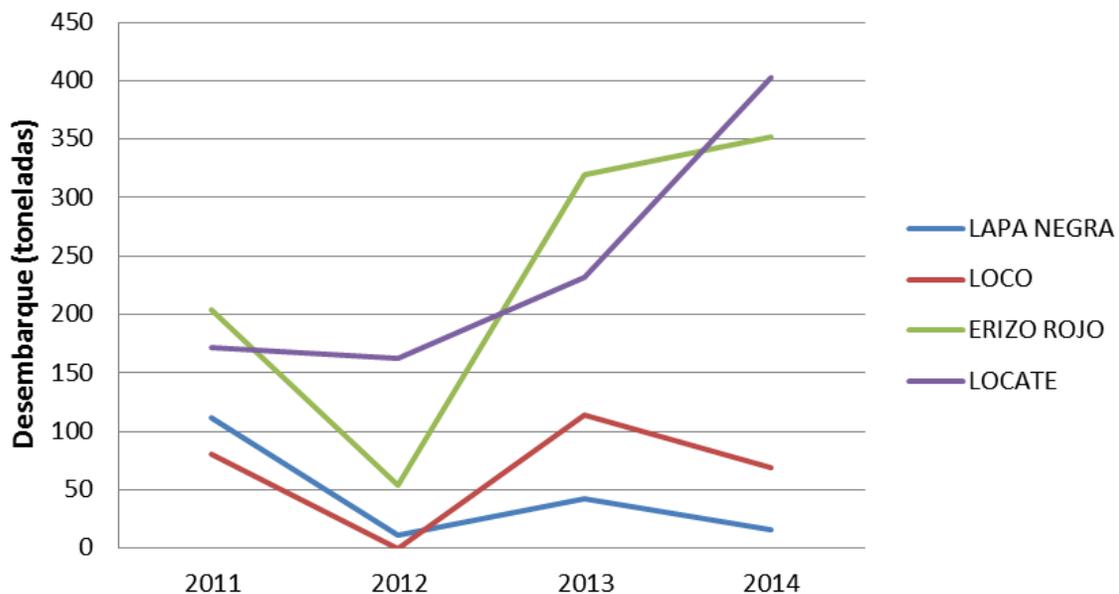
3.5.6.8.3 Comparación con otros sectores costeros

En comparación con otros sectores donde se ha reportado la presencia de bancos naturales, la densidad de la lapa negra determinada en este estudio (0,03 Ind./m² en otoño), resultó ser inferior al sector de Pan de Azúcar, Región de Atacama (0,18 Ind./m²), y cercana (mismo orden de magnitud), a la observada en Fray Jorge, Región de Coquimbo (0,067 Ind./m²; González *et al.*, 1999). En el caso del loco, la abundancia relativa obtenida en otoño llegó a 0,41 Ind./m², cuya magnitud supera ampliamente a los registros del sector Los Bronces (0,031 Ind./m²) y Chañaral de Aceituno (0,1 ind./m²; González *et al.*, 1999). Finalmente, la densidad del erizo rojo (6,87 Ind./m² y 6,62 Ind./m²), es similar a las determinadas en dos bancos naturales localizados en la zona sur de Chile, específicamente en Paso Tortuoso (4 ind./m²) y Leucayec (2,8 ind./m²; Barahona *et al.*,

2005). Cabe señalar que para el locate y lapa rosada no se dispone de antecedentes disponibles, por lo que no es posible realizar algún tipo de comparación en este sentido.

En términos pesqueros, en la región de Tarapacá el erizo rojo se ha caracterizado por presentar un repunte en los desembarques a partir del 2013 hasta el 2014. El locate igualmente presentó un marcado aumento a partir del periodo 2012, mientras que el loco y la lapa negra en el 2014 tuvieron un descenso respecto al año anterior (Figura 3.5-81). Cabe señalar que estos recursos se encuentran sometidos a distintas medidas de administración para la regulación de su actividad extractiva. Entre ellas, la más estricta recae sobre el recurso loco debido a que este se encuentra en veda extractiva hasta el año 2017 (Resolución Exenta N° 344, 4 de abril de 2012), por lo que los desembarques presentados en la Figura 3.5-81 corresponden a la estadística extractiva de Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs). Además, estos recursos pesqueros, a excepción del locate, se encuentran con Suspensión de Inscripción en el Registro Pesquero Artesanal (loco; Res. Ex N° 1811 del 18 julio 2013, lapa negra; Res. Ex N° 2144 del 9 agosto 2011 y erizo rojo; Res. Ex N° 260 del 3 febrero 2015), y con talla mínima de extracción (loco > 10 cm; Res. Ex N° 1754 del 8 julio 2008, locate > 5,5 cm; Res. Ex n° 427 de 1986, lapa negra > 6,5 cm; Res. Ex N° 248 del 7 de febrero 1996; lapa rosada > 6,5 cm; Res. Ex N° 248 de 1996 y erizo rojo > 7cm; Res. Ex N° 281 del 30 septiembre 1987).

Figura 3.5-81. Estadística pesquera de los tres recursos hidrobiológicos considerados bancos naturales. Información correspondiente al Puerto de Iquique entre el año 2011 y 2014.



Fuente: www.sernapesca.cl.

3.5.7 Síntesis y Conclusiones

El estudio de línea base permitió caracterizar los principales componentes del ecosistema marino costero en el sector de Patache. El estudio identificó y evaluó temporalmente las diferentes comunidades ecológicas que estuvieron presentes en el área costera de evaluación. Según los resultados obtenidos en el estudio el área de interés presenta una alta diversidad y productividad biológica con comunidades de organismos marinos relativamente estables, a pesar de que algunas asociaciones mostraron cierta la variabilidad temporal. El sector de Patache representó un sector de alta importancia para aves y mamíferos marinos las que realizan actividades de descanso, alimentación y reproducción. En el área costera evaluada también se pudieron observar algunas especies que son consideradas vulnerables de acuerdo a criterios de conservación nacional e internacional. Los resultados del presente estudio, además, permitieron definir bancos naturales de los recursos bentónicos de interés comercial como el erizo rojo y las cholgas y conocer su variabilidad temporal. Por otra parte, el estudio permitió caracterizar la zona donde se proyectan las obras de construcción del muelle como un sector de baja diversidad de especies y representado por la comunidad submareal de fondos blandos. Por último, los índices ecológicos utilizados en este estudio son consistentes con los antecedentes reportados por otros estudios desarrollados en el área de interés y también con las descripciones de las comunidades ecológicas marinas costeras para la zona norte de Chile. A continuación se proporciona una síntesis que resume los resultados más relevantes para cada asociación biológica evaluada en el presente estudio.

3.5.7.1 Comunidades Planctónicas

La abundancia fitoplanctónica (N°células/l) varió significativamente entre las campañas de muestreo, registrando la mayor abundancia durante la campaña de invierno de 2015. La diversidad específica de Shannon y la riqueza de la comunidad fitoplanctónica, también mostró diferencias significativas entre las campañas realizadas, siendo solo durante la campaña de invierno de 2015 significativamente mayor al resto de las campañas.

Al analizar la composición específica y abundancia de la comunidad fitoplanctónica registrada entre las campañas de muestreo (ordenación nMDS), fue posible observar diferencias significativas. Las diferencias entre campañas de verano y otoño de 2015 mostraron una disimilitud de 83,39%, determinada principalmente por diferencias en las abundancias de la diatomea *Coscinodiscus* spp. y el dinoflagelado *Diplopsalis* sp., que en conjunto aportan el 26,26% de las diferencias entre estos periodos.

Por su parte, entre las campañas de otoño e invierno de 2015 se registró una disimilitud de 87,32%, determinada por la presencia solo durante la campaña de invierno de las diatomeas *Cylindrotheca* sp., *Chaetoceros* spp., y *Leptocylindrus danicus*, y por diferencias en la abundancia promedio de *Fragilariopsis* sp., aportando un 28,53% a las diferencias entre estos periodos de muestreo.

Por último, entre las campañas de invierno y primavera de 2015 se registró una disimilitud de 78,94%; determinada principalmente por la presencia de *Prorocentrum* sp., durante primavera y de *Chaetoceros* spp., al igual que *Leptocylindrus danicus* presente solo durante la campaña de invierno de 2015.

La concentración de la Clorofila-a varió significativamente entre campañas de muestreo, donde la campaña de primavera de 2015 registró la mayor concentración, mientras que los feopigmentos, también registraron una variación temporal significativa entre las campañas realizadas.

La concentración de Nitrito varió significativamente entre las campañas realizadas, encontrando una mayor concentración durante la campaña de verano, seguida por otoño, primavera y luego invierno 2015. Para el Nitrato la mayor concentración se registró en otoño siendo significativamente mayor a la registrada durante el verano, invierno y primavera de 2015, mientras que el fosfato también mostró diferencias significativas entre las campañas, donde la mayor concentración ocurrió durante la campaña de otoño, seguida por la campaña de invierno y por último la registrada durante el verano y primavera de 2015.

Zooplancton

La abundancia zooplanctónica total no varió significativamente entre las campañas de muestreo. Por su parte la diversidad mostró diferencias significativas entre campañas donde la diversidad calculada para la campaña de otoño y primavera de 2015 fue significativamente menor a la de verano e invierno de 2015. La riqueza también mostró diferencias significativas entre campañas, donde se observó que la campaña de otoño de 2015 registró una riqueza significativamente menor a la de verano e invierno de 2015, pero no respecto de primavera de 2015.

Al analizar en conjunto la abundancia y diversidad específica, fue posible establecer diferentes agrupaciones en función de las campañas de muestreos. Se evidenció que todas las campañas fueron distintas entre sí. La disimilitud entre las campañas de verano y otoño de 2015 fue de un 56,97%, determinada principalmente por diferencias en las abundancias de organismos holoplanctónicos como *Paracalanus cf. indicus*, *Acartia tonsa*, *Oikopleura dioica* y el taxón meroplanctónico Larva Nauplio de Cirripedio, que contribuyeron con el 20,65% de la diferencia entre campañas.

Por su parte las campañas de otoño e invierno 2015 mostraron una disimilitud de 54,47%, determinada por las diferencias en abundancias de los mismos taxones registrados entre verano y otoño 2015.

Las campañas de invierno y primavera mostraron una disimilitud de 66,79%, determinada principalmente por diferencias importantes en la abundancia de *Paracalanus cf. indicus*, *Calanus chilensis*, *Acartia tonsa*, Larva Nauplio, y la presencia de *Centropages furcatus* solo durante la campaña de primavera de 2015, aportando todos estos taxones en conjunto un 27,46% de las diferencias entre cada campaña.

Al comparar la biomasa zooplanctónica húmeda se encontraron diferencias estacionales significativas entre las campañas realizadas, dónde la mayor concentración de biomasa se registró durante la campaña de invierno de 2015.

Por su parte, la variabilidad estacional del porcentaje de mortalidad natural de los componentes del zooplancton también mostró diferencias significativas, siendo el muestreo de invierno 2015 el que registró una mortalidad significativamente mayor. Cabe destacar que las mortalidades analizadas entre las campañas realizadas solo estuvieron representadas por individuos del Holoplancton y Meroplancton, dado que no se registraron individuos muertos del grupo Ictioplancton en ninguna de las campañas de muestreo.

Es importante señalar que en el transcurso de todas las campañas los descriptores comunitarios zooplanctónicos no evidenciaron diferencias significativas entre los diferentes estratos de muestreo.

3.5.7.2 Comunidades bentónicas Intermareales de Fondo Duro

El área costera evaluada se caracterizó por tener una franja intermareal de sustrato duro estrecha (poca distancia entre marea alta y baja), con paredones rocosos expuestos al oleaje y con escasas plataformas rocosas que se extienden hacia la zona submareal. La franja infralitoral estuvo dominada por algas crustosas, inmediatamente sigue la franja mediolitoral dominada por macroalgas foliosas y una franja supralitoral caracterizada por la alta abundancia de gastrópodos littorínidos y amplias superficies libre de organismos (roca desnuda).

Respecto de la estructura comunitaria observada en las diferentes franjas intermareales, se registraron algunas variaciones y similitudes durante las cuatro campañas evaluadas, por ejemplo, la franja infralitoral registró la mayor riqueza total (73 especies), representada en mayor medida por moluscos y macroalgas, tal como es descrito por diversos autores para la zona centro-norte de Chile (Vásquez 2002, Vásquez & Vega 2004, Gaymer *et al.* 2006, 2008, Vásquez *et al.* 2006). Además, estos autores indican como característico de esta franja el cinturón de algas pardas, compuesto por individuos de *L. berteriana*. Esta especie en este estudio mostró bajas coberturas (6% cobertura promedio). Por otro lado, estos autores indican que las mayores coberturas corresponden a algas crustosas (crustosa rosada), *Hildenbrandia* sp y *C. officinalis*, tal como se describe en los resultados de esta evaluación.

La franja mediolitoral estuvo cubierta por diversas especies de algas e invertebrados móviles y sésiles, dejando poco sustrato sin colonizar (sustrato primario 32,1%). Las especies sésiles que predominaron en términos de cobertura entre las campañas fueron las algas *Hildenbrandia* sp. y *Ulvea* sp., seguido por los cirripedios *Jehlius cirratus* y *Notochthamalus scabrosus*, que alcanzaron durante otoño y verano su cobertura máxima. En cambio, en la franja supralitoral la identidad de los organismos móviles que domina no fue muy diferente entre campañas, donde las especies más importantes fueron los gastrópodos *Equinolittorina peruviana*, *Austrolittorina araucana* y *Scurria ceciliana*, sin embargo, la máxima densidad de los dos primeros se alcanzó durante la campaña de invierno y para la última en primavera. Al igual que la densidad, la

cobertura espacial de organismos sésiles varió entre evaluaciones estacionales, sin embargo, la mayor parte del sustrato correspondió a roca desnuda (98,7%).

La riqueza y diversidad de especies sésiles observadas en las diferentes franjas intermareales en el área costera evaluada, presentaron un patrón asociado a la altura del intermareal, que disminuye desde el infralitoral hacia el supralitoral, tal como lo señala Lubchenco (1980) y Menge & Branch (2001). Para el caso de los organismos móviles no se identificó ningún tipo de patrón asociado al nivel intermareal, sin embargo, las mayores densidades fueron registradas en el supralitoral. Tampoco se observó un patrón o gradiente de distribución latitudinal de las especies a lo largo del borde costero evaluado, ya que la similitud entre los transectos varió entre cada campaña. Tomando en cuenta que los organismos que habitan en esta zona están expuestos a condiciones abióticas extremas, sobre todo con el aumento de la radiación solar y la temperatura ambiental, la mantención del balance hídrico así como el control de la temperatura corporal pueden ser los principales factores para la distribución y sobrevivencia de las diferentes especies (Helmuth, 1999), junto con factores biológicos como la disponibilidad de alimento, competencia inter-específica, reclutamiento y depredación (Dayton 1971, Menge & Branch 2001, Vásquez & Vega 2004).

Respecto a la riqueza total de especies, esta fue mayor durante la campaña de otoño de 2015 (83 especies), este valor se encuentra por sobre los rangos máximos reportados para otras evaluaciones de Línea de Base cercanas al área costera evaluada. Es probable que estas diferencias con otros estudios de Líneas de Base, estén relacionadas con el esfuerzo de muestreo y la estacionalidad de las campañas, lo que de una u otra forma podría explicar las diferencias observadas en el número total de especies.

Relacionado a los índices ecológicos evaluados, entre ellos la riqueza de especies, diversidad, equidad y dominancia promedio, solo se observaron diferencias significativas para la riqueza de especies promedio (S), la cual disminuye desde el periodo de otoño a primavera (ANDEVA: $P = 0,0374$).

En general, durante las cuatro campañas estacionales analizadas la estructura de las comunidades bentónicas intermareales tuvieron poca variabilidad, en este sentido solo podemos diferenciar que la similitud comunitaria entre las campañas de verano y primavera difieren de lo observado durante otoño e invierno, estos últimos dos periodos están mayormente relacionados entre sí según su composición y la abundancia de especies.

La información levantada a nivel de transectos muestra la falta de algún tipo de patrón que denote un gradiente latitudinal de las magnitudes de los descriptores comunitarios utilizados (riqueza específica y diversidad). Esto también se determinó a partir del análisis de Clasificación (dendrograma) y Ordenamiento (nMDS), cuyos resultados no mostraron asociaciones relevantes entre los transectos. Esto estaría respondiendo a la heterogeneidad de sustrato, factores biológicos y oceanográficos presentes en el área de estudio, los cuales mantienen una componente estacional.

Además, en el área de estudio se encuentran presentes nueve recursos de interés comercial, específicamente; *Lessonia berteroana*, *Pyropia columbina*, *Austromegabalanus psittacus*, *Pyura chilensis*, *Concholepas concholepas*, lapas (*Fissurella crassa* y *Fissurella maxima*), *Athyonidium chilensis* y *Loxechinus albus*. De manera particular en los transectos ID-7, ID-8 e ID-9 (de mayor cercanía al sector donde se proyecta la construcción del Muelle del proyecto QB-2) se encontraron ausentes *A. psittacus*, *Concholepas concholepas* y *Fissurella maxima*.

3.5.7.3 Comunidades bentónicas Intermareales de Fondo Blando

El análisis de la abundancia entre campañas de muestreo muestra una clara tendencia a una mayor abundancia de la macrofauna durante la campaña de otoño 2015. En el caso de la biomasa no existe una tendencia clara de diferencias a nivel estacional.

Al analizar la información considerando sectores y campañas de muestreo, se observa que la mayor abundancia corresponde a los sectores Chanavayita y Chauca, asociada a la campaña de otoño 2015 y relacionados con la presencia de *E. analoga* y *E. braziliensis*, para el sector de Chanavayita. En el caso del sector Chauca los valores de abundancia se deben a *S. sonomacus*, a un Oligoqueto y a Nematoda.

La biomasa presenta una tendencia distinta. La mayor biomasa se registra en el sector Chauca, producto de la alta abundancia de *E. analoga* registrada en cada una de las campañas de monitoreo.

La riqueza y diversidad promedio de especies en cada una de las campañas de monitoreo, presentan una tendencia similar entre sí. Los valores promedios de riqueza y diversidad disminuyen desde la campaña de verano hacia la campaña de invierno, para luego registrar nuevamente un incremento en la campaña de primavera. Al analizar la riqueza separada por sector de muestreo y campaña estacional, se observa que la mayor riqueza específica está asociada al sector Chanavayita durante la campaña de otoño. La menor riqueza de especies se encontró asociada a los sectores Chauca y Cádiz durante la campaña de invierno.

El análisis de la diversidad muestra una menor diversidad de especies asociada a la campaña de invierno en cada uno de los sectores monitoreados; sin embargo, este descenso es más marcado asociado al sector Chauca, donde se registra la menor diversidad asociada a la campaña de primavera. Los mayores valores de diversidad se encuentran asociados al sector Chanavayita.

El análisis de clasificación realizado con los sectores de muestreo en las cuatro campañas de monitoreo muestra que existe un alto nivel de similitud en la composición de la comunidad en cada uno de los sectores y campañas de muestreo. El sector Chanavayita es agrupado en cada una de sus campañas, sugiriendo que este sector mantiene la composición de la comunidad a pesar de las diferencias estacionales. El análisis nMDS es similar a lo observado en el análisis de conglomerados. Se observa que en el sector Chanavayita las cuatro campañas forman un grupo. Se aprecia otra agrupación formada por tres de las campañas en el sector Chauca (otoño, invierno y primavera), las cuales se unen con la comunidad del sector Cádiz en la campaña de

primavera. Las mayores similitudes se observan en el sector Chauca, entre las campañas de otoño e invierno.

Es posible concluir que no existe un patrón claro de estacionalidad entre las campañas, lo cual puede deberse a la alta variabilidad existente en el intermareal evaluado a lo largo del área costera. Sin embargo, sí se diferencian los sectores de playa a lo largo de las tres campañas, especialmente el sector de Chanavayita, que mantiene la composición de macrofauna a pesar de las diferencias estacionales a lo largo del año.

3.5.7.4 Comunidades bentónicas submareales de fondos duros

Al tomar en consideración el levantamiento de información realizado durante las cuatro campañas ejecutadas durante el año 2015, se observó una composición taxonómica que es consistente a las ya descritas con anterioridad en el submareal somero del centro y norte de Chile (Fernández *et al.*, 2000; Vásquez & Vega, 2004; Vásquez & Vega 2005; Gaymer *et al.*, 2008). En total se registraron 98 especies repartidas en 9 grupos taxonómicos, de los cuales se destaca a Mollusca y Algae por aportar con la mayor cantidad de especies y abundancia relativa.

Entre campañas, el rango absoluto de variación de especies fue de 67 taxones en primavera y 79 taxones en verano, lo cual es mayor a lo observado en los estudios de línea de base de los proyectos Central Termoeléctrica Pataches y Terminal N° 2 Puerto Patillo (ambos con áreas de estudio similares y cercanas a la del presente proyecto), en los que se determinó una riqueza específica total de 19 y 59 taxones, respectivamente. Es válido mencionar que los dos estudios señalados tuvieron un esfuerzo muestreo inferior (menor cantidad de transectos), además, en ellos no se consideró un diseño de muestreo enfocado en la evaluación de comunidades (Stotz *et al.*, 2016), siendo ambos factores relevantes al momento de hacer comparaciones.

A partir de la caracterización de estas comunidades, se observó que las asociaciones biológicas FBS, FBP y LT tuvieron similitudes en cuanto a la composición específica de cada una. Además, en ellas se observó marcadas dominancias por parte de dos algas incrustantes, específicamente *Corallina* indeterminada y *Hildenbrandia* sp., las que en conjunto tuvieron porcentajes de cobertura superiores en uno y dos órdenes de magnitud por sobre el resto de la comunidad. Esta condición resulta ser característica de la zona norte de Chile, y tal como ya lo han señalado algunos autores, estas tres comunidades ocupan la mayor parte del sustrato duro del submareal somero del norte de Chile (Vásquez & Vega, 2004; Vásquez & Vega 2005; Gaymer *et al.*, 2008). De esta forma, las diferencias entre estas comunidades se encuentran en las diferentes proporciones (abundancia) que tuvieron algunos taxones en particular y, por la presencia/ausencia de alguna especie característica. Tal como se describe en la clasificación de comunidades de Stotz *et al.* (2016), la diferenciación entre FBS y FBP se realizó en virtud de la distribución batimétrica de cada una de ellas, y de acuerdo a la disminución en la abundancia relativa de *Tetrapygyus niger* desde la zona somera de fondos blanqueados (FBS) hasta la de mayor profundidad (FBP; Stotz *et al.*, 2016; Gaymer *et al.*, 2008). En cuanto a la comunidad de *Lessonia trabeculata* (LT), esta se diferenció por tener una mayor abundancia relativa de esta

alga parda de interés comercial (Huiro palo) en comparación con el resto de asociaciones descritas para el submareal.

La comunidad de Suspensívoros (SUSP) o Filtradores se caracterizó por encontrarse presente durante todas las evaluaciones de esta Línea de Base, sin embargo ésta tuvo una menor superficie de distribución espacial respecto a FBS, FBP y LT. En esta comunidad de suspensívoros se determinó una alta abundancia relativa del bivalvo de interés comercial *Aulacomya ater* (Cholga), siendo la especie dominante en la totalidad de los sectores en los que se encontró presente. Esta condición dio paso a que SUSP tuviera la menor riqueza específica de organismos sésiles respecto a las otras tres comunidades de fondos duros (FBS, FBP y LT). Además, en el marco de estudios de línea de base Terminal N°2 Puerto Patillos, igualmente quedó en evidencia la presencia de *A. ater*, con la diferencia que este se habría encontrado distribuido en sectores más someros (5 m de profundidad). Respecto a estos antecedentes, nuestros los resultados obtenidos en el presente estudio son indicadores de una profundización de la distribución de *A. ater* (menor profundidad llegó a 10 metros en transecto SD-8, campaña de invierno de 2015).

La comunidad de Fondos Blandos se observó durante las cuatro campañas estacionales, caracterizándose por tener una menor distribución espacial dentro del área costera evaluada (en comparación con el resto de comunidades), sin embargo, en la campaña de invierno se identificó en transectos y profundidades en las que anteriormente se encontraban las asociaciones FBP y LT. Este hecho es un indicador de que en el área costera evaluada ocurrieron procesos de depositación de sustrato sedimentario, lo cual quedó evidenciado en la composición específica de esta comunidad, debido a que en la campaña de verano y otoño hubo una mayor abundancia relativa de organismos sésiles (e.g. poliquetos tubícolas y el alga foliosa *Rhodomenia corallina*), los que en invierno disminuyeron en uno y dos órdenes de magnitud. A pesar de la capacidad de escape que tienen los organismos móviles frente a estos procesos de depositación, en el monitoreo de invierno igualmente hubo una disminución en la abundancia relativa de algunas especies, entre las cuales más se destaca la ausencia de la actinia identificada como Anthozoa indeterminada 2, la cual había sido dominante en verano y otoño.

Los organismos sésiles de LT y móviles de SUSP se caracterizaron por presentar valores altos de los índices ecológicos riqueza específica (S), diversidad (H'), equidad (J'), y bajas dominancias (D), lo cual resulta consistente con el alto valor ecosistémico que se les ha atribuido a las dos especies características de estas comunidades (*L. trabeculata* y *A. ater*, respectivamente), debido a su condición de especies bioingenierías y generadoras de una mayor disponibilidad de sustrato, refugio y alimentación para otros organismos (Vásquez & Vega, 2004 - 2005; Thiel & Ullrich, 2002; Prado & Castilla, 2006). Por su parte, en FBS y FBLANDO se observó un mayor grado de dominancia por parte de Corallina indeterminada (>79% de cobertura) y abundancia relativa de Anthozoa indeterminada 2, generando que los índices ya mencionados alcanzaran bajas magnitudes.

A partir del Análisis de Clasificación y Escalamiento Multidimensional no Métrico, se determinó que durante las cuatro campañas hubo un mayor grado de cercanía entre las comunidades FBS, FBP y LT, y la comunidad SUSP mostró un mayor grado de distanciamiento.

Al igual que las comunidades intermareales de fondos duros, en el submareal la caracterización realizada a nivel de transectos no muestra la existencia de algún patrón espacial de los descriptores comunitarios utilizados (riqueza específica y diversidad). El análisis de Clasificación y Ordenamiento de cada una de las campañas mostró asociaciones múltiples entre los transectos, encontrándose con una mayor similitud los que están localizados en el sector norte y sur del área de estudio.

En los transectos localizados en el Sector Muelle (SD-7, SD-8 y SD-9) y los ubicados hacia el norte y sur de la Lanzadera (SD-10 y SD-11) se registraron once recursos pesqueros, específicamente; *Lessonia berteroana*, *L. trabeculata*, *Austromegabalanus psittacus*, *Pyura chilensis*, *Concholepas concholepas*, lapas (del género *Fisurella*), *Thais chocolata*, jaibas, *Loxechinus albus*, *Aulacomya ater* y *Choromytilus chorus* (últimos dos sólo presentes en el Sector Muelle).

3.5.7.5 Comunidades bentónicas submareales de fondos sedimentarios

El número de taxones entre las distintas campañas muestra una tendencia al aumento desde la campaña de verano a la de invierno, que es donde se registra el mayor número de taxones. Los grupos más numerosos son Polychaeta, Crustacea y Mollusca. De ellos, el más estable, en términos del número de taxones, es el grupo Crustacea. Por su parte, Polychaeta presentó el mayor número de especies identificadas en la campaña de invierno.

Existe una tendencia a una mayor abundancia de macrofauna en las campañas de invierno y primavera 2015, sin embargo, no se aprecian diferencias significativas en la densidad promedio de macrofauna en las distintas campañas de muestreo.

Para la biomasa la tendencia es distinta. Las campañas de verano e invierno 2015 presentan la mayor biomasa promedio. La mayor biomasa de invierno es significativamente superior a lo registrado para las campañas de primavera y otoño. De igual manera, la mayor biomasa registrada en verano es significativamente diferente de lo registrado en otoño.

La riqueza promedio de especies en cada una de las campañas de monitoreo muestra una tendencia al aumento desde la campaña de verano hacia la campaña de Invierno, para luego decaer levemente en la campaña de primavera. La menor riqueza de especie se registró en la campaña de verano y es significativamente distinta a lo registrado en las campañas de otoño y primavera.

La diversidad de especie sigue el mismo patrón descrito para la riqueza, registrándose los mayores valores de diversidad asociados a la campaña de invierno. Existen diferencias significativas en la diversidad registrada en la campaña de invierno con respecto a las otras tres

campañas de monitoreo. De igual manera, la diversidad estimada en la campaña de verano es significativamente menor a lo registrado en la campaña de primavera.

Al analizar la riqueza separada por campaña y estación se observa una alta variabilidad en los datos, no observándose un patrón claro. Sin embargo, para la diversidad pareciera existir una tendencia general a registrar una mayor diversidad durante la campaña de invierno y una menor diversidad durante el verano.

De acuerdo con el índice AMBI, las cuatro campañas se encuentran en la misma clasificación ambiental, que corresponde a perturbación ligera. Al analizar el índice AMBI con los índices ecológicos, las campañas de otoño y verano presentan una leve tendencia a tener más baja condición ambiental que el resto de las campañas.

Del análisis de conglomerados no es posible identificar algún patrón de ordenamiento entre las estaciones de las distintas campañas. Sin embargo, se observa una tendencia de las estaciones de verano a agruparse entre ellas, con la inclusión de algunas estaciones de la campaña de otoño.

Se realizó también un análisis de conglomerado basado en grupos taxonómicos mayores de manera de determinar patrones de agrupamiento basados en las abundancias de estos grupos y absorber así la variabilidad atribuible a la variabilidad de algunas especies en particular. Según Gómez *et al.*, 2003, el uso de datos a nivel de la familia es generalmente suficiente para el seguimiento de los efectos de la contaminación en ambientes de fondos blandos infralitoral. Con el análisis a nivel de se observa una separación de las estaciones correspondientes a las campañas de invierno y verano. El análisis a nivel de familias no arroja un patrón definido de agrupamiento temporal ni espacial.

Al hacer la comparación entre campañas con el ANOSIM, se observa que la mayor sobreposición a nivel de la composición de la comunidad ocurre entre la campaña de primavera con respecto a las campañas de otoño e Invierno. La mayor separación ocurre entre las campañas de verano e invierno, lo que podría estar reflejando la condición de estaciones contrastantes.

Basados en los resultados del análisis de macrofauna se puede señalar que las comunidades presentan un grado variable de perturbación, no obstante respecto a esto no se observa algún patrón espacial o estacional relacionado a esto. Solo el análisis de la composición comunitaria refleja ciertas diferencias en la estructura de la comunidad de en las campañas de invierno y verano, sin embargo, el análisis ANOSIM de igual manera señala que existe alto grado de sobreposición en los componentes de la comunidad, aunque se pueden reconocer como diferentes.

El sector de estudio corresponde a una zona de alto desarrollo industrial, sin embargo, no se puede establecer una causalidad directa entre los estados de perturbación observados en algunas de las estaciones de muestreo, el efecto de las actividades industriales en el sector y/o la instalación de estructuras en la zona de muestreo. La riqueza de especies es similar a lo observado en otros estudios de esta naturaleza realizados en el centro-norte de Chile, al igual

que la composición de las comunidades. Sin embargo, se observó una alta presencia de Ostrácodos (especialmente Cypridinidae) en algunas de las estaciones, en particular en C3 donde además en la campaña de otoño se observó una importante presencia de *Capitella capitata*. La presencia de representantes de algunas especies de Ostracoda y de *C. capitata* ha sido asociada al enriquecimiento orgánico (Machain-Castillo y Gío-Argáez, 2004; Salas *et al.*, 2004). Sin embargo, no es posible establecer la relación entre enriquecimiento orgánico producto de actividades humanas en el sector o bien una condición natural. Algunos estudios mencionan la relación entre la presencia de *C. capitata* y un aumento del contenido orgánico producto de la varazón de macroalgas (Salas *et al.*, 2004), en este sentido, la estación C3 está en un sector expuesto al oleaje y muy cercana a sectores rocosos, por lo que la posibilidad del efecto de la presencia de macroalgas no es descartable, no obstante, se requiere de muestreos específicos para comprobar esta hipótesis.

En la zona de estudio se encontró formando parte de la comunidad de macrofauna de fondos blandos, el poliqueto Spionidae *Spiophanes bombyx*. Este poliqueto presenta una distribución cosmopolita (Wieking & Kröncke, 2003; Castilla *et al.* 2005; Ifop, 2009; Meißner & Blank, 2009), reportándose su presencia en el Atlántico: Suecia, Escocia, y Canal Inglés a Carolina del Norte; Mediterráneo; Golfo de México; Islas Cabo Verde; Liberia; Angola; Islas Falkland; Pacífico norte, de Japón y oeste de Canadá a sur de California; Argentina; Archipiélago de Palmer (Castilla *et al.* 2005; Ifop, 2009; Junoy *et al.* 2005). De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2016), *S. bombyx* es considerada como una especie exótica, cuya procedencia se asigna al Norte y Sur Atlántico y su distribución en Chile está establecida para Bahía Coliumo y Golfo de Arauco. Sin embargo, IFOP (2009) establece un rango de distribución mucho más amplio, desde Antofagasta a Concepción.

Para Chile hay la literatura científica que reporta la presencia de este poliqueto en diversas localidades. Hay registros desde el año 1979 que mencionan a *S. bombyx* como uno de los poliquetos más abundantes en el Golfo de Arauco, región del Bio Bio (Gallardo *et al.*, 1983). De igual manera, Cañete *et al.* (2000) lo mencionan como parte importante y frecuente en las comunidades de macrofauna en Bahía Quintero. Su presencia para el norte de Chile también ha sido reportada, en Punta Coloso, Antofagasta (Carrasco, 1997), siendo uno de los poliquetos más abundantes en las estaciones de profundidades cercanas a los 50 m (Carrasco & Moreno, 2006). De acuerdo con Pacheco *et al.* (2011), en un estudio realizado en Mejillones, Antofagasta, describen a este poliqueto, junto con *Prionospio peruana* y *Nuculeana cunata* como característico de ambientes hipóxicos profundos. Sin embargo, de acuerdo con IFOP (2009) *S. bombyx* está presente desde el intermareal hasta los 200 m de profundidad. Esta característica de ser parte de las comunidades de playas de arena también se ha descrito para la costa de Galicia, en España (Junoy *et al.*, 2005).

Si bien la literatura científica menciona la distribución de este poliqueto desde Antofagasta al sur, existen registros de su presencia en las costas de Iquique, donde es frecuente en las comunidades de macrofauna de fondos sedimentarios (e.g., se cuenta con registros para el proyecto Espejo de Tarapacá en Caleta San Marcos, Iquique (ver expediente ambiental en

http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2129687968.)

En la zona de estudio del presente proyecto, la mayor presencia de *S. bombyx* ocurre asociada a la campaña de verano, esto es coincidente con lo que mencionan Carrasco y Carbajal (1988) quienes describen una correlación positiva entre el reclutamiento y el aumento de la temperatura del agua en los meses cálidos del año. De igual manera, la permanencia en el tiempo de organismos como *S. bombyx* (organismo filtrador y alimentador de depósitos), se relaciona directamente con la estabilidad de los sedimentos, lo que podría condicionar el reclutamiento y la permanencia de la especie en el tiempo, asociada a variables oceanográficas como eventos de marejadas.

Conforme con los antecedentes mencionados, si bien *S. bombyx* es una especie exótica, claramente está presente desde hace varias décadas en las comunidades marinas de Chile, con una amplia distribución a lo largo de la costa, por lo que forma parte habitual de las comunidades de macrofauna de fondos sedimentarios. De esta manera, se considera que para efectos de los análisis de las comunidades de macrofauna, esta especie no debiera requerir un tratamiento o mención especial a su presencia en las comunidades de la costa de Chile. Sin embargo, por ser un Spionidae, cuyo incremento en abundancia podría estar relacionado al enriquecimiento de materia orgánica de los sedimentos (Borja *et al.*, 2000), *S. bombyx* puede ser un buen indicador de este tipo de cambios, al igual que otras especies de la familia Spionidae.

3.5.7.6 Ictiofauna (peces)

La comunidad íctica observada en el submareal somero en el área estudiada, es similar a lo descrito por diversos autores para el norte de Chile (e.g. Pérez-Matus *et al.*, 2007; 2012, Vásquez 2002, Vásquez y Vega 2004, Gaymer *et al.*, 2006). La comunidad íctica del submareal rocoso somero está compuesta por total de 23 especies, registrando un máximo en otoño con 21 taxones y un mínimo en primavera con 15 taxones. Estos valores son mayores a los señalados por Pérez-Matus *et al.*, (2007), en un estudio realizado en la localidad Rio Seco (30 km al sur del área del presente proyecto), y por Gaymer *et al.* (2006).

En términos de abundancia, en las cuatro campañas se contabilizó un total de 14.750 individuos, cuya magnitud se ve representada principalmente por los altos registros de *Chromis crusma*, *Isacia conceptionis* y *Trachurus murphyi*, estas dos últimas especies son transeúntes en el área costera de evaluación. En conjunto, estos organismos igualmente han presentado una notoria dominancia en el submareal somero del norte de Chile según los antecedentes presentados por Vásquez y Vega (2004), Pérez-Matus *et al.*, (2007) y Fariña *et al.*, (2000). Además, un factor común entre estos resultados y los informados por los trabajos mencionados, es que estos organismos se encontraron formando densos cardúmenes.

Al analizar la información en el gradiente latitudinal (sur-norte) dentro del área costera evaluada, la riqueza específica y abundancia relativa se encontró repartida de forma heterogénea, sin que se identificara una mayor concentración de organismos en algún sector en particular. En términos

batimétricos algunas especies, como *G. laevifrons*, *A. punctatus* y *P. chilensis*, presentaron distribuciones similares a lo indicado por Muñoz & Ojeda (1997) y Fariña *et al.*, (2000).

En la zona más profunda la abundancia y riqueza de peces es muy baja, comparado con las zonas más costeras, debido principalmente al tipo de sustrato predominante (arena y conchuela) que no ofrece refugio a la mayoría de las especies comúnmente observadas en las zonas rocosas (Vásquez y Vega (2004), Pérez-Matus *et al.*, (2007) y Fariña *et al.*, (2000)).

De las 23 especies registradas en el área de estudio, ninguna se encuentra catalogada en estado de conservación de acuerdo al último (Undécimo proceso) proceso de clasificación de especies (DS N° 38/2015).

3.5.7.7 Vertebrados Costeros (Reptiles, Aves y Mamíferos)

La densidad promedio de vertebrados exhibida durante las cuatro campañas estacionales de línea de base, presentó sus mayores registros en los POF 1, POF 4, POF 9, POF 11 y POF 12. Se enfatiza que estos puntos de muestreo se caracterizan por presentar islotes rocosos cercanos a la costa y/o acantilados con escasa presencia antrópica, lo cual favorecería que aves como guanayes, piqueros, pelícanos, gaviotines monja y pingüinos de Humboldt (entre otros), además de lobos marinos, realicen actividades de reproducción, nidificación y crianza alrededor de ellos.

El promedio de la densidad de vertebrados (aves y mamíferos marinos), fue significativamente diferente entre las cuatro campañas estacionales realizadas (ANDEVA, $P = 0,0003$), destacando además, que los registros obtenidos durante la campaña invernal fueron estadísticamente superiores que aquellos obtenidos en las campañas restantes (test de Tukey, $P < 0,001$). Lo anterior, se debe principalmente a la presencia de gran cantidad de ejemplares de guanayes (*P. bougainvillii*), y piqueros (*S. variegata*), en los distintos POF evaluados durante dicha campaña estacional.

En base a la riqueza específica promedio de vertebrados en los distintos POF evaluados en las cuatro campañas estacionales, se evidencia que no existe una tendencia clara para esta variable en términos espaciales, a pesar de que los POF 1, POF 9 y POF 10 reportan visualmente mayores registros que los puntos de observación restantes. En una escala temporal (cuatro campañas de monitoreo), tampoco se aprecia una tendencia clara para esta variable, ya que no se registraron diferencias significativas para la riqueza promedio entre los distintos monitoreos realizados (Kruskal – Wallis, $P = 0,066$).

En relación a los reptiles, la única especie observada en todos los POF evaluados y durante las cuatro campañas estacionales realizadas, fue el corredor de cuatro bandas (*Microlophus quadrivittatus*), el cual presentó densidades promedio significativamente diferente en las cuatro campañas evaluadas (Kruskal – Wallis, $P = 3,57 \text{ e-}11$), informando además, que los registros obtenidos durante la campaña de verano 2015 fueron superiores en comparación con las campañas restantes (test de comparaciones múltiples de Bonferroni, $P < 0,01$).

Respecto del índice de diversidad de Shannon (H'), no fue posible observar una clara tendencia en términos espaciales (puntos de observación de fauna), ni temporales (campañas de monitoreo), por lo que el área costera evaluada presenta variabilidad posiblemente atribuible a la presencia/ausencia de especies, debido por ejemplo a conductas migratorias de aves como el gaviotín elegante, rayadores y playeros; a conductas reproductivas en el caso de los lobos marinos y gaviotas garumas; o bien por factores antrópicos, donde la presencia de guaneros en islotes donde nidifican guanayes, piqueros y pingüinos (entre otros), pudiesen incidir en la variabilidad de la diversidad en cada POF evaluado y para cada campaña de línea base realizada.

Según el estado de conservación de la fauna vertebrada presente en las cuatro campañas de línea de base, es posible indicar que de las veintiocho (28) especies registradas, once (11) se encuentran clasificadas dentro de alguna categoría de conservación de acuerdo a la Ley de Caza, el Libro Rojo, la CCE⁴ y/o la IUCN⁵. Los taxones que requieren mayor atención en este sentido corresponden a la ballena fin (*B. physalus*) catalogada en estado crítico (CR); el chungungo (*L. felina*), la ballena jorobada (*M. novaeangliae*), el pingüino de Humboldt (*S. humboldti*), la gaviota garuma (*L. modestus*), el guanay (*P. bougainvillii*) y el gaviotín monja (*L. inca*) todos ellos clasificados como vulnerables (V). Por otra parte, el lile (*P. gaimardi*) y el piquero (*S. variegata*), se encuentran en un estado de conservación de insuficientemente conocidos (I); la gaviota garuma (*L. modestus*) está clasificada como rara (R), y finalmente, el lobo de mar (*O. flavescens*) se encuentra fuera de peligro (F).

De acuerdo al índice de riesgo (IR; SAG 2004), es posible indicar que ocho (8) de las veintiocho (28) especies registradas en el presente estudio, poseen un IR que amerita un cuidado especial. El taxón con el IR más alto es el chungungo (*L. felina*) y es clasificado en un estado de riesgo *alto* (55 pts). Posteriormente, y con un IR entre 25 a 49 puntos, se encuentran el corredor de cuatro bandas (*M. quadrivittatus*), gaviota garuma (*L. modestus*), gaviotín monja (*L. inca*), guanay (*P. bougainvillii*), pingüino de Humboldt (*S. humboldti*), ballena fin (*B. physalus*) y ballena jorobada (*M. novaeangliae*), quienes se clasifican en un estado de riesgo *medio*. Las especies restantes se encuentran clasificadas con un IR bajo.

Cabe hacer mención especial para los ejemplares de guanayes, piqueros, liles, gaviotines monja, pingüinos de Humboldt, lobos de mar y corredores de cuatro bandas, quienes, durante las cuatro campañas de Línea de Base realizadas, se observaron ocupando activamente el área costera (islotes costeros, acantilados y/o costa rocosa), principalmente en actividades de alimentación, reproducción y nidificación.

En el área costera se identificaron importantes sitios de interés para la fauna marina, los cuales correspondieron a loberas, pingüineras y sitios de nidificación y descanso de aves migratorias. En este sentido, fue posible distinguir islotes y farellones costeros relevantes para el establecimiento de colonias de lobos marinos comunes, tales como Punta Patillos, Punta Patache, extremo sur playa Chauca y Punta Negra, los cuales albergan una gran cantidad de

⁴ CCE: Consejo de Clasificación de Especies. Ministerio del Medio Ambiente Chile.

⁵ IUCN: International Union for Conservation of Nature.

ejemplares de *O. flavescens*; quienes ocupan estos sitios para el descanso, reproducción y/o crianza de lobeznos. De similar forma, estos islotes y farellones costeros resultan de vital importancia para la formación de colonias de aves guaneras como el guanay, el gaviotín monja, el pelícano, el piquero y el pingüino de Humboldt, quienes realizan la mayoría de sus actividades en estos sitios. Por otro lado, playa Chauca es el lugar adecuado para actividades de alimentación, descanso y cortejo de aves migratorias como la gaviota garuma (*L. modestus*), el rayador (*R. niger*), gaviotín elegante (*T. elegans*), la gaviota de Franklin (*L. pipixcan*) y playero blanco (*C. alba*).

Dentro de las amenazas identificadas para la fauna marina en el área costera de evaluación, es trascendental destacar y poner énfasis en la pérdida de hábitat que presenta este sector de estudio debido a la expansión en la industrialización.

3.5.7.8 Bancos Naturales de Recursos Hidrobiológicos

De los diez recursos evaluados, cinco presentaron un valor de IPBAN que los categoriza como bancos naturales, condición que para el recurso erizo rojo se cumplió en las dos campañas de evaluación (otoño y primavera). En el caso del loco y lapa negra esta condición fue determinada en otoño, mientras que el locate y lapa rosada la presentaron en primavera. De acuerdo a la información levantada por este estudio y en el marco del estudio de comunidades bentónicas submareales de fondos duros de la campaña de otoño y primavera 2015, la mayor parte de estos recursos (salvo el locate), en conjunto se caracterizan por ser organismos móviles con una distribución batimétrica similar y por tener una mayor concentración de organismos en el submareal somero (< 10 metros).

3.5.8 Bibliografía

Alcolado, P.M. 1992. Sobre la interpretación del medio marino mediante el empleo de los índices de diversidad y equitatividad. *Ciencias Biológicas*, 24: 124-127.

Barahona N, Young Z, Galvez P, Orensanz J, Cornejo S, Mejías P, Miranda H, Jeréz G, Carrasco J (2005) Monitoreo biológico pesquero del recurso erizo en la XII Región (FASE I). IFOP, FIP 2003-16.

Bloom S. 1981. Similarity Indices in Community Studies: Potential Pitfalls. *Marine Ecology Progress Series* 5: 125–128.

Boltovskoy D 1981 (eds). "Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino". Editorial INIDEP, Mar del Plata, Argentina. Pp 936.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 40 (12), 1100–1114.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.* 40 (12), 1100–1114.

Borja, A., Mader, J., Muxika I., 2012. Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 19(3): 71-82.

Bray JR & Curtis JT 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecology Monography* 27:325–349.

Cañete, J. I., Leighton, G. L., & Soto, E. H. 2000. Proposición de un índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 35(2), 185-194.

Carrasco, F. D. 1997. Sublittoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, Antofagasta, northern Chile: high persistence of the polychaete assemblage. *Bulletin of Marine Science*, 60(2), 443-459.

Carrasco, F. D., & Carbajal, W. 1998. The distribution of polychaete feeding guilds in organic enriched sediments of San Vicente Bay, central Chile. *International review of hydrobiology*, 83(3), 233-249.

Carrasco, F. D., & Gallardo, V. A. 1983. Abundance and distribution of the macrobenthic infauna of the Gulf of Arauco, Chile. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 68(6), 825-838.

Carrasco, F. D., & Moreno, R. A. 2006. Long-term dynamics (1990 to 2004) of the polychaete

fauna from the sublittoral soft-bottoms off Punta Coloso (Antofagasta), northern Chile. *Scientia Marina*, 70(S3), 169-178.

Castilla JC, Durán LR. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of central Chile: the effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). *Oikos* 45: 391-399.

Castilla, J. C., Uribe, M., Bahamonde, N., Clarke, M., Desqueyroux-Faúndez, R., Kong, I., ... & Zavala, P. 2005. Down under the southeastern Pacific: marine non-indigenous species in Chile. *Biological Invasions*, 7(2), 213-232.

CCE: Consejo de Clasificación de Especies. Ministerio del Medio Ambiente Chile.

Clarke KR & Gorley RN 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. (Primer-E Ltd.: Plymouth, UK.)

Clarke, K.R., 1990. Comparisons of Dominance Curves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 58: 23-37
Clarke KR & Warwick RM 2001. *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. (Primer-E Ltd.: Plymouth, UK.)

Dayton. 1971. Competition, Disturbance, and Community Organization: The Provision and Subsequent Utilization of Space in a Rocky Intertidal Community. *Ecological Monographs*, Vol. 41, No. 4.

Estudio de impacto Ambiental (EIA) proyecto Central Patache S.A., 2009. (http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=3761339)

Estudio de impacto Ambiental (EIA) proyecto Terminal Marítimo Puerto Pacífico, 2014. (<http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=Terminal%20Mar%EDtimo%20Puerto%20Pac%EDfico>)

Estudio de Impacto Ambiental (EIA) proyecto Terminal N°2 Puerto Patillos, 2004. (http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=6292)

Fariña J., M. Aldana, F. Ogalde & Ojeda P. 2000. Ecología trófica de *Girella laevifrons* en zonas intermareales rocosas del norte de Chile afectadas y no afectadas por contaminantes derivados de la minería del cobre. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73: 139-149.

Fernández M., Jaramillo E., Marquet P., Moreno C., Navarrete S., Ojeda F. 2000. Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73(4): 797-830.

Field, J. K. R. Clarke & R. M. Warwick. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.

Gaymer C, Rojas U, Squeo FA, Luna-jorquera G, Cortés A, Arancio G, Dumont C, Cortés M, Hiriart D, López D. 2008. Capítulo 12 AMCP-MU Isla Grande de Atacama: Flora y Fauna Marina

y Terrestre. In: FA Squeo, G Arando, & JR Gutiérrez, editor. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama La Serena, Chile: 2008. p. 223–249.

Gaymer C, Stotz W, Garay-Flühmann R, Luna-Jorquera G, Ramos M, Al E. 2006. Evaluación de línea base de Las Reservas Marinas "Isla Chañaral" e "Isla Choros-Damas. Informe Final Proyecto FIP.

Glade, A. 1993. Libro Rojo de la Fauna Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile, 65 pp.

Gomez Gesteira, J. L., J.C Dauvin, M Salvande Fraga. 2003. Taxonomic level for assessing oil spill effects on soft-bottom sublittoral benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*. 46(5): 562-572.

González J, Garrido J, Jerez G, Wilson A, Figueroa E, Toledo C, Cortes C, Olgún A, Vásquez J, Stotz W, Olivares J, Pacxheco A, Lancellotti D, Prado L, Veliz D, Caillaux L, Olivares M (1999) Estudio piloto ecológico y socio-económico en áreas potenciales de reserva marina en la III y IV regiones. Informe final FIP 97-45.

Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST version 1.39: Paleontological statistical software package for education and data analysis. *Paleontology Electronica*, 4: 9-9.

Harris, R. 2000. *Zooplankton Methodology Manual*. Phymout, UK. 684 pp.

Helmuth B. 1999. (Thermal biology of rocky intertidal mussels: Quantifying body temperatures using climatological data. *Ecol*.80: 15-34.

Hendey, N.I. 1977. The species diversity index of some inshore diatom communities and its use in assessing the degree of pollution insult on parts of the North Coast of Cornwall. *Nova Hedwigia Beih*. 54: 355-358.

Holm-Hansen O. & Riemann B. 1978. Chlorophyll a determination: Improvements in methodology. *Oikos*, 30: 438–447.

Ifop. 2009. http://www.macrofauna.cl/fi/Spiophanes_bombyx.html. Acceso el 31 de marzo 2016.

Jaksic, F. M. 2001. *Ecología de Comunidades*. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Junoy, J., Castellanos, C., Viéitez, J. M., De la Huz, M. R., & Lastra, M. 2005. The macroinfauna of the Galician sandy beaches (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 50(5), 526-536.

Kruskal J.B. 1964. "Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method". *Psychometrika* 29: 115–129.

Lépez M, Moreno CA 1988. Recruitment of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in the coast of Valdivia: adults and habitat type influences. Biol. Pesq. 17: 47-56.

Lubchenco J. 1980. Algal zonation in the New England rocky intertidal community: an experimental analysis. Ecology 61:333-344.

Machain-Castillo, M. L. y F. R. Gío-Argáez. 2004. Ostrácodos bentónicos del sur del Golfo de México. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comps.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Vol. 1: 163-173. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A. C. y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. México. México.

Malinarich, V. 2013 a. Estudio de censos de avifauna de la Región de Tarapacá. Informe Técnico de la Unidad de Recursos Naturales Renovables del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Región de Tarapacá. 47 pp.

Malinarich, V. 2013 b. Estudio poblacional gaviotín chico *Sterna lorata* (Philippi & Landbeck, 1861), Región de Tarapacá. Informe Técnico de la Unidad de Recursos Naturales Renovables del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), región de Tarapacá. 41 pp.

Marambio-Alfaro Y. y D. Hiriart-Lamas. 2013. Reptiles de la Región de Atacama. Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR - Atacama). Santiago, Chile. 115 pp

Marques de Sá J.P. 2007. Applied Statistics Using Spss, STATISTICA, Matlab & R. Berlin: Springer. ISBN 3-540-71971-7.

Meißner, K. & Blank, M. 2009. *Spiophanes norrisi* sp. nov. (Polychaeta: Spionidae)—a new species from the NE Pacific coast, separated from the *Spiophanes bombyx* complex based on both morphological and genetic studies. Zootaxa, 2278, 1-25.

Menge, B. A., & G. M. Branch. 2001. Rocky Intertidal Communities. In M. D. Bertness, S. D. Gaines, & M. E. Hay (eds.), *Marine community ecology* pp. 221–251. Sinauer Associates, Sunderland.

Ministerio de Agricultura. 1998. Decreto Supremo N° 05/1998. Aprueba reglamento para el Reglamento de la Ley de Caza. Santiago. Chile. Diario Oficial. 7 de diciembre de 1998.

Ministerio de Agricultura. 2004. Decreto Supremo N° 53/2004. Modifica Decreto N° 5, DE 1998, sobre Reglamento de la Ley de Caza. Santiago. Chile. Diario Oficial. 27 de enero de 2004.

Ministerio de Medio Ambiente. 2016. http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=2608&Version=1. Acceso el 31 de marzo 2016

Ministerio de Medioambiente. 2012. Decreto Supremo N° 29/2012. Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 27 de abril de 2012.

Ministerio de Medioambiente. 2012. Decreto Supremo N° 33/2012. Aprueba y oficializa nómina para el quinto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 27 de febrero de 2012.

Ministerio de Medioambiente. 2012. Decreto Supremo N° 41/2012. Aprueba y oficializa nómina para el sexto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de abril de 2012.

Ministerio de Medioambiente. 2012. Decreto Supremo N° 42/2012. Aprueba y oficializa nómina para el séptimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de abril de 2012.

Ministerio de Medioambiente. 2013. Decreto Supremo N° 19/2013. Aprueba y oficializa nómina para el octavo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de febrero de 2013.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2005. Decreto Supremo N° 75/2005. Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres. Santiago. Chile. Diario Oficial. 15 de mayo de 2005.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2007. Decreto Supremo N° 151/2007. Aprueba y oficializa nómina para el primer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 30 de junio de 2008

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2008. Decreto Supremo N° 50/2008. Aprueba y oficializa nómina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 30 de junio de 2008.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2008. Decreto Supremo N° 51/2008. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 30 de junio de 2008.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2009. Decreto Supremo N° 23/2009. Aprueba y oficializa nómina para el cuarto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 07 de mayo de 2009.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2012. Decreto Supremo N° 33/2012. Aprueba y oficializa nómina para el quinto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 27 de febrero de 2012.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2012. Decreto Supremo N° 41/2012. Aprueba y oficializa nómina para el sexto proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de abril de 2012.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2012. Decreto Supremo N° 42/2012. Aprueba y oficializa nómina para el séptimo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de abril de 2012.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2013. Decreto Supremo N° 19/2013. Aprueba y oficializa nómina para el octavo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 11 de febrero de 2013.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2013. Decreto Supremo N° 13/2013. Aprueba y oficializa nómina para el noveno proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Santiago, Chile. Diario oficial. 25 de julio de 2013.

Molinet C, M Matamala, A Arevalo, E Niklitschek, S Rosales, J Codjambassis, J Henríquez, V Almanza & M González. 2007. Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos y praderas de algas. Informe Final Proyecto FIP 2005-14: 1-169.

Monroe, James S., & Reed Wicander, 1997. *The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution*, 2ª ed. Belmont: West Publishing Company, 1997. ISBN 0-314-09577-2 pp. 114-15, 352.

Muñoz A. & F. Ojeda. 1997. Feeding guild structure of a rocky intertidal fish assemblage in central Chile. *Environmental Biology of Fishes* 49: 471-479.

Omori, M. & Ikeda, T. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. John Wiley and Sons Inc. USA 332p.

Pacheco, A. S., González, M. T., Bremner, J., Oliva, M., Heilmayer, O., Laudien, J., & Riascos, J. M. 2011. Functional diversity of marine macrobenthic communities from sublittoral soft-sediment habitats off northern Chile. *Helgoland Marine Research*, 65(3), 413-424.

Palma S & Contreras K. 1993. "Plancton Marino de aguas chilenas". Ediciones Universitarias de Valparaíso. pp 151.

Pérez-Matus A, Ferry-Graham L A., Cea A, Vásquez J. 2007. Community structure of temperate reef fishes in kelp-dominated subtidal habitats of northern Chile. *Marine and Freshwater Research*. 58: 1069.

Pérez-Matus A, S. Pledger, F. Díaz, L. Ferry-Graham & J. Vásquez. 2012. Plasticity in feeding selectivity and trophic structure of kelp forest associated fishes from northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 29-48.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal Theoretical Biology*, 13: 131-144.

Prado L. & J.C. Castilla. 2006. The bioengineer *Perumytilus purpuratus* (Mollusca: Bivalvia) in central Chile: biodiversity, structural complexity and heterogeneity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 417-421.

Promar Pacífico 2012 a. Informe Técnico N° 1. Evaluación de las actividades de rescate, rehabilitación y reinserción de fauna marina en la Región de Tarapacá. Monitoreo de Pinnípedos. Proyecto FPA N° 1-I-008-2012.

Promar Pacífico 2012 b. Informe Técnico N° 3. Evaluación de las actividades de rescate, rehabilitación y reinserción de fauna marina en la Región de Tarapacá. Monitoreo de Nutrias Marinas. Proyecto FPA N° 1-I-008-2012.

Promar Pacífico 2012 c. Informe Técnico N° 6. Evaluación de las actividades de rescate, rehabilitación y reinserción de fauna marina en la Región de Tarapacá. Generación de mapas parlantes. Metodología Map Biography. Proyecto FPA N° 1-I-008-2012.

Quiroga, E., Ortiz, P., Reid, B., & Gerdes, D. (2013). Classification of the ecological quality of the Aysen and Baker Fjords (Patagonia, Chile) using biotic indices. *Marine pollution bulletin*.

R Development Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. Ver <http://www.R-project.org/>.

Resolución exenta N° 2.353. Establece metodología para determinación de banco natural de recursos hidrobiológicos para fines que indica. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Reyes, P. y M. Hüne. 2015. Mi Guía de Especies Marinas Chilenas: Guías de reconocimiento de especies objetivo, fauna acompañante y especies incidentales capturadas en las pesquerías industriales de arrastre de merluza común, merluza de cola y crustáceos bento-demersales, en la pesquería artesanal de merluza común y en la pesquería de cerco de sardina común y anchoveta. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile. 132 pp.

Rivas D, Castilla JC. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1798) (Mollusca - Gasteropoda - Murcidae) en Chile Central. *Invest. Pesq.* 34: 3-19.

Salas, F., Neto, J. M., Borja, A., & Marques, J. C. (2004). Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterize the status of estuarine ecosystems: the case of Mondego estuary (Portugal). *Ecological indicators*, 4(3), 215-225.

Servicio Agrícola y Ganadero - SAG. 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Santiago, Chile. 180 pp.

Shannon, C.E. (1948) A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27, 379–423

Shapiro, S., and Wilk, M. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples), Biometrika 52, 591–611.

Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.

Sinia. 2016. www.sinia.cl visitado el 22-01-2016.

Sokal, R. and Rohlf, F. 1979. *Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. H. Blume eds., Madrid.

Stotz W, Aburto J, Caillaux L, González S. 2016. Rocky subtidal community zonation along the exposed coast of north-central Chile. Journal of Sea Research. Vol 107, Part 2, Pages 34–47.

Thiel M, Ullrich N. 2002. Hard rock versus soft bottom: the fauna associated with intertidal mussel beds on hard bottoms along the coast of Chile, and considerations on the functional role of mussel beds. Helgoland Marine Research 56: 21–30.

Thompson, W.L., White, G.C. & Gowan, C. 1998. Monitoring vertebrate populations. Academic Press. San Diego. California. Usa. 365 pp.

Tomas C.R. 1997. Identifying Marine Fitoplankton. Academic Press, USA. pp 858.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2011.2. Disponible en internet: www.iucnredlist.org. Consultado el 05 de Mayo de 2015.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung Limnologie 9: 1-38.

Vásquez J, & Vega J. 2004. Ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. In: FA Squeo, JR Gutiérrez, IR Hernández, and Eds, editor. Historia Natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge La Serena, Chile: 2004. p. 235–252.

Vásquez J, Vega J, Pérez A, Carolina M, Piaget N. 2006. Distribución y Abundancia de Algas Pardas en el Área Marina y Costera Protegida Isla Grande de Atacama, III Región. Coquimbo, Chile: Facultad de ciencias del mar, Universidad católica del norte, Centro de estudios avanzados en zonas áridas.

Vásquez J. & Vega J. 2005. Macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de algas pardas: biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala. Biodiversidad Marina: Valoración, uso y perspectivas ¿Hacia dónde va Chile?. 429–450.

Vásquez J. 2002. Evaluación base para una eventual Area Marina Protegida (AMP) en el norte de Chile (III Región). informe final. proyecto PDFb, 104.

Vilina Y., Cruz-Jofre F. & Seguel C. 2012. Estudio sobre la distribución y las poblaciones del gaviotín chico o chirrío (*Sternula lorata*). Informe Final, 26 pp.

Wieking, G., & Kröncke, I. 2003. Macrofauna communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 1990s: spatial distribution, species composition and trophic structure. *Helgoland Marine Research*, 57(1), 34-46.

Yáñez S, P Hidalgo & R Escribano. 2012 Mortalidad natural de *Paracalanus indicus* (Copépoda: 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* Vol. 47, N°2: 295-310.