

INFORME ANUAL 2016
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)

**DEPOSITO SUBMARINO DE COLAS DE PROCESO DE LA
PLANTA DE PELLETS DE COMPAÑÍA MINERA DEL PACIFICO S.A. EN
HUASCO**



MINERÍA

Compañía Minera del Pacífico

Preparado para:

CAP Minería

Compañía Minera del Pacífico S.A.
Huasco



Preparado por:

Universidad Católica del Norte
Sede Coquimbo
Coquimbo

Abril 2017

INFORME ANUAL 2016
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)

**DEPOSITO SUBMARINO DE COLAS DE PROCESO DE LA
PLANTA DE PELLETS DE COMPAÑÍA MINERA DEL PACIFICO S.A. EN
HUASCO**

Coordinador del Programa:

Dr. Wolfgang Stotz U.

Comunidades Intermareales

*Sandra Baro
Wolfgang Stotz
Miguel Rivera*

Comunidades Submareales de Fondo Rocos

*Carlos Moraga
Nicolás Riquelme*

**Comunidades Submareales de Fondo
Blandos**

*Carlos Moraga
Nicolás Riquelme*

Registro de Parámetros Físicos

Personal de la CMP S.A.

Correntometría

*Manuel Berríos
Álvaro Pacheco
Sergio Fuentes*

Universidad Católica del Norte

Departamento de Biología Marina

Facultad de Ciencias del Mar

Sede Coquimbo

Abril 2017

• CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO

| | |
|--|----|
| 1.- INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2.- OBJETIVOS DEL PVA, AÑO 2016..... | 3 |
| 3.- TRABAJO REALIZADO EN EL PVA, AÑO 2016..... | 4 |
| 3.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS..... | 4 |
| 3.1.1.- Condiciones del efluente en un día de monitoreo..... | 4 |
| 3.1.2.- Características del relave depositado al mar..... | 4 |
| 3.1.3.- Correntometría..... | 5 |
| 3.1.3.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 5 |
| 3.1.3.2.- Descripción del muestreo..... | 5 |
| 3.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales..... | 6 |
| 3.1.4.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 6 |
| 3.1.4.2.- Descripción del muestreo..... | 6 |
| 3.1.5.- Sedimentación del material de descarga sobre el sustrato rocoso..... | 7 |
| 3.1.5.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 7 |
| 3.1.5.2.- Descripción del muestreo..... | 7 |
| 3.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS..... | 8 |
| 3.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales..... | 8 |
| 3.2.1.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 8 |
| 3.2.1.2.- Descripción del muestreo..... | 9 |
| Patrón de zonación vertical del intermareal rocoso..... | 9 |
| Abundancia del alga verde <i>Ulva (Enteromorpha)</i> sp..... | 9 |
| Organismos de niveles tróficos altos..... | 9 |
| 3.2.2.- Patrón de zonación de las comunidades submareales..... | 10 |
| 3.2.2.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 10 |
| 3.2.2.2.- Descripción del muestreo..... | 10 |
| 3.2.3.- Reclutamiento y características del alga parda <i>Lessonia trabeculata</i> | 10 |
| 3.2.3.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 10 |
| 3.2.3.2.- Descripción del muestreo..... | 11 |
| 3.2.4.- Estructura de las comunidades submareales de fondos blandos..... | 11 |
| 3.2.4.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo..... | 11 |
| 3.2.4.2.- Descripción del muestreo..... | 12 |
| 3.2.4.3.- Análisis estadísticos..... | 12 |
| 4.- RESULTADOS DEL PVA, AÑO 2016..... | 14 |
| 4.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS..... | 14 |
| 4.1.1.- Condiciones del efluente en un día de monitoreo..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 4.1.2.- Características del relave depositado al mar..... | 14 |
| 4.1.3.- Correntometría..... | 15 |
| 4.1.3.1.- Mediciones del día 30 de Agosto de 2016..... | 15 |
| 4.1.3.2.- Mediciones del día 31 de Agosto de 2016..... | 16 |
| 4.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales..... | 17 |
| Condiciones meteorológicas..... | 17 |
| Coloración de las aguas superficiales..... | 18 |
| Relación entre la descarga y condiciones ambientales..... | 18 |
| 4.1.5.- Sedimentación del material de descarga sobre el sustrato rocoso..... | 18 |
| 4.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS..... | 19 |
| 4.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales..... | 19 |
| 4.2.1.1.- Patrón de zonación..... | 19 |
| Sector Cabo Norte..... | 19 |
| Sector Cabo Norte 2..... | 19 |
| Sector ubicado frente al actual relaveducto..... | 20 |
| Sector ubicado a 150 m frente al ex-relaveducto..... | 20 |
| Sector ubicado frente al ex-relaveducto (costado norte)..... | 21 |
| Sector ubicado al costado sur de la descarga..... | 21 |
| Sector ubicado al costado sur de Ensenada Chapaco..... | 22 |
| Sector Punta Lachos..... | 22 |
| Sector Punta Lachos 2..... | 23 |
| 4.2.1.2.- Abundancia del alga verde <i>Ulva (Enteromorpha)</i> sp..... | 23 |
| 4.2.1.3.- Organismos de niveles tróficos altos..... | 23 |
| 4.2.2.- Patrón de zonación de las comunidades submareales..... | 23 |
| 4.2.2.1.- Costado Norte de la Ensenada Chapaco..... | 23 |
| 4.2.2.2.- Costado Sur de la Ensenada Chapaco..... | 24 |
| 4.2.2.3.- Sector Cabo Norte, al norte de la Ensenada Chapaco..... | 24 |
| 4.2.2.3.- Sector Cabo Norte, al norte de la Ensenada Chapaco..... | 25 |
| 4.2.2.4.- Sector Cabo Norte 2, al norte de la Ensenada Chapaco..... | 26 |
| 4.2.2.5.- Sector Punta Lachos, al sur de la Ensenada Chapaco..... | 26 |
| 4.2.2.6.- Sector Punta Lachos 2, al sur de la Ensenada Chapaco..... | 27 |
| 4.2.3.- Reclutamiento y características del alga <i>Lessonia trabeculata</i> | 28 |
| 4.2.3.1.- Descripción..... | 28 |
| 4.2.3.2.- Análisis de la variación espacial..... | 28 |
| Cobertura..... | 28 |
| Densidad..... | 28 |
| Longitud máxima..... | 28 |
| Diámetro del disco..... | 28 |
| 4.2.4.- Estructura de las comunidades submareales de fondos blandos..... | 29 |
| 4.2.4.1.- Descripción de las comunidades de fondos blandos..... | 29 |
| Sector Chapaco..... | 29 |
| Sector Faro de Huasco..... | 29 |
| Sector Faro de Huasco 2..... | 30 |
| Sector Punta Lachos..... | 30 |
| Sector Punta Lachos 2..... | 30 |
| Sector Cabo Norte..... | 31 |

| | |
|---|----|
| Sector Cabo Norte 2..... | 31 |
| 4.2.4.2.- Variación espacial de las comunidades de fondos blandos..... | 31 |
| 4.2.4.3.- Variación temporal de las comunidades de fondos blandos..... | 33 |
| 5.- COMENTARIOS GENERALES..... | 35 |
| 5.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS..... | 35 |
| 5.1.1.- Condiciones del efluente en un día de monitoreo..... | 35 |
| 5.1.2.- Características del relave depositado al mar..... | 35 |
| 5.1.3.- Correntometría en el punto de descarga..... | 36 |
| 5.1.3.1.- Situación observada en invierno de 2016..... | 36 |
| 5.1.3.2.- Análisis comparativo entre los años 1997 y 2016..... | 36 |
| 5.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales..... | 38 |
| 5.1.5.- Sedimentación del material de descarga sobre el sustrato rocoso..... | 38 |
| 5.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS..... | 38 |
| 5.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales..... | 39 |
| 5.2.1.1.- Situación del intermareal año 2016..... | 39 |
| 5.2.1.2.- Cambios en el intermareal después del inicio de la operación del actual relaveducto..... | 39 |
| 5.2.2.- Comunidades submareales de fondos rocosos..... | 42 |
| 5.2.2.1.- Situación del submareal año 2016..... | 42 |
| Costado Norte de la Ensenada Chapaco..... | 42 |
| Costado Sur de la Ensenada Chapaco..... | 43 |
| Estación de Referencia Cabo Norte..... | 44 |
| Estación de Referencia Cabo Norte 2..... | 45 |
| Estación de Referencia Punta Lachos..... | 45 |
| Estación de Referencia Punta Lachos 2..... | 46 |
| 5.2.2.2.- Cambios en el submareal después del inicio de operación del actual relaveducto..... | 47 |
| 5.2.3.- Reclutamiento y características del alga <i>Lessonia trabeculata</i> | 50 |
| 5.2.4.- Comunidades submareales de fondos blandos..... | 51 |
| 5.2.4.1.- Situación del submareal de fondo blando año 2016..... | 51 |
| 5.2.4.2.- Cambios en el submareal de fondo blando después del inicio de operación del actual relaveducto..... | 53 |
| 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DEL PVA 2016..... | 60 |
| 7.- LITERATURA CONSULTADA..... | 62 |
| • TABLAS | |
| • FIGURAS | |
| • ANEXOS | |

ANEXO I “Escala de Colores para el Monitoreo de Turbidez de las Aguas Superficiales”

- ANEXO II “Tablas de chequeo de Comunidades Intermareales”
- ANEXO III “Tablas de Chequeo de Comunidades Submareales de Fondos Duros”
- ANEXO IV “Características del relave depositado al Mar ”
- ANEXO V “Coordenadas UTM de las Estaciones de Control del Estudio de Corrientes”
- ANEXO VI “Registros Diarios de Turbidez de las Aguas Superficiales”

RESUMEN EJECUTIVO

INFORME ANUAL 2016 DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL DEPOSITO SUBMARINO DE COLAS DE PROCESO DE LA PLANTA DE PELLETS DE COMPAÑÍA MINERA DEL PACIFICO S.A. EN HUASCO. Preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A., Huasco por la Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo.

La Compañía Minera del Pacífico S.A. (CAP Minería) modificó en 1994 la descarga de depósito de efluentes industriales de la Planta de Pellets en Huasco, desde un relaveducto que vaciaba en la zona intermareal de la Ensenada Chapaco, a uno que descarga en el submareal. Esta descarga se comenzó realizando en una profundidad de 25 m, modificándola luego a una profundidad de 35 m. Una vez iniciadas las operaciones del relaveducto submarino, CMP (ahora CAP Minería) encargó a la Universidad Católica del Norte la realización del monitoreo de las condiciones ambientales con relación a la descarga de efluentes. Este monitoreo fue realizado para los años 1994, 1995 y 1996 utilizando el protocolo básico de muestreos que sugiere la autoridad. Basado en los resultados de esos primeros monitoreos se propuso un nuevo *Programa de Vigilancia Ambiental* (PVA) más acotado que permite evaluar en forma mas objetiva las condiciones ambientales de la Ensenada Chapaco y vigilar las áreas aledañas de los posibles efectos de la descarga de colas de proceso de la planta de pellets en Huasco. Este PVA fue aprobado por la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) y fue iniciado en 1997. El presente documento contiene los resultados del vigésimo segundo año del PVA, desarrollado durante el año 2016.

Los *indicadores físico-químicos* considerados en el PVA muestran, en general, condiciones ambientales similares a las que se han venido manteniendo a las del año anterior, con días que varían entre nublado a despejado, vientos con intensidad de “brisa livana” y mar predominantemente rizado, solo la dirección del viento varía, siendo predominantes los vientos provenientes del Suroeste, situación que probablemente esta relacionada a errores en la etapa de muestreo, que se corrijen en el presente informe. En el registro de sedimentación se detectó la presencia de sedimento fino sobre roca a los 6 y 9 metros de profundidad en la superficie de las rocas del costado norte y sur de Ensenada Chapaco y a los 9 m de profundidad en el sector de referencia Cabo Norte., el sedimento detectado fue perceptible solo al agitar el agua. Por su parte, las aguas superficiales no evidenciaron días de aguas turbias. En cuanto a calidad del efluente

evidencian todos los parámetros evaluados cumplen con la normativa, con valores iguales o inferiores a los límites máximos del D.S. 90/2000.

Los *indicadores biológicos* muestran una variabilidad en la composición y abundancia específica, que en algunos casos asemeja a las comunidades biológicas presentes en la Ensenada Chapaco a la situación ambiental observada fuera de ella y en otras, muestra características propias. En la historia del PVA realizado por la UCN, primero se observó el desarrollo de comunidades marinas que no estaban presentes mientras operaba el relaveducto intermareal, como lo fue la comunidad del alga parda submareal *Lessonia trabeculata* en el submareal rocoso. Sin embargo, el asentamiento de *Lessonia trabeculata*, registrado en el año 1999 en el costado norte de la ensenada no logró permanecer, mientras que el bosque en desarrollo observado en el costado sur desapareció en el año 2001. Similar situación experimentó la comunidad somera de algas foliosas presente en este último sector, la cual cambió a un tipo de comunidad de fondos blanqueados que se profundizó en el tiempo, manteniéndose hasta la fecha. Estos cambios se debieron a un aumento importante de la población de herbívoros, especialmente del erizo negro *Tetrapygus niger*. A mayor profundidad se consolida una comunidad de incrustantes, donde destaca la presencia de la actinia *Phymanthea pluvia*. En el costado sur la estructura comunitaria somera está caracterizada por una abundante cobertura de algas crustósas y por una alta presencia del erizo negro. Respecto a las comunidades del intermareal rocoso, estas siguen mostrando estados que se asemejan a situaciones observadas en sectores fuera de la ensenada. En el intermareal se consolida el cinturón del alga parda *Lessonia berteriana* (ex *Lessonia nigrescens*) en la franja infralitoral. Por otra parte, este año la comunidad de fondos blandos de Ensenada Chapaco exhibe una mayor disimilitud con respecto a años anteriores, aunque de todos modos tiende a asemejarse a las estaciones de referencia ubicadas hacia el norte (Cabo Norte 1 y 2). Esto probablemente se debe a la escasa presencia de especies de moluscos en Chapaco y Cabo Norte 1 y 2, y la baja abundancia de especies en estos sectores, que en el presente monitoreo se acentúa en Chapaco.

Fuera de la Ensenada Chapaco no se detectó ningún cambio comunitario atribuible a la operación del sistema de descarga en el submareal de esa ensenada.

En el marco del diagrama de flujo aprobado para el PVA del relaveducto de Bahía Chapaco a partir del año 1997, respecto a los indicadores físicos y biológicos, para el año 2017, corresponde continuar con la etapa de monitoreo de largo plazo.

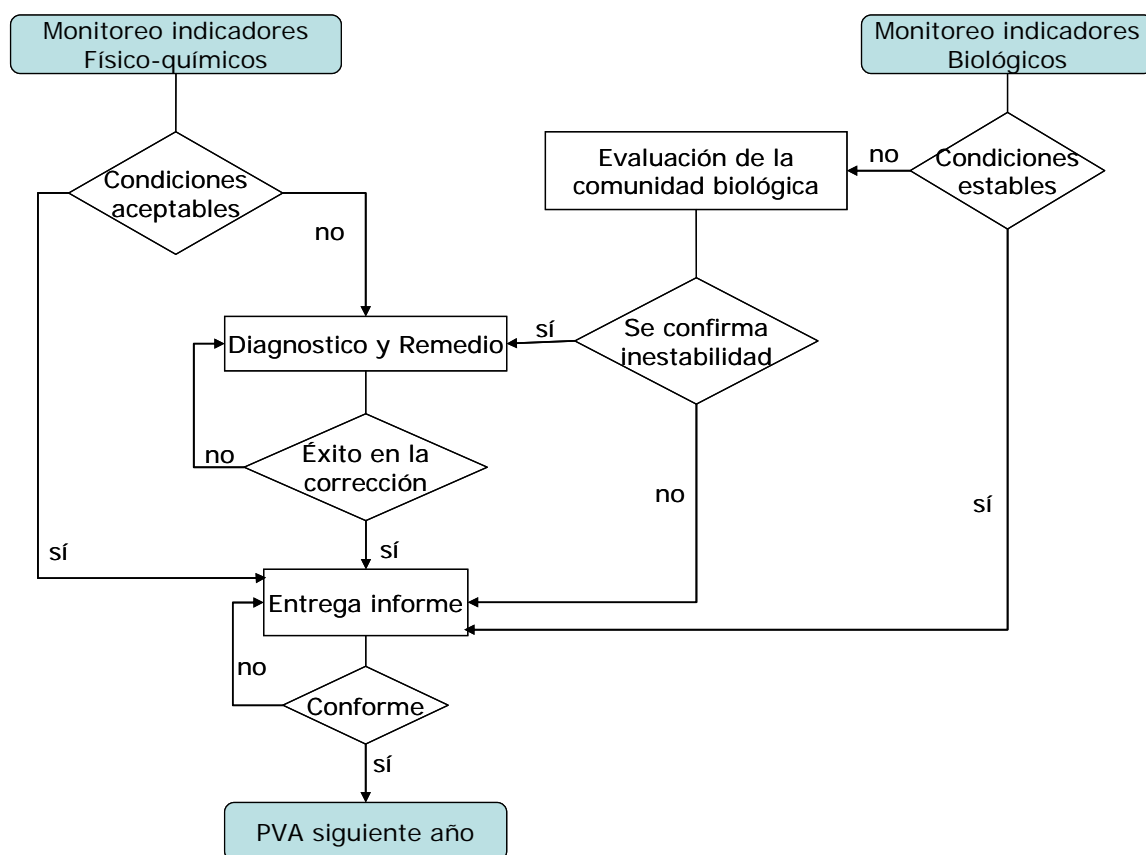


Diagrama de flujo del Programa de Vigilancia Ambiental para Planta de Pellets en Huasco de Compañía Minera del Pacífico S.A.

INFORME ANUAL 2016
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

DEPOSITO SUBMARINO DE COLAS DE PROCESO
PLANTA DE PELLETS DE CAP MINERÍA, COMPAÑÍA MINERA DEL PACIFICO S.A. EN
HUASCO
ABRIL 2017

=====

1.- INTRODUCCIÓN.

La Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP, ahora CAP Minería) modificó en 1994 la descarga de depósito de efluentes industriales de su Planta de Pellets en Huasco, desde un relaveducto que vaciaba en la zona intermareal de la Ensenada Chapaco a uno que descarga en el submareal. Esta descarga se inició a una profundidad de 25 m, modificándola luego a una profundidad de 35 m. CMP S.A. (ahora CAP Minería) encargó a la Universidad Católica del Norte la realización del monitoreo de las condiciones ambientales resultante de esta descarga de efluentes en el submareal. El sistema de descarga de efluentes a la zona intermareal causaba una acentuada turbidez en las aguas superficiales de la Ensenada Chapaco, efecto que se buscaba eliminar con la operación del relaveducto submarino.

La Universidad Católica del Norte realizó en el año 1994 un Estudio de Línea Base, en momentos en que aún operaba el relaveducto que descargaba en el intermareal. Luego se realizaron monitoreos utilizando los protocolos básicos sugeridos por la autoridad durante los años 1995 y 1996. Basado en los resultados del Estudio de Línea Base y esos monitoreos, y en consideración de la importancia de establecer un mecanismo que permita evaluar en forma efectiva, primero la recuperación y luego la mantención de las condiciones ambientales de Ensenada Chapaco, como también vigilar las áreas aledañas por los posibles efectos de la descarga de colas de proceso de la planta de pellets en Huasco, se propuso un nuevo Programa de Vigilancia Ambiental (PVA). Este fue aprobado por la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) y se encuentra en ejecución desde el año 1997.

El PVA de Ensenada Chapaco considera el uso de indicadores físicos y biológicos, los que permitieron detectar primero la recuperación y actualmente la mantención de las condiciones ambientales de la ensenada y/o detectar los eventuales cambios producidos por el sistema de descarga. Los indicadores físicos están referidos a los niveles de exposición del sistema natural a los efectos de la descarga. Entre estos, se consideró el contenido de la fase líquida y sólida del efluente, las corrientes en el punto de descarga, la sedimentación de material de descarga sobre el substrato rocoso y la turbidez de las aguas superficiales. A su vez, los indicadores biológicos están referidos a los efectos esperados sobre las comunidades biológicas. Para este caso, se consideró el patrón de zonación submareal, el desarrollo de comunidades de grandes algas pardas, algunos elementos de las comunidades intermareales y la estructura comunitaria de la macroinfauna de fondos blandos.

El presente documento contiene los resultados del vigésimo segundo año del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), correspondiente al año 2015. El monitoreo fue realizado en el mes de Julio, a trece años en que se hizo efectivo el cambio del punto de descarga del relaveducto Chapaco desde los 25 a los 35 m de profundidad. El área autorizada para la descarga (DGT.M. Y MM. ORD. N° 12.600/218 del 01 de Febrero del 2002) se encuentra fuera de la zona ZPL, localizada en las coordenadas geográficas Latitud 28°28'49,49'' Longitud 71°15'46,69'', en donde la disposición de los efluentes mineros se realiza a una profundidad de 35 m.

2.- OBJETIVOS DEL PVA, AÑO 2016.

De acuerdo al objetivo general del PVA, de evaluar la recuperación de las condiciones ambientales en Ensenada Chapaco y detectar eventuales cambios que pudiera generar la descarga submareal de las colas del proceso minero de la Planta de Pellets en Huasco, este informe tiene como objetivo describir las condiciones de la Ensenada Chapaco y sectores aledaños. Esto, en cuanto a la turbidez de las aguas, la sedimentación de material particulado, corrientes, características del Residuo Industrial (Relave) y estructura de las comunidades tanto intermareales, como submareales de fondos rocosos y blandos durante el año 2016.

3.- TRABAJO REALIZADO EN EL PVA, AÑO 2016.

El trabajo fue dividido en dos partes: (1) *Indicadores físico-químicos*, en referencia al registro de parámetros de orden físico y químico, y (2) *Indicadores biológicos*, conteniendo todas las observaciones y registros en relación a los organismos y comunidades biológicas presentes en el área de estudio.

3.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS.

Los indicadores físicos de las condiciones ambientales de Ensenada Chapaco y alrededores fueron establecidos en los términos técnicos del Programa de Vigilancia Ambiental. Estos corresponden a: (a) Condiciones del efluente en un día de monitoreo (b) Características del relave depositado al mar, (c) Correntometría en el punto de descarga, (d) Turbidez de las aguas superficiales y (e) Sedimentación del material de descarga sobre el sustrato rocoso.

3.1.1.- *Condiciones del efluente en un día de monitoreo*

Se midieron las condiciones de Temperatura (°C), Caudal (m³/h) y pH en el Drop Box A, es decir, antes que el efluente llegue al mar. A su vez en el punto de descarga se mide nuevamente la Temperatura (°C). Cabe mencionar que estas condiciones varían, principalmente la temperatura, respecto del punto de descarga al mar, tanto por la dilución que sufre el efluente con el agua de mar, como por el intercambio de calor que se registra en el relaveducto.

3.1.2.- *Características del relave depositado al mar.*

Se entrega la información solicitada y proporcionada directamente por CAP Minería relativo a Resultados Operacionales del Relaveducto, Características Medias de la Fase Sólida y Análisis de la Fase Líquida del efluente, en conformidad a lo señalado por la Autoridad Marítima. Respecto de la fase líquida, ésta debe dar cumplimiento a la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas

y Continentales, D.S. N° 90 del 7 de Marzo de 2001 del MINSEGPRES, de acuerdo a lo definido por la Autoridad Marítima.

3.1.3.- Correntometría.

3.1.3.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo

El estudio de corrientes lagrangianas se realizó en el sector donde el relaveducto de la planta de Pellets descarga las colas de proceso a la Ensenada Chapaco. En este punto se ubicaron las estaciones de control topográfico. Frente a este sector, y sobre el área donde el tubo del relaveducto desciende en profundidad, se dispusieron tres puntos de lance de derivadores a las profundidades de 0,5 y 5,0 m, para el punto del lance L1, 0,5 y 20,0 m para el punto del lance L2 y a las profundidades de 0,5 y 25 m para el lance L3, diferencias condicionadas por las distintas profundidades presentes en los puntos de lance y probable riesgo de embancamiento de los derivadores en el fondo. El sector de muestreo aparece indicado con una letra “C” en la Figura 1.

La base topográfica de observación de los derivadores fue de 183,27 m, ubicándose la estación A en las coordenadas 6.847.889,37 (N) y 278.962,51 (E) y la estación B en las coordenadas 6.847.877,76 (N) y 278.779,60 (E).

3.1.3.2.- Descripción del muestreo

Este muestreo se realizó en invierno, durante los días 30 y 31 de Agosto del año 2016.

Las bases topográficas de terreno correspondieron al enlace de una poligonal electrónica con vértices de triangulación, levantados previamente por CAP Minería y referidos a coordenadas UTM. El monitoreo de los derivadores se realizó mediante el empleo de métodos de replanteo e intersección de visuales (Kissam, 1968). La velocidad del viento fue medida con un Anemómetro portátil *Anemo*, utilizando la escala $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Las crucetas compensadas monitoreadas consistieron en crucetas de latón galvanizado de 60 x 80 cm y de un espesor de 1 mm, adosadas a un flotador circunferencial de 39 cm de diámetro. Sobre este flotador se instalaron banderolas de 15 x 15 cm de diversos colores para su identificación.

Con la información obtenida en terreno, y tomando como referencia el plano de la CAP Minería N° 62-50-032, el cual fue digitalizado en coordenadas U.T.M., se procedió a confeccionar el plano base respectivo del sector de estudio aplicando para tales efectos el software adecuado. Cada plano se confeccionó proporcionando: Gráficos de Marea y vientos, observaciones referentes a fecha, punto de lance y profundidad de lance o cruceta. Para cada día de observación, y en función de las Tablas de Marea del S.H.O.A., se desarrolló el cálculo y dibujo de la curva de marea.

3.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales.

3.1.4.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo.

Para la realización de los registros se seleccionaron tres puntos de observación, dos al interior de Ensenada Chapaco y un tercero, en Playa Brava, al costado sur de Península Guacolda. En la ensenada, se ubicaron dos puntos fijos que involucran diferentes ángulos de observación. Estos puntos estuvieron ubicados frente a la boca y en el costado norte de la Ensenada Chapaco, exactamente en el punto donde se ubicó la veleta y la rosa de los vientos. Estos puntos se señalan con una letra “T” en la Figura 1.

3.1.4.2.- Descripción del muestreo

Para el monitoreo de la turbidez de las aguas superficiales se estableció un protocolo de observación diaria en conjunto con la Planta de pellets de CAP Minería. El protocolo “*Registro de parámetros físicos: Turbidez de las aguas superficiales*”, anexo al Programa de Vigilancia Ambiental, considera la observación de la coloración de las aguas al interior y exterior de Ensenada Chapaco (ver Anexo I para la escala de colores utilizada) y las condiciones meteorológicas en el área. Las observaciones fueron realizadas por personal de CAP Minería y enviados mensualmente a la Universidad Católica del Norte (UCN). Los registros diarios, así como los resúmenes mensuales, fueron analizados luego por la UCN, emitiéndose mensualmente un informe.

Adicionalmente, se estableció la relación existente entre la descarga del efluente y las condiciones ambientales de la Ensenada Chapaco, Esta relación fue hecha gráficamente comparando la descarga con dos parámetros que resumen las condiciones globales registradas dentro de la ensenada: la extensión del Área de la Mancha y la Velocidad del Viento. Las relaciones relevantes entre estos tres parámetros fueron resumidas a través del Coeficiente de Correlación por rangos de Spearman (ρ), el cual mide la tendencia entre pares de parámetros: un valor tendiendo a 1 indica que ambos parámetros están directamente relacionados, un valor tendiendo a -1 indica que ellos están inversamente relacionados, mientras que un valor cercano a 0 (cero) indica que no hay ninguna relación entre las dos variables (Zar, 1996). La significancia de esta relación fue establecida estadísticamente (Sokal & Rohlf, 1981). El volumen de la descarga diaria del efluente, desde Enero a Diciembre de 2016, fue remitido a la Universidad Católica del Norte por el personal responsable de CAP Minería.

3.1.5.- Sedimentación.

3.1.5.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo.

La evaluación de la sedimentación de partículas sobre el fondo rocoso se realizó tanto al interior como en el exterior de Ensenada Chapaco (Figura 1). En Chapaco, las estaciones de muestreo se ubicaron en ambos costados de la Ensenada. Además, como áreas de vigilancia de posibles impactos, se ubicaron estaciones al norte de Chapaco, en el sector denominado Cabo Norte, siendo evaluada desde el año 2013 la estación denominada como Cabo Norte 2, y al sur de Chapaco, en el sector denominado Punta Lachos (conocido por los lugareños como “Piedra del lobo”). Las estaciones de monitoreo de este parámetro están indicadas en la Figura 1 con una letra “S”.

3.1.5.2.- Descripción del muestreo

La acumulación de sedimentos vía deposición de partículas en suspensión, se evaluó por observación directa de la cantidad de sedimentos depositados sobre la superficie de las rocas del fondo marino. Esto se realizó mediante buceo semi-autónomo (Hooka). El monitoreo consistió

en la revisión de 5 áreas diferentes al interior de cada una de las comunidades submareales encontradas. La sedimentación fue analizada tanto en la superficie superior de las rocas, como en sus costados laterales. La superficie superior de las rocas consideró planos horizontales de 0 - 45° de inclinación y los costados laterales, planos sobre 45° de inclinación.

Para caracterizar el grado de acumulación de sedimentos sobre las rocas se utilizó una escala de 4 niveles: (a) Sin sedimentos, (b) Sedimentos evidentes sólo al agitar el agua, (c) Sedimentos cubriendo la superficie, pero no las estructuras emergentes y (d) Cubierta total de toda la superficie rocosa. Se obtuvo un valor representativo para cada sector mediante la sumatoria de los rangos. Las eventuales diferencias en el grado de acumulación de sedimentos entre los diferentes sectores de estudio se analizaron mediante la prueba estadística Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1981).

3.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS.

Los indicadores biológicos de las condiciones ambientales de la Ensenada Chapaco y alrededores fueron establecidos en los términos técnicos del Programa de Vigilancia Ambiental. Estos corresponden a: (a) Estructura de las comunidades intermareales, (b) Patrón de zonación de comunidades submareales, (c) Reclutamiento y características del alga parda *Lessonia trabeculata* y (d) Estructura de las comunidades de macroinfauna de fondos blandos.

3.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales

3.2.1.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo.

Para evaluar la recuperación de las comunidades intermareales en el sector de la antigua descarga de efluentes en el intermareal, el trabajo se centró en tres lugares: (1) el sector en que se ubicaba el antiguo relaveducto intermareal, (2) un sector frente al actual emisario, incorporado desde el año 2012 y (3) un sector ubicado a 150 m al norte del anterior, en el cual, y de acuerdo a un estudio de Núñez (1993), se atenuaba el efecto del antiguo relaveducto. Este monitoreo se

realizó también en dos transectos en cada uno de los sectores de referencia: Cabo Norte y Punta Lachos. La ubicación de los lugares de muestreo aparece representada por una “I” en la Figura 2.

3.2.1.2.- Descripción del muestreo.

Para el monitoreo de las comunidades intermareales se establecieron tres parámetros de evaluación: (a) Patrón de zonación de la comunidad intermareal, (c) Abundancia del alga verde *Enteromorpha* sp. y (c) Organismos de niveles tróficos altos.

- **Patrón de zonación vertical del intermareal rocoso.**

Mediante muestreos de orden cualitativo se evaluó la permanencia o cambio de los patrones generales de las comunidades intermareales. El sesgo producto de la subjetividad del muestreador fue evitado mediante el uso de una “*tabla de chequeo*” que fue preparada para el sector de estudio (Anexo II). Esta información permite determinar si las comunidades monitoreadas experimentan cambios importantes.

- **Abundancia del alga verde *Enteromorpha* sp.**

La abundancia del alga fue estimada mediante el registro del porcentaje de cobertura, para lo cual se utilizó un cuadrante de 0,25 m² con una trama de 100 puntos de intersección. La medición se replicó tres veces en cada estación de muestreo. Las eventuales diferencias entre las distintas estaciones fueron analizadas mediante el análisis Kruskal-Wallis.

- **Organismos de niveles tróficos altos.**

La ocurrencia de organismos de niveles tróficos superiores se determinó por conteo directo de una franja vertical de 1 m de ancho que abarcó toda la zona intermareal. El muestreo se replicó en tres franjas en cada estación de muestreo. Entre los organismos de niveles tróficos altos se consideraron especies de predadores móviles, como es el caso de los asteroideos *Heliaster helianthus* y *Stichaster striatus*, y el molusco carnívoro *Concholepas concholepas*.

Con el objeto de determinar diferencias significativas, los resultados fueron evaluados mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA).

3.2.2.- Patrón de zonación de comunidades submareales

3.2.2.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo

La evaluación del patrón de zonación vertical de las comunidades submareales se realizó en 6 transectos diferentes, dos en el interior de Ensenada Chapaco (Costado Norte y Costado Sur de la ensenada), dos en un lugar vulnerable, ubicado al sur de Ensenada Chapaco (Punta Lachos y Punta Lachos 2, al norte de Punta Alcalde) y otro al norte de Huasco (Cabo Norte y Cabo Norte 2), considerado como un área control. La ubicación de cada área de estudio se indica en la Figura 2 por una letra “R”.

3.2.2.2.- Descripción del muestreo.

La evaluación del patrón de zonación de las comunidades submareales se realizó mediante un recorrido desde la orilla hasta el límite del sustrato rocoso, usando buceo semi-autónomo (Hookah). En este procedimiento se usó “*tablas de chequeo*” preparadas para cada uno de los sectores de estudio.

Las *tablas de chequeo* empleadas se definieron en el Programa de Vigilancia Ambiental y consideran el registro de rangos de abundancia y otras características (Por ejemplo: talla, edad) de la flora y fauna más importante (Anexo III).

3.2.3.- Reclutamiento y características del alga parda *Lessonia trabeculata*.

3.2.3.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo.

La evaluación del reclutamiento de individuos juveniles del alga *L. trabeculata* y sus características se realizó en 6 transectos diferentes, dos en el interior de Ensenada Chapaco

(Costado Norte y Costado Sur de la ensenada), dos en un lugar vulnerable, ubicado al sur de Ensenada Chapaco (Punta Lachos y Punta Lachos 2, al norte de Punta Alcalde) y otro al norte de Huasco (Cabo Norte y Cabo Norte 2), La ubicación de cada uno de estos sectores de estudio se señala en la Figura 2 con una letra “L”.

3.2.3.2.- Descripción del muestreo.

Para evaluar la presencia y características de esta alga parda, se realizó un recorrido en cada una de las áreas de estudio y en cada una de las comunidades submareales presentes, buscando plantas de asentamiento reciente, las que son reconocidas por su talla (menores de 30 cm de longitud total). Para el caso de los juveniles, sólo se registró su presencia/ausencia. En los sectores donde se ha desarrollado una comunidad dominada por esta alga se evaluó la cobertura y densidad del alga, y algunas características morfométricas de las plantas (diámetro del disco y longitud máxima de la planta).

Las eventuales diferencias en la presencia, abundancia y características de las plantas de *L. trabeculata* entre los diferentes sectores de estudio fue analizada mediante la prueba estadística Kruskal-Wallis y el test *a posteriori* Tukey (Sokal & Rohlf, 1981).

3.2.4.- Estructura de las comunidades submareales de fondos blandos

3.2.4.1.- Ubicación de las estaciones de muestreo

El monitoreo de las características biológicas de los fondos arenosos se concentró en los cuatro sectores indicados en la Figura 2. En el sector Chapaco se ubicó una única estación a una profundidad de 20 metros, en donde se muestrearon 3 puntos distantes 10-15 metros uno de otros. A su vez, en cada uno de ellos se tomaron tres muestras dando un total de 9 muestras por cada estación de muestreo. El mismo trabajo se realizó en dos estaciones en el sector denominado como Faro Huasco y en los sectores de referencia Cabo Norte y Punta Lachos. En la Figura 2, la ubicación de los sectores se indica con una letra “B”.

3.2.4.2.- Descripción del muestreo

En la descripción de las comunidades de fondos blandos, la toma de muestra se realizó mediante buceo autónomo, utilizando muestreadores manuales de aproximadamente $0,01 \text{ m}^2$, enterrándolos a una profundidad de 10 cm.

Fue utilizado un muestreador para cada una de las nueve muestras por sector, en donde las tres réplicas por punto de muestreo estuvieron distanciadas una de las otras entre 1 y 2 metros lineales. Cada muestra fue vaciada en una bolsa plástica doble y fijada con formalina al 5% diluida en agua de mar. Para su análisis, las muestras fueron transportadas al laboratorio del Grupo de Ecología y Manejo de Recursos de la Universidad Católica del Norte (UCN) en Coquimbo.

En el laboratorio, las muestras fueron colocadas en un recipiente plástico, donde el sedimento fue resuspendido en agua y pasado a través de un tamiz de 0,5 mm de abertura de malla. Lo retenido en el tamiz fue separado bajo lupa, determinando, para cada taxón encontrado, el número de individuos y la biomasa húmeda, esta última con una sensibilidad de 0,001 gramos (peso húmedo luego de 5 minutos de drenado). Así, para cada Sector, se obtuvo la riqueza de especies, la abundancia y la biomasa de la macroinfauna.

3.2.4.3.- Análisis estadísticos.

La abundancia como la biomasa de la macroinfauna fue estimada para un área de $0,1 \text{ m}^2$, sumando la macroinfauna de las 3 réplicas por punto de muestreo (obteniendo un área total aproximada de $0,03 \text{ m}^2$) y luego multiplicando por el factor 3,5. De este modo, para cada sector se tuvo 1 estación con 3 réplicas de $0,1 \text{ m}^2$.

Para la caracterización de las comunidades de fondos blandos se utilizó un análisis de clasificación jerárquica (índice de disimilitud de Bray - Curtis y técnica de agrupamiento UPGMA) con los taxa dominantes por cada estación, tanto en abundancia como biomasa. Este análisis fue acompañado del aporte porcentual dentro de cada sector de cada uno de los referidos taxa. De modo

similar, el patrón espacial de los agregados macroinfaúnicos fue evaluado mediante un análisis de clasificación jerárquica el que resumió las similitudes de los distintos sectores en estudio.

La variabilidad espacial observada en la riqueza, abundancia y biomasa de la macroinfauna fue estudiada mediante un análisis de varianza de dos factores: Sectores (los 4 sectores del área en estudio) y de los Grupos Taxonómicos encontrados. Como prueba *a posteriori*, se realizó el test de comparaciones múltiples de Tukey.

El grado de perturbación a que se encuentran sometidas las comunidades de fondos blandos del área de estudio fue examinado mediante las curvas de K-Dominancia (método ABC de Warwick, 1986). Estas sugieren que una comunidad está sometida a perturbación cuando la curva de abundancia se encuentra por sobre la curva de biomasa, mientras que una situación de no-perturbación estaría indicada por la relación inversa, esto es, dominio de la biomasa por sobre la abundancia. Esta relación fue resumida mediante el estadístico *W*, el cual toma valores en el rango de +1 (comunidad sin perturbación) y -1 (comunidad con perturbación) (Clarke, 1990).

Para visualizar las asociaciones entre los sectores de muestreo y los posibles cambios de un tipo de comunidad a otro (y que demuestran procesos de recuperación o retrocesos), se realizó un análisis de ordenación no-paramétrico "escalador multidimensional" (nMDS). Para este propósito fueron incluidos los datos de las trece campañas de monitoreo luego del cese de la descarga de colas de proceso en el intermareal (Inviernos de 1995 al 2009), además del muestreo realizado en Invierno de 1994 en plena operación del ex-relaveducto intermareal. Este análisis estuvo basado en una matriz de datos estación por estación utilizando el índice de disimilitud de Bray & Curtis. Dado que el "escalador multidimensional" opera con rangos de ordenamiento jerárquico, el análisis en sí no tiene unidad, entregando los agrupamientos de las estaciones en un plano (dos dimensiones) (Field et al., 1982).

4.- RESULTADOS DEL PVA, AÑO 2016.

4.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

4.1.1.- Condiciones del efluente en un día de monitoreo

Las condiciones medidas en el Drop Box A durante el año 2016 mostraron un caudal anual promedio mínimo de 205,3 m³/h y un máximo de 371,5 m³/h, con un promedio al año de 280,6 m³/h. El mayor caudal en el cajón de monitoreo se registró en el mes de Abril (máx: 502,1 m³/h) y el menor en Julio (mín: 95,3 m³/h). En cuanto al pH los valores promedio mínimo y máximo de todo año 2016 fueron 7,2 unidades y 8,0 unidades, respectivamente. El pH promedio anual fue 7,6 unidades. El mayor pH se registró en Abril (máx: 8,2 unidades) y el menor en Marzo (mín: 6,8 unidades). Finalmente, la Temperatura (°C) medida en el cajón de monitoreo tuvo un valor promedio mínimo equivalente 35,4 °C y un valor promedio máximo de 38,2 °C. La temperatura promedio anual fue 36,8 °C. El mes en que se registró la mayor temperatura al interior del Drop Box A fue Septiembre con un máximo de 39,9°C, en tanto que Junio se registró la temperatura más baja con un mínimo de 28,6°C (Tabla 1).

Por otra parte, los valores de Temperatura promedio medidos al momento de la descarga fueron 19,5°C como temperatura mínima, 26,2°C como temperatura máxima y 22,6°C como temperatura promedio anual. En el mes de Enero se registró la mayor temperatura (máx: 34,4°C) al momento de la descarga y en el mes de Julio fue registrada la temperatura más baja (mín: 15,9°C) (Tabla 1).

4.1.2.- Características del relave depositado al mar

En el Anexo IV, se entregan los Resultados Operacionales con relación a la descarga de sólidos en la Ensenada Chapaco para el año 2016. Este anexo contiene: (i) la descarga de efluentes al mar, expresada como toneladas de sólidos por mes; (ii) el tiempo de operación mensual de la Planta de Pellets, en horas; (iii) el caudal mensual de la descarga, en m³ y (iv) el caudal promedio mensual, en m³·día⁻¹. El caudal promedio mensual máximo, registrado en el

mes de Septiembre y que correspondió a los $6.382 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$, junto al caudal total anual de $1.994.601 \text{ m}^3$, cumplen con los niveles máximos autorizados (DGTM Y MM ORD. N° 12.600/41 del 10 de Enero de 2005 y ORD. N° 12.600/218 del 1 de Febrero de 2002).

El resultado de los análisis realizados a la fase líquida del relave de las colas de proceso de la planta de pellets en Huasco también se muestra en el Anexo IV. En éste se señala que todos los parámetros medidos presentaron valores que estuvieron por debajo del límite máximo indicado en la “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales” del D.S. N° 90 del 7 de Marzo de 2001, MINSEGPRES, Tabla N° 5.

4.1.3.- Correntometría.

La base topográfica de observación de los derivadores fue de 183,27 mts., ubicándose la estación A en las coordenadas 6.847.889,37 (N) y 278.962,51 (E) y la estación B en las coordenadas 6.847.877,76 (N) y 278.779,60 (E).

Desde la base topográfica se replantearon los tres puntos de lance de los derivadores, observando su posición en la Figura 3 y sus coordenadas U.T.M. en la Tabla 2. Para una mejor comprensión de lo realizado, se explicarán por separado los resultados obtenidos en cada día de observación. En el Anexo V se entregan las coordenadas UTM de las estaciones topográficas de control, puntos de lance y vectores resultantes.

4.1.3.1.- Mediciones del día 30 de Agosto de 2016.

Las mediciones desarrolladas durante este día entre las 09.10 hrs. y las 14.20 hrs. en los puntos de lance 1, 2 y 3, se efectuaron con vientos de dirección variable de los cuadrantes NE, NW y SW. A nivel particular se observa que el comportamiento del viento en intensidad fue variable oscilando entre los 2.0 y 4,0 m/s (Tabla 3 y Figura 4).

Los dibujos por plancheta de los vectores progresivos y resultantes son resumidos en las Figuras 5 a la 10, mientras que en la Tabla 4 se resume lo referente al rumbo y velocidad de cada

una de ellas.

Para los tres puntos de lance y a las distintas profundidades monitoreadas 0.5, 5.0 y 20 m. las resultantes muestran un giro en función de la marea (1.30 m. en período de vaciante para este día) en las tres profundidades, en donde aumentan o disminuyen sus velocidades en función del período de la marea.

En condiciones de vaciante a 0.5 m. de profundidad, la dirección de las resultantes (1,2 y3) giran entre los cuadrantes NW y SW, con velocidades que varían entre 2.15 y 10.23 cm/s; para 5.0 m. se observa un giro hacia el cuadrante NW, con un rango de velocidades entre 0.80 y 3.40 cm/s; en 20 m. se observa que las resultantes giran desde el cuadrante NW al SW, con un rango de velocidades comprendido entre 0.90 y 2.86 cm/s.

4.1.3.2.- Mediciones del día 31 de Agosto de 2016.

Las mediciones desarrolladas en este día en los puntos de lance 1, 2 y 3, entre las 09.40 hrs. y 13.40 hrs., se desarrollaron en con vientos de dirección NE, NW y SW; las velocidades del viento oscilaron entre 1.0 y 3,0 m/s. (Tabla 5 y Figura 11).

Los dibujos por plancheta de los vectores progresivos y resultantes se observan en las Figuras 12 a la 17, mientras que la Tabla 6 resume lo referente al rumbo y velocidad en $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ de cada uno de ellos.

Al igual que el día anterior, las resultantes en los tres puntos de lance muestran un giro en función de la marea (1.20 m. en período de vaciante) para las tres profundidades. Se observa para 0.5 m. de profundidad en condiciones de vaciante que la dirección de las resultantes 1, 2 y 3 experimenta un giro desde el cuadrante NW al SW, con velocidades que varían entre 1.65 y 11.08 cm/s. A los 5.0 m. de profundidad, la dirección de las resultantes está dirigida al cuadrante NW y NE, con un rango de velocidad comprendido entre 0.80 y 3.48 cm/s, en 20.0 m. se observa un giro desde los cuadrantes NW y SW, con un rango de velocidades comprendido entre 0.91 y 3.80 cm/s.

4.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales

El registro diario de condiciones meteorológicas y de la turbidez de las aguas superficiales, que fue llevado por personal de CAP Minería en Huasco, se entrega en el Anexo VI “Turbidez de las aguas superficiales”.

- **Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas predominantes registradas en el período de observación (Enero a Diciembre de 2016) alternan principalmente entre días con cielos despejados a nublados, situación general que se asemeja a lo observado en el año anterior, aunque en el presente año se registró un mayor número de días con cielo despejado. También se observó un importante número de días con niebla en machones y niebla con cielo perceptible, siendo mayor el número de días con niebla con cielo perceptible. El máximo estado registrado durante este año, fue llovizna intermitente (Tabla 7). En cuanto a las condiciones del viento, predominaron los días con brisa liviana” ($1,6 - 5,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), seguidos por días con "ventolinas" ($0,3 - 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), manteniéndose la condición observada el año 2015. La mayores intensidades de viento durante este último monitoreo fluctuaron entre $8,0$ a $10,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Tabla 8). El origen de los vientos fue principalmente Suoreste, aunque los vientos provenientes del Cuadrante Noroeste y en menor magnitud Sur y Noreste, tuvieron un amplio registro. Esta condición, difiere de lo observado el año 2015, donde predominaron los vientos del cuadrante Sureste, pero cabe mencionar que esto puede deberse a un error en el registro de los datos, ya que en terreno se comprobó que el operario a cargo de la observación anotaba la dirección en la que iba el viento y no la dirección de procedencia (Tabla 9).

En el año 2016, el estado del mar fue predominantemente mar rizada, aunque también se registró un importante número de días con aguas más tranquilas (mar llana) y aguas más agitadas (marejadillas y marejadas). Respecto al año anterior, se observa una evidente diferencia, con una disminución de días con mar llana y calma. El máximo estado de agitación del mar durante el año 2016 fue mar arbolada (Tabla 10).

- ***Coloración de las aguas superficiales***

El 100% de los días del período muestreado durante el año 2016 las aguas superficiales en la Ensenada Chapaco presentaron claras. La ausencia de aguas turbias fue característica para todo el período Enero – Diciembre 2016, situación que se ha reiterado desde el año 2015, donde tampoco fue detectada la presencia de aguas turbias (Tabla 11).

- ***Relación entre la descarga y condiciones ambientales***

Durante el año 2016 las descargas diarias del efluente a la Ensenada Chapaco promediaron las 3.700 tons, presentando marcadas fluctuaciones. La intensidad del viento promedio fue 2,3 m/s, con evidentes oscilaciones diarias y mensuales. No se registro la presencia de turbidez en todo el período Enero-Diciembre 2016 (Figura 18)

4.1.5.- Sedimentación del material de descarga sobre sustrato rocoso.

La presencia de sedimento sobre la superficie rocosa al interior de Ensenada Chapaco y sectores aledaños se presenta en la Tabla 12. En el sector de referencia y Punta Lachos, no se detectó evidencia de la presencia de sedimentos sobre las rocas. Al interior de la Ensenada y en el sector de referencia Cabo Norte se observó la presencia de sedimento. En Ensenada Chapaco el sedimento fue detectado a los 9 m de profundidad en el Costado Sur en la superficie de las rocas, pero no en las estructuras emergentes y a los 6 m de profundidad en la parte superior de las rocas, en el Costado Norte a los 9 m de profundidad en el costado y en la parte superior de las rocas, siendo solo notorio al agitar el agua. En el sector Cabo Norte, se registró la presencia de sedimento a los 9 m de profundidad en la parte superior de las rocas, solo al agitar el agua.

4.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS

4.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales

4.2.1.1.- Patrón de zonación.

- **Sector Cabo Norte.**

La comunidad intermareal posee un patrón de zonación bien definido, presentando las franjas y zonas típicas (Tabla 13). **Franja supralitoral:** se encuentra caracterizada por la ocurrencia de amplios espacios de roca desnuda y una escasa presencia de los caracoles *Nodilittorina* spp. (principalmente *N. peruviana*.) **Zona mediolitoral:** en el nivel superior de esta zona se observa del alga roja *Gelidium* sp., del alga verde *Ulva* sp. y del alga crustosa *Mesophyllum* sp., la fauna sésil esta compuesta cirripedios. En los niveles más bajos destacó la presencia del alga *Polysiphonia* sp. La fauna móvil estuvo compuesta por especies del género *Scurria*, por *Fissurella* spp. y por el depredador *Heliaster helianthus*. **Franja infralitoral:** esta franja estuvo caracterizada por la presencia dominante del alga crustosa *Mesophyllum* sp., seguida por el alga parda *Lessonia* sp. Se detectó una escasa presencia de *Corallina officinalis* y *Codium dimorfum*. Entre la fauna se observó la ocurrencia del chitón *Enoplochiton niger* y de la anémona *Phymacthis clematis*.

- **Sector Cabo Norte 2.**

Se observó el patrón de zonación típicamente descrito para el intermareal rocoso (Tabla 13). **Franja supralitoral:** en esta franja se observó un gran espacio libre, con una escasa presencia de caracoles género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** en la parte superior de esta zona se observó la mayormente la presencia de *Ulva* spp. y *Porphyra columbina* y en menor magnitud de *Gelium* sp. *Porphyra columbina* y de Cirripedios. En el nivel mas bajo se observó el alga *Polysiphonia* sp. y una escasa presencia de *Perumytilus purpuratus*. Entre las especies móviles destacan *Scurria variabilis* y el depredador *Heliaster helianthus*. En menor magnitud se encontró la presencia de *Scurria viridula*, *Collisella zebrina* y *Fissurella* spp. **Franja infralitoral:** en esta franja se apareció una abundante presencia de *Mesophyllum* sp., y del alga parda *Lessonia* sp. En menor

magnitud se detectó el alga *Corallina officinalis* y *Codium dimorfum*. Entre la fauna móvil destaca la presencia del chitón *Enoplochiton niger*, también estuvieron presentes *Tegula atra*, *Fissurella* spp. y *Tetrapyrgus niger*. La fauna sésil estuvo compuesta por *Phymactis clematis*.

- **Sector ubicado frente al actual relaveducto.**

El sector presentó el patrón de zonación típico del intermareal (Tabla 13). **Franja supralitoral:** en esta franja se observó un gran espacio libre, dominado por caracoles del género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** estuvo caracterizada principalmente por la presencia de *Gelidium chilense* y *Porphyra columbina*. En menor magnitud se detectó la presencia de *Ulva* sp. y de *Hildenbranchia lecanellier*. La fauna sésil estuvo compuesta por cirripedios y en un nivel mas bajo por *Perumytilus purpuratus*. En cuanto a la fauna se observó una abundante presencia de *Heliaster helianthus* y de *Scurria variabilis*. **Franja infralitoral:** la presencia de algas fue variada, siendo *Mesophyllum* sp. y *Lessonia* sp. las de mayor cobertura, seguida de *Codium dimorfum* y *Corallina officinalis*. La fauna móvil estuvo caracterizada por una escasa presencia del caracol *Tegula atra* y del chitón *Acanthopleura echinata* y una abundante presencia de *Enoplochiton niger*. La fauna sésil estuvo compuesta por *Phymactis clematis*.

- **Sector ubicado a 150 m al Norte del Ex-relaveducto.**

El sector presentó el patrón de zonación típico del intermareal (Tabla 13), no obstante a que el sector corresponde a una costa bastante desmembrada. **Franja supralitoral:** en esta franja se observó un gran espacio libre. La especie abundante en esta franja pequeños caracoles del genero *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** las algas más abundantes en las partes más altas de esta zona fueron *Gelidium chilense* y *Porphyra columbina*, y en menor magnitud *Ulva* sp., mientras que en los niveles solo destacó la presencia del alga calcárea *Corallina officinalis*. La fauna sésil estuvo compuesta por una escasa presencia de cirripedios y de *Perumytilus purpuratus*. Entre la fauna móvil se detectó una escasa presencia de los moluscos *Collisella zebrima*, *Scurria variabilis* y *Fissurella* spp. y una presencia abundante del depredador *Heliaster helianthus*. **Franja infralitoral:** en esta franja la especie de mayor presencia fue *Mesophyllum* sp., seguida por *Codium dimorfum* y *Lessonia* sp. También estuvo presente *Corallina officinalis*, aunque en

menor magnitud. Entre la fauna sésil se observó la presencia de *Phymacthis clematis* y entre las especies móviles se observó una abundante presencia de *Enoplochiton niger*.

- **Sector ubicado Frente al Ex-relaveducto (Costado Norte).**

La comunidad intermareal de este lugar también mostró una zonación vertical típica, no obstante a la heterogeneidad que también presenta la costa del sector (Tabla 13). **Franja supralitoral:** en esta zona se observa un amplio espacio libre. Se detectó una importante presencia de moluscos Nodolittorinidos. **Zona mediolitoral:** en los niveles más altos se observó una importante cobertura del alga roja *Porphyra columbina* y en menor medida de *Gelidium* sp. y *Ulva* sp. En los niveles más bajos se detectó el alga calcárea *Corallina officinalis* y de *Hildenbrandia lecanellier*. Entre la fauna sésil se observó la ocurrencia de cirripedios y *Perumytilus purpuratus*. La fauna móvil, se caracterizó por la abundante presencia de la especie *Scurria variabilis* y *Heliaster helianthus*, y una escasa presencia de *Collisella zebrina*. **Franja infralitoral:** en esta franja se observó la cobertura dominante del alga *Lessonia* sp. y por una escasa presencia *Corallina officinalis*, *Mesophyllum* sp. y *Codium dimorfum*. La fauna sésil estuvo compuesta por *Phymactis clematis*. Entre la fauna móvil destacó *Enoplochiton niger*. Otras especies detectadas fueron: *Tegula atra* y *Acanthopleura echinata*.

- **Sector ubicado Costado Sur de la descarga.**

Se observó la zonación intermareal típica (Tabla 13). **Franja supralitoral:** en esta zona se observa un gran espacio libre. Donde abundan caracoles del género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** la presencia algal estuvo dominada por las especies *Porphyra columbina* y *Gelidium chilense*. Con una menor cobertura estuvo presente la especie *Ulva* sp. En los estratos más bajos se observó la presencia de *Corallina officinalis*, *Polysiphonia* sp., *Endarachne binghamiae*, *Colpomenia sinuosa* y *Hildenbrandia lecanellier*. La presencia de *Perumytilus purpuratus* y de cirripedios fue escasa. Dentro de la fauna móvil la especie de mayor abundancia fue *Heliaster helianthus*. Las especies del *Scurria variabilis*, *Collisella zebrina* y *Fissurella* spp., tuvieron una escasa presencia. **Franja infralitoral:** en esta franja se observó una abundante cobertura de las algas *Lessonia* sp. *Corallina officinalis* y *Mesophyllum* sp. El alga *Codium*

dimorfum presentó una escasa presencia. La fauna sésil estuvo compuesta por una abundante presencia de *Phymactis clematis*. Entre la fauna móvil destacó la presencia de *Enoplochiton niger* y también estuvieron presentes *Tegula atra* y *Tetrapyrgus niger*.

- **Sector ubicado Costado Sur de la Ensenada Chapaco.**

Se observó la zonación intermareal típica (Tabla 13). **Franja supralitoral:** en esta zona se observa un gran espacio libre. Donde destaca la presencia de caracoles del género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** en el tramo superior se observa mayormente la cobertura de *Gelidium chilense* y *Porphyra columbina*, y en menor medida de *Ulva* sp. En el tramo inferior se observó la presencia de *Corallina officinalis*. Entre la fauna sésil destaca una abundante presencia de *Perumytilus purpuratus* y una escasa presencia de cirrepedios. Dentro de la fauna móvil la especie de mayor abundancia fue *Heliaster helianthus*. Las especies del *Scurria variabilis*, *Collisella zebrina* y *Fissurella* spp., tuvieron una escasa presencia. **Franja infralitoral:** en esta franja se observó una abundante cobertura de las algas *Lessonia* sp. y *Mesophyllum* sp., seguida en magnitud por el alga *Codium dimorfum*, en tanto, *Corallina officinalis* exhibió una escasa presencia. La fauna sésil estuvo compuesta por una escasa presencia de *Phymactis clematis*. Entre la fauna móvil solo se detectó la presencia de chitones, siendo *Enoplochiton niger* abundante y *Acanthopleura echinata* escaso.

- **Sector Punta Lachos.**

Este sector presenta una comunidad intermareal con un patrón claro de franjas y zonas típicas de estos ambientes (Tabla 13). **Franja supralitoral:** está caracterizada por la ocurrencia de grandes espacios de roca desnuda, solo destacó la presencia de caracoles del género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** en esta zona destaca la presencia de *Porphyra columbina*, y en menor proporción de *Gelidium* sp. La presencia *Ulva* sp. es escasa. En el estrato inferior solo se observó una escasa presencia de *Polysiphonia* sp. Dentro de la fauna móvil la especie de mayor abundancia fue *Heliaster helianthus*. Las especies del *Scurria variabilis*, *Collisella zebrina* y *Fissurella* spp., tuvieron una escasa presencia. **Franja infralitoral:** esta franja estuvo caracterizada por la dominancia del alga *Lessonia nigrescens*. Asociada al cinturón del alga parda

se observó la presencia del alga *Mesophyllum* sp. El alga *Codium dimorfum* también fue detectada con una amplia cobertura, en tanto, *Corallina officinalis* mostró una presencia escasa. La fauna sésil estuvo compuesta por la anémona *Phymanthea pluvia* y la fauna móvil por los chitones *Enoplochiton niger* y *Acanthopleura echinata* y por el loco *Concholepas concholepas*, todos con una escasa presencia.

- **Sector Punta Lachos 2.**

La comunidad de este sector presenta el patrón típico del intermareal rocoso (Tabla 13). **Franja supralitoral:** se apreciaron amplios espacios libres. Las especies son los caracoles del género *Nodilittorina*. **Zona mediolitoral:** en el nivel alto destaca la presencia de *Porphyra columbina*, seguida de *Gelidium chilense* y en menor medida de *Ulva* sp. En el nivel más bajo se observó una mayor cobertura de *Hildenbrachia lecanellier* y escasa presencia del alga *Mesophyllum* sp. y de las especies de fauna sésil *Perumytilus purpuratus* y cirripedios. La fauna móvil estuvo caracterizada por la abundante presencia *Heliaster helianthus*. Las especies del *Scurria variabilis*, *Collisella zebrina* y *Fissurella* spp., tuvieron una escasa presencia.. **Franja infralitoral:** en esta franja se apreció una dominancia de *Lessonia* sp. junto con *Mesophyllum* sp. y *Codium dimorfum*. Se observó una escasa cobertura de *Corallina officinalis*. La fauna sésil estuvo caracterizada por la escasa presencia de *Phymanthea pluvia*. Entre la fauna móvil se detectó la escasa presencia de los chitones *Enoplochiton niger* y *Acanthopleura echinata*.

4.2.1.2.- Abundancia del alga verde *Ulva* spp. (ex *Enteromorpha* sp.)

En el presente monitoreo se detectó la presencia de el alga verde *Ulva* spp. (ex *Enteromorpha* sp.) al interior de Ensenada Chapaco en la franja de monitoreo ubicada al costado norte, frente al ex emisario y en el sector de referencia localizado al sur de la Ensenada en la franja denominada Punta Lachos 1. En ambas franjas la cobertura del alga no superó el 5%. En el resto de las franjas de monitoreo la cobertura del alga fue 0% (Tabla 14).

4.2.1.3.- Organismos de niveles tróficos altos.

Fueron encontradas cuatro especies de invertebrados intermareales considerados especies de niveles tróficos altos, el asteroídeo *Heliaster helianthus*, las anémonas *Phymactis clematis*, *Phymanthea pluvia* y *Anthothoe chilensis* (Tabla 15). La abundancia de depredadores no presentó diferencias significativas entre los sectores monitoreados ($F= 0,069$; $P= 0,999$), pero sí se aprecian diferencias significativas en la abundancia de las especies detectadas ($F= 21,862$; $P=6,861 \times 10^{-8}$), estando las diferencias determinadas por la menor abundancia de *Anthothoe chilensis* (*Test de Tuckey a posteriori*)

4.2.2.- Patrón de zonación de las comunidades submareales

4.2.2.1.- Costado Norte de la Ensenada Chapaco

En este sector el patrón de zonación vertical está conformado por dos comunidades principales (Tabla 16): **Comunidad de Fondos Blanqueados**, que se extiende desde la orilla hasta los 5 m de profundidad y una **Comunidad de Incrustantes** (ex-**Comunidad de Cirripedios**) que se extiende hasta los 9 ó 10 m, donde termina el substrato rocoso y comienza un fondo sedimentario.

La **Comunidad de Fondos Blanqueados** se caracterizó por el dominio de una extensa cobertura de algas crustosas calcáreas y pequeños parches de algas foliosas. No se observó la presencia de algas laminariales, ni de juveniles de *Lessonia*. Entre la fauna móvil, se registró la presencia del erizo negro *Tetrapygus niger*, con una abundancia de $<10 \text{ ind.} \cdot \text{m}^2$ y una distribución de tallas Normal, y de la anémona *Phymanthea pluvia*. La visibilidad en el momento de realizar las observaciones fue de 4 m.

La **Comunidad de Incrustantes** estuvo caracterizada por una gran cobertura de algas crustosas calcáreas, no observando la presencia de algas Laminariales, pero si de foliosas. Respecto a la fauna móvil destacó el poliqueto *Phragmatopoma* sp. y el caracol *Concholepas concholepas* que estuvo presente en baja densidad. Aquí, la visibilidad fue de 3 m.

4.2.2.2.- Costado Sur de la Ensenada Chapaco

El patrón de zonación vertical de las comunidades submareales del costado sur de la ensenada, comprende dos comunidades principales (Tabla 17): **Comunidad de Fondos Blanqueados**, que se extiende desde la orilla hasta los 3 m de profundidad, y **Comunidad de Incrustantes**, con presencia de invertebrados sésiles y que se extiende hasta los 10 m. Esta última incluye la franja donde anteriormente estuvo presente la **Comunidad de *Lessonia trabeculata***, la que se asentó después del cese de operaciones del relaveducto intermareal pero que posteriormente desapareció.

La **Comunidad de Fondos Blanqueados** aparece caracterizada por el dominio de las algas crustosas calcáreas, por el erizo negro *Tetrapyrgus niger* con 10 a 20 ind/m², con una distribución de tallas normal, por el sol de mar *Heliaster helianthus* y por la actinia *Phymantea pluvia*. La visibilidad fue de 2 m.

La **Comunidad de Incrustantes** estuvo dominada por las algas. También se observó la presencia de algas foliosas. Se detectó una importante presencia de *Heliaster helianthus*. La visibilidad en este sector fue de 2 m.

4.2.2.3.- Sector Cabo Norte (al norte de la Ensenada Chapaco)

En este sector sólo se registra la existencia de una única comunidad, la **Comunidad de Fondos Blanqueados**. En el sustrato rocoso se observó la escasa presencia de algas crustosas y en menor medida de algas foliosas (Tabla 18). Sobre esta cubierta se observan agregaciones del gusano tubícola *Phragmatopoma* sp., y de las actinias *Phymantea pluvia* y *Anthothoe chilensis*. Entre la fauna móvil la presencia de los asteroideos *Stichaster striatus* y *Heliaster helianthus* y de los caracoles *Concholepas concholepas* y *Tegula atra*. En el paisaje destacó la presencia del erizo negro *Tetrapyrgus niger*, con tallas normales y una densidad <10 ind. * m². La visibilidad del sector fue de 7 m.

4.2.2.4.- Sector Cabo Norte 2 (al norte de la Ensenada Chapaco)

El patrón de zonación vertical de las comunidades submareales del costado sur de la ensenada, comprende dos comunidades principales (Tabla 19): **Comunidad de Macroalgas**, que se extiende desde 3 m a los 6 m de profundidad, y **Comunidad de *Lessonia***, con presencia de invertebrados sésiles y que se extiende hasta los 10 m.

La **Comunidad de Macroalgas** se caracteriza por la presencia de algas foliosas y calcáreas. La fauna se encuentra representada por *Phymanthea pluvia*, *Heliaster helianthus*, *Tetrapygyus niger*, *Fissurella* spp. y *Tegula atra*. La fauna móvil es abundante. La visibilidad del sector fue de 7 m.

La **Comunidad de *Lessonia*** esta conformada mayoritariamente por algas crustosas calcáreas y algunas algas foliosas. En esta franja abundan la fauna móvil e individuos de *Concholepas concholepas* y de *Pyura chilensis*. También se observó una escasa presencia de briozoos y cirripedios. Aquí la visibilidad fue de 5 m.

4.2.2.5.- Sector Punta Lachos (al sur de la Ensenada Chapaco)

El patrón de zonación de las comunidades submareales de este sector está conformado por tres agregados principales (Tabla 20): **Comunidad de Fondos Blanqueados**, entre los 0 y 3 m de profundidad, **Comunidad de Macroalgas**, que se extiende entre los 3 a 6 m y la **Comunidad de *Lessonia trabeculata***, que se extiende hasta los 9 m de profundidad.

La **Comunidad de Fondos blanqueados** estuvo dominada por algas crustosas, como también por juveniles de *Lessonia trabeculata*, y en menor medida por algas foliosas y laminariales. El erizo negro *Tetrapygyus niger* se observó en abundancia normal al igual que *Phymanthea pluvia*. También estuvieron presentes las especies *Tegula atra*, *Heliaster helianthus* y *Fissurella* spp. La visibilidad fue de 5 m.

La **Comunidad de Macroalgas** estuvo caracterizada por el alga *Halopteris* sp., algas

crustosas, parches de juveniles de *Lessonia trabeculata*, y en menor medida de algas foliosas. Adherida al sustrato se observó a la actinia *Phymanthea pluvia*. La fauna móvil estuvo presente en altas abundancias. Se detectó la presencia de *Fissurella* spp. . La visibilidad fue de 4 m.

La **Comunidad de *Lessonia trabeculata*** corresponde a la pradera conformada por plantas adultas. Bajo el dosel de esta alga, el sustrato rocoso estuvo dominado por algas crustosas calcáreas y pequeños parches de algas foliosas. Se observó la presencia de parches de *Phragmatopoma* sp. y de una abundante fauna móvil. La visibilidad también alcanzó los 7 m.

4.2.2.6.- Sector Punta Lachos 2 (al sur de la Ensenada Chapaco)

El patrón de zonación de las comunidades submareales de este sector está conformado por tres agregados principales (Tabla 21): **Comunidad de Fondos Blanqueados**, entre los 0 y 3 m de profundidad, **Comunidad de Macroalgas**, que se extiende entre los 3 a 6 m y la **Comunidad de *Lessonia trabeculata***, que se extiende hasta los 9 m de profundidad.

En la **Comunidad de Fondos blanqueados** se observó una gran presencia de algas crustosas y en menor medida por algas foliosas y laminariales. Entre las especies sésiles destaca *Phymanthea pluvia*. Se observó una abundante presencia de fauna móvil, estando presentes las especies *Tegula attra*, *Heliaster helianthus* y *Fissurella* spp. La visibilidad fue de 4 m.

La **Comunidad de Macroalgas** estuvo caracterizada por algas crustosas calcáreas y en menor medida de algas foliosas. Adherida al sustrato se observó a la actinia *Phymanthea pluvia*. La fauna móvil fue abundante. Se detectó la presencia de *Heliaster helianthus* y *Fissurella* spp. . La visibilidad fue de 4 m.

La **Comunidad de *Lessonia trabeculata*** estuvo dominada por algas crustosas calcáreas y pequeños parches de algas foliosas. Se observó la presencia de parches de *Phragmatopoma* sp. de briozoos y de *Branchiodonthea granulata*, junto con una abundante fauna móvil. La visibilidad alcanzó los 8 m.

4.2.3.- Reclutamiento y características del alga *Lessonia trabeculata*.

4.2.3.1.- Descripción

La evaluación de la presencia y del reclutamiento de *Lessonia trabeculata* mostró la ocurrencia de esta alga sólo en el sector Punta Lachos (Tabla 22).

4.2.3.2.- Análisis de la variación espacial

- ***Cobertura***

En el sector Punta Lachos, el aspecto del bosque de *Lessonia trabeculata* fue normal. Se registraron coberturas cercanas al 11,33% y 29,58%, a los 6 y 9 m de profundidad, respectivamente.

- ***Densidad***

Las densidades registradas en ambas profundidades en el sector Punta Lachos variaron respecto a lo observado en el monitoreo anterior, siendo registrados 4,53 individuos $\cdot m^{-2}$ a los 6 m de profundidad, y 4,23 individuos $\cdot m^{-2}$ a los 9 m.

- ***Longitud máxima***

El tamaño de las plantas de *Lessonia trabeculata* mostró variación respecto al último monitoreo, pero solo en las plantas a los 6 m de profundidad, donde se observa un aumento de la longitud de las frondas, alcanzando estas un tamaño promedio de 102,03cm. En tanto, en las algas de los 9 m se registró un tamaño similar al año anterior, equivalente a 147,99 cm.

- ***Diámetro del disco***

El diámetro promedio del disco de *Lessonia trabeculata* medido en los ejemplares

muestreados a los 6 m de profundidad fue 28,33 cm, en tanto a una profundidad de 9 m de 27,04 cm. El conjunto de los cambios observados, asociados al aumento de la variabilidad de las medidas, reflejan la presencia de plantas más robustas y una menor presencia de plantas juveniles.

4.2.4.- Estructura de las comunidades submareales de fondos blandos

Los resultados son presentados de acuerdo a la variabilidad espacial y temporal de las comunidades de la macrofauna de fondos blandos presente en cada uno de los sectores dentro del área de estudio.

4.2.4.1.- Descripción de las comunidades de fondos blandos.

- **Sector Chapaco.**

Esta comunidad estuvo caracterizada por la presencia del crustáceo cúmaceo *Diastylis tongoyensis*, de nematodos de la familia Adenophorea y del crustáceo anfípodo *Ampelisca* sp.. Entre los poliquetos destaca la presencia de *Spiophanes bombyx*. En este sector solo se detectó un molusco, el caracól *Oliva peruviana* (Tabla 23). En este sector, fueron detectadas 8 de las 18 especies dominantes en abundancia, siendo dominantes los nematodos Adenophorea (Figura 19). En términos de biomasa solo destaca la presencia *Oliva peruviana* (Tabla 24). A nivel de taxa superiores, la riqueza específica se compone de los taxa Nematoda, Polychaeta, Mollusca y Crustacea con 1, 8, 1 y 5 especies, respectivamente.

- **Sector Faro Huasco.**

En la comunidad submareal frente al puerto de Huasco, estuvieron presentes 14 de las 18 especies dominantes, destacando por su abundancia el caracol *Turritella cingulata*, y en menor magnitud los poliquetos de la familia Oeonidae. Entre los crustaceos la mayor dominancia corresponde a los anfípodos de la familia Lysiannasidae y la especie *Microphoxus cornutus* (Figura 19 y Tabla 23). En términos exclusivamente de biomasa, destaca el phylum Mollusca,

principalmente por la presencia del caracol *Turritella cingulata*. (Tabla 24). Los grupos taxonómicos presentes en este sector son Polychaeta con 12 taxa, Oligochaeta con 1 taxa, Mollusca con 8 taxa y Crustacea con 12 taxa.

- **Sector Faro Huasco 2.**

En esta comunidad se detectaron 8 de las 18 especies dominantes. Las mayores abundancias correspondieron a los poliquetos de la familia Capitellidae, de la especie *Branchiicapitella* sp. y los crustáceos anfípodos *Microphoxus cornutus* (Figura 19 y Tabla 23). Otros taxa con abundancias importantes fueron los poliquetos de la familia Oenoidae y los crustáceos anfípodos de las especies *Eudevenopus gracilipes*, *Heterophoxus oculatus* y de la familia Lyssiannassidae (Tabla 23). En términos de biomasa, el mayor aporte proviene del grupo Polychaeta principalmente por la presencia de *Nephtys* sp. (Tabla 24). Los grupos taxonómicos detectados en este sector fueron Polychaeta, y Crustacea con 11 y 10 especies, respectivamente.

- **Sector Punta Lachos.**

En este sector se encontraron 13 de los 18 taxa dominantes del total de la macrofauna. Los taxa mas abundantes fueron el molusco gasterópodo *Eatonina* sp., los nematodos de la familia Adenophorea y los poliquetos *Branchiicapitella* sp.. También destacan por su abundancia, aunque en menor magnitud, los oligoquetos de la familia Tubificidae y los crustáceos ostrácodos de la familia Cypridinidae (Figura 19 y Tabla 23). El mayor aporte en biomasa provino del grupo Mollusca, debido a la presencia del caracol *Turritella cingulata* (Tabla 24). La riqueza específica estuvo compuesta por 6 grupos taxonómicos: Nematoda, Oligochaeta, Cephalochordata con 1 taxa cada uno, Polychaeta con 11 taxa, Mollusca con 7 taxa y Crustacea con 9 taxa.

- **Sector Punta Lachos 2.**

En este sector estuvieron presentes 16 de los 18 taxa dominantes, siendo los mas abundantes los crustáceos anfípodos *Elasmopus* sp. y el poliqueto *Chaetozona setosa*, seguidos, en menor magnitud, por el caracol *Nassarius gayi*, el anfípodo *Ampelisca* sp. y por poliquetos de la familia Capitellidae

(Figura 19 y Tabla 23). En biomasa el mayor aporte lo realizó el grupo Mollusca por la presencia de los caracoles *Nassarius gayi* y *Turritella cingulata*. Los poliquetos Apistobranchiae registraron una biomasa similar a la de *N. gayi* (Tabla 24). Los taxa superiores presentes fueron Crustacea con 13 taxa, Polychaeta con 22 taxa, Mollusca con 5 taxa y Oligochaeta con 1 taxa.

- **Sector Cabo Norte.**

En este sector se detectaron 8 de las 18 especies dominantes, siendo el poliqueto *Spiophanes bombyx* y el crustáceo *Macrochiridothea* sp. los mas dominantes (Figura 19). Otra especie que destacó por su abundancia fue el crustáceo *Eudevenopus gracilipes* (Tabla 23). En cuanto a la biomasa, destaca el grupo Mollusca por la presencia *Oliva peruviana* (Tabla 24). Respecto a la riqueza específica, en el sector se encontraron 12 taxa de crustáceos, 9 de poliquetos y 2 de moluscos.

- **Sector Cabo Norte 2.**

En esta comunidad estuvieron presentes 8 de las 18 especies dominantes. Las especies dominantes fueron *Spiophanes bombyx* y *Macrochiridothea* sp. (Figura 19). Otra especie abundante fue el anfípodo *Metarpinia longirostris* (Tabla 23). En cuanto a la biomasa, también destaca *Spiophanes bombyx* y en menor medida de la familia Paraonidae (Tabla 24). Los taxa encontrados en esta comunidad fueron Crustacea con 11 representantes y Polychaeta con 7.

4.2.4.2.- Variación Espacial de las comunidades de fondos blandos.

En relación a la estructura comunitaria, el análisis de clasificación jerárquica mostró un nivel de similitud cercano a 38% para los diferentes sectores del área de estudio. El arreglo consistió en una primera asociación conformada por la estación de Ensenada Chapaco que se asemeja a ambas estaciones del sector de referencia Cabo Norte (1 y 2) en casi un 40%, a su vez las estaciones de Cabo Norte son similares en aproximadamente 58%. En la segunda asociación conformada por las estaciones Faro Huasco 1 y 2 y por las dos estaciones del sector Punta Lachos (1 y 2) se aprecia una similitud superior 50% entre las cuatro estaciones, donde la estaciones de Punta Lachos son

similares entre sí en un 57% y las de Huasco en un 56% (Figura 20). La conformación de estas asociaciones obedece en gran parte a las diferencias en la abundancia y riqueza específica registradas en cada sector, siendo mayores en los sectores que conforman la asociación Punta Lachos – Faro Huasco (Tabla 23).

El grupo taxonómico Polychaeta presentó las mayores abundancias en el sector Punta Lachos 2 (PL-2) y luego, en menor magnitud en el sector Faro Huasco 1 (H-1). La menor abundancia para este grupo taxonómico se observó en el sector Chapaco (Ch). De igual manera, Crustacea, registró una mayor abundancia en el sector Punta Lachos 2 (PL-2), seguido por los sectores Cabo Norte 2 (CN-2) y Faro Huasco 1 (H-1). En el sector Chapaco se registraron las menores abundancias de este grupo. El grupo Mollusca registró una mayor abundancia en el sector Faro Huasco 1 (H-1), seguido en menor magnitud por los sectores Punta Lachos 2 y 1 (PL-2 y -1). En los demás sectores la abundancia de moluscos fue escasa, estado ausentes en los sectores Cabo Norte 2 (CN-2) y Faro Huasco 2 (H-2). El patrón general del total de la Macroinfauna sigue la tendencia exhibida por Polychaeta, con una mayor abundancia en el sector Punta Lachos 2 (PL-2) y luego el sector Faro Huasco 1 (H-1), en los cual se encontraron ampliamente representados todos los grupos taxonómicos. En Chapaco (Ch) la abundancia del total de la Macroinfauna es notoriamente inferior (Figura 21). En términos de biomasa, Polychaeta exhibió una mayor magnitud en la estación H-1, seguido en una magnitud muy inferior por PL-1 y Ch, los sectores con menor biomasa de poliquetos fueron PL-1 y CN-2. La mayor biomasa del grupo Crustacea se en la estación PL-2 y la menor en Ch. El grupo Mollusca alcanzó su mayor biomasa en la estación H-1 y la menor en los sectores H-2 y CN-2, donde no se registro la presencia de moluscos. Para el total de la macroinfauna se observa el mismo patrón observado en el grupo Mollusca (Figura 22). Respecto a la riqueza de especies, Polychaeta presentó un mayor número de especies en PL-2, en tanto que, los sectores con menos especies de poliquetos fueron CN-1 y -2. El grupo Crustacea presenta un número mayor número de especies en PL-2, con riquezas levemente inferiores en H-1 y CN-1 y -2, siendo evidentemente menor en Ch. En tanto, Mollusca presenta un a mayor riqueza de espies en H-1, seguida por las estaciones PL-1 y -2, con una ausencia de especies en los sectores H-2 y CN-2. El patrón general de la riqueza específica de la Macroinfauna mostró un mayor número de especies en la estación PL-2, y luego H-1. La menor riqueza específica total se registro en Ch (Figura 23). Los comportamientos de las abundancias, biomاسas y riquezas de especies fueron resumidas en los

análisis de la varianza (Tablas 25, 26 y 27), con máximos significativos de abundancia en crustáceos y poliquetos en las estaciones H-1 y PL-2, y de biomasa en moluscos, principalmente en PL-2. En cuanto a la riqueza específica, Chapaco se diferencia por tener un menor número de especies. Los taxa con una riqueza significativamente mayor fueron Crustacea y Polychaeta

Las curvas de abundancia y de biomasa exhibidas en el análisis de K-Dominancia de los agregados macroinfaunísticos se muestran en la Figura 24. En el sector Cabo Norte 2 la curvas de K-Dominancia indican una comunidad bajo perturbación, puesto que la curva de abundancia esta sobre la de biomasa y el valor del estadístico W es negativo. En los demás sectores las curvas de biomasa se mantienen siempre por sobre las de abundancia, esto sumado a valores positivos del estadístico W , sugiere la ausencia de comunidades bajo perturbación.

4.2.4.3.- Variación temporal de las comunidades de fondos blandos.

El análisis de ordenación (nMDS), basado en la estructura de los agregados macroinfaunísticos presentes en los sectores entre el invierno de 1993 y el invierno de 2016, muestra varios grupos discretos, con gradientes de asociaciones que representan a los diferentes sectores en estudio (Figura 25). El grupo conformado por los monitoreos del sector Huasco (H-) evidencia en algunos años una tendencia hacia el grupo de estaciones del sector Punta Lachos (PL-) y en otros hacia el sector Cabo Norte (CN-), excepto por el monitoreo del año 1993 que se observa lejano al conglomerado Huasco-Punta Lachos y los conglomerados conformados por las demás estaciones. El grupo conformado por las estaciones del sector Punta Lachos muestra una segregación temporal; aquí, los monitoreos de los años 1993 a 1996, presentan mayor similitud al grupo de Huasco, están separados de los muestreos de 1997 al 2009; dentro de éstos, el monitoreo del 2007 evidencia mayor similitud con los años 1997, 1998, 2000 y 2005 y en menor medida con los años 1998 y 2009. Otro grupo de monitoreos del sector Punta Lachos (2002, 2003, 2006 y 2008) conforman un conglomerado intermedio. los monitoreos del 2010 y 2011 se muestran más próximos a los monitoreos del sector Huasco de los años 2003, 2005 y 2010. El grupo compuesto por los monitoreos del sector Cabo Norte (CN-), se alejan progresivamente del núcleo principal y luego de 1998 experimentan un importante acercamiento a sus inicios, para igualmente revertirlo el año 2003. Para el año 2007, la asociación (y similitud) es mayor con la fauna presente en el 2004 y también con el año 2000. El monitoreo del año 2010 muestra mayor proximidad con algunos monitoreos de Punta Lachos, lo

mismo se observa el año 2011, desde el año 2012 los monitoreos del sector CN- se agrupan en un pequeño nuevo conglomerado intermedio entre los monitoreos de Chapaco (Ch-) de 2013, Punta Lachos (PL-) del 2014 y Huasco (H-) del 2011. El grupo formado por los muestreos realizados al interior de la Ensenada Chapaco (CH-), conforma una asociación compacta hasta el año 2010 que oscila entre los grupos de monitoreo de Huasco y de Cabo Norte. El grupo compacto del sector de Chapaco, al alejarse de la condición inicial de invierno de 1993 previo al cese de los vertimientos al intermareal, evidencia un cambio hacia una situación de normalidad, la que probablemente no ha sido completamente alcanzada. En el monitoreo de 2007, la comunidad macroinfaúnica muestra un similar acercamiento a ambos sectores, esto es, Cabo Norte y Huasco. El monitoreo del año 2009, al igual que el de 2007 muestra mayor proximidad entre los sectores Cabo Norte y Huasco y una mayor lejanía de estos sectores con Chapaco y Punta Lachos. En el monitoreo del 2010 se aprecia una mayor distancia respecto al conglomerado conformado por otros monitoreos del sector. En el monitoreo del año 2011 se observa un comportamiento totalmente diferente a los años anteriores, mostrando en esta ocasión mas proximidad con las estaciones de Cabo Norte y Punta Lachos. En las campañas de los años 2012 y 2013 la comunidad macrofaunística presenta mayores similitudes con años anteriores al 2011, con una mayor cercanía entre los sectores Punta Lachos y Faro Huasco, y con una estructura en Cabo Norte que tiende a asemejarse al conglomerado conformado por las estaciones del sector. El año 2014, la comunidad macrofaunística del Chapaco vuelve a asemejarse al conglomerado observado hasta el año 2010. Por su parte, las estaciones del sector Faro Huasco, así como las estaciones de los sectores Cabo Norte y Punta Lachos exhiben mayor proximidad entre sí, diferenciando de la estación de Ensenada Chapaco. En el monitoreo del año 2015, la comunidad de Chapaco se asemeja a la del 2013 y tiende a mostrar similitud con el conglomerado de estaciones que conforma la comunidad de Cabo Norte desde el año 2012. Durante el presente monitoreo (2016), los diferentes sectores tienden a mantener la estructura comunitaria que se observa desde el año 2010, con leves variaciones. Solo en Chapaco se observa una mayor diferencia entre la comunidad actual y la de años anteriores, pero que sigue siendo más similar a la estructura comunitaria del mismo sector y la de Cabo Norte (Figura 25).

5.- COMENTARIOS A LOS RESULTADOS DEL PVA, AÑO 2016.

La presente campaña anual 2016 del Programa de Vigilancia Ambiental permite analizar la situación ambiental de Ensenada Chapaco, en cuanto a la calidad de agua y a las comunidades intermareales y submareales, después de ventidos años de funcionamiento del relaveducto submarino de descarga de efluentes. Esta información permite evaluar la continuidad de los cambios observados durante las campañas anuales de monitoreo.

5.1.- INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS.

5.1.1.- Condiciones del efluente en un día de monitoreo

Durante el año de monitoreo 2016 las condiciones de pH y Temperatura (°C) del efluente, medidas al interior del Drop Box A se presentaron estables, exhibiendo una escasa variación entre los valores promedio mínimos y máximos, y el valor promedio total. Solo el Caudal (m^3/s) exhibió fluctuaciones mas amplias. Por su parte, la Temperatura (°C) del relave medida a la salida del cajón de monitoreo también presenta condiciones estables, siendo, en general, inferior a la temperatura máxima de descarga (30°C) establecida por el D.S. 90/2000. Solo en los meses de enero y febrero se supera la normativa.

5.1.2.- Características del relave depositado al mar.

Todos los parámetros evaluados mensualmente, así como aquellos que son medidos una vez al año (hierro, boro, cloruros, nitrógeno total Kjeldahl y vanadio) están dentro de los rangos o bajo los límites máximos permitidos por el D.S. 90/2000 (Anexo IV). Esto muestra la eficacia de proyectos ejecutados por CAP Minería que permiten el mejor control de parámetro como el fluoruro, que años anteriores superaba la norma.

5.1.3.- Correntometría en el punto de descarga.

5.1.3.1.- Situación observada en Invierno de 2016.

Considerando ambos días de monitoreo en Ensenada Chapaco, se observa un comportamiento de los derivadores que refleja en cierto grado las condiciones de marea, tanto a 0.5 como a 5.0 y 20.0 m. de profundidad, el agua tiende a girar en función del período de la marea.

En condiciones de vaciante el agua tiende a salir de Ensenada Chapaco girando por los cuadrantes NW, SW y SE a los 0.5, 5.0 y 20.0 m. de profundidad, con velocidades medias de 4.79 ± 2.46 cm/s. para 0.5 m. de profundidad, de 1.89 ± 1.25 cm/s. a los 5.0 m. y de 1.79 ± 1.02 cm/s. para 20.0 m.

Se observa por lo tanto un comportamiento homogéneo en la columna de agua desde 0.5 a 20 m. de profundidad en cuanto la dirección de las resultantes, en vaciante el agua tiende a salir de sector de descarga por los cuadrantes NW, SW y SE. Se denota que la velocidad disminuye en profundidad en periodo de vaciante.

La intensificación de la magnitud de la velocidad superficial de la corriente es causada parcialmente por vientos locales.

5.1.3.2.- Análisis comparativo entre los años 1997 y 2016.

El análisis comparativo entre las mediciones lagrangianas realizadas entre Julio 1997 y Agosto 2016 debe tomar en consideración la variación de los niveles de profundidad medidos que para el período Julio 97-Julio 2000, fueron 0.5, 15 y 27m, sin embargo en los monitoreos de Julio 2001 - Julio 2004 las profundidades monitoreadas fueron 0.5, 10 y 25 m., desde Julio 2005 - Agosto 2007, los niveles de profundidad fueron 0.5, 5.0, 20 y 25m., desde Agosto 2008 a Agosto 2016 los niveles de profundidad fueron 0.5 m, 5.0 m y 20 m. La variación de las profundidades de medición se puede explicar por el probable efecto de embancamiento de los sectores de medición y zonas aledañas.

A nivel general, se observa un comportamiento homogéneo en la columna de agua en todos los monitoreos, detectándose tres situaciones diferentes en cuanto a la dirección de las resultantes: (i) Las mediciones realizadas en julio 97, julio 98, julio 99, julio 2001, julio 2002, julio 2003, julio 2004, julio 2005, agosto 2006, agosto 2007, agosto 2009, agosto 2010, julio 2011, julio 2012, julio 2013, julio 2014 y julio 2015, se observa que en vaciante el agua tiende a salir del sector de descarga por los cuadrantes NW, SW y parte del cuadrante SE en dirección SSE y en llenante el agua entra hacia la Ensenada Chapaco por los cuadrantes NE y SE, (ii) las mediciones de julio 2000 muestran una situación diferente, en vaciante el agua entra hacia la ensenada por los cuadrantes NE y SE y en llenante el agua sale por los cuadrantes NW, SW y parte del cuadrante SE y (iii) las mediciones de agosto 2008 en sus resultantes muestra dos niveles de dirección en llenante el agua a los 0.5 m de profundidad tiende a salir de Ensenada Chapaco mostrando un giro entre los cuadrantes NE, NW y SW, sin embargo a los niveles de 5.0 y 20 m. de profundidad en agua tiende a entrar por el cuadrante SE. En vaciante a los 0.5 m. el agua tiende a entrar a Ensenada Chapaco por el cuadrantes NE, a los niveles de 5.0 y 20 m. el agua tiende a salir girando desde el cuadrante SE a SW.

La dirección de las resultantes de las mediciones realizadas en julio 97, julio 98, julio 99, julio 2001, julio 2002, julio 2003, julio 2004, julio 2005, agosto 2006, agosto 2007, agosto 2008, agosto 2009, agosto 2010, julio 2011, julio 2012, julio 2013, julio 2014, julio 2015 y agosto 2016 son inversas (opuestas) a las mediciones realizadas en julio 2000.

Se denota que en las mediciones realizadas entre julio 97 y julio 2015 la velocidad de las resultantes tienden a disminuir en profundidad en ambos períodos mareales, observándose que a nivel general las velocidades medias en llenante son superiores a las de vaciante.

Considerando ambos períodos mareales, el promedio de velocidades medias durante las campañas de julio 2001, julio 2004, julio 2005, agosto 2008 y julio 2013 son las mayores observadas en Ensenada Chapaco.

La mayor magnitud superficial de velocidad de la corriente en algunos monitoreos, es causada parcialmente por vientos locales.

5.1.4.- Turbidez de las aguas superficiales.

En el presente año 2016, la presencia de aguas turbias fue 0% de los días de observación, situación que se mantiene desde el año 2015 y que representa una importante y notable mejora de la calidad de las aguas en relación al año 2003 (donde se registró turbidez en el 60% de los días).

Una comparación con el año anterior muestra para la ensenada condiciones atmosféricas y oceanográficas, en general, similares a las del año 2015, esto es, mar por lo general rizada, días predominantemente nublados variando a despejado, con vientos en su mayoría de 1,6 a 3,3 m/s, pero provinentes en esta ocasión principalmente del cuadrante Suroeste. Como se mencionó anteriormente, la diferencia en la dirección del viento entre los años 2015 y 2016 probablemente se deba a errores en el registro de datos.

5.1.5.- Sedimentación del material de descarga sobre sustrato rocoso.

En comparación al año anterior la sedimentación exhibe una leve alza en Ensenada Chapaco, debido a la presencia de sedimento sobre las rocas, pero no en estructuras emergentes. Este mayor grado de sedimentación también se refleja en el sector de referencia Cabo Norte al ser detectado sedimento los 9 m de profundidad en la superficie de las rocas al agitar el agua.

5.2.- INDICADORES BIOLÓGICOS.

En el Estudio de Línea Base realizado por la Universidad Católica del Norte, mientras aún operaba el relaveducto intermareal, la Ensenada Chapaco fue descrita con características comunitarias propias, diferentes al resto del área costera de Huasco. Sin embargo, y luego del inicio de operaciones del relaveducto submarino, han ocurrido diversos cambios en las comunidades biológicas, lo que implica cambios en el intermareal y submareal de fondos rocosos y blandos. La descripción general de los cambios experimentados por los diferentes indicadores biológicos en relación al año pasado y en relación a la condición inicial, se señala a continuación.

5.2.1.- Estructura de las comunidades intermareales.

5.2.1.1.- Situación del intermareal año 2016.

Las comunidades intermareales del sector donde operaba el antiguo relaveducto intermareal presentan un patrón de zonación vertical definido, el cual está caracterizado por los tres horizontes principales que describen Stephenson y Stephenson (1972) para la costa chilena. A la fecha, las diferencias que aún pueda presentar el sector respecto al patrón de zonación típico son mínimas dado que similares condiciones se observan en sectores aledaños.

En comparación con las áreas de referencia, ajenas a la ensenada (Cabo Norte y Punta Lachos), los sectores monitoreados en la ensenada presentaron una riqueza de especies muy similar, especialmente entre el sector Punta Lachos y las estaciones frente al actual relaveducto y del costado sur de Ensenada Chapaco. En las franjas supra- y medio- litoral llama la atención la presencia del alga *Porphyra columbina* y *Gelidium chilense*. La presencia de cirripedios se extiende a lo largo de toda la franja medio-litoral. En la franja infra-litoral el alga parda *Lessonia* sp. se ha establecido en todas las estaciones de Ensenada Chapaco. Se observa además en toda esta franja intermareal, la presencia del alga crustosa calcárea *Mesophyllum* sp. y del alga calcárea *Corallina officinalis*. En conjunto, lo observado en el intermareal indica buenas condiciones ambientales.

5.2.1.2.- Cambios en el intermareal después del inicio de la operación del actual relaveducto.

En el caso de las comunidades intermareales, las diferencias entre el sector en donde se producía la descarga al intermareal mientras operaba el antiguo relaveducto y las áreas ajenas a la Ensenada Chapaco, eran resumidas en: (a) la ocurrencia de un manto formado por las algas verdes *Enteromorpha* sp. y *Enteromorpha compressa*, (b) la ocurrencia del alga rodófito *Schizelmmania plumosa*, la que posee una escasa presencia en la costa chilena (Núñez, 1993), (c) la escasa presencia de invertebrados y (d) la ausencia del cinturón formado por el alga parda intermareal *Lessonia nigrescens*.

El seguimiento de la situación del intermareal en el *punto de la antigua descarga* ha

mostrado que, a lo largo del tiempo, el substrato ha sido colonizado por algas e invertebrados típicos de este ambiente, observando en una primera etapa el asentamiento de reclutas de cirripedios, gastrópodos y mitílidos (Tabla 29) y, en una segunda etapa, el desarrollo de los mismos. En los años posteriores la fauna adquirió una composición y abundancia típica de lo observado en el intermareal de costas ajenas a la Ensenada Chapaco. Primero, desaparecen las algas *Enteromorpha* spp. y *Schimelmania plumosa*, las que caracterizaban el sector de la descarga. A partir de 1998 reaparecieron las algas verdes filamentosas del género *Enteromorpha*, las que se mantuvieron en baja abundancia. Estas aumentaron su cobertura en el 2001 pero desaparecieron en el 2002. En el 2003 se observó nuevamente su presencia, aunque en bajas coberturas, volviendo a desaparecer en el 2004 hasta el 2009, siendo nuevamente registradas en el 2010 y en el presente monitoreo, pero en bajas abundancias. Algas como *Ulva rigida* y el alga calcárea erecta *Corallina officinalis*, reemplazaron a la extensa cubierta de algas crustosas que caracterizaba el intermareal durante 1997. Con posterioridad, *Corallina officinalis* disminuye su cobertura entre los años 2000 y 2001 y, luego de un aumento entre los años 2002 – 2003, vuelve a disminuir en el 2004 manteniéndose en bajas coberturas desde entonces. En el monitoreo del 2003 se registró por primera vez la presencia del alga parda *Lessonia nigrescens*. Desde esa fecha y hasta ahora, esta alga evidencia una importante consolidación en el infra-litoral.

Después del cese de operación del relaveducto intermareal, la Zona Mediolitoral del sector ubicado a 150 m del ex-relaveducto experimentó una disminución del espacio disponible, espacio que fue ocupado por diferentes especies de algas, destacando en el presente monitoreo, la abundante presencia del alga *Porphyra columbina*. Por otra parte, inicialmente se produjo un incremento notable en el intermareal del alga verde *Enteromorpha* spp., la cual disminuyó paulatinamente, hasta que, finalmente, en la campaña de 1997 no se registró su ocurrencia. Su presencia desde ese año ha sido sólo ocasional. Desde el monitoreo del año 2004 hasta el del 2009 esta alga no había sido registrada, reapareciendo en muy baja abundancia desde el monitoreo del 2010 hasta la presente campaña (Tabla 29). En el intermareal bajo, la franja inferior mostró una dramática disminución del espacio libre, el cual fue ocupado, en su mayor parte, por una densa cubierta del alga calcárea erecta *Corallina officinalis*, situación que se mantuvo hasta 1999. En los últimos años, esta alga ha disminuido su presencia, observando una mayor dominancia de algas crustosas calcáreas, i.e. *Mesophyllum* sp., en los monitoreos de los

años 2009 y 2010 no se registra la presencia de esta alga, pero reaparece el 2011. La presencia de *Corallina officinalis* es escasa el 2009 y 2010, pero aumenta en el monitoreo 2011. Desde el monitoreo del 2002 se viene registrando la presencia del alga parda *Lessonia nigrescens*, especie que desde el monitoreo del 2004, hasta el año 2011 evidenciaba un cinturón bien definido, pero que los años 2012 y 2013 no fue detectada, reapareciendo en monitoreo del 2014 y manteniéndose hasta el actual monitoreo.

El sector ubicado *frente al actual relaveducto* comenzó a ser monitoreado en la campaña del año 2013, aquí destaca en la Zona Mediolitoral la presencia de las algas *Ulva* sp. y *Porphyra columbina*. Y entre la fauna una abundante presencia de *Heliaster helianthus*. La Zona Infralitoral, esta caracterizada por una escasa cobertura algal, estando presentes *Codium dimorfum*, *Corallina officinalis* y *Mesophyllum* sp. En cuanto a la fauna móvil fueron detectados de manera escasa el caracol *Tegula atra* y los chitones *Enoplochiton niger* y *Acanthopleura echinata* (Tabla 29).

Desde el año 2012 es monitoreado un sector localizado en el *costado sur* de la ensenada. La Zona Mediolitoral presenta una importante cobertura algal, destacando *Ulva* sp., *Gelidium chilense* y *Porphyra Columbia*, las que se encuentran acompañadas de una abundante presencia de *Perumytilus purpuratus*. Entre la fauna móvil se detectó en abundancia *Collisella zebrina* y *Heliaster helianthus*. En la Zona Infralitoral se observa la presencia dominante de *Lessonia nigrescens*, seguida de una notoria cobertura de *Corallina officinalis*. En esta franja hasta el año 2013 solo se detectó una escasa presencia de *Enoplochiton niger*, siendo detectada el año 2014 además la presencia de *Acanthopleura echinata*, que se ha mantenido en abundancias por lo general escasas hasta la presente campaña (Tabla 29).

5.2.2.- Comunidades submareales de fondos rocosos.

5.2.2.1.- Situación del submareal año 2016.

- **Costado Norte de la Ensenada Chapaco**

Las comunidades de este sector se mantienen estables, aunque se presentaron algunos eventos importantes. Desde el monitoreo del año 1999, la **Comunidad de Fondos Blanqueados**, que es la más somera, ha mantenido su condición de fondo blanqueado típico, el cual se caracteriza por una alta cobertura de algas crustosas calcáreas tipo *Mesophyllum*. La presencia de algas erectas observada ese año se limitó solamente a la ocurrencia ocasional de algunas plantas deterioradas del alga parda *Lessonia trabeculata* y sólo en los sectores más profundos de esta comunidad. Esta alga no fue observada en los monitoreos de los años 2000 al 2003, sin embargo, para el 2004 nuevamente se registró juveniles en los niveles más someros. En los monitoreos del 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 esta alga no estuvo presente, registrándose en el monitoreo del 2010 su reaparición, desapareciendo nuevamente en el monitoreo del año 2011, hasta la presente campaña. Los herbívoros *Tegula atra* y *Tetrapygyus niger*, el cual es típico de estas comunidades han sido detectados con frecuencia lo largo de los monitoreos, pero durante el monitoreo del 2010 no se aprecia la presencia del caracol, hecho que podría explicar la reaparición de juveniles de *Lessonia*. Otros invertebrados, como *Phymanthea pluvia*, mantienen la abundancia habitual para estas comunidades, apareciendo en el año 2009 una importante abundancia del gastrópodo *Concholepas concholepas* (loco), el que se mantuvo hasta el 2010, pero no observándose ningún individuo desde el año 2011.

En el caso de la comunidad más profunda, denominada **Comunidad de Incrustantes**, durante el monitoreo del año 2010 aparecen algas foliosas, las que habían estado ausentes en monitoreos anteriores, la presencia de estas algas se ha mantenido hasta el presente monitoreo. A diferencias de lo registrado hasta el año 1999, se aprecia una disminución general de las abundancias y riqueza de la flora y fauna presente. Sin embargo, entre los monitoreos 2002 y 2003 la presencia del erizo negro *Tetrapygyus niger* y de la anémona *Phymanthea pluvia* se mantuvieron en abundancias cercanas a las registradas en las comunidades de fondos

blanqueados. En el 2004, el erizo negro desaparece y el sistema da paso a una comunidad dominada por los gusanos formadores de arrecifes *Phragmatopoma* sp. Desde esa fecha estos gusanos son los que han dominado el paisaje, manteniéndose la fauna móvil pobremente representada, pero registrando en el 2006, 2007 y 2008 nuevamente la presencia de *Tetrapygyus niger*, pero volviendo a desaparecer en el año 2009, Del mismo modo, durante el 2009 no se observa la presencia del tubícola *Phragmatopoma* sp., apareciendo en alta densidad el depredador *Concholepas concholepas* y en densidad normal para el sector la actinia *Phymanthea pluvia*. Situación que varía desde el 2010 y que se mantiene hasta el 2012, donde se detecta nuevamente la presencia del erizo, el loco *Concholepas concholepas* disminuye en densidad y la actinia *Phymanthea pluvia* alcanza altas densidades. Desde la campaña del 2013 hasta la actual el loco y la actinia mantienen sus densidades, pero desaparece el erizo. El poliqueto *Phragmatopoma* sp. que reapareció en la campaña del año 2012, vuelve a ser detectado el año 2014, estando presente en adelante en abundancia variable.

- **Costado Sur de la Ensenada Chapaco**

El patrón de zonación de las comunidades submareales de este sector ha presentado algunas modificaciones. La **Comunidad de Fondos Blanqueados** de profundidades someras, y que reemplazó en el año 2000 a la Comunidad de Algas que se desarrollaba en ese sector, se ha mantenido como tal en el presente monitoreo. Esta comunidad aparece dominada por algas crustosas calcáreas y el erizo negro *Tetrapygyus niger*, pero desde el monitoreo 2003 empezó a ser registrado cada vez con mayor frecuencia, el caracol negro *Tegula atra*, la anémona *Phymanthea pluvia*, el depredador *Heliaster helianthus*, parches del poliqueto tubícola *Phragmatopoma* sp., moluscos chitones y la aparición del piure *Pyura chilensis*; desde el 2006 a la fecha, las dos últimas especies no han sido registradas, aunque el piure volvió a aparecer en el monitoreo del 2008. En el monitoreo del 2009 desaparece *Tegula atra*, especie que vuelve a ser registrada el 2010 y 2011, pero no en el año 2012, situación que se mantiene hasta el año 2014, luego el caracol ha aparecido de manera intermitente. A profundidades intermedias, la **Comunidad de *Lessonia trabeculata*** que había estado presente hasta el año 2000 no ha vuelto aparecer, permaneciendo estable una alta cobertura de algas crustosas. En los monitoreos del 2006 y 2007 se evidencia la presencia de algas foliosas las que crecen entre los parches del gusano tubícola

Phragmatopoma sp. En el monitoreo del 2008 estas algas desaparecen, siendo detectada nuevamente su presencia desde el 2009 hasta el presente monitoreo. Desde el 2004, esta comunidad forma parte de la **Comunidad de Incrustantes**.

La comunidad más profunda, **Comunidad de Incrustantes**, donde hasta el año 2000 la presencia del alga *Lessonia trabeculata* continuaba consolidándose, entre los años 2002 y 2003 se transformó en una **Comunidad de Fondos Blanqueados** dominada por algas crustosas calcáreas y fauna móvil, esta última conformada mayoritariamente por el caracol negro *Tegula* spp. Desde el 2004 se aprecia una importante cobertura del gusano tubícola *Phragmatopoma* sp., consolidándose una comunidad de incrustantes que se mantiene hasta el 2010, pero que durante el año 2011 no cuenta con la presencia del tubícula, el que reaparece en 2012, pero que no es detectado desde la campaña del 2013. En el 2005 se observó la presencia de organismos coloniales como Hydrozoa y *Pyura chilensis*, este último desapareciendo en el 2006. Además, la anémona *Phymanthea pluvia* y el depredador *Heliaster helianthus* son miembros habituales de esta comunidad. Sin embargo, desde el monitoreo del año 2013, solo se detectó la presencia del sol de mar y de fauna móvil.

- **Estación de Referencia Norte: Cabo Norte.**

La **Comunidad de Fondo Blanqueado**, que es la única comunidad que caracteriza ese sector, ha permanecido sin mayores cambios durante todo el PVA. Lo más anecdótico resulta la ausencia desde el 2001 hasta el 2006 del poliqueto tubícola *Phragmatopoma* sp., el cual vuelve asentarse desde el 2007 hasta el 2011, la permanencia desde el 2002 de la pequeña actinia blanca *Anthothoe chilensis* y la presencia dentro de grietas de *Pyura chilensis* y *Stichaster striatus*; en el monitoreo del 2006 y 2008, la actinia no fue registrada mientras que en el 2007, 2009, 2013 y 2014 no lo fue el tunicado. En el 2005 se registró nuevamente la presencia de los moluscos *Fissurella* spp. y *Concholepas concholepas*, especies que permanecieron hasta el 2009, pero en bajas abundancias. En el monitoreo del 2010 ambos gasterópodos desaparecen. El año 2011 se registra nuevamente la presencia de *Concholepas concholepas*, la que se mantiene en el presente monitoreo

- **Estación de Referencia Norte: Cabo Norte 2.**

Esta estación comenzó a ser evaluada en la campaña del año 2013 y a lo largo del tiempo ha presentado características similares a las descritas inicialmente. Las comunidades están presentes a partir de los 3 m de profundidad, distinguiéndose dos comunidades, la primera denominada como **Comunidad de Macroalgas** y la segunda denominada **Comunidad de Lessonia**.

La **Comunidad de Macroalgas** esta compuesta principalmente por algas foliosas y crustosas calcáreas, apreciándose también una escasa presencia de *Glossophora Kunthii*. En la fauna destaca la presencia del ramoneador *Tetrapyrgus niger*, de *Tegula atra*, de *Fissurella* spp., de la actinia *Phymanthea pluvia* y del depredador *Heliaster helianthus*.

La **Comunidad de Lessonia** también se compone de algas foliosas y calcáreas. Aquí destaca la presencia de *Pyura chilensis*, y también se detecta al caracol *Concholepas concholepas*, junto con cirripedio y *Tegula atra*.

- **Estación de Referencia Sur: Punta Lachos.**

La **Comunidad de Fondos Blanqueados** se ha mantenido sin alteración, caracterizada por una alta cobertura de algas crustosas calcáreas y por la presencia del erizo negro *Tetrapyrgus niger*. Los moluscos *Tegula atra* y *Fissurella* spp. y el asteroídeo *Heliaster helianthus* también son partes del paisaje, aunque en el 2007 y 2009 no se observaron los moluscos. El 2010 reaparece *Fissurella* spp., que mantiene su presencia hasta el actual monitoreo. El año 2011 reaparece *Heliaster helianthus*, especie que es registrada hasta la presente campaña. Resulta notoria la presencia desde el 2002 a la fecha de plantas juveniles y adultas de *Lessonia trabeculata* y además durante el 2009 de *Glossophora kunthii*.

Habitualmente, la **Comunidad de Macroalgas**, ha estado caracterizada por la ocurrencia del alga *Glossophora kunthii*, sin embargo durante los monitoreos de los años 2009, 2010 y 2011 no se observó su presencia, pero sí durante el año 2012, desapareciendo nuevamente desde la

campana del año 2013. La fauna móvil característica de este sector está conformada principalmente por los moluscos *Tegula atra* (no observada en el 2007) y *Fissurella* spp. (no observada en el 2006) y los equinodermos *Tetrapygyus niger* (erizo negro) y *Heliaster helianthus* (sol de mar), permaneciendo estable en el tiempo, con mínimas variaciones interanuales. Es así como el 2009 no se observa la presencia del erizo, ni de los moluscos, y se hace presente *Concholepas concholepas*. Durante el monitoreo del 2010 reaparecen *Fissurella* spp. y *Tetrapygyus niger* y se mantiene la presencia de *Concholepas concholepas* y de *Heliaster helianthus*, situación que se mantuvo hasta el monitoreo del 2011. Durante el 2012 no se detecta la presencia de *Tetrapygyus niger*, ni de *Heliaster helianthus*, pero esta especie reaparecen en la campana del 2013 y mantienen su presencia hasta ahora. Por su parte, las algas laminariales se mantienen sin mayores cambios. Destacan en este monitoreo la presencia de juveniles de *Lessonia* y una amplia cobertura de algas crustosas.

En la franja más profunda, se mantiene la **Comunidad de *Lessonia trabeculata***, con una pradera de plantas adultas cuyo substrato rocoso está dominado por algas crustosas calcáreas, pequeños parches de algas foliosas, además de incrustantes. En los monitoreos del 2007 y 2008 nuevamente se observa la presencia de juveniles del alga parda, de *Phymanthea pluvia*, *Heliaster helianthus*. El gusano tubícola *Phragmatopoma* sp. es detectado en el 2007, desaparece el 2008, reaparece el 2009 y se mantiene en el presente monitoreo. Además durante el monitoreo del 2009 se registró la presencia de Briozoos, y del molusco depredador *Concholepas concholepas* y no se observa la presencia del resto de las especies registradas el 2008, situación que se mantuvo hasta el 2011. Desde el año 2012 no se detecta la presencia de *Concholepas concholepas*.

- **Estación de Referencia Sur: Punta Lachos 2.**

Esta estación comenzó a ser evaluada en la campana del 2013, presentando características estables en el tiempo. Las comunidades presentes corresponden a: **Comunidad de Fondos Blanqueados** de 0 – 3 m de profundidad, **Comunidad de Macroalgas** de 3 - 6 m de profundidad y **Comunidad de *Lessonia*** de 6 – 9 m de profundidad.

La **Comunidad de Fondos Blanqueados** se compone de algas crustosas calcáreas y con

una menor cobertura de lagas foliosas. Entre la fauna móvil destacan el sol *Heliaster helianthus* y la lapa *Fissurella* spp.. entre las especies sésiles se detectó la presencia de la actinia *Phymanthea pluvia*.

La **Comunidad de Macroalgas** presenta mayormente algas crustosas calcáreas y en menor medida algas foliosas. La fauna se compone principalmente de fauna móvil con especies como *Heliaster helianthus* y *Fissurella* spp.. También se registró la presencia de *Phymanthea pluvia*.

La **Comunidad de Lessonia** también se compone en su mayoría de lagas crustosas calcáreas y luego de algas foliosas. La fauna esta compuesta principalmente por especies sésiles y/o de escasa movilidad como: cirripedios, briozoos, el poliqueto tubícola *Phragmathotoma* sp., el molusco *Branchiodontes granulata*.

5.2.2.2.- Cambios en el submareal rocoso después del inicio de la operación del actual relaveducto.

Las comunidades submareales de fondos rocosos mostraron diferencias notables mientras operaba el ex-relaveducto intermareal, las que pueden resumirse en dos: (a) la ausencia de un bosque del alga parda *Lessonia trabeculata*, típico del submareal rocoso expuesto del centro-norte de Chile, y (b) la existencia de comunidades de incrustantes típicas de mayores profundidades, con una mayor ocurrencia de invertebrados predominantemente suspensívoros. Mientras que lo primero posiblemente fue un efecto de la baja luminosidad producto de la turbidez causada por la descarga, lo segundo destaca dado que en otras localidades de la costa chilena dicha fauna presenta hábitos crípticos, como es el caso del mitílido *Brachiodontes granulata*. La presencia de estas comunidades puede haber sido el resultado del material en suspensión, ya sea por su efecto directo que sólo es tolerado por algunas especies, o por su efecto indirecto, al tener como consecuencia la ausencia de los depredadores habituales que, de lo contrario, las mantendrían restringidas a sus ambientes crípticos.

Al interior de la Ensenada Chapaco se han observado importantes cambios desde que

comenzó la operación de relaveducto submarino (Tabla 30). El sector ubicado en el *Costado Norte de la Ensenada Chapaco*, más cercano al relaveducto intermareal, presentó inicialmente un incremento en la riqueza de especies. Luego de las altas densidades alcanzadas por el erizo negro *Tetrapyrgus niger* en las áreas someras, observadas inmediatamente después del cambio en el sistema de descarga, vino en retroceso, permaneciendo prácticamente sin variación desde 1997. De igual manera, la comunidad más profunda dominada inicialmente por cirripedios, dejó paso a una comunidad dominada por organismos incrustantes pequeños, como es el caso de algas crustosas y briozoos, comunidad que desde 1997 mostró una dominancia creciente del poliqueto tubícola *Phragmatopoma* sp. En 1998, no se registró la ocurrencia de algas foliosas. El evento más notable en este sector fue el asentamiento en áreas someras del alga parda *Lessonia trabeculata* registrado en 1999, mostrando que la presencia del alga no estaba limitado exclusivamente al costado sur de la ensenada como en años anteriores. No obstante, estas plantas no lograron permanecer en el sistema desapareciendo desde el monitoreo del 2000, al igual que los organismos incrustantes. En el monitoreo del 2004, volvieron asentarse las alga pardas (*Lessonia trabeculata*) y los poliquetos tubícolas *Phragmatopoma* sp., estos últimos permaneciendo hasta el 2008, a pesar de la ausencia de las algas desde el 2005 hasta el 2008, donde se registro la presencia de juveniles. Desde el monitoreo del año 2009 no se detecta la presencia de estas algas.

En el *Costado Sur de la Ensenada Chapaco*, desde el año 1995 y hasta el monitoreo del año 2000, se presentaron condiciones ambientales que facilitaron el desarrollo de comunidades de algas. El cambio más notable en este sector fue el paso desde una comunidad dominada inicialmente por cirripedios, hydrozoos y el mitílido *Brachiodontes granulata*, a una comunidad dominada por el alga parda *Lessonia trabeculata*. El reclutamiento de algas que se observó desde el monitoreo anual de 1995 fue progresivamente exitoso, llegando a alcanzar altas densidades de ejemplares los que gradualmente conformaron un bosque hasta el monitoreo del 2000. Paralelamente, en ese año la **Comunidad de Macroalgas** en profundidades someras dio paso a una comunidad típica de fondos blanqueados lo que se asemejó más a las comunidades presentes en ambos sectores de referencia. Desde esa fecha y hasta el presente monitoreo 2012 no se ha vuelto a registrar la presencia del alga parda *Lessonia trabeculata*, sin embargo, y desde el 2004 se ha venido registrando el reclutamiento del gusano *Phragmatopoma* sp.

Las estaciones de referencia no han mostrado mayores variaciones desde que se comenzaron a monitorear, excepto por lo sucedido en la estación sur por el aluvión durante 1997. La *Estación de Referencia Norte* que se ha caracterizado por la presencia de una comunidad de fondos blanqueados dominada por algas crustosas calcáreas y altas densidades del erizo negro *Tetrapyrgus niger*, sólo ha mostrado cambios en la abundancia y ocurrencia de especies poco frecuentes, pero no en la estructura comunitaria. Una vez reemplazado el punto de muestreo, la *Estación de Referencia Sur* no ha mostrado variaciones en su estructura general, no obstante, a la ocurrencia de plantas dispersas de *Lessonia* a profundidades más someras donde habitualmente no ocurren. Así, el sitio de reemplazo mantiene las comunidades y características originalmente descritas para el sector. En conclusión, en los sectores costeros fuera de la Ensenada Chapaco, sobre todo hacia el sur de ella, que de acuerdo al estudio de Línea de Base aparece como vulnerable al efecto de la descarga, no se ha detectado ningún cambio atribuible al actual relaveducto submarino.

De acuerdo a lo registrado en las campañas anuales de monitoreo (1995 y 1996), en los informes del Programa de Vigilancia Ambiental (1997 - 2006) y a Stotz & González (1995), el substrato rocoso del costado norte de Ensenada Chapaco exhibió luego del cese de las descargas del relaveducto intermareal una disminución importante de la cubierta de sedimento en comparación a lo observado mientras aún operaba el relaveducto. Esta tendencia fue alterada en el monitoreo del 2001 por un aumento en la presencia de sedimento fino, lo que también se evidenció en el costado sur de la ensenada. La anterior tendencia fue retomada en el monitoreo del año 2002, manteniéndose hasta el 2008 una mínima presencia; el sedimento fino se ha registrado principalmente a los 3 m, esporádicamente a los 6 m. En todos estos casos, la presencia de sedimento fino sobre roca sólo ha sido perceptible al agitar el agua. El año 2009 se ve alterada nuevamente esta tendencia, registrando, al igual que en el 2001, un aumento en la presencia de sedimento, tanto en profundidad y cobertura, como en sectores afectados. Pero desde el 2010 la sedimentación tiende retomar la tendencia descrita, siendo observada solo en dos sectores y disminuyendo en cobertura. En términos generales, se observa que después del cese de operaciones del antiguo relaveducto aumentó la densidad de algunos invertebrados, como fue el caso del erizo negro *Tetrapyrgus niger* y del gastrópodo carnívoro *Concholepas concholepas*. Al parecer, estos dos consumidores contribuyeron a reducir la cubierta de incrustantes, sobre todo de

cirripedios, transformando a la comunidad de incrustantes en un típico fondo blanqueado, paisaje habitual del submareal de sectores someros expuestos de la costa rocosa.

En resumen, y luego del cese de los vertidos al intermareal de la Ensenada Chapaco, los primeros cambios fueron dar paso a la formación de un patrón de zonación dominado en sus estratos someros por una comunidad de Fondo Blanqueados y, más abajo, por una comunidad dominada por el alga *Lessonia trabeculata*. Todo esto señaló una mejora en las condiciones ambientales, ya sea por el incremento en los niveles de penetración de la luz así como por la eliminación de la capa de sedimentos que cubría las rocas. Desde el asentamiento fallido de *Lessonia trabeculata* en el costado norte, ocurrido en el año 2000, y de la desaparición del alga en el costado sur en el 2001, el sistema ha sido dominado por un fondo blanqueado, de características similares a los observados en los sectores de referencias, pero que indica una disminución de la riqueza de especies. Cabe mencionar que durante el año 2008 si se registró la presencia de plantas juveniles de *Lessonia trabeculata*. El 2009, y en ausencia de un reclutamiento del alga *Lessonia trabeculata*, el paisaje de los ambientes menos someros se encuentra dominado por la presencia del gusano tubícola *Phragmatopoma* sp. donde se evidencia un aumento de la riqueza de especies. El 2010 la situación dista de lo observado el año anterior, observándose en el costado sur de la ensenada el reclutamiento de juveniles *Lessonia* y una disminución de la presencia de *Phragmatopoma* sp. Sin embargo desde el año 2011 el alga vuelve a desaparecer.

5.2.3.- Reclutamiento y características del alga parda Lessonia trabeculata.

La expansión de la comunidad del alga *Lessonia trabeculata* en el interior de Ensenada Chapaco, que incluso alcanzó en el año 1999 el costado norte de la ensenada, demuestra que las condiciones ambientales y, en particular, la transparencia de las aguas, mejoraron hasta permitir el reclutamiento exitoso de las algas y su permanencia en el tiempo. Sin bien las plantas desaparecieron del costado norte de la ensenada en el año 2000, en el costado sur siguieron reclutando; para el año 2001, las algas también habían desaparecido del costado sur, situación que se ha cambiado en el presente monitoreo. En el año 2004 se registró un reclutamiento en el costado norte que posteriormente no prosperó. Debido que en el sector de referencia sur, Punta Lachos, el alga *Lessonia trabeculata* ha mantenido su reclutamiento dentro de la extensa

comunidad de esta alga que allí se desarrolla, la falla en el reclutamiento dentro de la Ensenada Chapaco sugiere ser causada por las condiciones ambientales actualmente presentes. Cabe destacar que desde el año 2002, algas del género *Lessonia* han estado reclutando en el intermareal de la estación localizada a 150 m al norte del ex-relaveducto y desde el 2003 en el sector frente al ex-relaveducto, lo que indica la presencia dentro de la Ensenada Chapaco de condiciones óptimas al menos a nivel superficial. Finalmente, un aspecto que no se debe descartar son las interacciones entre especies, dado que el desarrollo de densos agregados de gusanos tubícolas *Phragmatopoma* sp. son un estado alternativo de los bosques submareales del género *Lessonia*. Igualmente, mientras haya erizo negro en densidades como las que alcanza en ambientes de fondos blanqueados, no habrá reclutamiento exitoso de esta alga.

5.2.4.- Comunidades submareales de fondos blandos.

5.2.4.1.- Situación del submareal de fondos blandos año 2016

Las comunidades macroinfaúnicas del área de estudio muestran una variabilidad producto del comportamiento observado en los tres grupos taxonómicos dominantes, los cuales corresponden a Polychaeta, Crustacea y Mollusca. El sector Punta Lachos 2 registró los mayores valores de abundancia, principalmente por la presencia varias especies de taxa Crustacea y Polychaeta, destacando entre los crustáceos la especie *Elasmpus* sp. y entre poliquetos la especie *Chaetozone setosa*. En el sector Faro Huasco 1, se registró la segunda abundancia mas alta, aquí los grupos taxonómicos Polychaeta, Mollusca y Crustacea aportan de manera importabte a la abundancia total, Polychaeta por la presencia de individuos de la familia Oeonidae, Crustacea por individuos de la familia Lyssiannasidae y la especie *Microphoxus cornutus*, pero la mayor abundancia en este sector la registra el molusco *Turritella cingulata*, por lo que este es el sector donde se registra la mayor biomasa. Los sectores Punta Lachos 1 y Cabo Norte 2 registran abundancia de magnitud media, en estos sectores esta ausente el grupo Mollusca, por lo que presentan una menor biomasa. Los sectores Cabo Norte 1 y Faro Huasco 2 exhiben una biomasa inferior, pero el sector con menor abundancia fue Chapaco. Respecto a la riqueza de especies, se detectó un mayor número de especies en los sectores Faro Huasco 1 y Punta Lachos 2 y también en Punta Lachos 1. La menor riqueza específica se registro en Chapaco. En relación a los agregados comunitarios, se observa una mayor similitud entre estos sectores con mayor abundancia y riqueza especies, diferenciándose principalmente del

sector Chapaco, que presenta mayores semejanzas con los sectores Cabo Norte 1 y 2. Entre ambos sectores de Huasco y Punta Lachos existe una mayor similitud. En cuanto al grado de perturbación que presentan los agregados faunísticos en los diferentes sectores, solo es observable en el sector e referencia Cabo Norte 2, en los demás sectores el análisis no denota perturbación. La perturbación observada en Cabo Norte 2 podría ser atribuible a la gran ocurrencia y abundancia de especies de tamaño pequeño y a la ausencia de moluscos, lo que influye en las curvas de K-dominancia, ya que la comunidad no evidencio cambios en su estructura más allá de lo observado en los monitoreos anteriores o de lo que se podría esperar producto de la variabilidad natural.

En una escala temporal de 21 años, se observó un amplio espectro de variabilidad en la estructura comunitaria de los sectores bajo estudio. Sin embargo, es evidente que desde un comienzo, y luego del cese de la descarga que se hacía directamente al intermareal, los cambios observados en el Sector Chapaco se dirigieron y se mantienen próximos al espectro de variación natural. La dirección del cambio experimentado por la comunidad presente al interior de la Ensenada Chapaco, responde al cambio en el tamaño medio del grano de sedimento del fondo marino de ese sector, tamaño que ha pasado desde un fondo de limo/arcilla a uno de arena fina, esto como consecuencia de la ausencia de la antigua descarga intermareal. Así, el grado de exposición que posee el área de estudio de la Ensenada Chapaco ha impedido la consolidación de los limos, favoreciendo su reemplazo con la formación de una capa superficial de arena fina, de granulometría intermedia entre la del Sector Cabo Norte y la del Sector Huasco. Sin embargo, durante los 3 años precedentes al monitoreo del 2009) se mantuvo la comunidad macroinfaúnica de la Ensenada Chapaco próxima al grupo de estaciones de Cabo Norte (y en el 2007 también próxima a la estación de Huasco), lo que responde en gran parte al denso reclutamiento experimentado por el poliqueto *Spiophanes bombyx*, especie típica del submareal de sectores arenosos de la costa expuesta de Chile. El año 2009 la comunidad faunista de Ensenada Chapaco no se aproxima al agregado de Cabo Norte, principalmente por las diferencias que se observan en la composición faunística del Phylum Mollusca, el que solo presenta una especie en el sector Chapaco. En el monitoreo del 2010 esta situación se hace mas evidente, observándose un distanciamiento entre el sector Chapaco y el resto de los sectores, probablemente debido a la ausencia total de individuos del grupo Mollusca en el sector. Este “alejamiento” también se observa en la campaña 2011, sin embargo se aprecia que la comunidad de Chapaco muestra mayores similitudes con la de Cabo Norte, lo que también se

relacionaría con escasa presencia de moluscos (una especie en cada estación) en ambas estaciones. En monitoreo del 2012 se observa nuevamente una mayor diferenciación entre Chapaco y las demás estaciones, la que puede estar relacionada también en esta oportunidad a la escasa presencia de moluscos (solo 1 especie) en el sector. Esta situación se repite en el monitoreo del año 2013, aunque Chapaco se muestra mas cercana las estaciones de Cabo Norte. Siendo esto también observado en el año 2015. Cabe destacar la ausencia de moluscos en esta estación durante el año 2014. Durante el año 2016 la comunidad de Chapaco muestra una mayor diferenciación con la estructura comunitaria exhibida desde los 3 monitoreos anteriores, lo que al parecer se debe a una disminución general de la abundancia de especies en el sector.

Finalmente, no se ha detectado ningún cambio atribuible al funcionamiento del relaveducto submarino en las comunidades macroinfaúnicas localizadas tanto al sur como al norte del sector Ensenada Chapaco. Esto cobra importancia sobre todo para el Sector Punta Lachos, ubicado hacia el sur y el cual, de acuerdo al desplazamiento del material de relave que se describió en el estudio de línea base, aparece como el más vulnerable al potencial efecto de la pluma del vertido.

5.2.4.2.- Cambios en el submareal de fondos blandos después del inicio de la operación del actual relaveducto.

Antes del cese de la descarga de colas de proceso que se hacía directamente al intermareal, la comunidad macroinfaúnica que habitaba el submareal de la ensenada estaba dominada por el crustáceo *Diastylis tongoyensis* (= *Diastylis* sp.) y por el poliqueto *Lumbrineris bifilaris* (= *Lumbrineris* sp.). Estos, junto a otros 4 taxa, alcanzaban densidades promedios de 100,0 individuos $0,1 \text{ m}^{-2}$. Para el Invierno de 1995, y a un año del cese de la operación del relaveducto intermareal, la comunidad experimentó un notorio cambio, desapareciendo el poliqueto *Lumbrineris bifilaris* y disminuyendo dramáticamente las abundancias del cumáceo. Este cambio estuvo acoplado a una importante colonización del poliqueto *Spiophanes bombyx*, el que se acompañó por otros poliquetos, i.e. *Dispio uncinata*, *Nephtys impressa* y *Goniada uncinigera*, como también por el gusano Nemertea. En esa ocasión, fueron registrados 30 taxa los que alcanzaron una abundancia promedio de 178,1 individuos $\cdot 0,1 \text{ m}^{-2}$.

En Invierno de 1996, aparentemente la comunidad presente en la ensenada experimentó un

retroceso en su recuperación, desapareciendo el poliqueto *Spiophanes bombyx* y disminuyendo tanto la riqueza de especies (20 taxa) como la abundancia promedio ($74,7 \text{ individuos} \cdot 0,1 \text{ m}^{-2}$). Sin embargo, esto fue producto de un proceso natural de mayor envergadura, al observar una situación más dramática en el Sector Cabo Norte hacia donde se dirigía el cambio de la comunidad del Sector Chapaco; aquí, junto a otros taxa, desapareció la misma especie de poliqueto, *Spiophanes bombyx*, empobreciéndose notoriamente la comunidad. No obstante a esto, en la Ensenada Chapaco se mantuvieron las especies de poliquetos *Dispia uncinata*, *Nephtys impressa* y *Goniada uncinigera*, con densidades similares a las del Invierno de 1995.

En el monitoreo de 1997, la comunidad de fondos blandos de la Ensenada Chapaco siguió experimentando cambios positivos, manteniéndose las especies *Dispia uncinata*, *Nephtys impressa* y *Goniada uncinigera*. Progresivamente, aumentaron en abundancia otras especies de poliquetos tales como *Prionospio peruana*, *Mediomastus branchiferun* y *Diopatra* sp. En ese año, fue evidente la importante recolonización del poliqueto *Lumbrineris bifilaris* y el aumento de la densidad del crustáceo *Diastylis tongoyensis*. La comunidad registró 30 taxa con una densidad promedio de $326,7 \text{ individuos} \cdot 0,1 \text{ m}^{-2}$.

Para el invierno de 1998, la comunidad macroinfaúnica de la Ensenada Chapaco experimentó un empobrecimiento respecto al invierno anterior tanto en el número de taxa (16 especies) como en el número de individuos, 260,2 animales. Sin embargo, este estado vuelve a estar inmerso en un evento de mayor escala, al notar un empobrecimiento en abundancia y riqueza de especies en todos los sectores al compararlos con el monitoreo de 1997. A pesar de eso, se mantuvo la base de la comunidad en proceso de recuperación; esto fue, las especies de poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Dispia uncinata*, *Nephtys impressa*, *Goniada uncinigera* y *Lumbrineris bifilaris*, además del crustáceo *Diastylis tongoyensis*, entre otros.

En el invierno de 1999, la comunidad macroinfaúnica evidencia la misma condición observada en los últimos 3 años, experimentando eso sí una leve disminución en la abundancia promedio de individuos respecto a 1998, esto es 250,8 animales respecto a los 260,2 de ese año, pero con un aumento de tres especies (19 en total). Así, la base de la comunidad en recuperación se ha mantenido sin alteración, dominando las especies de poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Dispia*

uncinata y Paraonidae 4, además del crustáceo *Diastylis tongoyensis*. Estuvieron también presentes en la comunidad *Lumbrineris bifilaris*, *Goniada uncinigera* y *Nephtys impressa*, entre otros taxa. Esta situación de no cambio fue observada en la mayoría de los sectores, exceptuando el de Cabo Norte donde se evidencia un aumento tanto en las abundancias, biomásas como en la riqueza de especies, resultando en una comunidad similar a la mostrada en invierno de 1996.

En el invierno del año 2000, la comunidad macroinfaúnica del sector Chapaco volvió a evidenciar la misma condición observada en los últimos años, esto es, la presencia de los poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Dispio uncinata*, *Goniada uncinigera*, *Lumbrineris bifilaris*, *Nephtys impressa* y *Diopatra* sp., y del crustáceo *Diastylis tongoyensis*, entre otros. Sin embargo, y con respecto a los últimos tres años, esta comunidad evidencia un aumento en la abundancia total de animales (312,7 individuos 0,1 m²) y en el número de taxa (20 especies).

Similar condición se registró en el 2001 en la comunidad macroinfaúnica presente en el submareal de la Ensenada Chapaco. Independientemente al cambio relativo observado en las abundancias de las especies, la comunidad estuvo caracterizada por los poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Lumbrineris bifilaris*, *Goniada uncinigera* y *Nephtys impressa*, además de los crustáceos *Diastylis tongoyensis* y *Ampelisca* sp. Con respecto a los últimos años, esta comunidad vuelve a evidenciar un aumento en la abundancia total de animales (345,3 individuos 0,1 m²) y en el número de taxa (23 especies).

En el monitoreo 2002, y con respecto a los dos años precedentes, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco mostró una disminución tanto en el número de especies (19 especies) como en la abundancia total de animales (295,2 individuos 0,1 m²). Estos valores como también la estructura comunitaria no fueron diferentes a lo observado con anterioridad, manteniéndose en la ensenada la misma comunidad establecida luego que dejara funcionar el relaveducto intermareal. Así, la comunidad estuvo caracterizada por los poliquetos *Lumbrineris bifilaris* y *Mediomastus branchiferus* y por los crustáceos *Ampelisca* sp. y *Diastylis tongoyensis*. Entre otros, los poliquetos *Goniada uncinigera* y *Nephtys impressa* también estuvieron presentes pero con menores abundancias.

En la campaña 2003, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco, aunque mantuvo la estructura de la comunidad observada en los años anteriores, presentó una leve disminución en el número total de especies, llegando esta a 17 taxa. Sin embargo, hubo un significativo aumento en la abundancia total de animales, llegando esta a los 948,5 individuos \cdot 0,1 m². Este aumento se debió, en gran medida, a la abundancia alcanzada por el cumáceo *Diastylis tongoyensis*. El resto de la comunidad estuvo caracterizada por los poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Lumbrineris bifilaris*, *Goniada uncinigera* y *Nephtys impressa*, además de *Cossura chilensis* y *Prionospio peruana*, por el anfípodo *Ampelisca* sp. y por el nemertino Hoplonemertini.

En el invierno del 2004, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco mantuvo la estructura de la comunidad observada en el año anterior pero siguió con la tendencia en el aumento de la abundancia y, en esta ocasión, con un aumento en el número de especies. La fauna alcanzó valores de 1.220,3 individuos \cdot 0,1 m² y llegó a los 24 taxa. Si bien el aumento de la abundancia nuevamente se debió al cumáceo *Diastylis tongoyensis*, los valores registrados en los poliquetos *Prionospio peruana* y *Cossura chilensis* y en el celenterado *Edwardsia intermedia* fueron los mayores que han alcanzado otras especies en esta comunidad a excepción de los cumáceos. El resto de la comunidad estuvo caracterizada por el nemertino Hoplonemertini, por el anfípodo *Ampelisca* sp. y los poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Lumbrineris bifilaris*, *Goniada uncinigera*, *Nephtys impressa* y *Spiophanes* spp., entre otros.

En el 2005, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco evidencia una disminución tanto en el número de especies (17) como en el número promedio de individuos (507,5 individuos \cdot 0,1 m²), manteniendo en gran parte la estructura de la comunidad observada en los años anteriores. La importante baja observada en el número total de individuos se debió principalmente a la disminución observada en el cumáceo *Diastylis tongoyensis* y en el poliqueto *Prionospio peruana*, además de la desaparición de *Lumbrineris bifilaris*. Sin embargo, los cambios más sintomáticos se debieron al denso reclutamiento del poliqueto *Spiophanes bombyx* y a la aparición del isópodo *Macrochiridothea* sp.1, especies propias del submareal de sectores arenosos expuestos al oleaje. Otros organismos presentes en la comunidad y de relativa importancia fueron el anfípodo *Ampelisca* sp. y los poliquetos *Dasybranchus* sp., *Mediomastus* sp. y *Nephtys impressa*.

En el monitoreo del año 2006, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco muestra nuevamente un aumento tanto en el número de especies (21) como en el número promedio de individuos ($977,7 \text{ individuos} \cdot 0,1 \text{ m}^2$), manteniendo en gran parte la estructura comunitaria *post* cese de los vertidos al intermareal. Los densos reclutamiento del poliqueto *Spiophanes bombyx* y del anfípodo *Ampelisca* sp. continuaron este año (lo que es síntoma de buena calidad ambiental), mientras que la ocurrencia del cumáceo *Diastylis tongoyensis* y de los poliquetos *Rhynchospio* sp., *Dasybranchus* sp. y *Mediomastus* sp. son indicativos de presencia de materia orgánica en la matriz sedimentaria de la Ensenada Chapaco.

En el año 2007, la macroinfauna de la Ensenada Chapaco muestra, en relación al 2006, nuevamente un aumento en el número de especies (25) aunque experimenta una disminución el número promedio de individuos ($866,8 \text{ individuos} \cdot 0,1 \text{ m}^2$); sin embargo, se mantiene en gran parte la estructura comunitaria *post* cese de los vertidos al intermareal. Los densos reclutamiento del poliqueto *Spiophanes bombyx* se contraponen a las menores ocurrencias del cumáceo *Diastylis tongoyensis* y, principalmente, del anfípodo *Ampelisca* sp., manteniéndose la base comunitaria, esto es, los poliquetos *Prionospio peruana*, *Nephtys impressa*, *Dasybranchus* sp. y *Mediomastus* sp., entre otros. Importante es destacar la aparición por primera vez de reclutas de navajuela, *Tagelus dombeii*, especie de molusco filtrador por lo que resulta ser síntoma de buena calidad ambiental.

En el monitoreo del 2008, la macroinfauna de Ensenada Chapaco sigue con la tendencia de aumento en el número de especies (29) aunque el número promedio de individuos ($883,2 \text{ individuos} \cdot 0,1 \text{ m}^2$) se mantuvo prácticamente sin variación en relación a lo registrado el año anterior. Aquí, la estructura comunitaria *post* cese de los vertidos al intermareal se mantiene sin variación aunque con cambios en las abundancias de las especies. Los poliquetos depredadores *Nephtys impressa* y *Goniada uncinigera* aumentaron grandemente sus abundancias mientras que *Spiophanes bombyx* (aún en densos agregados) y *Diastylis tongoyensis* las disminuyeron, esto último como consecuencia probable de la presencia de los depredadores. Entre otras especies presentes, estuvieron los poliquetos *Ninolechis chilensis* (con una importante ocurrencia), *Lumbrineris bifilaris*, *Prionospio peruana*, *Mediomastus branchiferus* y *Dasybranchus* sp. además el anfípodo *Ampelisca* sp.

En el monitoreo del año 2009 en Ensenada Chapaco fueron encontrados un total de 30 taxa

con una abundancia promedio de 450,7 individuos $0,1 \text{ m}^{-2}$. Se mantiene la abundancia del poliqueto *Spiophanes bombyx*, tal como ha ocurrido desde el cese de los vertidos al intermareal. Sin embargo se observa también una importante ocurrencia del cumáceo *Diastylis tongoyensis*, mucho menor que la del poliqueto, pero superior a la mayoría de las especies registradas en el sector. En general, la base comunitaria se mantiene con una escasa presencia de anfípodos y una mayor presencia de individuos del Phylum Polychaeta (i.e. *Prionospio peruana*). En cuanto al Phylum Mollusca, no deja de llamar la atención su escasa representatividad, aunque el hecho de que la única especie encontrada sea un bivalvo filtrador se interpreta como un buen indicador de calidad ambiental.

En el monitoreo del 2010 solo se registró un total de 9 especies en el sector Chapaco con una abundancia promedio de 155,2 individuos $0,1 \text{ m}^{-2}$. El sector es dominado ampliamente en abundancia por el cumáceo *Diastylis tongoyensis*. No se detecta la presencia del poliqueto *Spiophanes bombyx*, sin embargo, a pesar de la ausencia del poliqueto y de la baja riqueza específica, la base comunitaria se mantiene con una escasa presencia de anfípodos (representados por un único taxa) y una mayor presencia de individuos del Phylum Polychaeta, entre los que destacan por su abundancia la familia Maldanidae y la especie *Lumbrineris* sp. Durante este monitoreo no se detectó la presencia del Phylum Mollusca.

Durante el año 2011 se detectó un total de 12 especies en el sector Chapaco con una abundancia promedio de 302,2 individuos $0,1 \text{ m}^{-2}$. El sector es dominado ampliamente en abundancia por el cumáceo *Diastylis tongoyensis* y en menor magnitud por el anfípodo *Ampelisca* sp. Los poliquetos *Nephtys impressa* y *Spiophanes bombyx* presentan bajas abundancias. La riqueza específica del sector es baja. La base comunitaria se mantiene con una escasa presencia de anfípodos, pero que dominan en abundancia y una mayor presencia de especies del Phylum Polychaeta.

Las condiciones de la macroinfauna muestreada durante el Invierno del año 2012 en cuanto a riqueza y abundancia específica exhibieron un total de 13 especies con 103,8 individuos $\times 0,1 \text{ m}^{-2}$. Fueron dominantes el crustáceo cumáceo *Diastylis tongoyensis* y en menor medida por los anfípodos *Ampelisca* sp. y *Elasmopus* sp. El número de especies en esta estación es bajo, con una mayor representación de especies del taxa Crustácea.

Durante el año 2013 en Ensenada Chapaco se detectaron 22 especies con 103,9 individuos * 0,1 m⁻². Dominaron los oligoquetos de la familia Tubificidae, y en menor magnitud pequeños anfípodos y poliquetos. Los taxa mejor representados fueron Polychaeta (10 especies) y Crustacea (9 especies). La biomasa del sector es baja, debido a la escasa presencia de individuos del grupo Mollusca.

En el Invierno del año 2014 se detectó un total de 15 especies con una abundancia promedio de 46,7 individuos * 0,1 m⁻². La fauna dominante estuvo compuesta por pequeños anfípodos de la familia Lysiannasidae y por el poliqueto *Lumbrineris* sp. No se detectó la presencia de moluscos, siendo solo encontradas especies de poliquetos (7 especies) y de crustáceos (8 especies). La biomasa del sector es baja, debido a la ausencia de individuos del grupo Mollusca y la dominancia de especies de pequeño tamaño.

En el monitoreo del año 2015 se encontraron 18 especies con una abundancia promedio de 80,5 individuos * 0,1 m⁻². La comunidad estuvo dominada por los anfípodos *Eudevenopus gracilipes*, *Heterophoxus oculatus* y *Microphoxus cornutus*. Solo se detectó una especie de molusco, el caracópil *Oliva peruviana*, que dominó en biomasa, siendo la biomasa promedio del sector baja. Las demás especies encontradas corresponden a 7 crustáceos y 9 poliquetos.

En el presente monitoreo (2016) se detectaron 156 taxa: 8 poliquetos, 5 crustáceos, 1 molusco y 1 nemátodo, que en total aportan una abundancia y una biomasa promedio de 37,3 individuos * 0,1 m⁻² y 4,335 gramos * 0,1 m⁻², respectivamente. La especies dominantes fueron los crustáceos cumáceos *Diastylis tongoyensis* y los nemátodos de la familia Adenophorea. La presencia de moluscos fue escasa, siendo solo se detectado el caracol *Oliva peruviana*, que dominó en biomasa.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DEL PVA 2016.

Los antecedentes presentados en este informe muestran que el funcionamiento del relaveducto submareal de la Compañía Minera del Pacífico S.A. (CAP Minería) ha cumplido con el objetivo de mejorar (con respecto a lo que se observaba mientras se descargaba en el intermareal) y mantener las condiciones ambientales en la Ensenada Chapaco. Entre los años 2000 y 2001, los indicadores físicos utilizados en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) mostraron un incremento en la frecuencia y magnitud en que se presentaban los eventos de turbidez, esto asociado a la operación del relaveducto submarino. Desde el año 2002, las condiciones ambientales de la ensenada han mejorado, registrando porcentajes de días de turbidez significativa entre menos del 10% (año 2007) y 30% (año 2010). El año 2011, el porcentaje de días con turbidez alcanzó a cerca de un 25%, porcentaje que disminuyó a un 15% desde el año de operación 2012 y que es mucho menor al número de eventos de turbidez registrados antes del año 2003. Durante el año 2014 la presencia de eventos de turbidez disminuyó, alcanzando solo un 5% de los días de registro. Desde el año 2015 hasta el presente la situación ha mejorado considerablemente, con un 0% de turbidez anual.

El que aún se registre sedimento fino sobre las rocas a los 6 m y 9 m de profundidad en el costado norte y sur de Ensenada Chapaco, indicaría que en ocasiones una parte del sedimento es resuspendido, transportado y depositado sobre las rocas en una capa muy fina, sólo perceptible al agitar el agua. Situación que también se manifiesta en el sector de referencia Cabo Norte.

Los indicadores de orden biológico señalan que la operación del relaveducto submareal ha contribuido a mejorar las condiciones ambientales de la ensenada, comparado con la situación previa con un relaveducto en el intermareal. No obstante, en un tiempo se comenzaron a encontrar señales apuntando a que la mejora de condiciones se estaba revirtiendo. Este efecto se evidenció en la desaparición del alga parda submareal *Lessonia trabeculata* la que fue reemplazada por un fondo blanqueado dominada por algas crustosas y pobre en fauna móvil. Si bien estos patrones comunitarios se mantuvieron entre los monitoreos del 2002 y 2003, desde el 2004 a la fecha ha sido notoria la mejora de las condiciones ambientales dentro de la ensenada lo que se ha traducido en respuestas de la flora y fauna que apuntan en forma creciente a

condiciones de normalidad. Las mejoras en las condiciones ambientales se traducen en: (a) la consolidación de un cinturón de *Lessonia nigrescens* en el nivel bajo del intermareal, acompañado de una comunidad que no se diferencia de las presentes fuera de la ensenada y (b) un masivo reclutamiento en el submareal de ambos costados de la ensenada del gusano tubícola *Phragmatopoma* sp., formador de arrecifes y generador de biodiversidad. Por otro lado, la ausencia de nuevo reclutamiento del alga parda *Lessonia trabeculata* luego de su desaparición desde el submareal somero de la ensenada observado en el 2004, sugiere, más bien, ser consecuencia de interacciones biológicas, como por ejemplo una gran presencia de especies herbívoras, es así como en el monitoreo del año 2010, en ausencia del caracol *Tegula atra*, se registra nuevamente el reclutamiento del alga *Lessonia*, pero que desaparece el año 2011, hasta el actual monitoreo. Por su parte, la comunidad de fondos blandos de la Ensenada Chapaco, en una escala temporal de 21 años, muestra cambios que se mueven dentro del espectro de variación natural, y que este año exhibe una mayor diferenciación con los muestreos anteriores en el mismo sector y también con los demás sectores, aún así continua siendo más similar a Cabo Norte 1 y 2, que a los demás sectores, lo que probablemente se relaciona con la escasa presencia de especies del taxa Mollusca en Chapaco y Cabo Norte..

Tal como se ha registrado en todos los monitoreos una vez entrado en operación el relaveducto submarino, en el monitoreo del año 2016 no se detectó ningún cambio en las comunidades de fondos rocosos y fondos blandos en las Estaciones de Referencias Sur y Norte atribuible a la operación del relaveducto.

En términos generales, y de acuerdo al diagrama de flujo del PVA para la Planta de Pellets en Huasco de CAP Minería, y aceptado por la DIRECTEMAR, en el presente monitoreo los indicadores físicos indican buenas condiciones ambientales de la Ensenada Chapaco. Paralelamente, el monitoreo de los indicadores biológicos, que dicen relación con los ambientes del intermareal y submareal rocoso, submareal de fondos blandos de la ensenada y ambiente pelágico o columna de agua, muestran características de normalidad. En consecuencia, para el año 2017 corresponde continuar con la etapa de monitoreo de largo plazo, como se desprende del diagrama de flujo del PVA (Figura 26).

7.- LITERATURA CONSULTADA.

- Alvial, A. y J. Moraga. 1986. Estudio de la Circulación en la Bahía de Iquique (20° 12'S, 70° 10' W) usando derivadores. *Inv. Mar.*, Valparaíso, 14: 17-33.
- Bellamy, D.J., D.M. John, D.J. Jones, A. Starkies & A. Whittick, 1972. The place of ecological monitoring in the study of pollution of the marine environment. In: M. Ruivo (Ed.), *Marine pollution and the sea life*. FAO. Fishing News (Books) Ltd., England. pp. 421-425.
- Clarke, K.R., 1990. Comparisons of Dominance Curves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 58: 23-37.
- Davis, R., F. Foote y J. Kelly, 1971. *Tratado de topografía*. Aguilar Ediciones. España.
- Field, J.G., K.R. Clarke & R.M. Warwick, 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.
- González, S.A. & W. Stotz (1995). Patrón de zonación intermareal en la costa rocosa de Chile: Una revaluación. VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Resumen 357. 23 al 27 de octubre de 1995/ Mar del Plata, Argentina.
- Kissam, P., 1978. *Topografía para ingenieros*. Mc-Graw-Hill Book Co., New York.
- Maritime Safety Agency, 1983. *Physical Oceanographic Survey*, Hydrographic Department, Maritime Safety Agency. Tokio. Japon.
- Miethke, S., J.C. Castilla, C. Espoz & D. Oliva, 1992. Impacto ambiental por relaves de cobre en comunidades intermareales rocosas de la III Región. Resúmenes XIII Jornadas de Ciencias del Mar.

- MINSEGPRES, 2001. D.S. 90, del 7 de Marzo de 2001, "Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".
- Neshyba, S. y T. Fonseca, 1981. Corrientes Costeras. Manual de Mediciones y Análisis. Inv. Mar. Valparaíso, Suplemento al Volumen 7: 132 pp.
- Núñez, N.C., 1993. Efectos de los relaves de hierro en la estructura de comunidades intermareales rocosas en bahía Chapaco, Huasco (III Región) Chile. Tesis de licenciatura. Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. 67 PP. y figuras.
- Pacheco, A. & M. Berríos, 1993. Método para determinar la dinámica del sustrato en la zona submareal. Ciencia y Tecnología del Mar, CONA, 16: 3-11.
- Riley, J. P. & R. Chester, 1989. Introducción a la química marina. AGT Editor, S.A., México, D.F. 459 pp.
- Smith, S.D.A. & R.D. Simpson, 1992. Monitoring the shallow sublittoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfast. Marine Pollution Bulletin, 24 (1): 46-52.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf, 1981. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones, España. 833 pp.
- Stephenson T.A. & A. Stephenson, 1972. Life between tide marks rocky shores. W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- Stotz, W.B. & S.A. González, 1995. Efectos de la descarga de colas de procesos mineros sobre las comunidades marinas en el norte de Chile. VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar Resumen 727. 23 al 27 de octubre de 1995. Mar del Plata, Argentina.

- UCN, 1994. Estudio de Línea Base "Proyecto depósito de colas de proceso planta de Pellets de Compañía Minera del Pacífico S.A. en Huasco". Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. Informe Final. 60 pp. y láminas.
- UCN, 1995. Informe anual "Monitoreo depósito submarino de colas de proceso de la Planta de Pellets de Compañía Minera del Pacífico S.A. en Huasco". Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. Informe Final. 127 pp. y láminas.
- UCN, 1996. Informe anual "Monitoreo depósito submarino de colas de proceso de la Planta de Pellets de Compañía Minera del Pacífico S.A. en Huasco". Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. Informe Final. 107 pp. y láminas.
- Vachon, W.A., 1973. Scale model testing of drogues for free drifting buoys. Reports N° R 769, C.S. Draper Laboratory, 455 Technology Square, Cambridge, Mass. 02139, 131 p.
- Vachon, W.A., 1974. Improving drifting buoy performance by scale model testing. Marine Technology Society Journal, 8: 58-62.
- Vachon, W.A., 1982. Drifters. Pub. Air-Sea Interaction, Instruments and Method. Ed. by F. Dobson, L. Hasse and R. Davis. Plenum Press. 2nd. Print: 201-217.
- Warwick, R.M., 1986. A New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macrobenthic Communities. Marine Biology, 92: 557-562.

TABLAS

Tabla 1. Resumen Anual de las Condiciones del Efluente Medidas en un Día de Monitoreo. Se presentan los promedios y valores mínimos y máximos mensuales de Caudal (m³/h), pH y Temperatura (°C), medidos al interior del Drop Box A y los promedios y valores mínimos y máximos mensuales de Temperatura (°C) registrados fuera del Drop Box A.

| | | MEDICIONES EN EL DROP BOX A | | | | | | | | | | | | Promedio 2016 |
|----------------------------|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| Parámetros | Meses | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| Caudal (m ³ /h) | Mínimo | 204,6 | 183,8 | 208,8 | 228,1 | 232,1 | 115,8 | 95,3 | 265,8 | 309,8 | 250,2 | 259,9 | 109,9 | 205,3 |
| | Máximo | 228,0 | 252,0 | 404,0 | 502,1 | 354,9 | 406,6 | 277,8 | 289,8 | 499,8 | 434,9 | 477 | 330,6 | 371,5 |
| | Promedio | 213,7 | 203,9 | 316,1 | 321,8 | 269,5 | 225,9 | 157 | 282,3 | 396,1 | 356,3 | 371,0 | 254,1 | 280,6 |
| pH | Mínimo | 7,4 | 7,4 | 6,8 | 7,1 | 7,4 | 7,3 | 7,4 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 7,0 | 7,2 | 7,2 |
| | Máximo | 7,9 | 7,9 | 7,6 | 8,2 | 7,9 | 8,1 | 7,8 | 8,0 | 8,0 | 8,1 | 8,0 | 8,1 | 8,0 |
| | Promedio | 7,6 | 7,8 | 7,4 | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,6 |
| Temperatura (°C) | Mínimo | 33,5 | 38,0 | 36,0 | 34,50 | 34,4 | 28,6 | 36,4 | 36,0 | 36,1 | 35,6 | 38,4 | 37,4 | 35,4 |
| | Máximo | 37,2 | 39,3 | 37,8 | 37,00 | 37,0 | 39,1 | 36,7 | 39,2 | 39,9 | 36,2 | 39,6 | 39,0 | 38,2 |
| | Promedio | 36,3 | 38,5 | 37,0 | 35,30 | 34,9 | 35,1 | 36,5 | 38,3 | 36,5 | 35,9 | 39,0 | 38,5 | 36,8 |
| | | MEDICIONES AL MOMENTO DE LA DESCARGA | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura (°C) | Mínimo | 22,0 | 21,2 | 22,1 | 17,8 | 20,8 | 17,3 | 15,9 | 17,0 | 20,8 | 17,7 | 20,7 | 20,4 | 19,5 |
| | Máximo | 34,1 | 30,3 | 28,9 | 26,9 | 22,2 | 22,0 | 23,8 | 23,0 | 24,4 | 24,6 | 27,7 | 26,3 | 26,2 |
| | Promedio | 27,3 | 26,3 | 24,4 | 21,3 | 21,5 | 20,4 | 20,0 | 19,4 | 22,8 | 20,8 | 23,9 | 23,2 | 22,6 |

Tabla 2. Coordenadas U.T.M. de los puntos de lance de derivadores para el estudio de corrientes en Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama).

| PUNTO DE LANCE | COORDENADAS U.T.M. | |
|-------------------|--------------------|------------|
| | NORTE | ESTE |
| L1 | 6.847.582,51 | 278.880,30 |
| L2 | 6.847.467,25 | 278.795,96 |
| L3 | 6.847.369,24 | 278.766,30 |

Tabla 3. Comportamiento de los vientos del día 30 de Agosto de 2016 durante el periodo de lance de derivadores para el estudio de corrientes en Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama).

| Corrientes: Vientos en Ensenada Chapaco | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------|
| (30 de Agosto de 2016) | | | | | |
| Hora (Hora y min.) | Velocidad (m·s ⁻¹) | Dirección | Hora (Hora y min.) | Velocidad (m·s ⁻¹) | Dirección |
| 09 h 10' | 2,5 | NE | 13 h 00'' | 2,5 | SW |
| 09 h 40' | 3,0 | NE | 20' | 2,5 | SW |
| 10 h 00' | 3,5 | NE | 14 h 00' | 2,0 | SW |
| 20' | 3,0 | NW | 20' | 3,0 | SW |
| 40' | 4,0 | NW | | | |
| 11 h 00' | 3,0 | NW | | | |
| 20' | 2,5 | NW | | | |
| 40' | 2,0 | NW | | | |
| 12 h 00' | 2,0 | NW | | | |
| 20' | 2,5 | SW | | | |
| 40' | 2,0 | SW | | | |

Tabla 4. Velocidad y dirección de las resultantes del estudio de corrientes realizado el día 30 de Agosto de 2016 en Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama).

| Corrientes: Velocidad y dirección de las resultantes (30 de Agosto de 2016) | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Punto de lance | Hora de lance (h:min) | Profundidad (m) | Resultante (N°) | Velocidad (cm/s) | Dirección (Rumbo) |
| 1 | 10:20 | 0,5 | 1 | 6,69 | N-75°49'-W |
| 1 | 12:20 | 0,5 | 2 | 2,23 | S-25°12'-W |
| 1 | 13:20 | 0,5 | 3 | 4,43 | N-82°29'-W |
| 1 | 10:20 | 5,0 | 1 | 3,40 | N-78°10'-W |
| 1 | 12:20 | 5,0 | 2 | 1,79 | N-65°35'-W |
| 1 | 13:20 | 5,0 | 3 | 0,80 | W |
| 2 | 10:20 | 0,5 | 1 | 6,95 | N-76°08'-W |
| 2 | 12:20 | 0,5 | 2 | 3,64 | S-45°19'-W |
| 2 | 13:20 | 0,5 | 3 | 5,77 | N-56°06'-W |
| 2 | 10:20 | 20,0 | 1 | 1,55 | N-53°45'-W |
| 2 | 12:20 | 20,0 | 2 | 1,20 | S-38°05'-W |
| 2 | 13:20 | 20,0 | 3 | 2,07 | S-47°43'-W |
| 3 | 10:20 | 0,5 | 1 | 3,01 | S-48°07'-E |
| 3 | 12:20 | 0,5 | 2 | 3,15 | S-51°44'-W |
| 3 | 13:20 | 0,5 | 3 | 10,53 | S-70°00'-W |
| 3 | 10:20 | 20,0 | 1 | 0,97 | N-14°30'-W |
| 3 | 12:20 | 20,0 | 2 | 2,86 | N-15°03'-W |
| 3 | 13:20 | 20,0 | 3 | 0,90 | S-35°55'-W |

Tabla 5. Comportamiento de los vientos del día 31 de Agosto de 2016 durante el periodo de lance de derivadores para el estudio de corrientes en Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama).

| Corrientes: Vientos en Ensenada Chapaco | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------|
| (31 de Agosto de 2016) | | | | | |
| Hora (Hora y min.) | Velocidad (m·s ⁻¹) | Dirección | Hora (Hora y min.) | Velocidad (m·s ⁻¹) | Dirección |
| 09 h 40' | 1,0 | NE | 20' | 2,5 | SW |
| 10 h 00' | 1,0 | NE | 40' | 2,5 | SW |
| 20' | 1,0 | NE | 14 h 00' | 3,0 | SW |
| 40' | 1,5 | NE | | | |
| 11 h 00' | 1,0 | NW | | | |
| 20' | 1,5 | NW | | | |
| 40' | 2,0 | NW | | | |
| 12 h 00' | 2,0 | NW | | | |
| 20' | 1,5 | SW | | | |
| 40' | 2,0 | SW | | | |
| 13 h 00' | 2,5 | SW | | | |

Tabla 6. Velocidad y dirección de las resultantes del estudio de corrientes realizado el día 31 de Agosto de 2016 en Ensenada Chapaco (Hiasco, Región de Atacama).

| Corrientes: Velocidad y dirección de las resultantes (31 de Agosto de 2016) | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Punto de lance | Hora de lance (h:min) | Profundidad (m) | Resultante (Nº) | Velocidad (cm/s) | Dirección (Rumbo) |
| 1 | 09:40 | 0,5 | 1 | 4,69 | N-85°10'-W |
| 1 | 11:00 | 0,5 | 2 | 3,22 | S-24°42'-W |
| 1 | 12:40 | 0,5 | 3 | 2,95 | S-27°39'-E |
| 1 | 09:40 | 5,0 | 1 | 0,80 | N-69°10'-W |
| 1 | 11:00 | 5,0 | 2 | 1,07 | N-77°48'-W |
| 1 | 12:40 | 5,0 | 3 | 3,48 | N-53°48'-W |
| 2 | 09:40 | 0,5 | 1 | 4,27 | S-67°33'-W |
| 2 | 11:00 | 0,5 | 2 | 2,85 | S-52°20'-W |
| 2 | 12:40 | 0,5 | 3 | 3,05 | S-48°50'-W |
| 2 | 09:40 | 20,0 | 1 | 2,09 | N-45°33'-W |
| 2 | 11:00 | 20,0 | 2 | 0,980 | S-61°30'-W |
| 2 | 12:40 | 20,0 | 3 | 3,32 | N-32°07'-W |
| 3 | 09:40 | 0,5 | 1 | 9,80 | S-70°30'-W |
| 3 | 11:00 | 0,5 | 2 | 3,50 | S-47°00'-W |
| 3 | 12:40 | 0,5 | 3 | 6,40 | S-15°48'-E |
| 3 | 09:40 | 20,0 | 1 | 1,06 | S-70°38'-W |
| 3 | 11:00 | 20,0 | 2 | 1,25 | N-14°13'-W |
| 3 | 12:40 | 20,0 | 3 | 3,80 | N-04°40'-W |

Tabla 7. Estado del tiempo al momento de realizar el registro de la turbidez de las aguas superficiales en Ensenada Chapaco durante el periodo de 2016.

| ESTADO DEL TIEMPO | | NÚMERO DE DÍAS | | | | | | | | | | | | Total 2016 |
|-----------------------------|---------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Característica | Total 2015 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| Cielos despejados | 140 | 11 | 14 | 7 | 15 | 6 | 6 | 12 | 12 | 8 | 18 | 20 | 22 | 151 |
| Nublado | 162 | 11 | 11 | 20 | 12 | 15 | 16 | 9 | 14 | 17 | 7 | 8 | 6 | 146 |
| Niebla, en manchones | 42 | 3 | | 3 | | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | | | 2 | 23 |
| Niebla, cielo perceptible | 19 | 6 | 4 | 1 | 3 | 6 | 3 | 7 | 3 | 2 | 6 | 2 | 1 | 44 |
| Niebla, cielo imperceptible | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| Llovizna intermitente | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | 2 |
| Llovizna continuada | | | | | | | | | | | | | | |
| Llovizna y lluvia ligera | | | | | | | | | | | | | | |
| Lluvia intermitente | | | | | | | | | | | | | | |
| Lluvia permanente | | | | | | | | | | | | | | |
| Total anual | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 366 |

Tabla 8. Fuerza de los vientos predominantes al momento de realizar el registro de la turbidez de las aguas superficiales en Ensenada Chapaco para el periodo de 2016.

| VIENTOS | | NÚMERO DE DÍAS | | | | | | | | | | | | Total |
|--------------------|---------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Fuerza (m/s) | Total 2015 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | 2016 |
| < 0,2 | 11 | 2 | | | | | | | | 2 | | | | 4 |
| 0,3 – 1,5 | 100 | 10 | 5 | 14 | 6 | 12 | 12 | 9 | 11 | 3 | 10 | 7 | 8 | 107 |
| 1,6 – 3,3 | 182 | 10 | 21 | 17 | 18 | 17 | 14 | 15 | 14 | 22 | 17 | 19 | 15 | 199 |
| 3,4 – 5,3 | 55 | 9 | 2 | | 5 | 1 | 3 | 7 | 6 | 4 | 2 | 4 | 5 | 48 |
| 5,4 – 7,9 | 16 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 3 | 7 |
| 8,0 – 10,7 | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| 10,8 – 13,8 | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 13,9 – 17,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,2 – 20,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20,8 – 24,4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 24,5 – 28,4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 28,5 – 32,6 | | | | | | | | | | | | | | |
| > 32,6 | | | | | | | | | | | | | | |
| Total anual | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 366 |

Tabla 9. Dirección de los vientos predominantes al momento de realizar el registro de la turbidez de las aguas superficiales en Ensenada Chapaco para el periodo de 2016.

| VIENTOS | | NÚMERO DE DÍAS | | | | | | | | | | | | Total 2016 |
|-------------------------------|---------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| <i>Dirección al registrar</i> | Total 2015 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| Norte | 10 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Noreste | 48 | 5 | | | 2 | 4 | 3 | | 4 | 5 | 2 | 3 | 1 | 29 |
| Este | 13 | | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | 2 | | | 3 | 10 |
| Sureste | 185 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 7 | | 2 | 1 | 1 | 4 | 19 |
| Sur | 54 | 2 | 1 | 7 | | 1 | 3 | 4 | | | 3 | 7 | 4 | 32 |
| Suroeste | 8 | 13 | 22 | 19 | 18 | 18 | 18 | 12 | 21 | 11 | 18 | 15 | 14 | 199 |
| Oeste | 5 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Noroeste | 42 | 9 | 6 | 4 | 7 | 6 | 4 | 8 | 5 | 10 | 7 | 4 | 5 | 75 |
| Total anual | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 366 |

Tabla 10. Estado del mar al momento de realizar el registro de la turbidez de las aguas superficiales en Ensenada Chapaco para 2016.

| ESTADO DEL MAR | | NÚMERO DE DÍAS | | | | | | | | | | | | Total 2016 |
|--------------------|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Características | Total 2015 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| Calma | 20 | 2 | | | 1 | 1 | | | | | 2 | | | 6 |
| Llana | 104 | 9 | 5 | 7 | 5 | 5 | 1 | 7 | 3 | 3 | 2 | 5 | 8 | 60 |
| Rizada | 193 | 15 | 17 | 16 | 21 | 23 | 15 | 18 | 22 | 26 | 23 | 18 | 23 | 237 |
| Marejadilla | 26 | 4 | 6 | 7 | 3 | 2 | 9 | 5 | 2 | | 4 | 3 | | 45 |
| Marejada | 14 | 1 | | 1 | | | 4 | 1 | 4 | 1 | | 4 | | 16 |
| Gruesa | 8 | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Muy gruesa | | | | | | | | | | | | | | |
| Arbolada | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| Montañosa | | | | | | | | | | | | | | |
| Confusa | | | | | | | | | | | | | | |
| Total anual | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 366 |

Tabla 11. Número de días y proporción del área de aguas turbias en Ensenada Chapaco para el periodo de 2016.

| TURBIDEZ | | NÚMERO DE DÍAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Area con aguas turbias | Total | | | | | | | | | | | | | Total |
| | 2015 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | 2016 |
| > 75% | 17 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 50% - 75% | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 25% - 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 10% - 25% | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 1% - 10% | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Total días agua | | | | | | | | | | | | | | |
| Turbia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aguas claras | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 366 |
| Sin registro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total anual | 365 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 366 |

Tabla 12. Niveles de sedimentación sobre el fondo rocoso en diferentes comunidades submareales de Ensenada Chapaco y alrededores. La escala usada considera cuatro niveles diferentes: (0) = no hay sedimentos, (1) Sedimentos sólo evidentes al agitar el agua, (2) Sedimento sobre las rocas, pero no sobre estructuras emergentes y (3) Sedimento cubre toda superficie. Se presentan los niveles registrados para cada sector y la sumatoria de estos.

| SEDIMENTACIÓN SOBRE EL FONDO ROCOSO SUBMAREAL | | | | | | | |
|---|--|------------------------------|--|--|----------|--|----------|
| AREAS INTERIORES ENSENADA CHAPACO | | | | AREAS AJENAS A ENSENADA CHAPACO | | | |
| COSTADO SUR | | COSTADO NORTE | | PUNTA LACHOS | | CABO NORTE 2 | |
| | | | | FONDO BLANQUEADO (3 m) | | FONDO BLANQUEADO (3 m) | |
| Costado | | Superior | | Costado | Superior | Costado | Superior |
| 0 | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FONDO BLANQUEADO (6 m) | | FONDO BLANQUEADO (6 m) | | LESSONIA/ FONDO BLANQUEADO (6 m) | | LESSONIA/ FONDO BLANQUEADO (6 m) | |
| Costado | | Superior | | Costado | Superior | Costado | Superior |
| 0 | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| INCRUSTANTES (9 m) | | INCRUSTANTES (9m) | | LESSONIA (9 m) | | LESSONIA (9 m) | |
| Costado | | Superior | | Costado | Superior | Costado | Superior |
| 0 | | 2 | | 0 | 0 | 0 | 1 |

Tabla 13. Composición y abundancia relativa de la flora y fauna presente en la Zona intermareal de Ensenada Chapaco y alrededores (Región de Atacama). Los porcentajes (%) corresponden a cobertura. Las referencias se refieren a la abundancia.

| | SECTORES DE ESTUDIO | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|----------------------------------|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------|----------------|
| | CABO NORTE | CABO NORTE 2 | CHAPACO Frente a actual emisario | CHAPACO 150 m Ex – emisario (costado norte) | CHAPACO Costado Norte (frente a ex-emisario) | CHAPACO Costado Sur de la descarga | CHAPACO Costado Sur de la Ensenada | PUNTA LACHOS | PUNTA LACHOS 2 |
| FRANJA SUPRALITORAL | | | | | | | | | |
| Espacio libre | >90% | >90% | >90% | >90% | >90% | >90% | >90% | >90% | >90% |
| <i>Nodilittorina</i> spp. | Escaso | Escaso | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante |
| <i>Porphyra columbina</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FRANJA MEDIOLITORAL | | | | | | | | | |
| Espacio libre | >10% | >10% | >25% | >25% | >10% | >10% | >25% | >25% | >25% |
| <i>Ulva</i> sp. | >10% | >10% | >10% | >10% | <10% | >10% | <10% | <10% | <10% |
| <i>Porphyra columbina</i> | <10% | >10% | >50% | >25% | >50% | >50% | >25% | >50% | >50% |
| <i>Gelidium chilense</i> | >10% | <10% | >50% | >50% | >10% | >25% | >25% | >25% | >25% |
| <i>Polysiphonia</i> sp. | >25% | >25% | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | >10% | - | - | - | - | - | - | >10% | <10% |
| <i>Endarachne binghamiae</i> | - | - | - | - | - | <10% | - | - | - |
| <i>Corallina officinalis</i> | - | >10% | - | >25% | >10% | >10% | >25% | - | - |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | - | - | - | - | - | <10% | - | - | - |
| <i>Perumytilus purpuratus</i> | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Abundante | Escaso | Escaso |
| <i>Cirripedia</i> | <10% | <10% | <10% | >10% | <10% | >10% | >10% | >10% | >10% |
| <i>Hildenbrandia</i> | <10% | >10% | >10% | - | >10% | >10% | - | - | >25% |
| <i>Scurria variabilis</i> | Abundante | Abundante | Abundante | Escaso | Abundante | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso |
| <i>Scurria viridula</i> | Escaso | Escaso | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Chiton granosus</i> | - | Escaso | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Collisella zebrina</i> | - | Escaso | - | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso |
| <i>Fissurella</i> spp. | Escaso | - | - | Escaso | - | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso |
| <i>Helianthus helianthus</i> | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante |
| FRANJA INFRALITORAL | | | | | | | | | |
| Espacio libre | >10% | >10% | >10% | >10% | <10% | <10% | >10% | >10% | >10% |
| <i>Codium dimorphum</i> | >10% | <10% | >10% | >25% | <10% | >10% | >25% | >25% | >50% |
| <i>Corallina officinalis</i> | >10% | <10% | <10% | >10% | >10% | >25% | >10% | <10% | >10% |
| <i>Mesophyllum</i> sp. | >25% | >25% | >25% | >50% | >10% | >25% | >50% | >25% | >50% |
| <i>Lessonia nigrescens</i> | >25% | >50% | >25% | >25% | >50% | >25% | >50% | >50% | >50% |
| <i>Phymactis clematis</i> | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Escaso | Abundante | Escaso | Escaso | Escaso |
| <i>Tegula atra</i> | - | Escaso | Escaso | - | Escaso | Escaso | - | - | - |
| <i>Acanthopleura echinata</i> | - | - | Escaso | - | Escaso | - | Escaso | Escaso | Escaso |
| <i>Enoplochiton niger</i> | Escaso | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Abundante | Escaso | Escaso |
| <i>Fissurella</i> spp. | - | Escaso | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Concholepas concholepas</i> | - | - | - | - | - | - | - | Escaso | - |
| <i>Tetrapyge niger</i> | - | Escaso | - | - | - | Escaso | - | - | - |

Tabla 14. Abundancia del alga verde *Enteromorpha* sp. en la Zona intermareal de Ensenada Chapaco y alrededores (Región de Atacama). Se indica el promedio de la cobertura.

| Cobertura del alga <i>Ulva</i> spp. (ex <i>Enteromorpha</i> sp.) (%) | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|---|--|--|--|-------------------|-------------------|
| SECTORES DE ESTUDIO | | | | | | | | |
| CABO NORTE 1 | CABO NORTE 2 | CHAPACO Frente a actual emisario | CHAPACO 150 m Ex - emisario (costado norte) | CHAPACO Costado Norte (frente a ex-emisario) | CHAPACO Costado Sur de la descarga | CHAPACO Costado Sur de la Ensenada | PUNTA LACHOS 1 | PUNTA LACHOS 2 |
| 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 5% | 0% |

Tabla 15. Abundancia de organismos de niveles tróficos altos (carnívoros) presentes en la Zona intermareal de Ensenada Chapaco y alrededores (Región de Atacama). Se indica la sumatoria de las tres franjas muestreadas.

| | SECTORES DE ESTUDIO | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|--|---|--|--|--|-------------------|-------------------|
| | CABO NORTE 1 | CABO NORTE 2 | CHAPACO Frente a actual emisario | CHAPACO 150 m Ex - emisario (costado norte) | CHAPACO Costado Norte (frente a ex-emisario) | CHAPACO Costado Sur de la descarga | CHAPACO Costado Sur de la Ensenada | PUNTA LACHOS 1 | PUNTA LACHOS 2 |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | 14 | 14 | 17 | 11 | 15 | - | 18 | 15 | 14 |
| <i>Heliaster helianthus</i> | 9 | 15 | 10 | 12 | 10 | 22 | 17 | 18 | 14 |
| <i>Phymactis clematis</i> | 5 | 6 | 3 | 3 | 6 | - | 4 | 2 | 7 |
| <i>Anthothoe chilensis</i> | - | - | - | - | - | 12 | - | - | - |
| TOTAL | 28 | 35 | 30 | 26 | 31 | 34 | 39 | 35 | 35 |

Tabla 16. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en el Costado Norte de Ensenada Chapaco.

| Costado Norte Ensenada Chapaco | | |
|---|--|-----------------------------|
| FONDOS BLANQUEADOS | | |
| 0 - 5 m | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | > 75% |
| Algas foliosas | | > 10% |
| Algas Laminariales | | 1-10% |
| Juveniles de <i>L. trabeculata</i> | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapygyus niger</i> | | |
| Abundancia | | < 10 ind · m ⁻² |
| Distribución de tallas | | Normal |
| <i>Phymanthea pluvia</i> (abundancia) | | Presente en densidad normal |
| <i>Concholepas concholepas</i> (abundancia) | | No se observó |
| <i>Tegula atra</i> (abundancia) | | No se observó |
| VISIBILIDAD: | | 3 m |
| COMUNIDAD DE INCRUSTANTES (EX-CIRRIPIEDIOS) | | |
| 5 - 10 m | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | >50% |
| Algas rodófitas crustosas | | No se observó |
| Algas foliosas | | 10 - 25% |
| Algas Laminariales | | No se observó |
| Juveniles de <i>L. trabeculata</i> | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| Cirripedios | | < 10% |
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | | > 25% |
| Colonias de Briozoa | | No se observó |
| Fauna móvil | | Presente en densidad normal |
| <i>Tetrapygyus niger</i> | | No se observó |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | Presente en baja desidad |
| <i>Tegula atra</i> | | No se observó |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | No se observó |
| VISIBILIDAD: | | 2 m |

Tabla 17. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en el Costado Sur de Ensenada Chapaco.

| Costado Sur Ensenada Chapaco | |
|--|-------------------------------|
| COMUNIDAD DE FONDOS BLANQUEADOS | |
| (0 – 3 m) | |
| • MACROALGAS | |
| Algas crustosas calcáreas | > 75% |
| Algas foliosas | No se observó |
| Alga crustosa roja | No se observó |
| Juveniles de <i>L. Trabeculata</i> | No se observó |
| • FAUNA | |
| Fauna móvil | Presente |
| <i>Tetrapygius niger</i> | |
| Abundancia | 10 a 20 ind./m ² |
| Distribución de talla | Normal |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | Presente en abundancia normal |
| <i>Heliaster helianthus</i> | Abundante |
| <i>Tegula atra</i> | No se observó |
| <i>Fissurella</i> sp. | No se observó |
| <i>Concholepas concholepas</i> . | No se observó |
| VISIBILIDAD: | 2 m |
| COMUNIDAD DE INCRUSTANTES | |
| (3 – 10 m) | |
| • MACROALGAS | |
| Algas crustosas calcáreas | >50% |
| Algas foliosas | > 25% |
| Alga crustosas rojas | No se observó |
| Algas laminariales | No se observó |
| Juveniles de <i>L. Trabeculata</i> | No se observó |
| • FAUNA | |
| Fauna móvil | Presente |
| <i>Tetrapygius niger</i> | No se observó |
| Colonias de Hydrozoa | No se observó |
| <i>Phragmatopoma</i> sp. | No se observó |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No se observó |
| <i>Heliaster helianthus</i> | Abundante |
| <i>Tegula atra</i> | No se observó |
| <i>Fissurella</i> sp. | No se observó |
| VISIBILIDAD: | 2 m |

Tabla 18. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en la estación de referencia norte en el sector denominado Cabo Norte.

| Norte de Ensenada Chapaco: Sector Cabo Norte | |
|--|----------------------------|
| FONDOS BLANQUEADOS (0 - 3 m) | |
| • MACROALGAS | |
| Algas crustosas calcáreas | > 75% |
| Algas foliosas | 1-10% |
| Algas Laminariales | No se observó |
| Juveniles de <i>L. trabeculata</i> | No se observó |
| • FAUNA | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | |
| Abundancia | < 10 ind . m ⁻² |
| Distribución de tallas | Normal |
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | < 10 % |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | Presente |
| <i>Concholepas concholepas</i> | Presente |
| <i>Tegula atra</i> | Presente |
| <i>Fissurella spp.</i> | No se observó |
| <i>Heliaster helianthus</i> | Abundante |
| VISIBILIDAD: | 8 m |

Tabla 19. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en la estación de referencia norte en el sector denominado Cabo Norte 2.

| Norte de Ensenada Chapaco: Sector Cabo Norte 2 | | |
|---|---------------|--|
| COMUNIDAD DE MACROALGAS (3 – 6 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | < 25% | |
| Algas foliosas | >25% | |
| <i>Glossophora kunthii</i> | < 10% | |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | No se observó | |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | Presente | |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | Presente | |
| <i>Heliaster helianthus</i> | Presente | |
| <i>Tegula atra</i> | Presente | |
| <i>Fissurella</i> spp. | Presente | |
| <i>Concholepas concholepas</i> | No se observó | |
| Fauna Móvil | Abundante | |
| VISIBILIDAD: | 7 m | |
| COMUNIDAD DE <i>Lessonia trabeculata</i> (6 – 9 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | < 50% | |
| Algas foliosas | > 10% | |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | No se observó | |
| <i>Halopteris</i> sp. | No se observó | |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | No se observó | |
| Fauna Móvil | Abundante | |
| <i>Concholepas concholepas</i> | Abundante | |
| Cirripedios | <10% | |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No se observó | |
| <i>Heliaster helianthus</i> | No se observó | |
| <i>Tegula</i> spp. | Presente | |
| <i>Phragmatopoma</i> sp. | No se observó | |
| <i>Pyura chilensis</i> | Abundante | |
| Briozoa | < 10% | |
| VISIBILIDAD: | 6 m | |

Tabla 20. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en el sector de Punta Lachos al sur de Huasco.

| Sur de Huasco: Sector Punta Lachos | | |
|--|--|-------------------------------|
| COMUNIDAD DE FONDOS BLANQUEADOS (0 - 3 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | >75% |
| Algas foliosas | | 1 - 10% |
| Algas Laminariales | | No se observó |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | Presentes |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | | |
| Abundancia | | 10 – 20 ind · m ⁻² |
| Distribución de tallas | | Normal |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | Abundante |
| <i>Tegula atra</i> | | Presente |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | Presente |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| <i>Fissurella</i> spp. | | Presente |
| VISIBILIDAD: | | 4 m |
| COMUNIDAD DE MACROALGAS (3 – 6 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | > 50% |
| Algas foliosas | | 10 - 25% |
| <i>Glossophora kunthii</i> | | < 10% |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | Presentes |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | | Presente |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | Presente |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | Presente |
| <i>Tegula atra</i> | | Presente |
| <i>Fissurella</i> spp. | | Presente |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| Fauna Móvil | | Presente |
| VISIBILIDAD: | | 4 m |

Tabla 20. Continuación.

| Sur de Huasco: Sector Punta Lachos | | |
|---|--|---------------|
| COMUNIDAD DE <i>Lessonia trabeculata</i> (6 – 9 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | > 75% |
| Algas foliosas | | 1-10% |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | No se observó |
| <i>Halopteris</i> sp. | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | | No se observó |
| Fauna Móvil | | Abundante |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| Cirripedios | | <10% |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | No se observó |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | No se observó |
| <i>Tegula</i> spp. | | No se observó |
| <i>Phragmatopoma</i> sp. | | 10 - 25% |
| Briozoa | | < 10% |
| VISIBILIDAD: | | 8 m |

Tabla 21. Características del patrón de zonación de las comunidades submareales presentes en el sector de Punta Lachos 2 al sur de Huasco.

| Sur de Huasco: Sector Punta Lachos 2 | | |
|--|--|---------------|
| COMUNIDAD DE FONDOS BLANQUEADOS (0 - 3 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | 25-50% |
| Algas foliosas | | < 10% |
| Algas Laminariales | | < 10% |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapygyus niger</i> | | No se observó |
| Fauna Móvil | | Abundante |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | Presente |
| <i>Tegula atra</i> | | Presente |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | Presente |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| <i>Fissurella</i> spp. | | Presente |
| VISIBILIDAD: | | 4 m |
| COMUNIDAD DE MACROALGAS (3 – 6 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | 50 - 75% |
| Algas foliosas | | > 10% |
| <i>Glossophora kunthii</i> | | No se observó |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapygyus niger</i> | | No se observó |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | Presente |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | Presente |
| <i>Tegula atra</i> | | No se observó |
| <i>Fissurella</i> spp. | | Presente |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| Fauna Móvil | | Abundante |
| VISIBILIDAD: | | 4 m |

Tabla 21. Continuación.

| Sur de Huasco: Sector Punta Lachos 2 | | |
|---|--|---------------|
| COMUNIDAD DE <i>Lessonia trabeculata</i> (6 – 9 m) | | |
| • MACROALGAS | | |
| Algas crustosas calcáreas | | 50 - 75% |
| Algas foliosas | | < 10% |
| Juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> | | No se observó |
| <i>Halopteris</i> sp. | | No se observó |
| • FAUNA | | |
| <i>Tetrapyrgus niger</i> | | No se observó |
| Fauna Móvil | | Abundante |
| <i>Concholepas concholepas</i> | | No se observó |
| Cirripedios | | <10% |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | | No se observó |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | No se observó |
| <i>Tegula</i> spp. | | No se observó |
| <i>Phragmatopoma</i> sp. | | 10 - 25% |
| <i>Branchiodonthea granulata</i> | | < 10% |
| Briozoa | | < 10% |
| VISIBILIDAD: | | 8 m |

Tabla 22. Reclutamiento de juveniles y características del alga parda *Lessonia trabeculata* en Ensenada Chapaco y alrededores.

| Característica del alga submareal <i>Lessonia trabeculata</i> | | | | |
|--|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| | AREAS INTERIORES ENSENADA CHAPACO | | AREAS AJENAS A ENSENADA CHAPACO | |
| | COSTADO SUR | COSTADO NORTE | PUNTA LACHOS | CABO NORTE |
| | ALGAS (3 m) | FONDO BLANQUEADO (3 m) | FONDO BLANQUEADO (3 m) | FONDO BLANQUEADO (3 m) |
| <i>Cobertura</i> | No se observó | No se observó | Presentes | No se observó |
| <i>Densidad</i> | | | | |
| <i>Longitud</i> | | | | |
| <i>Diámetro disco</i> | | | | |
| <i>Juveniles</i> | No hay juveniles | No hay juveniles | Presentes | No hay juveniles |
| | LESSONIA (6 m) | CIRRIPIEDIOS (6 m) | ALGAS (5 m) | |
| <i>Cobertura</i> | No se observó | No se observó | 11,33 ± 5,08 % | |
| <i>Densidad</i> | | | 4,53 ± 1,58 ind·m ⁻² | |
| <i>Longitud</i> | | | 102,03 ± 18,73 cm | |
| <i>Diámetro disco</i> | | | 28,33 ± 5,47 cm | |
| <i>Juveniles</i> | No hay juveniles | No hay juveniles | Presentes | |
| | INCRUSTANTES (9 m) | | LESSONIA (9 m) | |
| <i>Cobertura</i> | No se observó | | 29,58 ± 7,01 % | |
| <i>Densidad</i> | | | 4,23 ± 1,98 ind·m ⁻² | |
| <i>Longitud</i> | | | 147,99 ± 27,28 cm | |
| <i>Diámetro disco</i> | | | 27,04 ± 9,01cm | |
| <i>Juveniles</i> | No hay juveniles | | Presentes | |

Tabla 23. Abundancia (Nº individuos * 0,1 m⁻²) de la macroinfauna de fondos blandos presentes en Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama), encontrados en la Campaña de Invierno de 2016. Se muestra promedio (Media) y la desviación estándar (DS).

| | Chapaco | | Huasco 1 | | Huasco 2 | | Punta Lachos 1 | | Punta Lachos 2 | | Cabo Norte 1 | | Cabo Norte 2 | | Total Área Estudio | | Dominancia* |
|-----------------------|---------|------|----------|-------|----------|------|----------------|------|----------------|-------|--------------|------|--------------|------|--------------------|-------|-------------|
| | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | |
| NEMATODA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adenophorea | 5,8 ± | 10,1 | - | | - | | 30,3 ± | 11,0 | - | | - | | - | | 64,2 ± | 28,7 | 2,604 |
| Total Nematoda | 5,8 ± | 1,53 | - | | - | | 30,3 ± | 1,53 | - | | - | | - | | 64,2 ± | 1,53 | 2,60 |
| POLYCHAETA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aglaophamus sp. | - | | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | 1,2 ± | 2,0 | - | | - | | 3,5 ± | 6,1 | 0,142 |
| Apistobranchidae | - | | - | | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | 0,095 |
| Branchiocapitella sp. | 1,2 ± | 2,0 | 9,3 ± | 13,4 | 26,8 ± | 9,4 | 35,0 ± | 16,0 | 11,7 ± | 12,9 | - | | - | | 84,0 ± | 53,8 | 3,409 |
| Capitellidae | 1,2 ± | 2,0 | 8,2 ± | 11,4 | 25,7 ± | 12,7 | - | | 58,3 ± | 21,5 | - | | 4,8 ± | 6,2 | 98,2 ± | 53,9 | 3,977 |
| Chaetozone | - | | - | | - | | - | | 128,3 ± | 21,7 | - | | - | | 128,3 ± | 21,7 | 5,208 |
| Cirratulidae | - | | - | | - | | 1,2 ± | 2,0 | 15,2 ± | 16,1 | - | | - | | 16,3 ± | 18,2 | 0,663 |
| Cossura sp. | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | - | | - | | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | 0,095 |
| Dasybranchus sp. | - | | - | | - | | - | | 4,7 ± | 8,1 | - | | - | | 4,7 ± | 8,1 | 0,189 |
| Dispio uncinata | - | | - | | - | | - | | - | | 8,2 ± | 9,0 | - | | 8,2 ± | 9,0 | 0,331 |
| Goniada sp. | 1,2 ± | 2,0 | - | | 1,2 ± | 2,0 | - | | - | | 0,0 ± | 0,0 | - | | 2,3 ± | 4,0 | 0,095 |
| Hessionidae | - | | - | | - | | 4,7 ± | 8,1 | 28,0 ± | 14,8 | 9,3 ± | 5,5 | 3,0 ± | 5,2 | 45,0 ± | 33,6 | 1,799 |
| Lumbrineris sp. | 2,3 ± | 2,0 | 7,0 ± | 9,6 | 1,2 ± | 2,0 | 2,3 ± | 2,0 | 15,2 ± | 9,0 | - | | - | | 28,0 ± | 24,6 | 1,136 |
| Maldanidae | - | | - | | 1,2 ± | 2,0 | - | | - | | - | | - | | 1,2 ± | 2,0 | 0,047 |
| Mediomastus sp. | 2,3 ± | 4,0 | 10,5 ± | 11,3 | 8,2 ± | 9,0 | - | | 9,3 ± | 11,4 | - | | - | | 30,3 ± | 35,8 | 1,231 |
| Nephtys sp. | 2,3 ± | 4,0 | 10,5 ± | 15,4 | 5,8 ± | 7,5 | 1,2 ± | 2,0 | 2,3 ± | 4,0 | 3,5 ± | 4,0 | 2,3 ± | 4,0 | 28,0 ± | 41,2 | 1,136 |
| Nereididae | - | | - | | 5,8 ± | 5,5 | - | | 8,2 ± | 7,5 | - | | - | | 14,0 ± | 13,1 | 0,568 |
| Oenonidae | - | | 100,3 ± | 28,4 | 14,0 ± | 16,4 | - | | 21,0 ± | 9,6 | 4,7 ± | 5,5 | - | | 140,0 ± | 59,9 | 5,682 |
| Opheliidae | - | | 1,2 ± | 2,0 | 2,3 ± | 2,0 | 2,3 ± | 4,0 | 5,8 ± | 8,1 | - | | - | | 11,7 ± | 16,2 | 0,473 |
| Orbiniidae | - | | - | | - | | - | | - | | - | | 4,7 ± | 6,1 | 4,7 ± | 6,1 | 0,189 |
| Paraonidae | - | | 7,0 ± | 6,1 | - | | - | | 5,8 ± | 5,5 | 11,7 ± | 11,6 | 11,1 ± | 13,8 | 35,6 ± | 36,9 | 1,468 |
| Phyllodoce sp. | - | | 4,7 ± | 8,1 | - | | 1,2 ± | 2,0 | 9,3 ± | 8,1 | - | | - | | 15,2 ± | 18,2 | 0,616 |
| Pisone sp. | - | | - | | - | | - | | 17,5 ± | 12,1 | - | | - | | 17,5 ± | 12,1 | 0,710 |
| Prionospio peruana | 2,3 ± | 4,0 | 30,3 ± | 23,3 | - | | 8,2 ± | 4,0 | 8,2 ± | 11,4 | 8,2 ± | 11,4 | 3,5 ± | 4,0 | 60,7 ± | 58,3 | 2,557 |
| Sigalionidae | - | | - | | - | | - | | 5,8 ± | 7,5 | 0,0 ± | 0,0 | - | | 5,8 ± | 7,5 | 0,237 |
| Spiophanes bombyx | 3,5 ± | 6,1 | 28,0 ± | 14,0 | - | | - | | 8,2 ± | 9,6 | 50,2 ± | 33,9 | 68,4 ± | 29,2 | 158,3 ± | 92,7 | 6,723 |
| Syllidae | - | | - | | - | | 1,2 ± | 2,0 | 21,0 ± | 9,6 | - | | - | | 22,2 ± | 11,6 | 0,900 |
| Travisia sp. | - | | 12,8 ± | 18,2 | - | | 1,2 ± | 2,0 | - | | - | | - | | 14,0 ± | 20,2 | 0,568 |
| Typosyllis sp. | - | | - | | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | - | | - | | 2,3 ± | 4,0 | 0,095 |
| Total Polychaeta | 16,3 ± | 26,3 | 229,8 ± | 161,3 | 94,5 ± | 72,7 | 60,7 ± | 48,4 | 389,7 ± | 218,6 | 95,7 ± | 81,0 | 97,9 ± | 68,6 | 984,6 ± | 676,8 | 40,34 |
| OLIGOCHAETA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tubificidae | - | | 16,3 ± | 12,7 | - | | 24,5 ± | 10,5 | 37,3 ± | 17,8 | - | | - | | 78,2 ± | 41,0 | 3,172 |
| Total Oligochaeta | - | | 16,3 ± | 1,53 | - | | 24,5 ± | 1,53 | 37,3 ± | 1,53 | - | | - | | 78,2 ± | 1,53 | 3,17 |

Continúa

Tabla 23. Continuación

| | Chapaco | | Huasco 1 | | Huasco 2 | | Punta Lachos 1 | | Punta Lachos 2 | | Cabo Norte 1 | | Cabo Norte 2 | | Total Área Estudio | | Dominancia* |
|--------------------------|-------------|------|---------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|--------------------|-------|-------------|
| | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | % |
| MOLLUSCA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aesopus aliciae | - | - | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 8,2 ± 9,6 | - | - | - | - | - | 10,5 ± 13,6 | 13,6 | 0,426 |
| Aghathotoma ordinaria | - | - | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | 5,8 ± 10,1 | 10,1 | 0,237 |
| Crucibulum quiriquinae | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 0,095 |
| Diloma nigerrima | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 0,047 |
| Eatonina sp. | - | - | - | - | - | - | 44,3 ± 16,0 | 16,0 | 12,8 ± 15,4 | - | - | - | - | - | 57,2 ± 31,5 | 31,5 | 2,320 |
| Mitrella unifasciata | - | - | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | - | - | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 0,095 |
| Nassarius gayi | - | - | 4,7 ± 5,5 | 5,5 | - | - | 18,7 ± 6,1 | 6,1 | 72,3 ± 16,2 | - | - | - | - | - | 95,7 ± 27,8 | 27,8 | 3,883 |
| Nucula pisum | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | 23,3 ± 8,1 | 8,1 | 7,0 ± 9,6 | - | - | - | - | - | 31,5 ± 19,7 | 19,7 | 1,278 |
| Oliva peruviana | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 4,7 ± 6,1 | 6,1 | - | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | - | - | - | 8,2 ± 12,1 | 12,1 | 0,331 |
| Rissoina sp. | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 0,047 |
| Turritella cingulata | - | - | 163,3 ± 45,1 | 45,1 | - | - | 5,8 ± 7,5 | 7,5 | 2,3 ± 2,0 | - | - | - | - | - | 171,5 ± 54,7 | 54,7 | 6,960 |
| Total Mollusca | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 182,0 ± 72,9 | 72,9 | - | - | 98,0 ± 47,8 | 47,8 | 102,7 ± 52,8 | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | 0,0 ± 0,0 | 0,0 | 0,0 | 387,3 ± 181,5 | 181,5 | 15,72 |
| CRUSTACEA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ampelisca sp. | 4,7 ± 8,1 | 8,1 | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | 7,0 ± 10,1 | 10,1 | 3,5 ± 4,0 | 4,0 | 70,0 ± 22,0 | 7,0 ± 10,1 | 10,1 | 9,9 ± 12,1 | 12,1 | 105,6 ± 72,5 | 72,5 | 4,356 | |
| Cymodella foveolata | - | - | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 8,2 ± 4,0 | 4,0 | - | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | - | - | 14,0 ± 14,1 | 14,1 | 0,568 | |
| Cypridinidae | - | - | 11,7 ± 14,1 | 14,1 | 5,8 ± 8,1 | 8,1 | 23,3 ± 8,1 | 8,1 | 18,7 ± 12,9 | - | - | 7,2 ± 10,3 | 10,3 | 66,7 ± 53,5 | 53,5 | 2,652 | |
| Diastylis tongoyensis | 7,0 ± 8,1 | 8,1 | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | - | - | - | - | - | 8,2 ± 11,6 | 11,6 | - | - | 18,7 ± 25,7 | 25,7 | 0,758 | |
| Edotia sp. | - | - | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | 2,3 ± 2,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | - | - | 5,8 ± 8,1 | 8,1 | 0,237 | |
| Elasmopus | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | - | - | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 134,2 ± 21,9 | - | - | - | - | 137,7 ± 27,9 | 27,9 | 5,587 | |
| Eudevenopus gracilipes | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 5,8 ± 8,1 | 8,1 | 14,0 ± 7,5 | 7,5 | - | - | - | 16,3 ± 12,3 | 12,3 | 7,7 ± 9,1 | 9,1 | 46,2 ± 41,1 | 41,1 | 1,847 | |
| Gammaridea | - | - | 4,7 ± 8,1 | 8,1 | 8,2 ± 9,6 | 9,6 | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | 22,2 ± 14,7 | 10,5 ± 10,1 | 10,1 | 12,8 ± 13,6 | 13,6 | 61,8 ± 62,1 | 62,1 | 2,509 | |
| Heterophoxus oculatus | - | - | 8,2 ± 11,4 | 11,4 | 11,7 ± 8,1 | 8,1 | 5,8 ± 7,5 | 7,5 | 3,5 ± 6,1 | 4,7 ± 5,5 | 5,5 | - | - | 33,8 ± 38,6 | 38,6 | 1,420 | |
| Ianiropsis sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,8 ± 13,3 | - | - | - | - | 12,8 ± 13,3 | 13,3 | 0,521 | |
| Lysiannassidae | - | - | 44,3 ± 16,2 | 16,2 | 10,5 ± 12,9 | 12,9 | 9,3 ± 13,4 | 13,4 | 25,7 ± 8,1 | 10,5 ± 3,5 | 3,5 | - | - | 100,3 ± 54,1 | 54,1 | 4,072 | |
| Macrochiridothea | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19,8 ± 14,9 | 14,9 | 55,4 ± 29,2 | 29,2 | 75,3 ± 44,2 | 44,2 | 3,551 | |
| Melita sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,8 ± 3,2 | 3,2 | 1,8 ± 3,2 | 3,2 | 0,047 | |
| Metharpinia longirostris | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 33,8 ± 19,3 | 19,3 | 33,8 ± 19,3 | 19,3 | 1,468 | |
| Microphoxus cornutus | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | 40,8 ± 14,7 | 14,7 | 24,5 ± 13,3 | 13,3 | 3,5 ± 3,5 | 3,5 | 12,8 ± 10,1 | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 5,8 ± 7,5 | 7,5 | 93,3 ± 59,3 | 59,3 | 3,741 | |
| Oedicerotidae | - | - | - | - | - | - | - | - | 9,3 ± 8,1 | - | - | 3,0 ± 5,2 | 5,2 | 12,3 ± 13,3 | 13,3 | 0,568 | |
| Pagurus edwardsii | - | - | - | - | - | - | - | - | 8,2 ± 9,6 | - | - | - | - | 8,2 ± 9,6 | 9,6 | 0,331 | |
| Pagurus villosus | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 0,095 | |
| Photis sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | 25,7 ± 6,1 | 1,2 ± 2,0 | 2,0 | 11,2 ± 9,8 | 9,8 | 38,0 ± 17,9 | 17,9 | 1,610 | |
| Rutidermatidae | - | - | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | 8,2 ± 8,1 | 8,1 | 9,3 ± 6,1 | 6,1 | 10,5 ± 9,4 | - | - | 4,2 ± 7,2 | 7,2 | 34,5 ± 34,8 | 34,8 | 1,373 | |
| Tanaidacea | - | - | 3,5 ± 6,1 | 6,1 | - | - | - | - | 11,7 ± 12,3 | 2,3 ± 4,0 | 4,0 | - | - | 17,5 ± 22,4 | 22,4 | 0,710 | |
| Total Crustacea | 19,8 ± 30,3 | 30,3 | 133,0 ± 102,9 | 102,9 | 94,5 ± 83,7 | 83,7 | 67,7 ± 54,8 | 54,8 | 365,2 ± 154,6 | 87,5 ± 86,3 | 86,3 | 152,9 ± 126,6 | 126,6 | 920,6 ± 639,2 | 639,2 | 38,02 | |
| CEPHALOCHORDATA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Branchiostoma sp. | - | - | - | - | - | - | 3,5 ± 4,0 | 4,0 | - | - | - | - | - | 3,5 ± 4,0 | 4,0 | 0,142 | |
| Total Cephalochordata | - | - | - | - | - | - | 3,5 ± 1,53 | 1,53 | - | - | - | - | - | 3,5 ± 1,53 | 1,53 | 0,14 | |
| MACROINFAUNA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Macroinfauna | 37,3 ± 58,6 | 58,6 | 561,2 ± 338,6 | 338,6 | 189,0 ± 156,4 | 156,4 | 250,8 ± 152,5 | 152,5 | 894,8 ± 427,5 | 186,7 ± 173,3 | 173,3 | 250,8 ± 195,2 | 195,2 | 2370,7 ± 1499,1 | 1499,1 | 100,0 | |

(*) = porcentaje total en relación a la Abundancia Total de la Macroinfauna

Tabla 24. Biomasa (Gr individuos * 0,1 m⁻²) de la macroinfauna de fondos blandos presentes en Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama), encontrados en la Campaña de Invierno de 2016 Se muestra promedio (Media) y la desviación estándar (DS).

| Tabla 22 | Chapaco | | Huasco 1 | | Huasco 2 | | Punta Lachos 1 | | Punta Lachos 2 | | Cabo Norte 1 | | Cabo Norte 2 | | Total Área Estudio | | Dominancia* |
|-----------------------|---------------|----|-----------------|----|---------------|----|----------------|----|----------------|----|---------------|----|---------------|----|--------------------|----|-------------|
| | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | % |
| NEMATODA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adenophorea | 0,004 ± 0,006 | | - | | - | | 0,011 ± 0,000 | | - | | - | | - | | 0,025 ± 0,006 | | 0,004 |
| Total Nematoda | 0,004 ± 1,528 | | - | | - | | 0,011 ± 1,528 | | - | | - | | - | | 0,025 ± 1,528 | | 0,004 |
| POLYCHAETA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aglaophamus sp. | - | | - | | - | | 0,022 ± 0,038 | | 0,063 ± 0,109 | | - | | - | | 0,085 ± 0,148 | | 0,015 |
| Apistobranchidae | - | | - | | - | | - | | 2,333 ± 4,041 | | - | | - | | 2,333 ± 4,041 | | 0,418 |
| Branchiocapitella sp. | 0,001 ± 0,006 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,006 ± 0,002 | | 0,007 ± 0,004 | | - | | - | | 0,029 ± 0,014 | | 0,005 |
| Capitellidae | 0,004 ± 0,000 | | 0,025 ± 0,034 | | 0,028 ± 0,009 | | - | | 0,112 ± 0,035 | | - | | 0,007 ± 0,010 | | 0,175 ± 0,095 | | 0,031 |
| Chaetozone | - | | - | | - | | - | | 0,180 ± 0,025 | | - | | - | | 0,180 ± 0,025 | | 0,032 |
| Cirratulidae | - | | - | | - | | 0,029 ± 0,051 | | 0,088 ± 0,088 | | - | | - | | 0,117 ± 0,139 | | 0,021 |
| Cossura sp. | - | | - | | 0,004 ± 0,006 | | - | | - | | - | | - | | 0,004 ± 0,006 | | 0,001 |
| Dasybranchus sp. | - | | - | | - | | - | | 0,022 ± 0,038 | | - | | - | | 0,022 ± 0,038 | | 0,004 |
| Dispio uncinata | - | | - | | - | | - | | - | | 0,090 ± 0,117 | | - | | 0,090 ± 0,117 | | 0,016 |
| Goniada sp. | 0,007 ± 0,000 | | - | | 0,005 ± 0,008 | | - | | - | | 0,000 ± 0,000 | | - | | 0,012 ± 0,020 | | 0,002 |
| Hessionidae | - | | - | | - | | 0,006 ± 0,010 | | 0,034 ± 0,026 | | 0,007 ± 0,004 | | 0,002 ± 0,004 | | 0,049 ± 0,044 | | 0,009 |
| Lumbrineris sp. | 0,014 ± 0,000 | | 0,054 ± 0,073 | | 0,004 ± 0,006 | | 0,020 ± 0,017 | | 0,097 ± 0,061 | | - | | - | | 0,188 ± 0,171 | | 0,034 |
| Maldanidae | - | | - | | 0,001 ± 0,002 | | - | | - | | - | | - | | 0,001 ± 0,002 | | 0,000 |
| Mediomastus sp. | 0,008 ± 2,037 | | 0,032 ± 0,034 | | 0,007 ± 0,008 | | - | | 0,020 ± 0,025 | | - | | - | | 0,067 ± 0,081 | | 0,012 |
| Nephtys sp. | 1,176 ± 0,000 | | 0,076 ± 0,109 | | 0,146 ± 0,183 | | 0,014 ± 0,024 | | 0,198 ± 0,344 | | 0,030 ± 0,034 | | 0,009 ± 0,016 | | 1,650 ± 2,746 | | 0,295 |
| Nereididae | - | | - | | 0,054 ± 0,055 | | - | | 0,019 ± 0,020 | | - | | - | | 0,072 ± 0,074 | | 0,013 |
| Oeonidae | - | | 0,062 ± 0,022 | | 0,014 ± 0,017 | | - | | 0,013 ± 0,004 | | 0,007 ± 0,009 | | - | | 0,096 ± 0,052 | | 0,017 |
| Opheliidae | - | | 0,002 ± 0,004 | | 0,005 ± 0,005 | | 0,004 ± 0,006 | | 0,008 ± 0,012 | | - | | - | | 0,019 ± 0,027 | | 0,003 |
| Orbiniidae | - | | - | | - | | - | | - | | - | | 0,008 ± 0,012 | | 0,008 ± 0,012 | | 0,001 |
| Paraonidae | - | | 17,182 ± 9,890 | | - | | - | | 0,011 ± 0,011 | | 0,020 ± 0,015 | | 0,037 ± 0,044 | | 17,249 ± 9,960 | | 0,014 |
| Phylloce sp. | - | | 0,006 ± 0,010 | | - | | 0,007 ± 0,012 | | 0,013 ± 0,008 | | - | | - | | 0,026 ± 0,030 | | 0,005 |
| Pisione sp. | - | | - | | - | | - | | 0,019 ± 0,016 | | - | | - | | 0,019 ± 0,016 | | 0,003 |
| Prionospio peruana | 0,005 ± 0,000 | | 0,026 ± 0,023 | | - | | 0,014 ± 0,011 | | 0,007 ± 0,010 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,011 ± 0,004 | | 0,067 ± 0,061 | | 0,016 |
| Sigalionidae | - | | - | | - | | - | | 0,076 ± 0,091 | | 0,000 ± 0,000 | | - | | 0,076 ± 0,091 | | 0,014 |
| Spiophanes bombyx | 0,012 ± 0,000 | | 0,048 ± 0,027 | | - | | - | | 0,035 ± 0,039 | | 0,028 ± 0,011 | | 0,075 ± 0,034 | | 0,197 ± 0,131 | | 0,041 |
| Syllidae | - | | - | | - | | 0,001 ± 0,002 | | 0,034 ± 0,021 | | - | | - | | 0,035 ± 0,023 | | 0,006 |
| Travisia sp. | - | | 0,013 ± 0,015 | | - | | 0,027 ± 0,046 | | - | | - | | - | | 0,040 ± 0,061 | | 0,008 |
| Typosyllis sp. | - | | - | | - | | - | | 0,008 ± 0,014 | | - | | - | | 0,008 ± 0,014 | | 0,001 |
| Total Polychaeta | 1,226 ± 2,043 | | 17,528 ± 10,248 | | 0,277 ± 0,299 | | 0,149 ± 0,220 | | 3,395 ± 5,040 | | 0,187 ± 0,197 | | 0,149 ± 0,124 | | 22,911 ± 18,240 | | 1,039 |
| OLIGOCHAETA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tubificae | - | | 0,008 ± 0,004 | | - | | 0,011 ± 0,000 | | 0,011 ± 0,000 | | - | | - | | 0,029 ± 0,004 | | 0,005 |
| Total Oligochaeta | - | | 0,008 ± 0,004 | | - | | 0,011 ± 0,000 | | 0,011 ± 0,000 | | - | | - | | 0,029 ± 0,004 | | 0,005 |

Continúa

Tabla 24. Continuación

| | Chapaco | | Huasco 1 | | Huasco 2 | | Punta Lachos 1 | | Punta Lachos 2 | | Cabo Norte 1 | | Cabo Norte 2 | | Total Área Estudio | | Dominancia* |
|--------------------------|---------------|----|-------------------|----|---------------|----|-----------------|----|----------------|----|---------------|----|---------------|----|--------------------|----|-------------|
| | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | MEDIA | DS | |
| MOLLUSCA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aesopus aliciae | - | | - | | - | | 0,021 ± 0,036 | | 0,090 ± 0,105 | | - | | - | | 0,111 ± 0,141 | | 0,020 |
| Aghathotoma ordinaria | - | | 0,012 ± 0,020 | | - | | 0,036 ± 0,063 | | - | | 0,133 ± 0,230 | | - | | 0,181 ± 0,313 | | 0,032 |
| Crucibulum quiriquinae | - | | 0,046 ± 0,079 | | - | | - | | - | | - | | - | | 0,046 ± 0,079 | | 0,008 |
| Diloma nigerrima | - | | 1,170 ± 2,027 | | - | | - | | - | | - | | - | | 1,170 ± 2,027 | | 0,210 |
| Eatonina sp. | - | | - | | - | | 0,090 ± 0,025 | | 0,034 ± 0,043 | | - | | - | | 0,124 ± 0,068 | | 0,022 |
| Mitrella unifasciata | - | | - | | - | | 0,054 ± 0,093 | | - | | - | | - | | 0,054 ± 0,093 | | 0,010 |
| Nassarius gayi | - | | 0,141 ± 0,168 | | - | | 0,674 ± 0,184 | | 2,772 ± 0,524 | | - | | - | | 3,588 ± 0,876 | | 0,642 |
| Nucula pismus | - | | 0,013 ± 0,022 | | - | | 0,278 ± 0,128 | | 0,071 ± 0,096 | | - | | - | | 0,362 ± 0,246 | | 0,065 |
| Oliva peruviana | 3,094 ± 5,359 | | 1,335 ± 2,034 | | - | | - | | - | | 2,492 ± 4,316 | | - | | 6,921 ± 11,709 | | 1,239 |
| Rissoina sp. | - | | 0,005 ± 0,008 | | - | | - | | - | | - | | - | | 0,005 ± 0,008 | | 0,001 |
| Turritella cingulata | - | | 529,103 ± 271,096 | | - | | 8,742 ± 13,320 | | 1,511 ± 1,349 | | - | | - | | 539,356 ± 285,764 | | 96,572 |
| Total Mollusca | 3,094 ± 5,359 | | 531,824 ± 275,453 | | - | | 9,895 ± 13,849 | | 4,478 ± 2,116 | | 2,625 ± 4,547 | | 0,000 ± 0,000 | | 551,915 ± 301,324 | | 98,821 |
| CRUSTACEA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ampelisca sp. | 0,004 ± 0,006 | | 0,002 ± 0,004 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,004 ± 0,004 | | 0,013 ± 0,004 | | 0,006 ± 0,008 | | 0,006 ± 0,006 | | 0,039 ± 0,038 | | 0,007 |
| Cymodella foveolata | - | | - | | 0,002 ± 0,004 | | 0,047 ± 0,023 | | - | | 0,002 ± 0,004 | | - | | 0,051 ± 0,031 | | 0,009 |
| Cypridinidae | - | | 0,006 ± 0,006 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,007 ± 0,004 | | - | | 0,004 ± 0,006 | | 0,032 ± 0,022 | | 0,006 |
| Diastylis tongoyensis | 0,005 ± 0,006 | | 0,002 ± 0,004 | | - | | - | | - | | 0,005 ± 0,006 | | - | | 0,012 ± 0,016 | | 0,002 |
| Edotia sp. | - | | 0,004 ± 0,006 | | 0,004 ± 0,004 | | - | | - | | - | | - | | 0,007 ± 0,010 | | 0,001 |
| Elasmopus | 0,002 ± 0,004 | | - | | - | | 0,001 ± 0,002 | | 0,022 ± 0,006 | | - | | - | | 0,026 ± 0,012 | | 0,005 |
| Eudevenopus gracilipes | 0,002 ± 0,004 | | 0,004 ± 0,004 | | 0,007 ± 0,004 | | - | | - | | 0,008 ± 0,004 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,026 ± 0,022 | | 0,005 |
| Gammaridea | - | | 0,004 ± 0,006 | | 0,006 ± 0,006 | | 0,002 ± 0,004 | | 0,008 ± 0,002 | | 0,006 ± 0,004 | | 0,007 ± 0,004 | | 0,033 ± 0,026 | | 0,006 |
| Heterophoxus oculatus | - | | 0,006 ± 0,008 | | 0,012 ± 0,009 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,008 ± 0,014 | | 0,004 ± 0,004 | | - | | 0,035 ± 0,043 | | 0,006 |
| Ianiropsis sp. | - | | - | | - | | - | | 0,006 ± 0,006 | | - | | - | | 0,006 ± 0,006 | | 0,001 |
| Lysiannassidae | - | | 0,011 ± 0,000 | | 0,006 ± 0,006 | | 0,005 ± 0,006 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,006 ± 0,002 | | - | | 0,037 ± 0,014 | | 0,007 |
| Macrochiridothea | - | | - | | - | | - | | - | | 0,008 ± 0,002 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,019 ± 0,002 | | 0,003 |
| Melita sp. | - | | - | | - | | - | | - | | - | | 0,001 ± 0,002 | | 0,001 ± 0,002 | | 0,000 |
| Metharpinia longirostris | - | | - | | - | | - | | - | | - | | 0,020 ± 0,009 | | 0,020 ± 0,009 | | 0,004 |
| Microphoxus cornutus | 0,002 ± 0,004 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,011 ± 0,000 | | 0,002 ± 0,002 | | 0,006 ± 0,004 | | 0,001 ± 0,002 | | 0,004 ± 0,004 | | 0,036 ± 0,016 | | 0,006 |
| Oedicerotidae | - | | - | | - | | - | | 0,007 ± 0,004 | | - | | 0,004 ± 0,006 | | 0,011 ± 0,010 | | 0,002 |
| Pagurus edwardsii | - | | - | | - | | - | | 0,194 ± 0,211 | | - | | - | | 0,194 ± 0,211 | | 0,035 |
| Pagurus villosus | - | | 0,057 ± 0,099 | | - | | - | | - | | 0,014 ± 0,024 | | - | | 0,071 ± 0,123 | | 0,013 |
| Photis sp. | - | | - | | - | | - | | 0,011 ± 0,000 | | 0,001 ± 0,002 | | 0,007 ± 0,004 | | 0,019 ± 0,006 | | 0,003 |
| Rutidermatidae | - | | 0,001 ± 0,002 | | 0,006 ± 0,004 | | 0,006 ± 0,002 | | 0,005 ± 0,004 | | - | | 0,002 ± 0,004 | | 0,020 ± 0,016 | | 0,004 |
| Tanaidacea | - | | 0,002 ± 0,004 | | - | | - | | 0,007 ± 0,006 | | 0,001 ± 0,002 | | - | | 0,011 ± 0,012 | | 0,002 |
| Total Crustacea | 0,015 ± 0,024 | | 0,109 ± 0,143 | | 0,062 ± 0,049 | | 0,082 ± 0,049 | | 0,303 ± 0,266 | | 0,062 ± 0,064 | | 0,069 ± 0,052 | | 0,702 ± 0,649 | | 0,126 |
| CEPHALOCHORDATA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Branchiostoma sp. | - | | - | | - | | 0,029 ± 0,037 | | - | | - | | - | | 0,029 ± 0,037 | | 0,005 |
| Total Cephalochordata | - | | - | | - | | 0,029 ± 1,528 | | - | | - | | - | | 0,029 ± 1,528 | | 0,005 |
| MACROINFAUNA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Macroinfauna | 4,335 ± 7,426 | | 549,469 ± 285,848 | | 0,338 ± 0,348 | | 10,136 ± 14,117 | | 8,187 ± 7,422 | | 2,874 ± 4,808 | | 0,218 ± 0,176 | | 575,558 ± 320,217 | | 100,0 |

(*) = porcentaje total en relación a la Biomasa Total de la Macroinfauna

Tabla 25. Resumen del ANDEVA de los factores (Estación x Grupo Taxonómico) para la abundancia de la macroinfauna de fondos blandos en Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña de Invierno 2016.

| FACTORES | Fuente de Variación | | | |
|-----------------------|---------------------|--------|-----------|--|
| | g.l. | C.M. | F | Tukey - Grupos Significativos |
| Efectos principales | | | | |
| Estación (E) | 6 | 389,17 | 33,147*** | Punta Lachos 2 y Faro Huasco 1 > Punta Lachos 1, Faro Huasco 2, Cabo Norte 1 y 2 > Chapaco |
| Grupo Taxonómico (GT) | 5 | 766,75 | 65,306*** | Polychaeta y Crustacea > Mollusca > Oligochatea, Nematoda y Cephalochordata |
| Interacciones | | | | |
| E x GT | 30 | 110,02 | 9,371*** | |
| Residual | 84 | 11,741 | | |
| Total | 125 | | | |

g.l. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios.

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; ns = no significativo.

Tabla 26. Resumen del ANDEVA de los factores (Estación x Grupo Taxonómico) para la biomasa de la macroinfauna de fondos blandos en Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña de Invierno 2016.

| FACTORES | Fuente de Variación | | | |
|-----------------------|---------------------|--------|----------|--|
| | g.l. | C.M. | F | Tukey - Grupos Significativos |
| Efectos principales | | | | |
| Estación (E) | 6 | 180,69 | 3,252** | Punta Lachos 2 diferente de demás estaciones |
| Grupo Taxonómico (GT) | 5 | 196,43 | 3,535** | Mollusca>> demás estaciones |
| Interacciones | | | | |
| E x GT | 30 | 181,06 | 3,258*** | |
| Residual | 84 | 55,57 | | |
| Total | 125 | | | |

g.l. = Grados de Libertad; C.M. = Cuadrados Medios.

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; ns = no significativo.

Tabla 27. Resumen del ANDEVA de los factores (Estación x Grupo Taxonómico) para la riqueza de la macroinfauna de fondos blandos en Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña de Invierno 2016.

| FACTORES | Fuente de Variación | | | |
|----------------------------|---------------------|--------|-----------|--|
| | g.l. | C.M. | F | Tukey - Grupos Significativos |
| Efectos principales | | | | |
| Estación (E) | 8 | 41,57 | 61,642** | Punta Lachos 2 y Faro Huasco 1 > Punta Lachos 1, Faro Huasco 2, Cabo Norte 1 y 2 > Chapaco |
| Grupo Taxonómico (GT) | 5 | 330,45 | 489,845** | Polychaeta y Crustacea > Mollusca > Oligochetae, Nematoda y Cephalochordata |
| Interacciones | | | | |
| E x GT | 30 | 16,34 | 24,221** | |
| Residual | 84 | 0,675 | | |
| Total | 125 | | | |

g.l. - Grados de Libertad; C.M. - Cuadrados Medios.

* - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$; ns - no significativo.

Tabla 28. Resumen corrientes lagrangianas años 1997 a 2016 en Ensenada Chapaco (Región de Atacama).

| Corrientes marinas en Ensenada Chapaco | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AÑOS | 1997 | | | | | | 1998 | | | | | |
| Profundidad | 0,5 m | | 15,0 m | | 27,0 m | | 0,5 m | | 15,0 m | | 27,0 m | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | SW, SE | NE | SW, SE | NE | SW, SE | NE | NW, SW, SE | NE | NW, SW, SE | NE | NW, SW, SE | NE |
| Velocidad cm·s ⁻¹ | 2,77 ± 1,52 | 5,44 ± 3,44 | 1,99 ± 0,52 | 2,37 ± 1,22 | 2,24 ± 0,92 | 2,40 ± 1,62 | 4,65 ± 2,41 | 6,69 ± 2,54 | 1,71 ± 1,49 | 5,76 ± 1,13 | 1,09 ± 0,68 | 3,80 ± 1,42 |
| AÑOS | 1999 | | | | | | 2000 | | | | | |
| Profundidad | 0,5 m | | 15,0 m | | 27,0 m | | 0,5 m | | 15,0 m | | 27,0 m | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | SW, SE | SE, NE | SW, SE | NE | NW, NE | SE, NE | NE, SE | NW, SW | NE, SE | NW, SW, SE | NE, SE | NW, SW, SE |
| Velocidad cm·s ⁻¹ | 2,44 ± 1,35 | 5,06 ± 2,85 | 3,17 ± 2,65 | 2,15 ± 1,00 | 2,15 ± 1,16 | 2,27 ± 1,45 | 3,32 ± 0,35 | 2,27 ± 1,46 | 1,83 ± 0,78 | 2,44 ± 1,06 | 1,30 ± 0,57 | 2,18 ± 0,95 |
| AÑOS | 2001 | | | | | | 2002 | | | | | |
| Profundidad | 0,5 m | | 10 m. | | 25 m. | | 0,5 m | | 10 m. | | 25 m. | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | NW,SW, SE | NE | NW,S W,SE | NE | NW,S W,SE | NE | SW | SW,SE, NE | SE | NE | NW | NW,N E, SE |
| Velocidad cm/S. | 4.89 ± 2.43 | 7.83 ± 2.83 | 1.43 ± 1.00 | 6.10 ± 1.34 | 1.40 ± 0.91 | 4.47 ± 1.98 | 1.97 ± 0.98 | 4.52 ± 2.33 | 1.95 ± 0.05 | 2.04 ± 1.05 | 2.01 ± 0.95 | 2.15 ± 1.48 |
| AÑOS | 2003 | | | | | | 2004 | | | | | |
| Profundidad | 0,5 m | | 10 m. | | 25 m. | | 0,5 m | | 10 m. | | 25 m. | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | NW,SW, SE,NE | NE | NW,NE | NE | NW,S W,NE | NE | NW,SW | NE | NW | NE | NW, SW | NE |
| Velocidad cm/S. | 5.06 ± 2.88 | 6.98 ± 3.33 | 1.75 ± 1.19 | 5.47 ± 1.67 | 1.54 ± 0.89 | 4.75 ± 2.03 | 4.41 ± 2.98 | 8.62 ± 3.64 | 1.03 ± 0.87 | 6.21 ± 1.32 | 2.13 ± 1.69 | 6.71 ± 3.61 |
| AÑO | 2005 | | | | | | | | | | | |
| Profundidad | 0,5 m | | 10 m. | | 20 m. | | 25 m. | | | | | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | NE, NW, SW, | NE | NW, NE | NE | NW, SW, NE | NE | NE, NW, SW | NE | | | | |
| Velocidad cm/S. | 5.39 ± 2.51 | 5.40 ± 2.26 | 3.08 ± 1.87 | 4.59 ± 1.95 | 2.81 ± 1.76 | 3.10 ± 1.45 | 2.72 ± 1.63 | 5.16 ± 2.25 | | | | |

Tabla 28. Resumen corrientes lagrangianas. *Continuación.*

| AÑO | 2006 | | | | | | | |
|--------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Profundidad | 0.5 m | | 10 m. | | 20 m. | | 25 m. | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | NE, SW | NE, SE, SW | SE | NE | NW | NW, SE, NE | NW | NW, SE, NE |
| Velocidad cm/S. | 1,97 ± 0,84 | 4,19 ± 2,02 | 2,01 ± 0,01 | 1,89 ± 0,78 | 2,07 ± 0,01 | 1,35 ± 0,82 | 1,31 ± 0,18 | 2,84 ± 1,27 |
| AÑO | 2007 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | 25 m | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | V | LL |
| Dirección | SE, SW, NW | NE, SE | SE, SW, NW | SE, NE | SW, NW | SW, NW, NE | SW, NW | NW, NE |
| Velocidad cm/S. | 3,76 ± 2,37 | 5,28 ± 3,12 | 0,91 ± 0,47 | 5,33 ± 1,35 | 1,69 ± 0,46 | 2,19 ± 1,35 | 1,65 ± 1,00 | 4,04 ± 2,25 |
| AÑO | 2008 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | | |
| Dirección | NE | NE,NW SW | SE,SW | SE | NW,SE, SW | NW,SESW | | |
| Velocidad cm/S. | 4.86 ± 2.91 | 2.50± 1.44 | 4.80± 2.40 | 3.13± 2.30 | 4.10± 2.20 | 1,34 ± 0.89 | | |
| AÑO | 2009 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, NW SW | | NW,NE | | SW, SE, NW | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.02 ± 2.29 | | 1.55± 1.60 | | 2.69± 2.84 | | | |
| AÑO | 2010 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, NW SW, SE | | SE | | SW, SE NW | | | |
| Velocidad cm/S. | 3.22 ± 1.36 | | 3.92± 2.09 | | 2.20± 1.62 | | | |
| AÑO | 2011 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, NW SW, | | NE, NW, SW | | SW,NE NW | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.92 ± 1.95 | | 3.06± 1.81 | | 2.90± 1.87 | | | |
| AÑO | 2012 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| Marea | LL | | LL | | LL | | | |
| Dirección | SW,SE, NE | | NE | | NW,NE, SE | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.39 ± 2.31 | | 2.16± 1.06 | | 2.10± 1.38 | | | |
| AÑO | 2013 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | LL | V | LL | V | LL | | |
| Dirección | NE,NW,SW, | NE | NW,NE | NE | NW,SW,NE | NE | | |
| Velocidad cm/S. | 4.84 ± 2.48 | 5.21 ± 1.62 | 2.44± 1.55 | 4.69 ± 1.36 | 2.36 ± 1.56 | 3.35 ± 1.62 | | |
| AÑO | 2014 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, NW SW | | NW,NE | | SW,SE NW | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.00 ± 1.61 | | 1.90± 1.52 | | 2.42± 1.68 | | | |
| AÑO | 2015 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, NW SW | | NW,NE | | SW,NWNE | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.71 ± 2.35 | | 1.74± 1.11 | | 1.63± 0.89 | | | |
| AÑO | 2016 | | | | | | | |
| Profundidad | 0.5 m | | 5.0 m. | | 20 m. | | | |
| Marea | V | | V | | V | | | |
| Dirección | NE, SW SE | | SW | | SW,NW | | | |
| Velocidad cm/S. | 4.79 ± 2.46 | | 1.89± 1.25 | | 1.79± 1.02 | | | |

Tabla 29. Resumen de los principales cambios observados en el intermareal rocoso después del cese de operación del antiguo emisario intermareal.

| Comunidades intermareales | | | | |
|---|---|---|--|---|
| ACTUAL EMISARIO INTERMAREAL | 150 m DESDE EL EX- EMISARIO | EX-EMISARIO INTERMAREAL (COSTADO NORTE) | COSTADO SUR (DE LA DESCARGA) | COSTADO SUR (DE LA ENSENADA) |
| ZONA MEDIOLITORAL | ZONA MEDIOLITORAL | ZONA MEDIOLITORAL | ZONA MEDIOLITORAL | ZONA MEDIOLITORAL |
| <p>Flora</p> <p>Este sector comenzó a ser monitoreado en la campaña de año 2012. Durante ese año las especies de mayor cobertura fueron <i>Ulva</i> spp. y <i>Porphyra columbina</i>. Se observó también, aunque en menor magnitud, la presencia de <i>Gelidium chilensis</i>, <i>Endarachne binghamiae</i>, <i>Polysiphonia</i> sp. y <i>Corallina officinalis</i>. La comunidad observada en la campaña del año 2013 no varía mayormente de lo antes descrito. En la presente campaña se observan algunos cambios como la desaparición de <i>Endarachne binghamiae</i>, <i>Polysiphonia</i> sp. en el estrato inferior de esta franja.</p> | <p>Flora</p> <p>Inicialmente se incrementó la cobertura de <i>Enteromorpha intestinalis</i>, para luego disminuir y desaparecer en 1997. Aparecen las algas <i>Codium dimorphum</i>, <i>Polysiphonia</i> sp., <i>Rama novazelandia</i> y una rodófito crustosa, las que luego desaparecen. El alga crustosa <i>Hildenbrandtia</i> sp. aumenta su cobertura para 1996. El espacio libre disminuyó inicialmente, para luego aumentar en forma paulatina. En 1997, disminuye <i>Hildenbrandtia</i> sp. y se incrementa la abundancia de algas clorófitas crustosas. La flora algal se incrementó notablemente en 1998, tanto en abundancia como en riqueza de especies. Aparece el alga <i>Porphyra columbina</i>. También destaca la re-aparición algas verdes del género <i>Enteromorpha</i>, la que desaparece en 1999. En el 2000, la flora se mantiene estable, aunque se observa un incremento importante del alga <i>Scytosiphon lomentaria</i>. Esta situación se mantiene en el 2001. En el 2002 desaparecen las algas verdes del género <i>Enteromorpha</i> reapareciendo el alga comercial <i>Porphyra columbina</i>. Esta alga permanece en el 2003</p> | <p>Flora</p> <p>La abundancia de algas verdes, como <i>Ulva rigida</i>, <i>Enteromorpha</i> spp., disminuye, hasta su ausencia en 1996. Aumenta la riqueza de especies, apareciendo algas como <i>Gelidium chilense</i> y una rodófito crustosa. En 1995 aparece por primera vez <i>Endarachne binghamiae</i> y <i>Corallina officinalis</i> y el sustrato libre incrementa. En 1997 reaparece una cubierta de clorófitas crustosas y se incrementa la cobertura de algas rodófitas crustosas. Desde 1998, reaparece el alga verde del género <i>Enteromorpha</i> que caracterizó el sector originalmente. Sin embargo, la riqueza y la abundancia de la mayoría de las especies se incrementa, destacando la ocurrencia del alga roja de interés comercial <i>Porphyra columbina</i>. En 1999 la situación es estable, lo que cambia en el 2000, al observar una disminución general de la cobertura de las algas, destacando el caso de <i>Endarachne binghamiae</i> y <i>Corallina officinalis</i>. Para el 2001, la situación se mantiene igual que el año anterior, a excepción de una mayor presencia del alga verde <i>Enteromorpha</i>. En el 2002 desaparecen las algas del género <i>Enteromorpha</i> reapareciendo <i>Porphyra columbina</i>. Para el 2003, reaparece esporádicamente <i>Enteromorpha</i> y sigue presente <i>Porphyra columbina</i>.</p> | <p>Flora</p> <p>Este sector comenzó a ser monitoreado en la campaña de año 2012, aquí las especies algales de mayor cobertura son <i>Ulva</i> spp. <i>Gelidium chilensis</i> y <i>Porphyra columbina</i>. Se observa también, aunque en menor magnitud, la presencia de <i>Endarachne binghamiae</i>, <i>Polysiphonia</i> sp. y <i>Corallina officinalis</i>. Siendo detectada además en el actula monitoreo (2014) la presencia en el estrato inferior de <i>Hildenbranchia lecanellier</i>.</p> | <p>Flora</p> <p>Este sector comenzó a ser monitoreado en la presente campaña (2014), aquí las especies algales de mayor cobertura son <i>Gelidium chilensis</i> y <i>Porphyra columbina</i> y en menor magnitud <i>Ulva</i> spp. y <i>Mesophyllum</i> sp. En el estrato inferior <i>Hildenbrandia lecanellier</i> presenta una importante cobertura.</p> |

aunque reaparecen esporádicamente las algas del género *Enteromorpha*. Desde el 2004, esta especie no ha sido registrada, observando un aumento de la diversidad de otras macroalgas la que se mantiene en el 2005. *Porphyra columbina*, luego de disminuir en el 2004 vuelve a dominar hasta el año 2007, desapareciendo nuevamente en el 2009. Además, en este monitoreo se observa una escasa presencia de algas, siendo registradas las especies *Ulva* sp., *Endarachne binghamiae* y *Corallina officinalis*. En el monitoreo del 2010 se registran condiciones similares a las del monitoreo anterior, solo cabe destacar la aparición del alga *Gelidium* sp. Las especies registradas en el monitoreo del año 2011 son a las mismas registradas el año anterior. En la campaña del año 2012, se mantienen las especies registradas el año anterior, y reaparece con una importante cobertura *Gelidium chilensis* y con menor presencia *Mesophyllum* sp., estas algas mantienen su presencia en la campaña del 2013. Desapareciendo en la actual campaña *Mesophyllum* sp.

Desde el 2004 vuelve a desaparecer *Enteromorpha* y, luego de disminuir en el 2005, *Porphyra columbina* se reestablece desde 2006 hasta el 2009, donde también destaca la presencia de algas ulvales, de *Endarachne binghamiae* y *Corallina officinalis*, además de la leve presencia de *Glossophora kuntii*. En el monitoreo del año 2010 se mantienen condiciones semejantes a las observadas desde el año 2009, pero desaparece *Glossophora kuntii* y aparece en escasa abundancia el alga *Polysiphonia*, situación que se mantuvo hasta la campaña 2013, donde destaca la presencia de *Gelidium chilensis* y en menor magnitud de *Polysiphonia* sp. y de *Hilenbranchia* sp. Lo que en gran parte ha perdurado hasta la actual campaña (2014), excepto la desaparición de *Polysiphonia* sp.

Fauna

Fauna

Fauna

Fauna

Fauna

Se observa una escasa presencia de Cirripedios y de *Scurria viridula*. *Heliaster helianthus* es la especie mas abundante. Alcanzando también una importante abundancia en la campaña 2014 la especie *Scurria variabilis*.

Desaparece el asteroídeo *Heliaster helianthus*, el gastrópodo *Chiton cumingsi* y la actinia *Anthothoe chilensis*. Disminuye la abundancia de *Perumytilus purpuratus* y *Siphonaria lessoni*. En cambio, aumenta la densidad de los gastrópodos *Scurria* spp., y *Collisella zebrina*. Además, aparecen los gastrópodos *Chiton granosus* y *Fissurella crassa*. La fauna se mantiene estable en 1997. Para el año 1999, destaca la ocurrencia de los moluscos de valor comercial *Fissurella crassa* y *Concholepas concholepas* y el poliplacóforo *Chiton granosus*, abundancias que se mantienen en el 2000. En el 2001 el sistema permanece sin mayores cambios, evidenciando sólo menores abundancias las que junto a la riqueza de especies vuelven a aumentar para el 2002 y el 2003. Para el 2004, se observa la ocurrencia de cirripedios y del bivalvo *Perumytilus purpuratus*. En el 2005 ambas especies se mantienen, acompañada de una fauna diversa, aunque el molusco prácticamente desaparece entre el 2006 y 2007. En el monitoreo del 2009 se observan condiciones similares a las de años anteriores, pero desaparece completamente el bivalvo *Perumytilus purpuratus* y se vuelve a detectar la presencia del depredador *Heliaster helianthus*. En el monitoreo del 2010 desaparece nuevamente *Heliaster helianthus* y solo se observa la presencia de los gastrópodos *Scurria* spp., y *Collisella zebrina* y la escasa presencia del gastrópodo de interés comercial *Fissurella* spp. En el

Incrementa inicialmente la densidad del caracol *Nodilittorina araucana*, la cual luego disminuye. Aparecen gastrópodos herbívoros como *Siphonaria lessoni*, *Collisella zebrina*, *Scurria* spp. También aparecen filtradores sésiles, como el mitílido *Semimytilus algosus* y agregaciones de cirripedios. En 1996 se registró por primera vez el gastrópodo herbívoro *Fissurella crassa*. En 1997 la fauna permanece estable. En 1998, se observan cambios propios de la variabilidad del sistema natural. Se mantiene el dominio típico de gastrópodos de pequeño tamaño, observando en 1999 un incremento del molusco *Scurria viridula*. Estos, junto a otros moluscos, disminuyen entre el 2000 y el 2001 experimentando todas estas especies un aumento en sus abundancias para el 2002 y 2003. Para el 2004 estas especies mantienen sus abundancias, siendo además evidente la ocurrencia de una densa cobertura de cirripedios y la presencia del bivalvo *Perumytilus purpuratus*, este último no encontrado en el 2007, pero reaparece en el 2009, encontrando también una abundante presencia de cirripedios, junto a especies del género *Scurria* y a *Chiton granosus*. Los registros del monitoreo del 2013 son similares a los del año 2009, solo se diferencian por la presencia de *Fissurella* spp. y por la aparición por primera vez del pedrador *Heliaster helianthus*, especie que han mantenido su presencia hasta el actual monitoreo. En el presente monitoreo (2014) junto a la importante presencia de *H. helianthus*, destaca también una abundante cobertura de *Scurria variabilis*.

Tanto en la campaña del año 2012, como en la del 2013, las especies dominantes en este sector son *Collisella zebrina*, *Perumytilus purpuratus* y *Heliaster helianthus*. Se observa una escasa cobertura de cirripedios y también una escasa presencia de *Chiton granosus* y de especies del género *Scurria*. En el año 2014 abunda por sobre todas las especies *H. helianthus*.

hay una escasa presencia de especies sésiles (cirripedios y mitíldos). La especie móvil mas abundante es *Heliaster helianthus*, acompañada de una escasa presencia de *Fissurella* spp., *Collisella zebrina* y *Scurria variabilis*.

monitoreo del año 2011 reaparece *Heliaster helianthus*, pero de manera escasa, también se mantienen en escasa abundancias los gastropodos herbívoros, y destaca por su abundante presencia el molusco *Chiton granosus*. En la campaña del año 2012 se registra un aumento de *Heliaster helianthus* y se observa una escasa presencia de cirripedios y gastrópodos de los géneros *Scurria*, *Fissurella* y de la especie *Collisella zebrina*. En el monitoreo del 2013 se registra una situación similar a la del año anterior, lo que se mantiene hasta el actual monitoreo.

Tabla 29. Cambios en el intermareal. *Continuación***Fauna**

En las dos campañas (2012 y 2013) realizadas en este sector se detectó una escasa presencia de los chitones *Enoplochiton niger* y *Acanthopleura echinata*, y del caracol *Tegula atra*.

Fauna

Ocurre un reemplazo de especies. Los moluscos *Enoplochiton niger*, *Chiton cumingsi* y *Tegula atra* desaparecen, mientras que aparecen el erizo rojo *Loxechinus albus*, el gastrópodo carnívoro *Concholepas concholepas* y los moluscos herbívoros *Fissurella maxima* y *F. costata*. Estos últimos tres se presentaron a partir de 1995. En 1996 se registró la aparición del chitón *Acanthopleura echinata*, típico de este nivel del intermareal. De igual manera, se mantiene en 1997. En 1997, no se observó una baja en la riqueza de especies, la que se ha mantenido hasta 1998. En 1999, se observó un incremento en la abundancia de la actinia *Phymactis clematis* y la “lapa” *Fissurella* sp. Este último año, 2000, la comunidad permanece estable con leves disminuciones de la abundancia de los moluscos *Acanthopleura echinata* y *Fissurella* sp., situación que no cambia en el 2001. Para el 2002 hay un repunte en las abundancias, sobresaliendo el chitón de gran tamaño *Enoplochiton niger*. Similares condiciones se observaron en el 2003, aunque se percibió una leve disminución en las abundancias y en el número de especies. Desde el 2004, la comunidad no experimenta mayores cambios, siendo notoria la ocurrencia del chitón *Enoplochiton niger* y del depredador *Heliaster helianthus*, sin embargo, desde el 2005 en adelante se observa una presencia importante de *Tetrapygyus niger*. En el monitoreo del año 2009 se observa una mantención de las condiciones de la estructura comunitaria, aunque es importante mencionar la desaparición del depredador *Heliaster helianthus* y del mitilido *Perumytilus purpuratus*. Situación que se mantiene hasta el presente monitoreo. En el año 2010 se observa la presencia en abundancia de *Acanthopleura echinata* y en menor magnitud de *Phymactis clematis* y *Tegula atra*. En la campaña 2011

Fauna

De la ausencia total de invertebrados, se pasó a una comunidad de fauna diversa. Aparecieron herbívoros como *Collisella zebrina*, *Scurria variabilis*, algunos filtradores sésiles como *Semimytilus algosus*, *Perumytilus purpuratus* y cirripedios, y el molusco carnívoro *Concholepas concholepas*. El 50% de las especies apareció sólo a partir de 1995. Para 1996 se incrementa en gran manera la densidad de las ‘lapas’ las que disminuyen en 1997. Esta disminución continua en 1998, sin embargo, se incrementó la ocurrencia del mitilido *Perumytilus purpuratus*. Para 1999 se observa un incremento el asteroídeo carnívoro *Heliaster helianthus*, el que disminuye en 2000. Contrario a lo anterior, en este último año se observó un incremento de algunos moluscos móviles, como es el caso de *Tegula atra* y *Fissurella* spp. Para el 2001 la comunidad se mantiene, aunque no se observó *Fissurella* spp. En el 2002, se observa un aumento general en las abundancias, encontrando densamente al poliplacóforo *Chiton latus*, situación que se mantuvieron en el 2003. En el 2004, se hace notoria la presencia del erizo negro *Tetrapygyus niger* y del cangrejo ermitaño *Pagurus edwardsi*. En el 2005 esta especie no es observada pero aparece *Scurria scurra*, molusco que habita en los estipes del alga *Lessonia*. En el 2007, la comunidad no En el 2007, la comunidad no experimenta mayores cambios. En el 2009 no se observa la presencia de *Tetrapygyus niger*, pero si *Fissurella* spp. Destaca la abundante presencia de polyplacoforos, especialmente de *Enoplochiton niger* y en menor medida de *Acanthopleura echinata*, además de la presencia de *Phymactis clematis*. El año 2010 se mantiene la presencia de *Phymactis clematis*, pero disminuye la presencia de

Fauna

Tanto en la campaña del año 2012, como en la del 2013, solo se detectó la presencia escasa del chitón *Enoplochiton niger*.

esta situación se revierte, siendo *Phymactis clematis* quien presenta una mayor abundancia, después de *Tetrapygyus niger*. Durante el año 2012 se mantuvo una alta abundancia de *Phymactis clematis*, reaparece escasamente *Perumytilus purpuratus* y se detectó también una escasa presencia de *Fissurella* spp.. En la presente campaña la comunidad exhibió características similares a las del año anterior.

polyplacoforos, desaparece el herbívoro *Fissurella* spp. y reaparece *Tetrapygyus niger*, además aparece el predador *Heliaster helianthus*. En el monitoreo del año 2011 se observa una situación similar, solo destaca la desaparición de *Fissurella* spp.. Durante el monitoreo del año 2012 solo se detectó una abundante presencia de *Tetrapygyus niger*, situación que se mantuvo hasta la actual campaña.

Tabla 30. Cambios principales de las comunidades submareales después del cese de operaciones del emisario intermareal en Ensenada Chapaco, Huasco. Se indican las diferencias referentes a la situación observada mientras operaba el ex-emisario intermareal.

| NORTE DE CHAPACO Cabo Norte | | | COSTADO NORTE CHAPACO Ensenada Chapaco | | COSTADO SUR CHAPACO Ensenada Chapaco | | 6 Km SUR DE CHAPACO Punta Lachos | |
|---|----|--------|---|--|--|--|---|--|
| COMUNIDAD DE FONDO BLANQUEADOS (0 – 3 m) | DE | FONDOS | COMUNIDAD DE FONDO BLANQUEADO (0 – 5 m) | | COMUNIDAD DE MACROALGAS (0 - 3 m) | | COMUNIDAD DE FONDO BLANQUEADO (0 - 3 m) | |
| <p>La estructura de esta comunidad se ha mantenido estable en el tiempo, siendo caracterizada por la dominancia del alga crustosa calcárea <i>Mesophyllum sp.</i>, la ausencia de algas erectas y la presencia del erizo negro <i>Tetrapygyus niger</i>. Desde 1997 a 1999, no se registró la presencia del gastrópodo <i>Concholepas concholepas</i>, el que fue observado nuevamente en el 2000, junto con el caracol negro <i>Tegula atra</i>. Entre el 2001 y el 2007, el sistema se ha mantenido estable, con recambio esporádico de especies las que ocurren principalmente entre las grietas. En el 2009 se observa una baja abundancia de <i>Concholepas concholepas</i> y la desaparición de <i>Tegula atra</i>. Las demás especies correspondientes a este sector también son encontradas en bajas abundancias. Destaca la aparición por primera vez del depredador <i>Stichaster striatus</i>. El año 2010 desaparece <i>Stichaster striatus</i>, pero se detecta la presencia de otros depredadores como <i>Heliaster helianthus</i> y <i>Meyenaster gelatinosus</i>. La comunidad de erizos continua caracterizando el sector, aunque también se detecta la presencia de gusanos nematos y del poliqueto <i>Phragmatoma sp.</i> En la presente campaña del 2011 se observa un escenario similar al del año anterior, solo destaca la reaparición de <i>Concholepas concholepas</i>. En la actual campaña se observa un aumento de <i>C. concholepas</i> y <i>H. helianthus</i>, además se observa una importante presencia de <i>Tegula atra</i> y de <i>Piura chilensis</i> y en menor magnitud la presencia <i>Anthothoe chilensis</i> y <i>Phymanthea pluvia</i>.</p> | | | <p>Al inicio se incrementó la riqueza de especies, disminuyendo la cubierta de <i>Mesophyllum sp.</i> La densidad del erizo negro <i>Tetrapygyus niger</i> se incrementó, para luego disminuir y permanecer estable. Se mantienen las características de un fondo blanqueado, con la excepción de 1999 donde se produce un asentamiento importante del alga <i>Lessonia trabeculata</i>. Estas algas no permanecen para el 2000 y sólo se observan algunas plantas muy aisladas apreciando, también, una disminución general de la flora y fauna. A excepción de la desaparición de <i>Lessonia trabeculata</i>, entre el 2001 y el 2003 esta comunidad no ha experimentado mayores cambios, aunque la riqueza específica tiende a disminuir. En el 2004 se observa nuevamente un reclutamiento del alga <i>Lessonia trabeculata</i> la que no prospera en el 2005. Desde ese año a la fecha, domina <i>Tetrapygyus niger</i>, encontrando en densidades normales para el sector a las especies depredadoras <i>Phymanthea pluvia</i> y <i>Concholepas concholepas</i>. En el 2010 destaca la desaparición de <i>Tegula atra</i>, caracol que fue registrado el año anterior. En el monitoreo 2011 permanece ausente <i>Tegula atra</i> y tampoco se detecta la presencia de <i>Concholepas concholepas</i>. Situación que se mantiene hasta la actual campaña.</p> | | <p>La comunidad estuvo dominada por las algas erectas <i>Halopteris sp.</i>, <i>Corallina officinalis</i>, <i>Glossophora kunthii</i> y parches de la crustosa calcárea <i>Mesophyllum sp.</i>, la que ha permanecido estable en el tiempo. La riqueza de invertebrados móviles que inicialmente se incrementó, se estabilizó en abundancias bajas. Esto se mantiene en el 1998, observando en el 1999 plantas juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i>. Para el 2000, la comunidad es reemplazada abruptamente por un fondo blanqueado dominado por algas crustosas calcáreas y erizos negros <i>T. Niger</i> de pequeño tamaño. En el 2001 la comunidad se sigue empobreciendo, situación que tiende a revertirse para el 2002 donde, incluso, se observa al camarón de roca <i>Rhynchocinetes typus</i>. Para el 2003, la comunidad no presenta cambios importantes, destacando la presencia de chitones y del gusano tubícola <i>Phragmatopoma sp.</i> Entre el 2004 y 2007, la comunidad evidencia un aumento y luego estancamiento en el número de especies, destacando el dominio del gusano tubícola <i>Phragmatopoma sp.</i> En el año 2009 se observa nuevamente un cambio en las comunidades, con la desaparición del gusano tubícola y el dominio de la especie herbívora <i>Tetrapygyus niger</i> y de las especie depredadoras <i>Phymanthea pluvia</i> y <i>Concholepas concholepas</i>. En el 2010 se mantienen las condiciones observadas el año 2009, condiciones que varían parcialmente en el monitoreo 2011; se mantiene la presencia de <i>Tetrapygyus niger</i> y de <i>Phymanthea pluvia</i>, pero desaparece <i>Concholepas concholepas</i> y aparece <i>Heliaster helianthus</i>. Situación que se mantiene hasta la actual campaña.</p> | | <p>La comunidad de Fondo Blanqueado, se mantuvo estable en el tiempo con la cobertura típica del alga crustosa <i>Mesophyllum sp.</i> Destacó la escasa presencia del erizo negro <i>Tetrapygyus niger</i> y la alta abundancia de moluscos del genero <i>Fissurella</i>. Esta comunidad desapareció en 1997 producto de un aluvión. En 1999 se encontró un área con características similares a la comunidad original. Entre los años 2000 y 2005, esta comunidad permanece estable, observando sólo cambios leves, propios de la variabilidad natural. Sin embargo, desde el 2002 se ha observado la presencia de juveniles de <i>Lessonia trabeculata</i> permanentemente en esta comunidad. En el 2009 este sector destaca por una variada presencia de macroalgas, con importante cobertura de crustosas calcáreas y presencia de juveniles de <i>Lessonia</i> y <i>Glossophota kunthii</i>. En cuanto a la presencia faunística se observa la abundancia normal para el sector de <i>Tetrapygyus niger</i> y la presencia del caracol <i>Tegula atra</i>. Durante el 2010 la presencia algal no varía mayormente. Solo se observan variaciones en la composición faunística, ya que desaparece <i>Tegula atra</i> y se detecta una abundante presencia de <i>Fissurella spp.</i>, además se registra la presencia del depredador <i>Heliaster helianthus</i>, situación que se mantuvo hasta el año 2011, sin embargo, durante la presente campaña no se detectó la presencia del sol de mar, la presencia de <i>Fissurella spp.</i> se mantiene y se registró la anémona <i>Phymanthea pluvia</i>.</p> | |

Tabla 30. Cambios principales de las comunidades submareales después del cese de operaciones del emisario. *Continuación.*

| NORTE DE CHAPACO Cabo Norte. | COSTADO NORTE DE CHAPACO Ensenada Chapaco. | COSTADO SUR DE CHAPACO Ensenada Chapaco. | 6 Km SUR DE CHAPACO Punta Lachos |
|---------------------------------|--|--|--|
| | <p>COMUNIDAD DE INCRUSTANTES (5 – 12 m)</p> <p>La cubierta de cirripedios fue reemplazada por algas crustosas como <i>Mesophyllum</i> sp. En las áreas profundas, apareció un briozoo calcáreo en alta abundancia. Este, dejó paso en 1997 al poliqueto tubícola <i>Phragmatopoma</i> sp. El erizo negro <i>Tetrapyguis niger</i> y el asteroídeo <i>Heliaster helianthus</i> han disminuido. Del aumento inicial de <i>Concholepas concholepas</i> se pasó a su ausencia en 1997 y reaparición en 1999. Desde 1998 no aparecen algas foliosas. Para el año 2000, se apreció una disminución general de la flora y fauna, situación que se ha mantenido hasta el 2003, pero con una gran presencia del erizo negro <i>Tetrapyguis niger</i>. Entre el 2004 y el 2007 se observa una densa cobertura del poliqueto tubícola <i>Phragmatopoma</i> sp. desapareciendo, entre otras especies, el erizo negro <i>Tetrapyguis niger</i>. En el 2009 tampoco se observa presencia del herbívoro erizo negro, ni de especies algales. Por el contrario, se observa una alta presencia de <i>Concholepas concholepas</i> y una densidad normal de la actinia <i>Phymanthea pluvia</i>. En el monitoreo del 2010 reaparecen abundantemente las algas crustosas y en menor medida las algas laminariales. Reaparece también el erizo negro, disminuye la presencia de <i>Concholepas concholepas</i> y aumenta la densidad de la actinia. Durante las campañas del año 2011 y 2012 se observan condiciones similares, solo destaca la desaparición de las algas laminariales y la aparición en baja densidad de algas foliosas.</p> | <p>COMUNIDAD DE LESSONIA (3 - 5 m)</p> <p>La comunidad inicial dominada por cirripedios y el mitílido <i>Brachiodontes granulata</i>, dio paso a una pradera del alga parda <i>Lessonia trabeculata</i>. El sustrato disponible llegó a ser dominado por el alga crustosa <i>Mesophyllum</i> sp. Los organismos incrustantes como cirripedios, la ascidia <i>Pyura chilensis</i> y el mitílido <i>Brachiodontes granulata</i> desaparecieron mientras que el gusano tubícola <i>Phragmatopoma</i> sp. se presenta variable. A diferencia de la disminución paulatina de la riqueza de la fauna, en 1999 se observó un incremento de la flora. Esto se mantuvo para el 2000, con un incremento leve de <i>Phragmatopoma</i> sp. Esta comunidad desaparece en el 2001, transformándose en una comunidad de fondos blanqueados. Para el 2002 hay un aumento en el número de especies y organismos observando también la presencia del camarón de roca <i>Rhynchocinetes typus</i>. En el 2003, la comunidad no experimenta mayores cambios pero evidencia un cierto empobrecimiento de las especies ocasionales. Desde el 2004, esta comunidad no logra diferenciarse de la comunidad de incrustantes de mayor profundidad.</p> | <p>COMUNIDAD DE MACROALGAS (3 - 5 m)</p> <p>Comunidad dominada por <i>Halopteris</i> sp., la que compartió el espacio con otras algas como <i>Glossophora kunthii</i>, <i>Mesophyllum</i> sp. y un alga roja Ceramiaceae. Se registró una disminución de la fauna móvil, hasta que finalmente, la comunidad fue destruida por un aluvión. En 1998, se encontró la misma comunidad en un sector vecino. En esta comunidad destaca la ocurrencia ocasional de <i>Concholepas concholepas</i>. Entre los años 1999 y 2012, la comunidad se mantiene estable, destacando la ocurrencia del alga <i>Lessonia trabeculata</i> y una diversidad de la flora y fauna típica para estos ambientes. En el monitoreo del año 2010 destaca un importante presencia de <i>Fissurella</i> spp., de <i>Heliaster helianthus</i> y de fauna móvil, lo que se ha mantenido hasta el actual monitoreo.</p> |

Tabla 30. Cambios principales de las comunidades submareales después del cese de operaciones del emisario. *Continuación.*

| COSTADO SUR DE CHAPACO Ensenada Chapaco. | 6 Km SUR DE CHAPACO Punta Lachos |
|---|---|
| <p>COMUNIDAD DE INCRUSTANTES (5 - 7 m)</p> <p>Esta comunidad originalmente se caracterizó por los tubos de <i>Phragmatopoma</i> sp. y la presencia de una cubierta de hidrozoos. Estos últimos al desaparecer incrementó la abundancia del alga crustosa calcárea <i>Mesophyllum</i> sp. En general, la riqueza de especies incrustantes disminuye. En 1997 se incrementó levemente la abundancia de <i>Phragmatopoma</i> sp. y de <i>Brachiodontes granulata</i>. En 1998, aparece el alga parda <i>Lessonia trabeculata</i>, la que se establece con mayor intensidad en 1999. Para el 2000, se registró una disminución general de la flora y un aumento de <i>Phragmatopoma</i>. Nuevamente se observa la presencia del mitílido <i>Brachiodontes granulata</i>. En el 2001, esta comunidad se ha transformado en una comunidad de fondos blanqueados que se mantiene hasta el 2003. Desde el 2004 hasta el año 2010 la comunidad vuelve a estar caracterizada por el gusano tubícola <i>Phragmatopoma</i> sp.. En el monitoreo del año 2011 no se detecta la presencia del tubícola. Y se observa la abundante presencia de colonias de Briozoos. El poliqueto tubícola continúa ausente en la actual campaña.</p> | <p>COMUNIDAD DE LESSONIA (5 – 14 m)</p> <p>Esta fue una comunidad estable, dominada por el alga parda <i>Lessonia trabeculata</i>. No se produjeron cambios importantes, excepto por cambios leves en la abundancia de algunas especies de invertebrados. El bosque de algas resultó severamente dañado por el aluvión. En 1998, la misma comunidad fue encontrada en un sector contiguo, conformada por plantas adultas del alga y la típica comunidad asociada. En 1999 se encontró una alta abundancia de juveniles del alga <i>L. Trabeculata</i>. La comunidad permanece estable en el 2000, sólo se registraron cambios leves, entre los que destaca la mayor abundancia de cirripedios y algas foliosas. Esta situación se ha mantenido como tal hasta el 2010, siendo una comunidad diversa donde se destaca una continua renovación del bosque de <i>Lessonia trabeculata</i> dada la permanente ocurrencia de reclutas. Cabe destacar que durante el monitoreo del 2010, junto con el gusano <i>Phragmatopoma</i> sp. y la fauna típica, se registro una importante presencia de <i>Concholepas concholepas</i>, las que se mantuvo, aunque en menor magnitud durante la campaña del año 2011, desapareciendo en el presente monitoreo.</p> |

FIGURAS

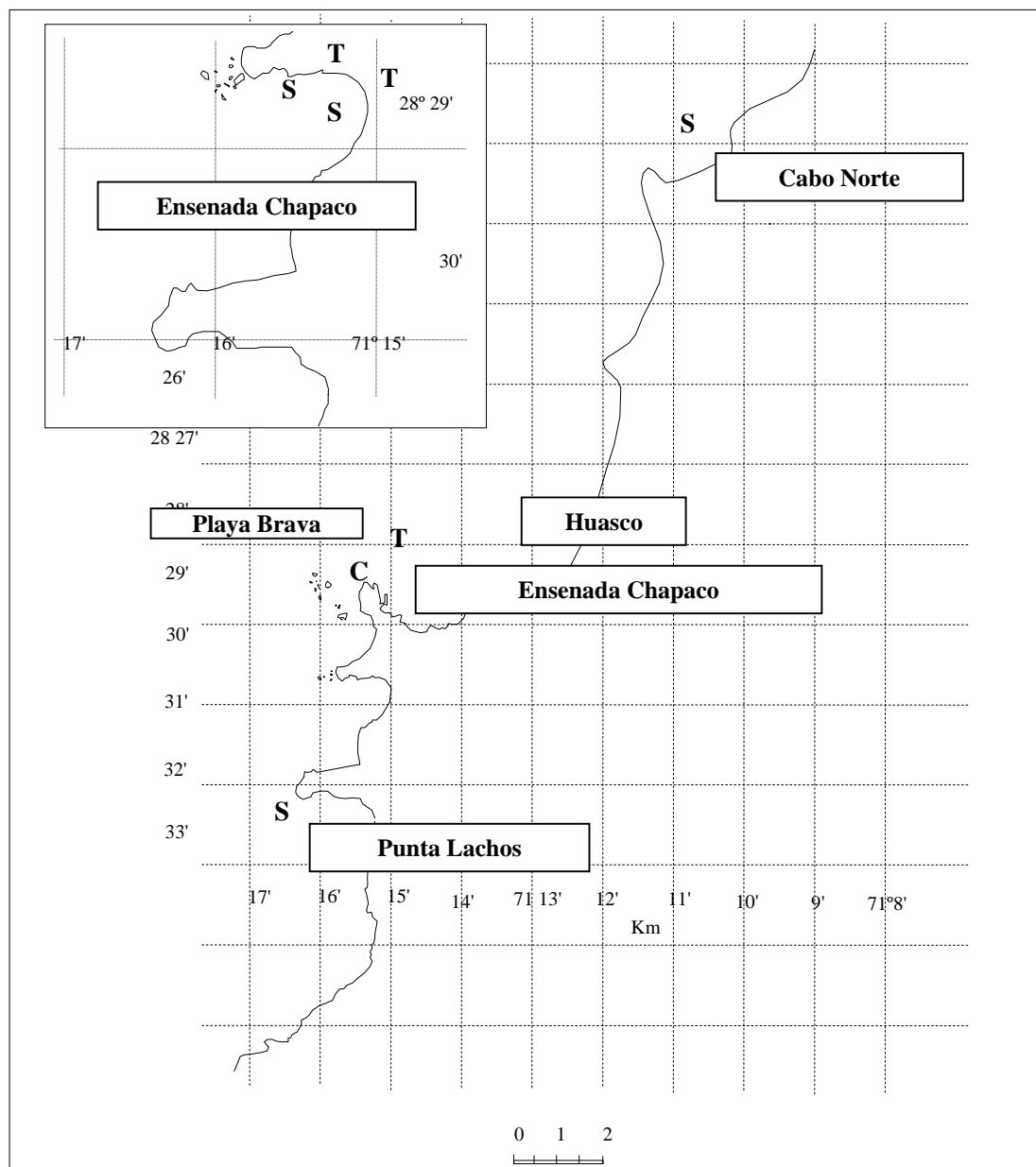


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de parámetros físicos en Ensenada Chapaco y alrededores (Huasco, Región de Atacama). “C” = Estudio de Corrientes, “T”= Puntos de observación de la coloración de las aguas superficiales y condiciones ambientales y “S”= Sedimentación de partículas sobre el fondo rocoso.

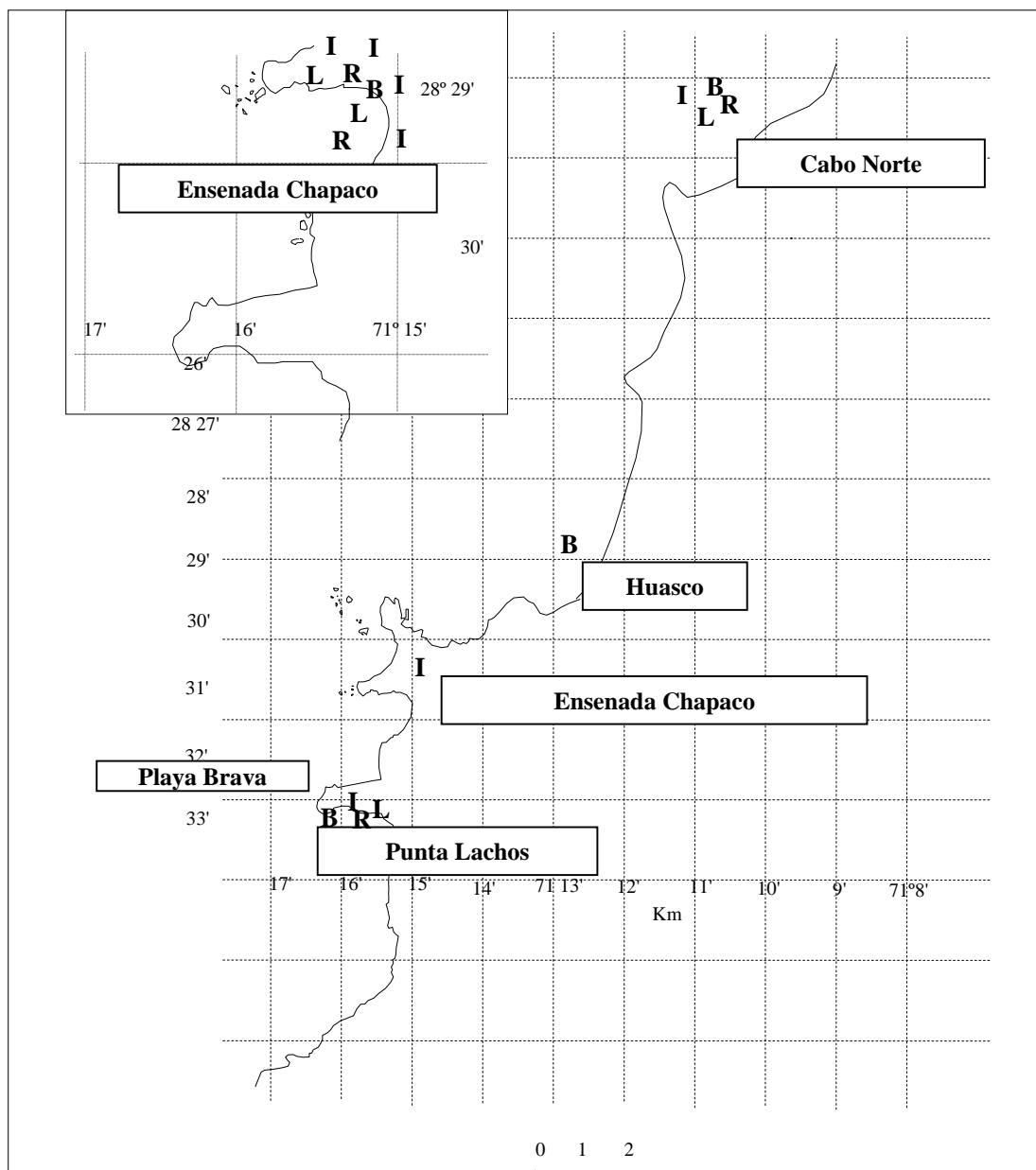


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo de parámetros biológicos en Ensenada Chapaco y alrededores (Huasco, Región de Atacama). “I” = Comunidades intermareales, “R”= Comunidades submareales de fondo rocoso, “L”= Reclutamiento y características de *Lessonia nigrescens* y “B”= Comunidades submareales de fondo blando.

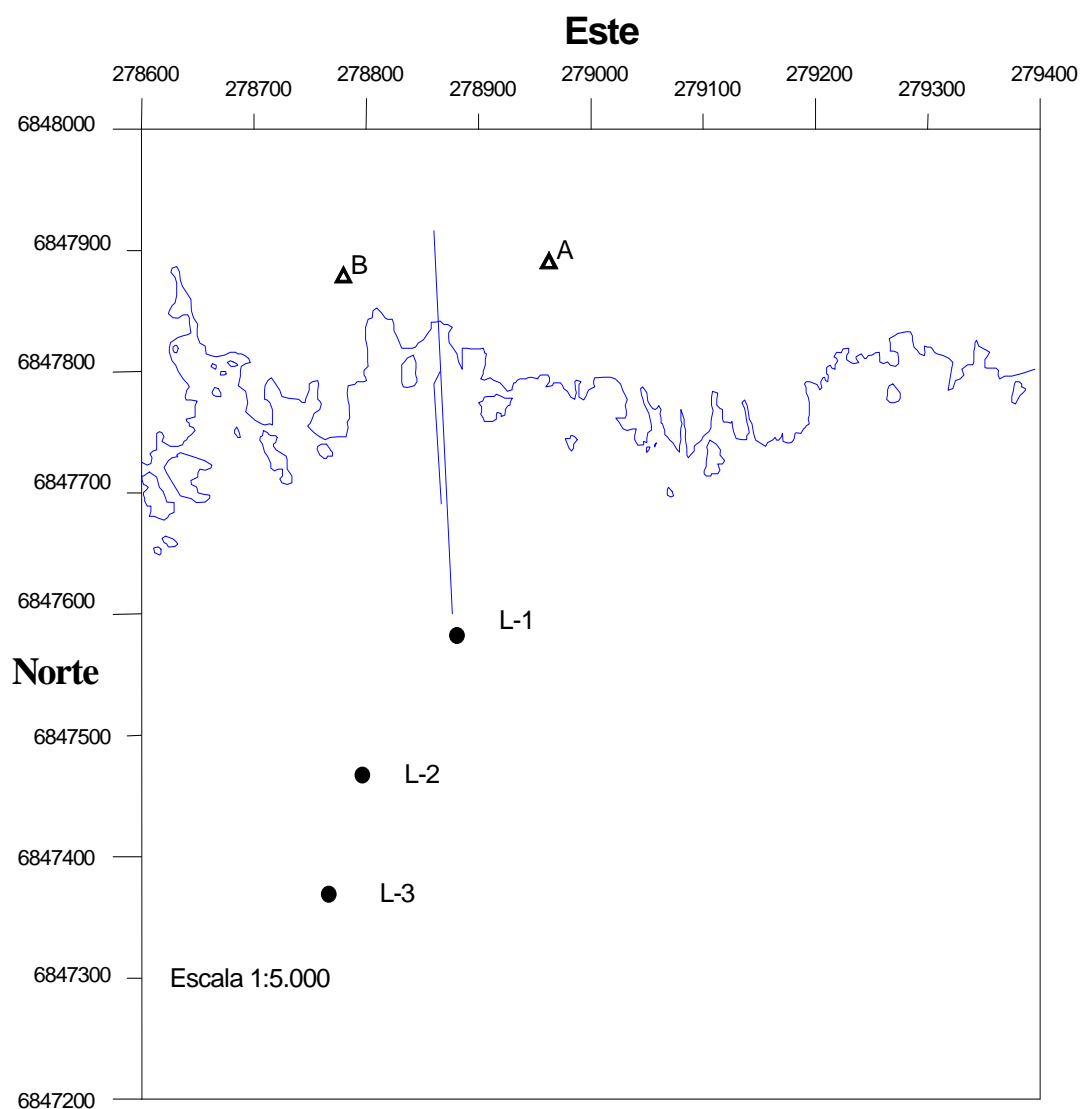


Figura 3. Posición de las estaciones de puntos de lance de derivadores y control topográfico en Ensenada Chapaco (Husco, Región de Atacama), empleados en el estudio de corrientes.

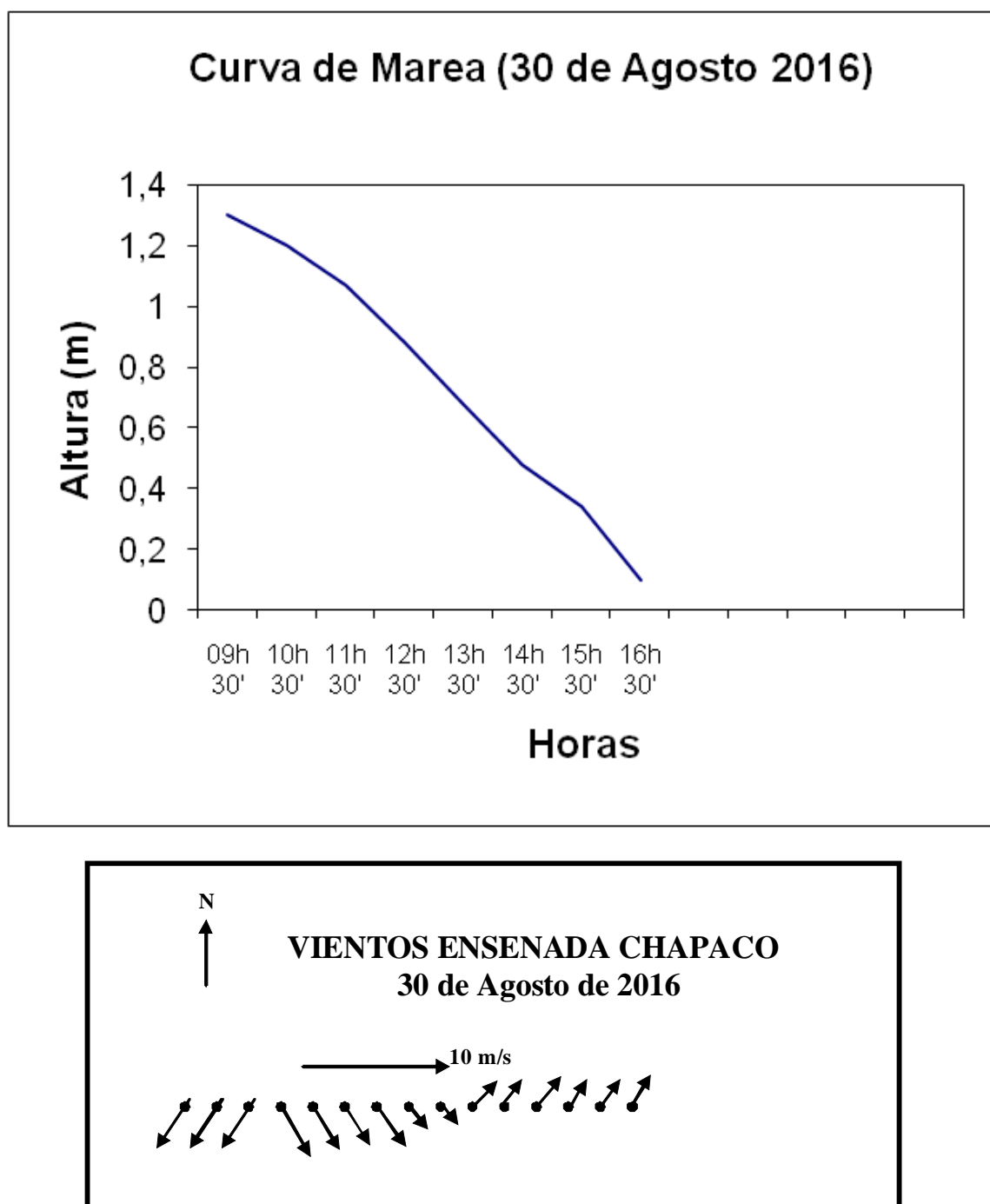


Figura 4. Curva de Marea teórica y vectores de Vientos registrados en la Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama), para el 30 de Agosto de 2016.

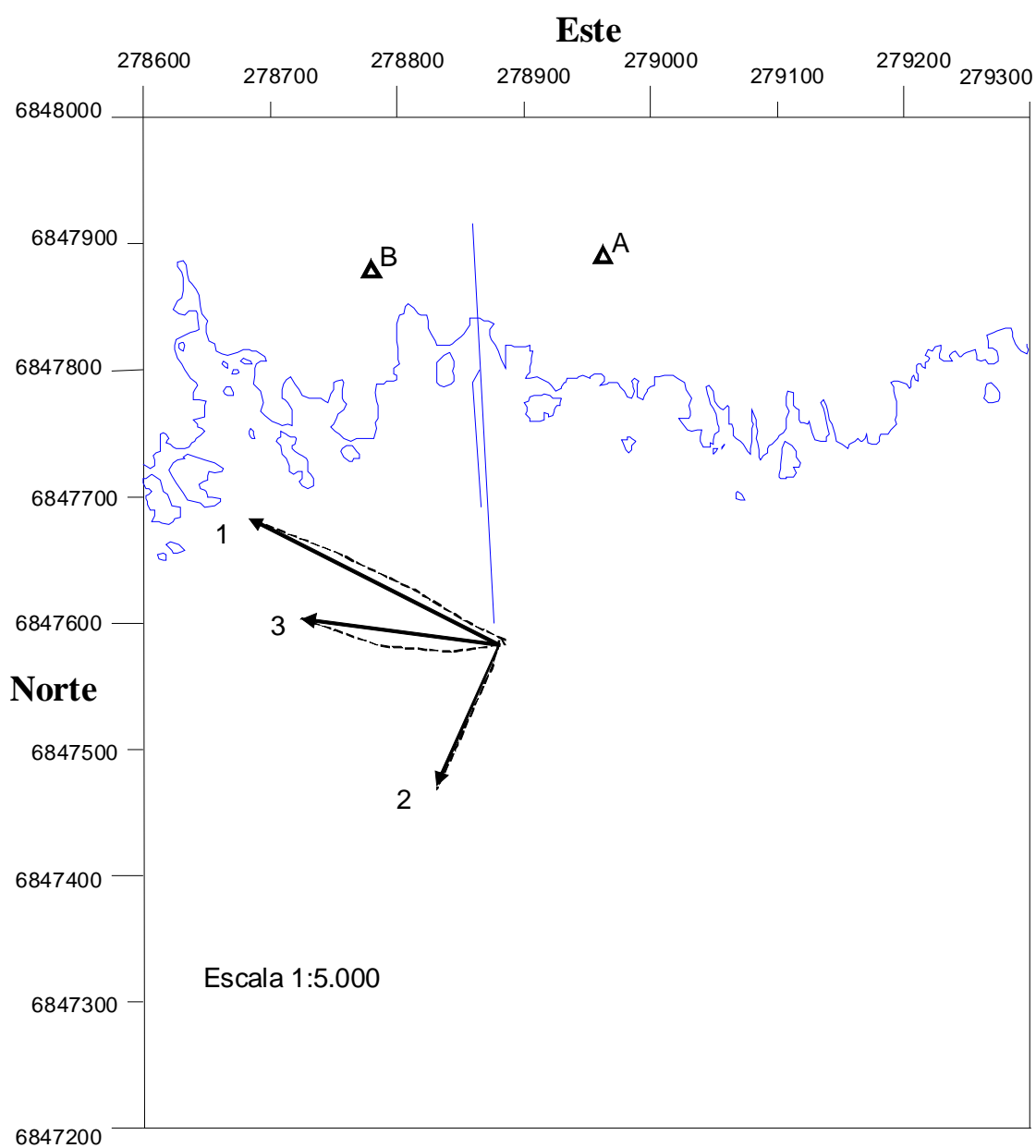


Figura 5. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 1, a 0,5 m de profundidad (30/08/2016).

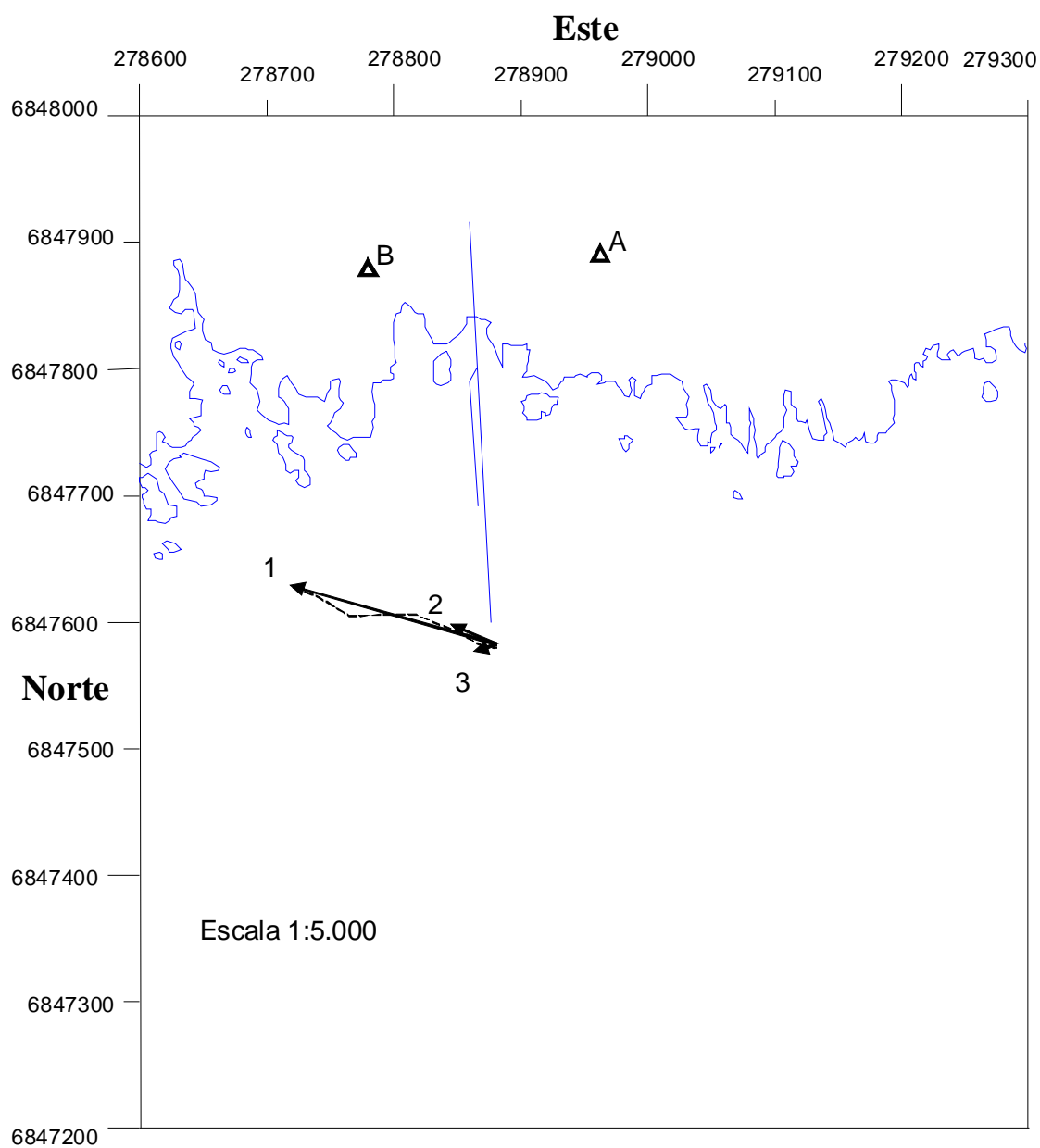


Figura 6. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 1, a 5,0 m de profundidad (30/08/2016).

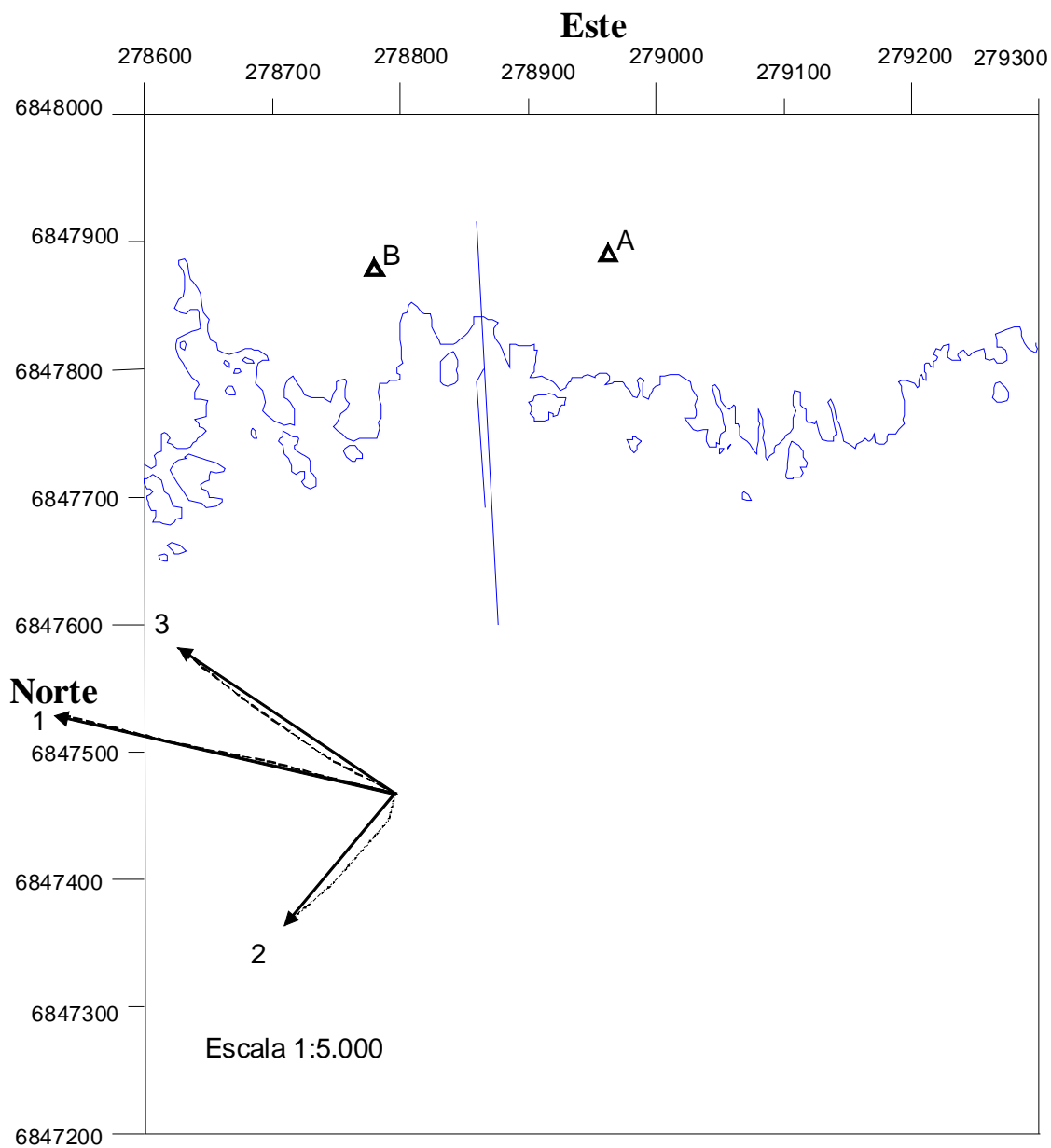


Figura 7. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 2, a 0,5 m de profundidad (30/08/2016).

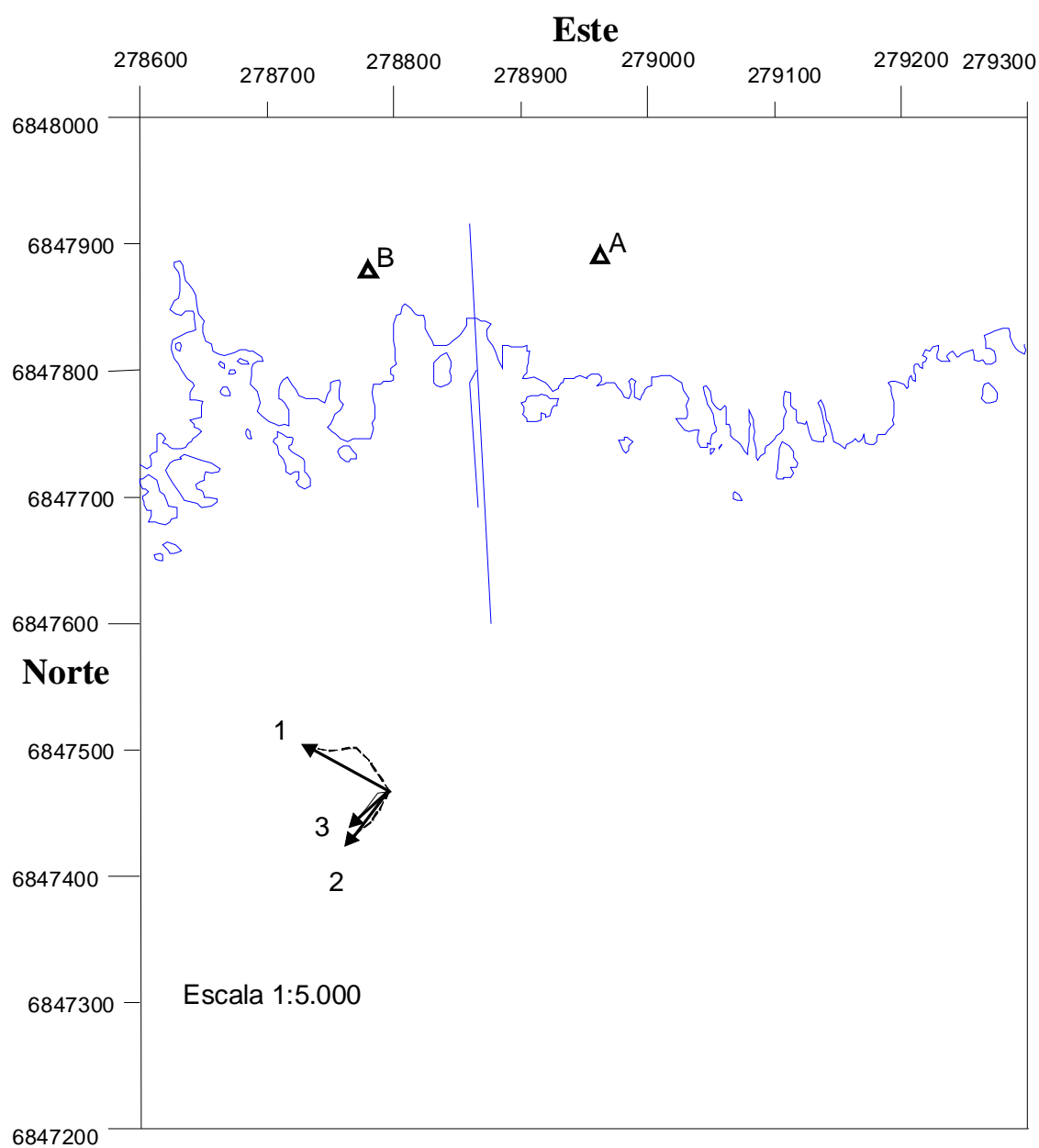


Figura 8. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 2, a 20,0 m de profundidad (30/08/2016).

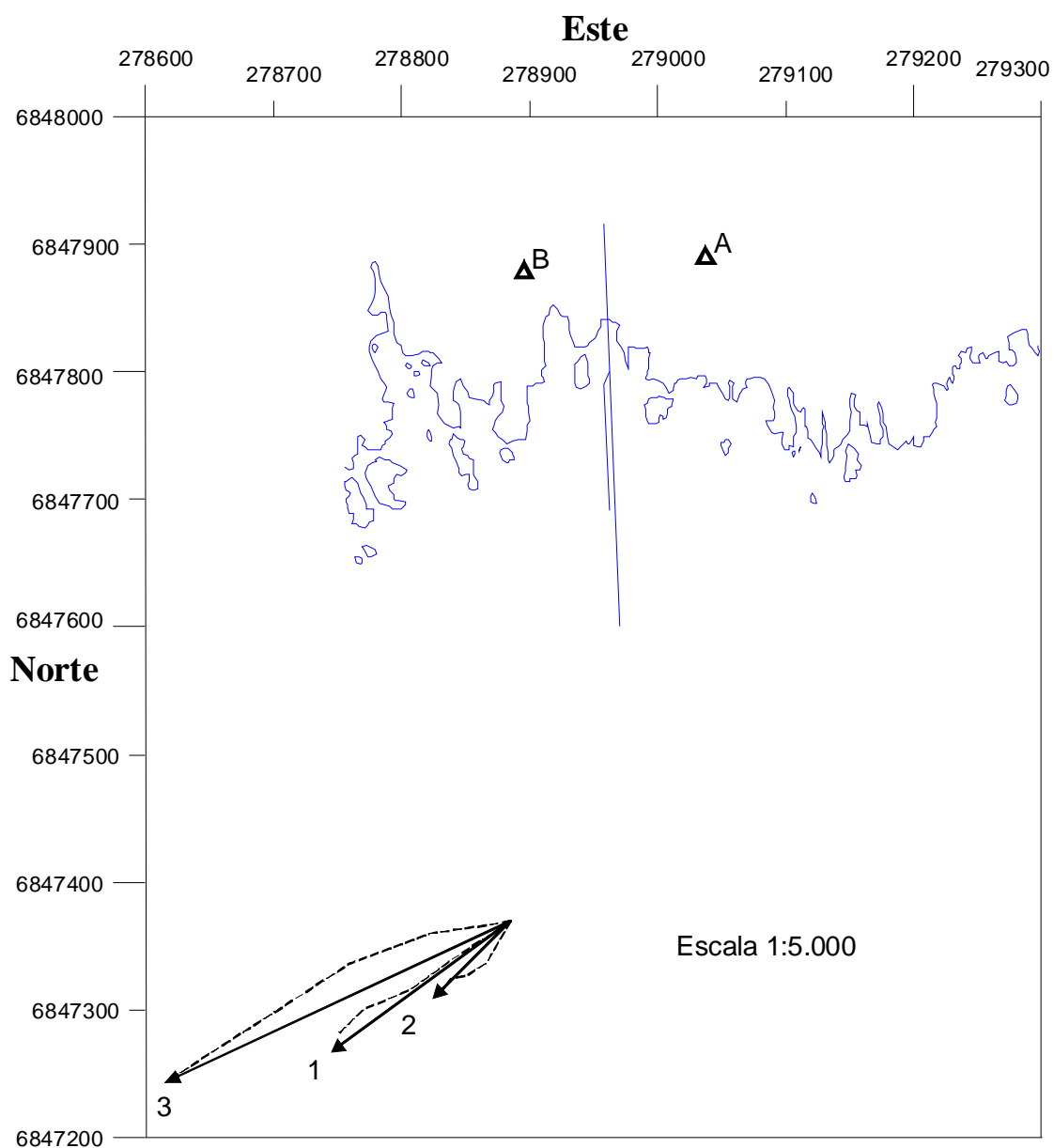


Figura 9. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 3, a 0,5 m de profundidad (30/08/2016).

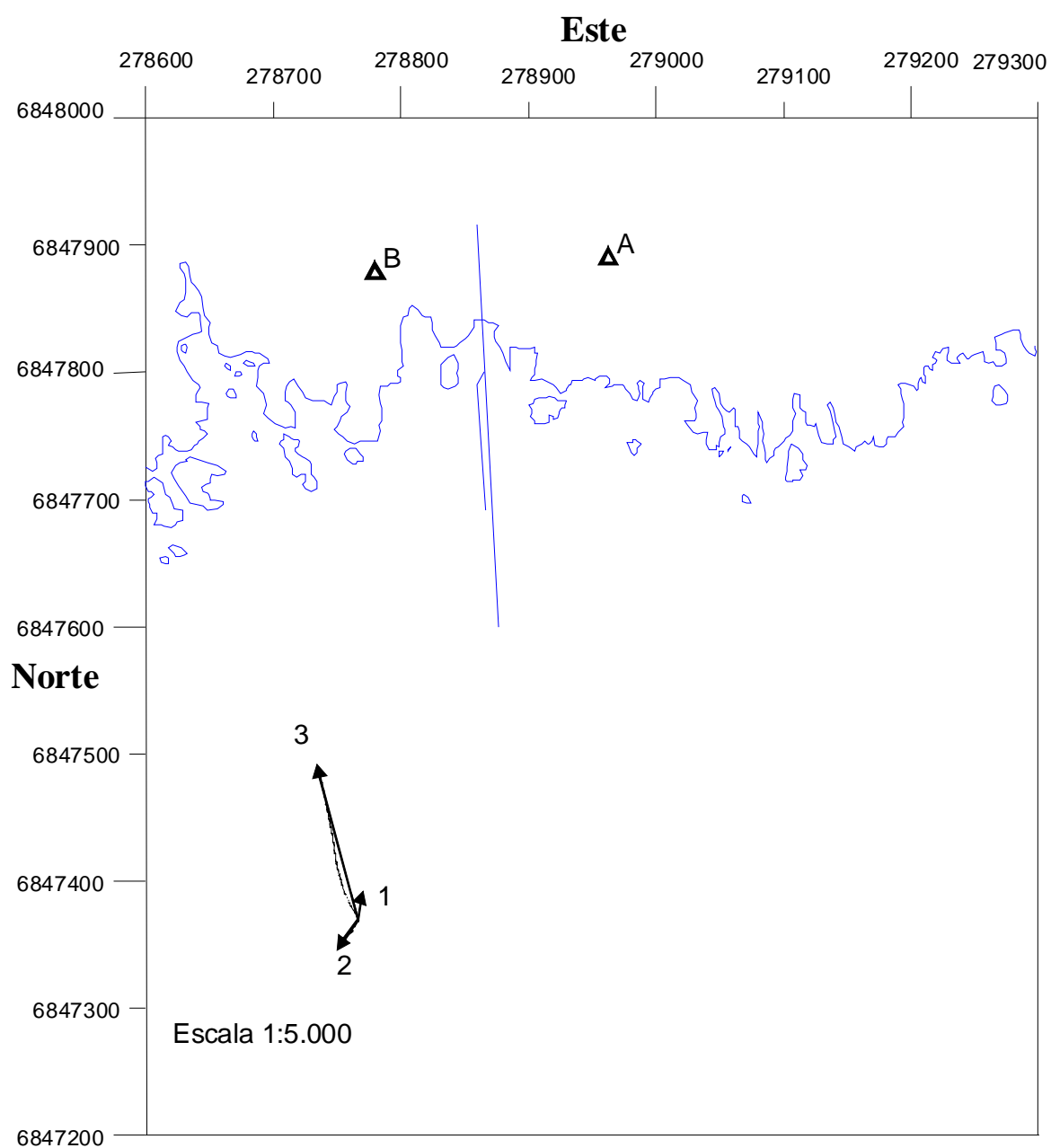


Figura 10. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 3, a 20,0 m de profundidad (30/08/2016).

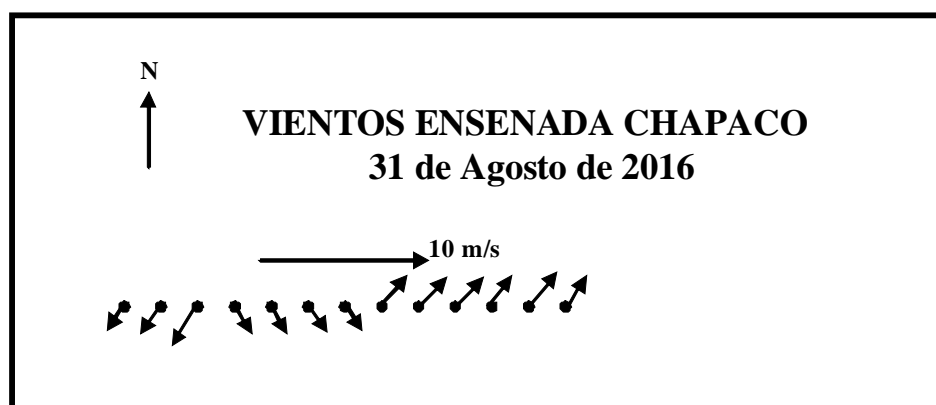
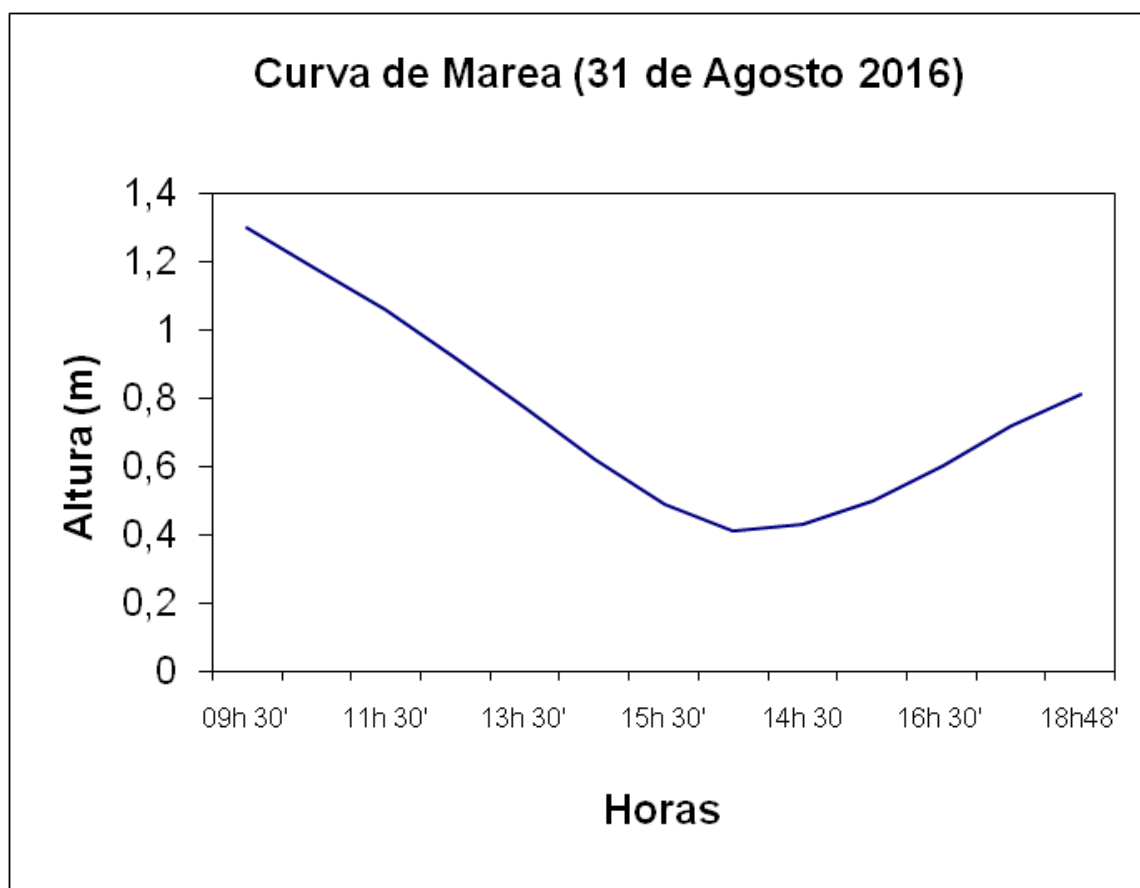


Figura 11. Curva de Marea teórica y vectores de Vientos registrados en la Ensenada Chapaco (Huasco, Región de Atacama), para el 31 de Agosto de 2016.

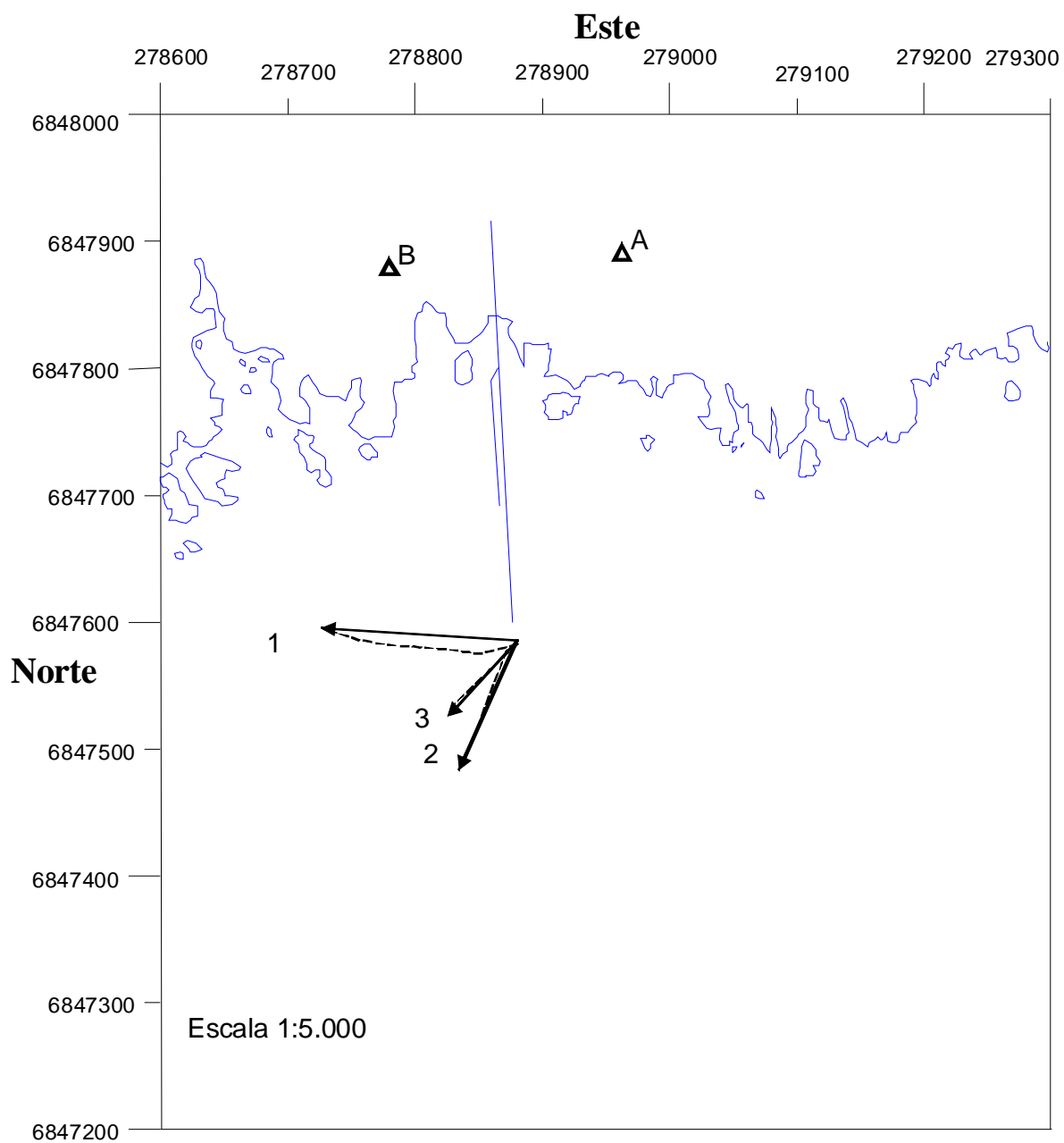


Figura 12. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 1, a 0,5 m de profundidad (31/08/2016).

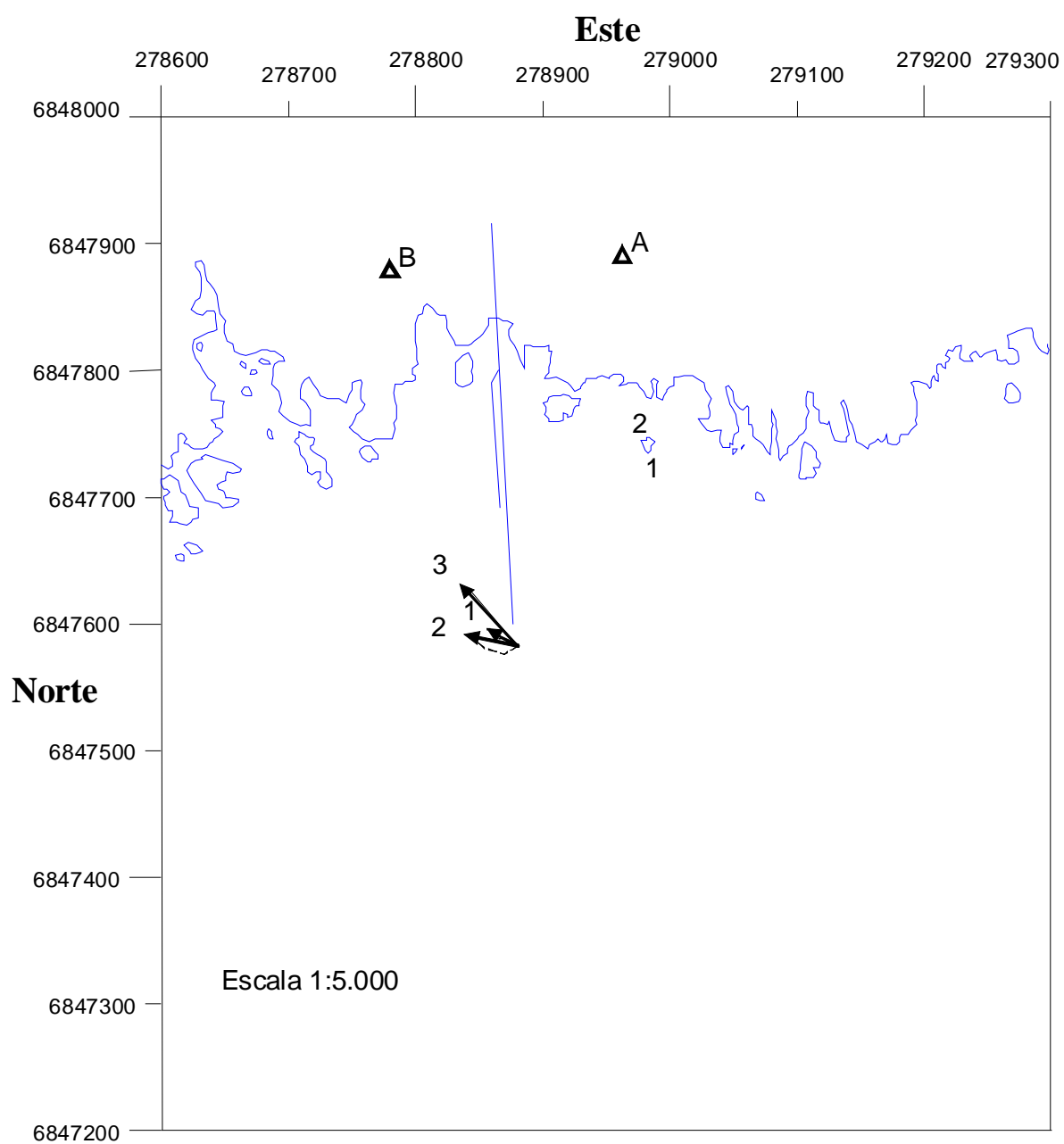


Figura 13. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 1, a 5,0 m de profundidad (31/08/2016).

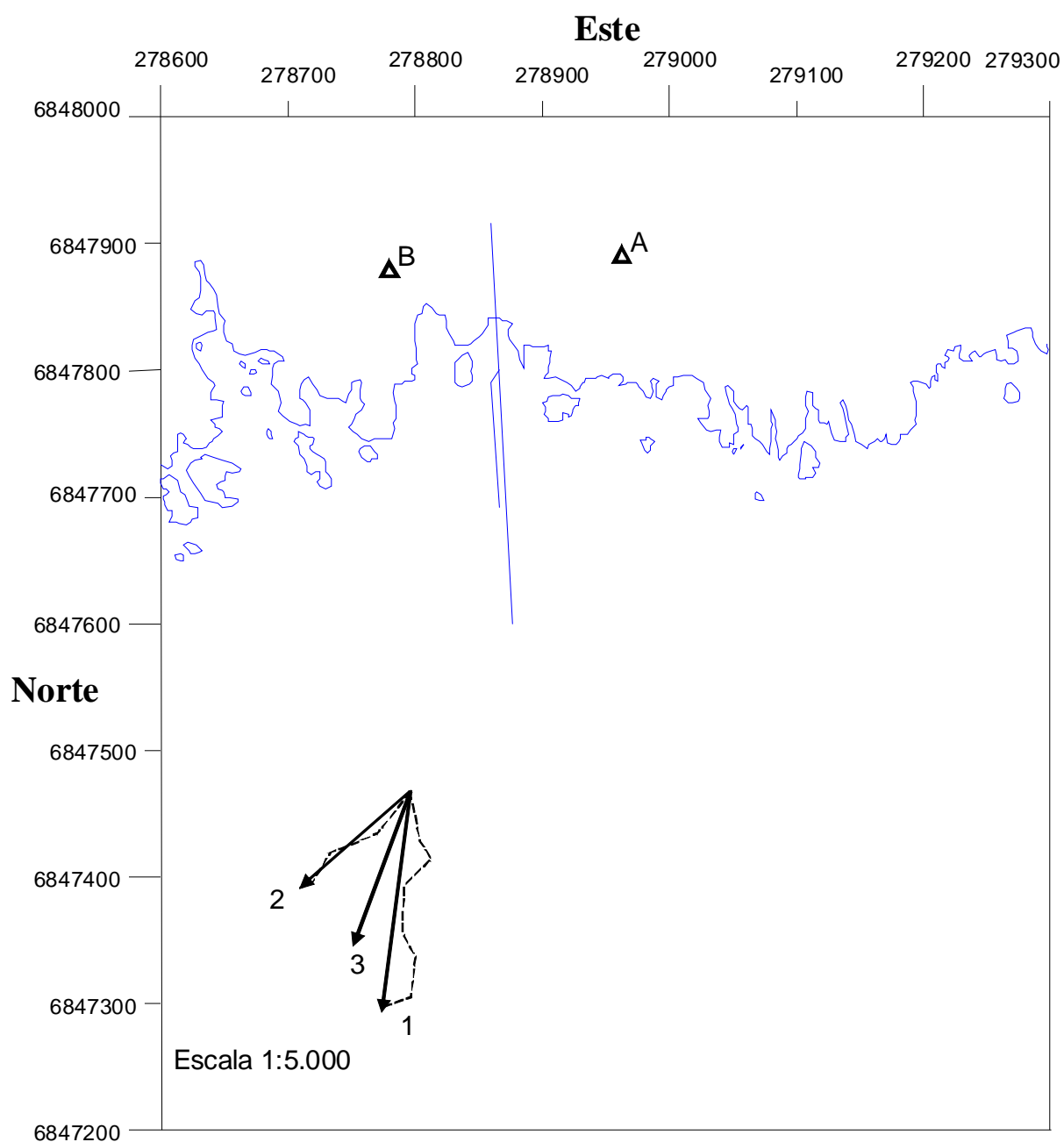


Figura 14. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 2, a 0,5 m de profundidad (31/08/2016).

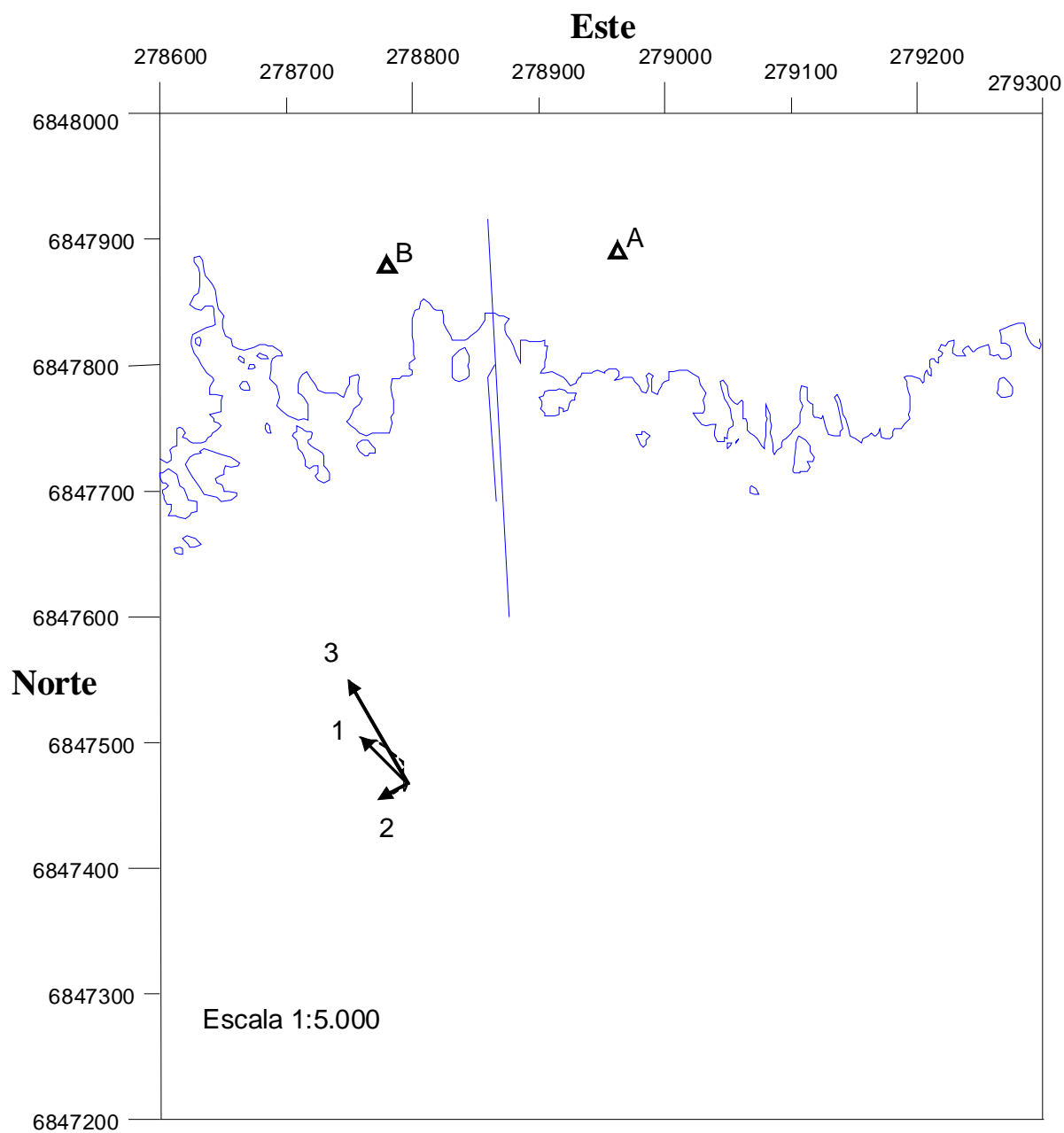


Figura 15. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 2, a 20,0 m de profundidad (31/08/2016).

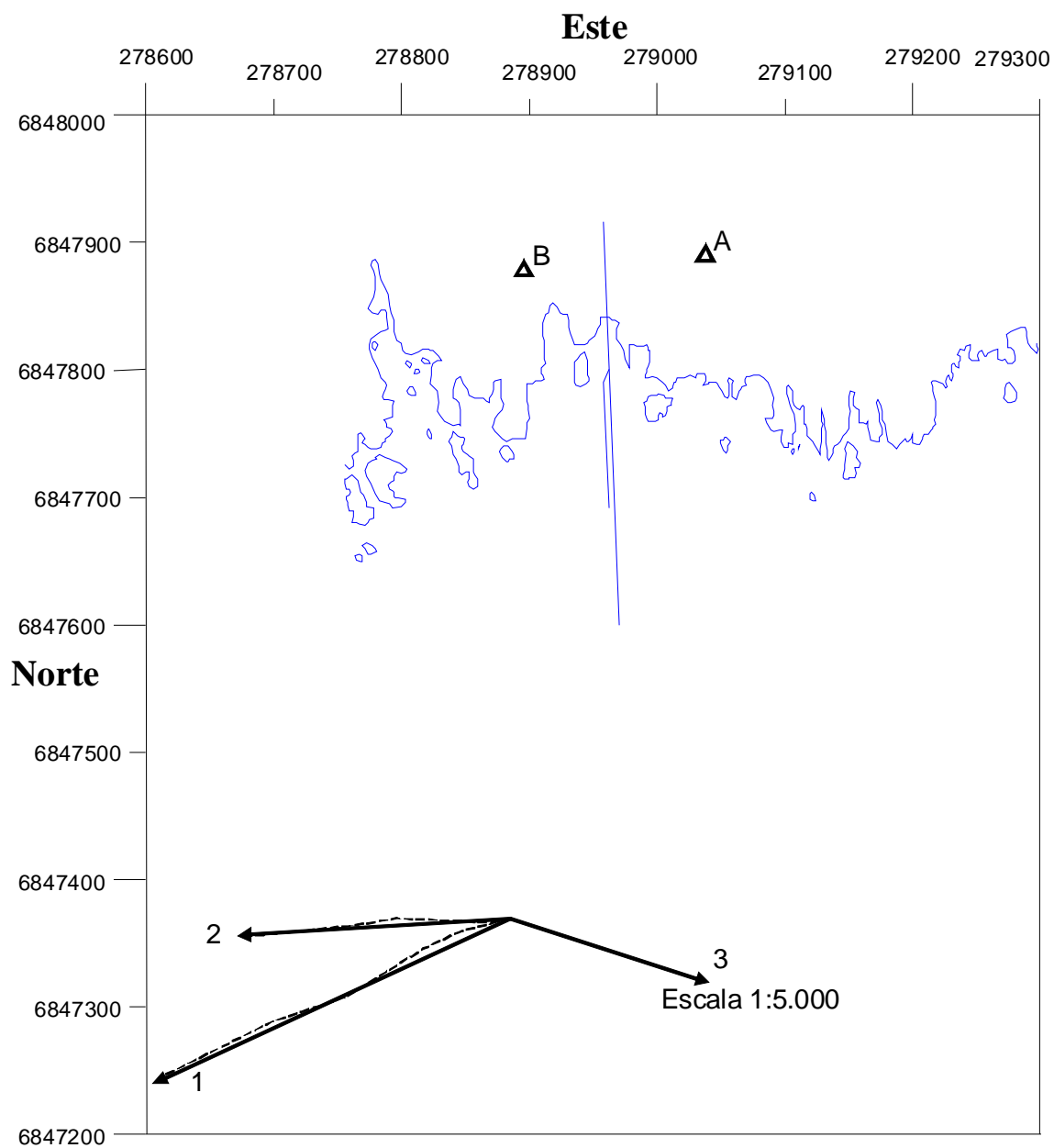


Figura 16. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 3, a 0,5 m de profundidad (31/08/2016).

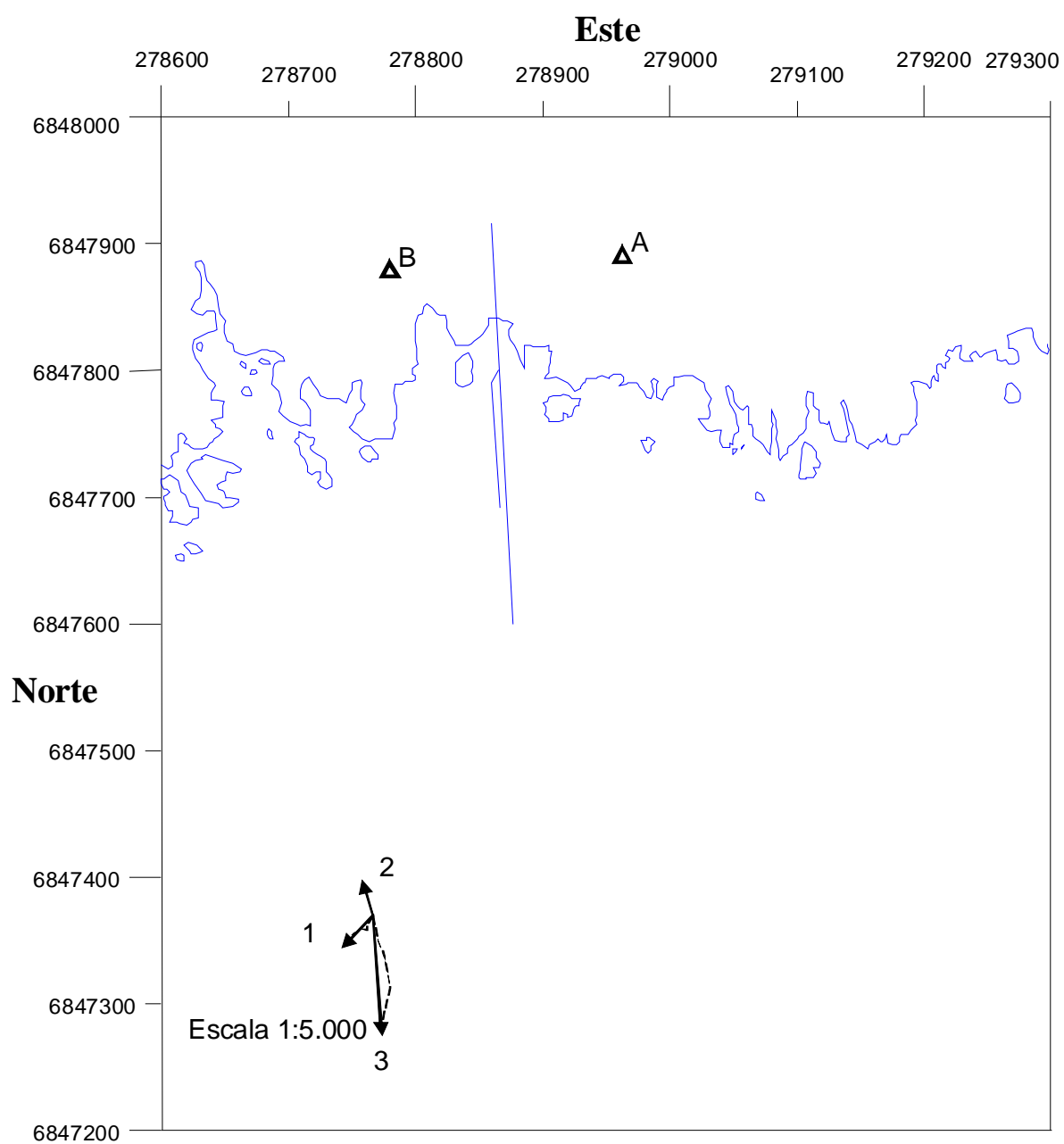


Figura 17. Representación gráfica de los vectores progresivos y resultantes del lance 3, a 20,0 m de profundidad (31/08/2016).

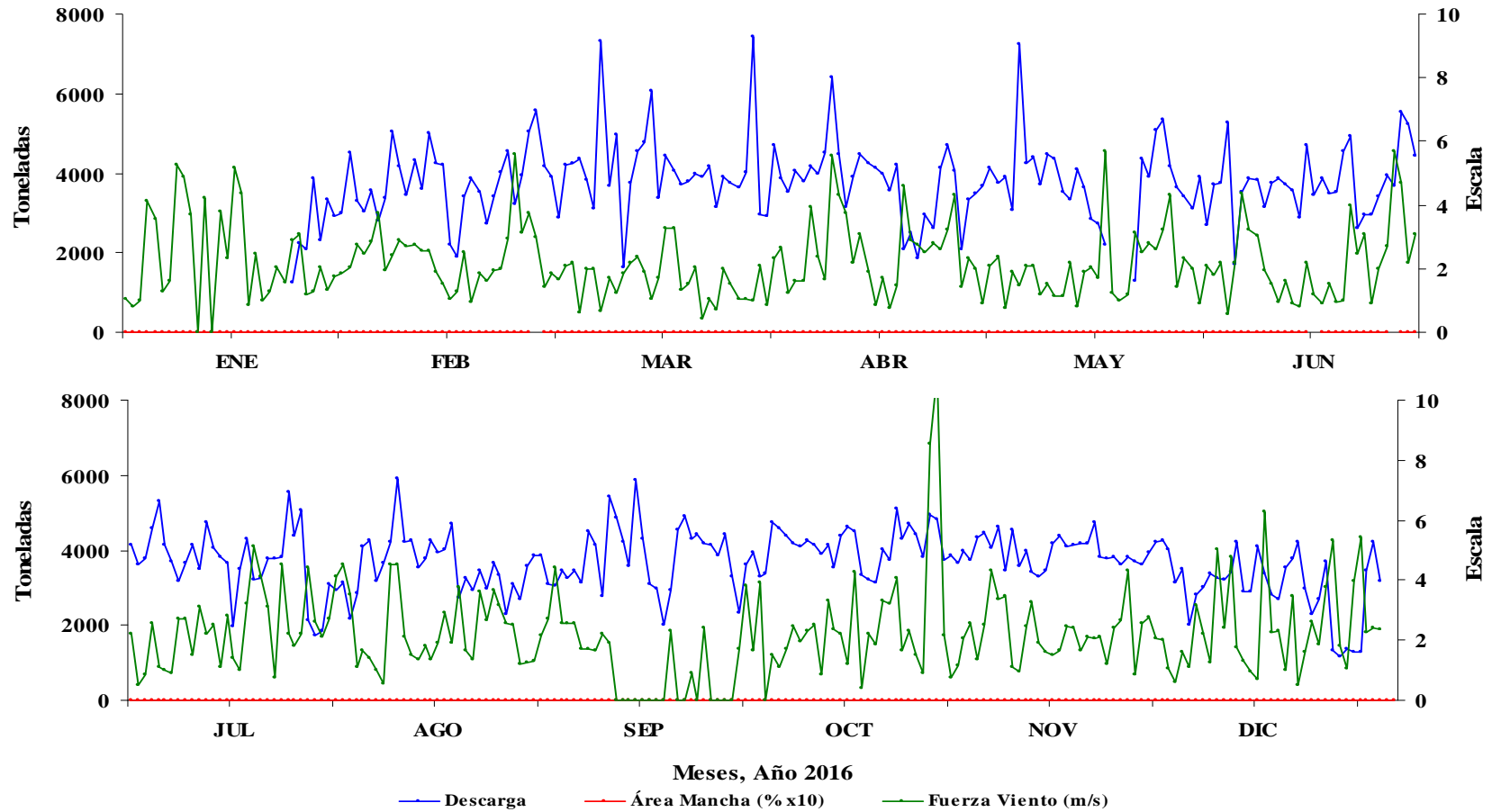


Figura 18. Descarga diaria del efluente (en toneladas de la fase sólida) y dinámica de los registros diarios de la extensión del Área de la Mancha y Fuerza del Viento en la Ensenada Chapaco, período Enero - Diciembre de 2016.

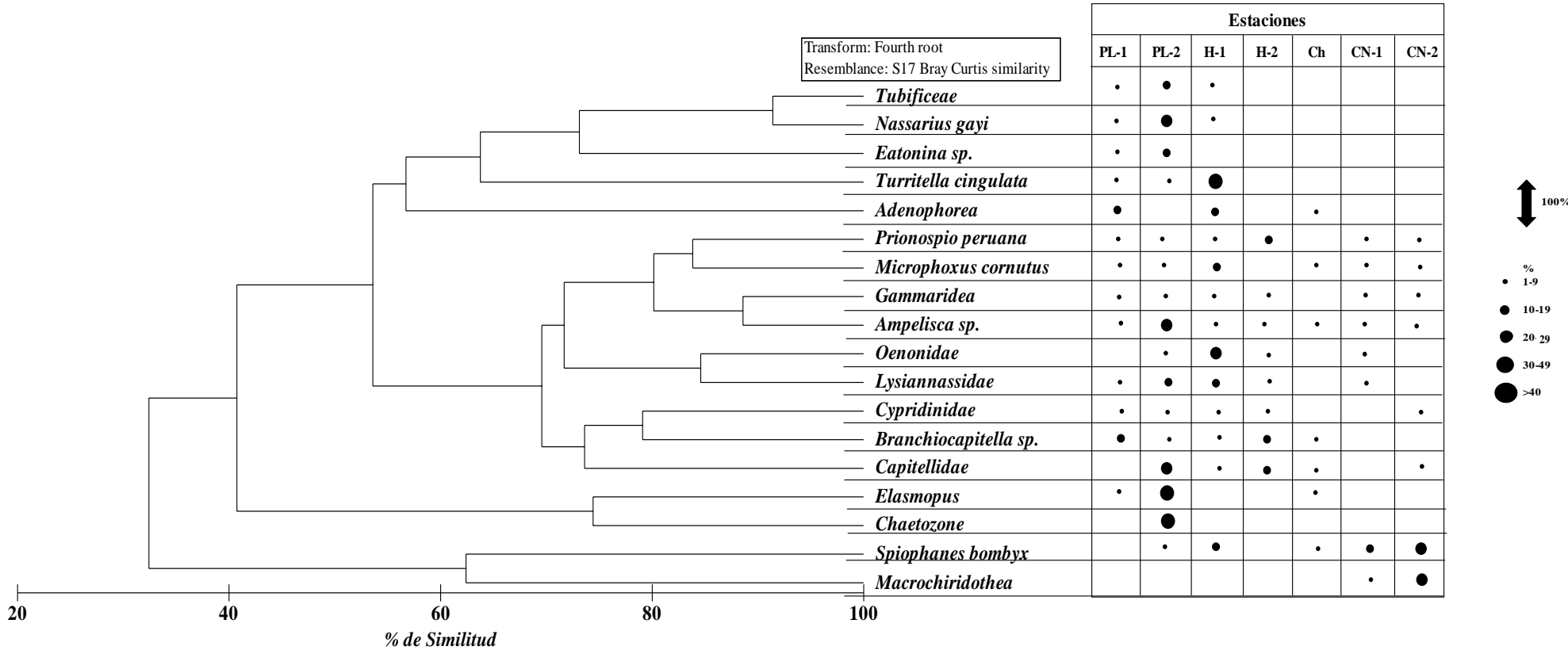


Figura 19. Análisis de clasificación jerárquica y aporte porcentual dentro de cada sector estudiado, de las especies dominantes. Estas especies están comprendidas dentro del 85% de la abundancia y biomasa total de la macroinfauna del área de estudio de Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno 2016.

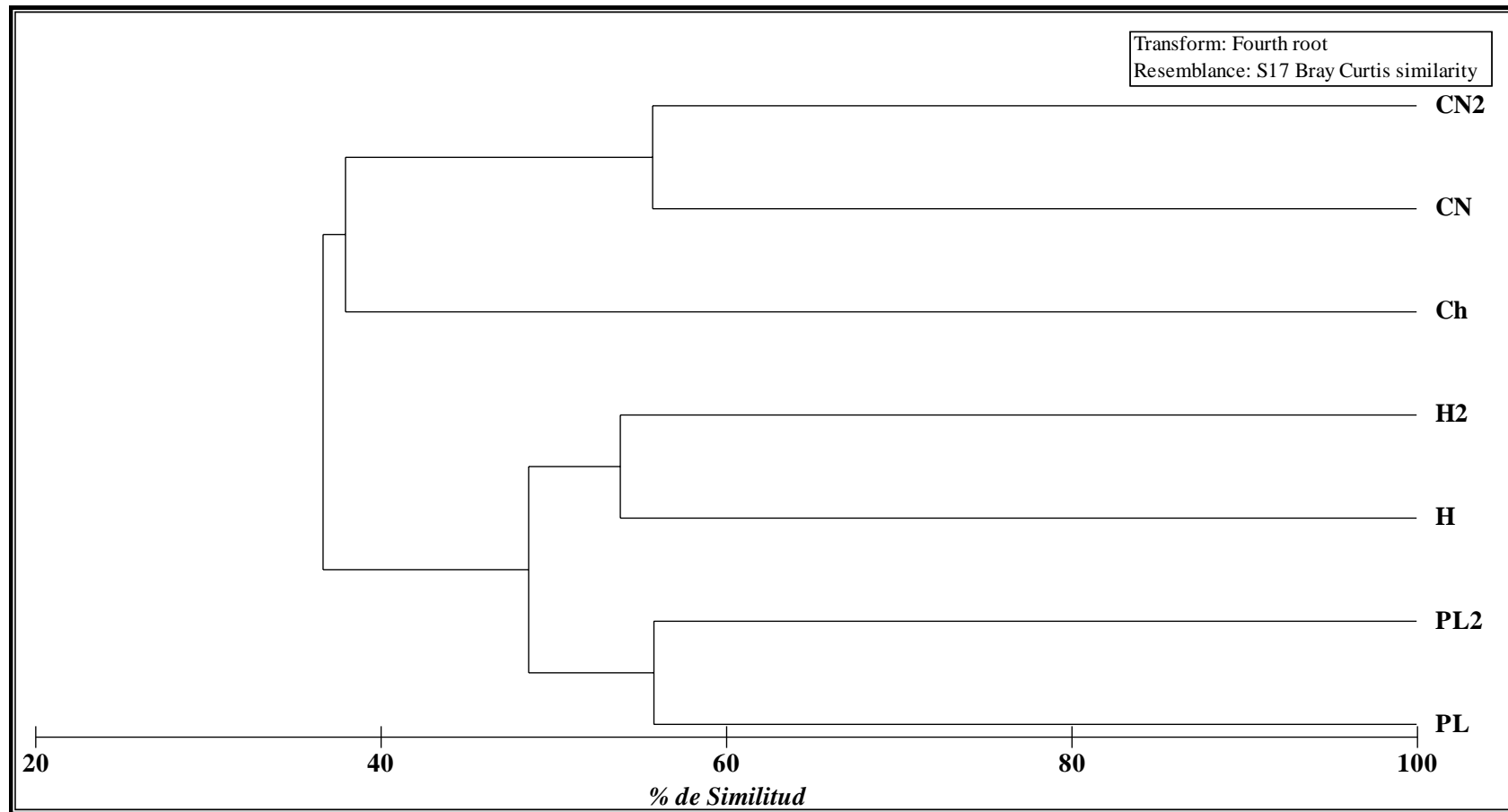


Figura 20. Análisis de clasificación jerárquica de la macroinfauna del submareal de fondos blandos en las áreas de estudio de ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno de 2016.

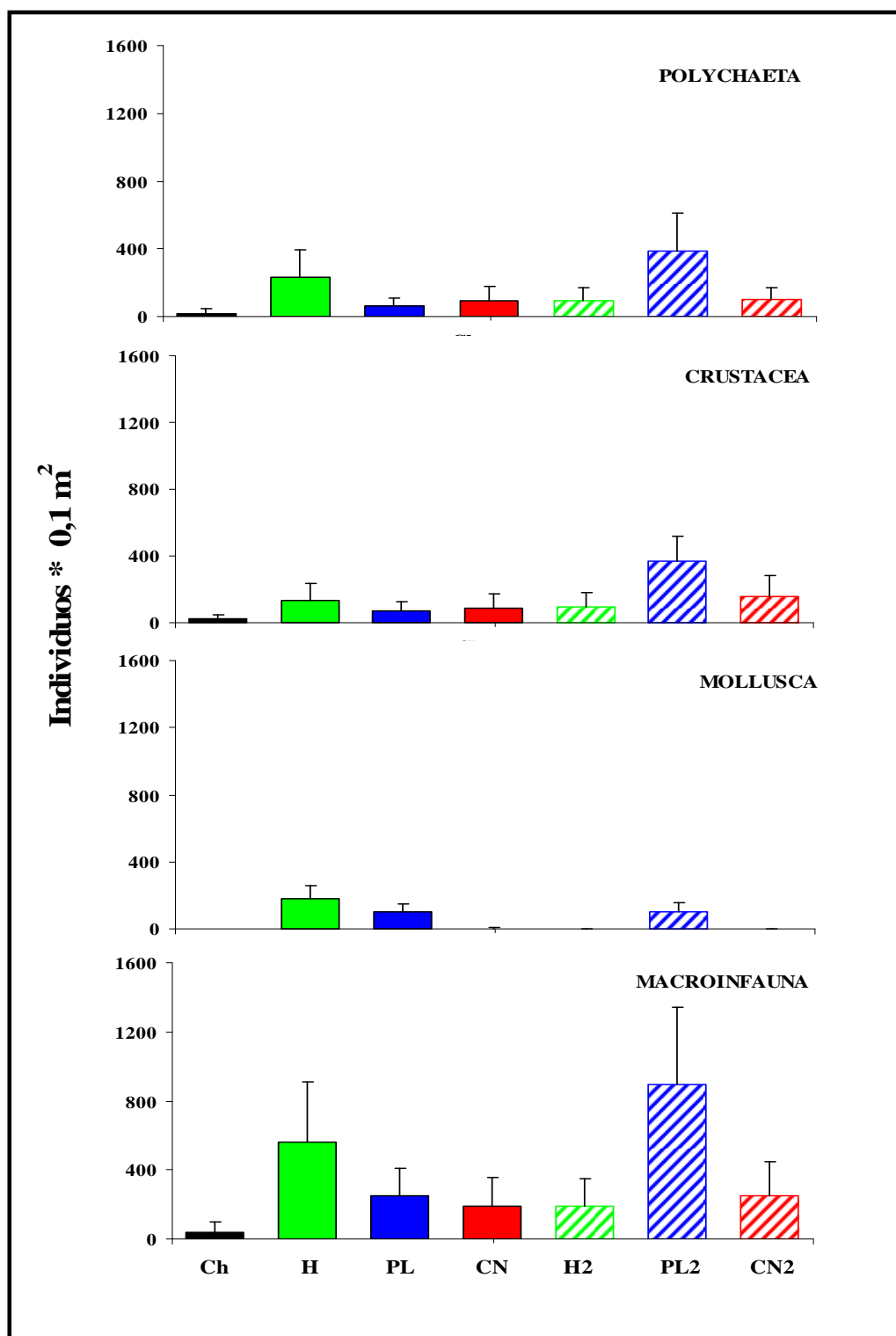


Figura 21. Abundancia de la macroinfauna presente en el sublitoral de fondos blandos de Ensenada Chapaco (Ch) y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno 2016

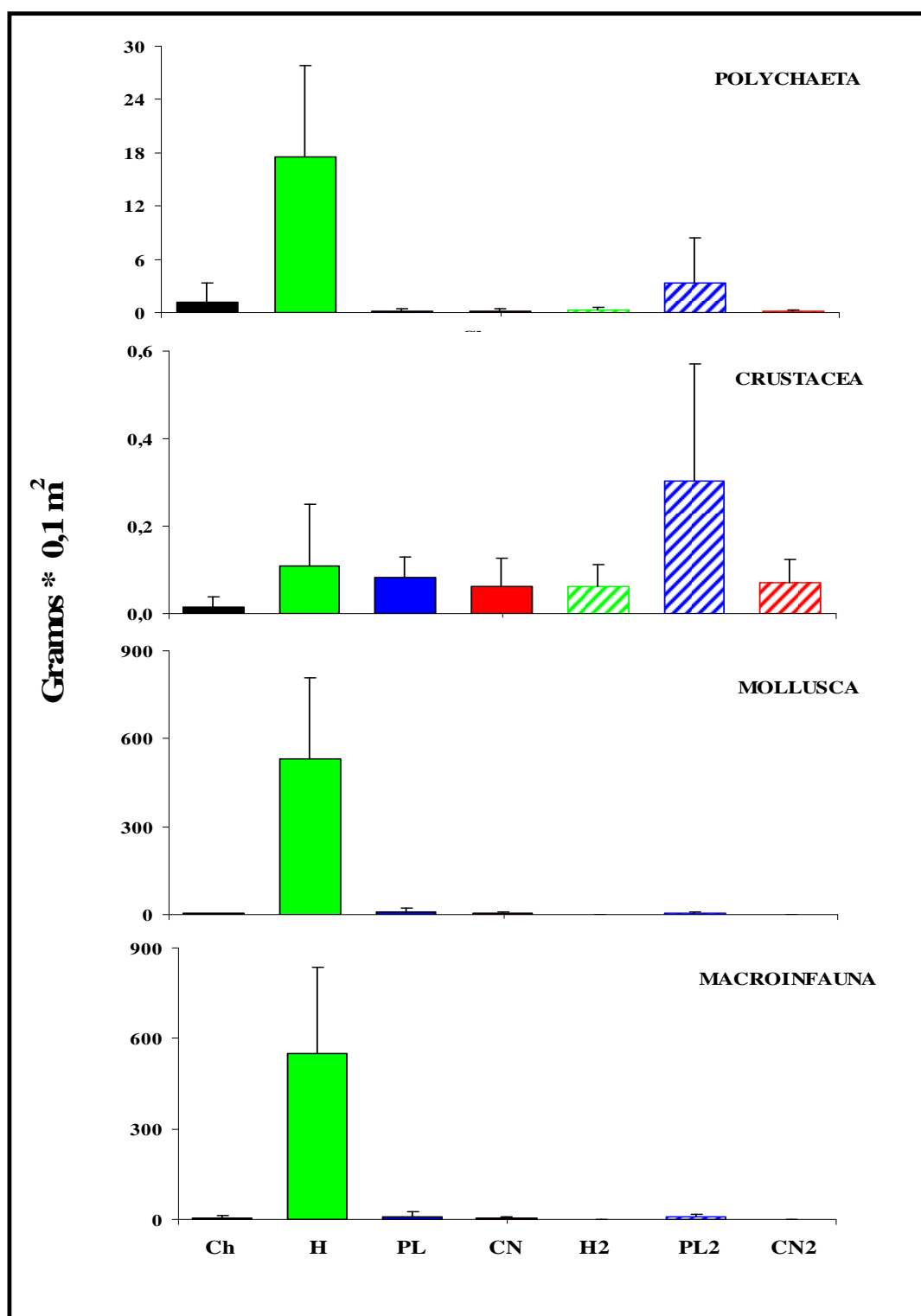


Figura 22. Biomasa de la macroinfauna presente en el sublitoral de fondos blandos de Ensenada Chapaco (Ch) y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno 2016.

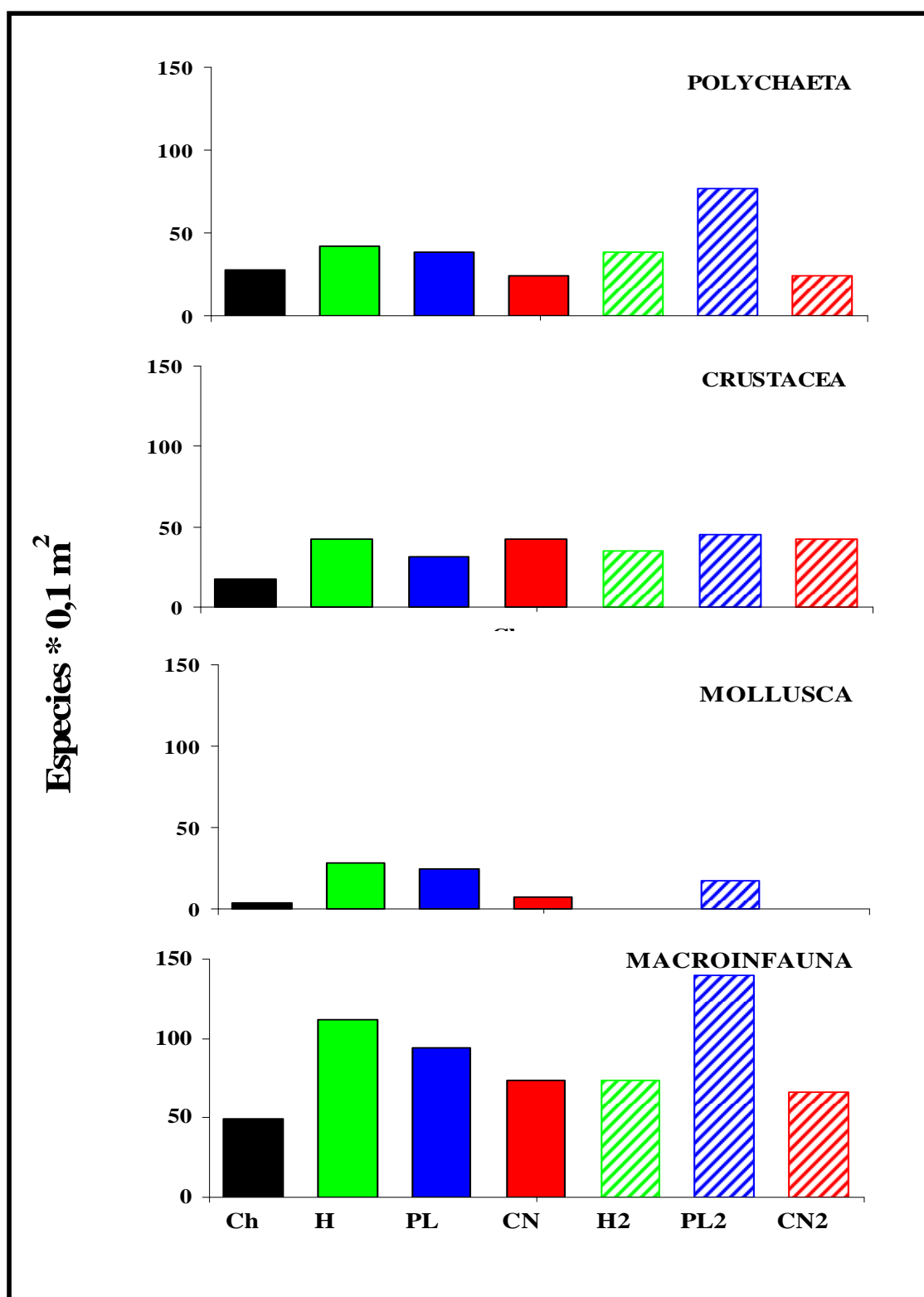


Figura 23. Riqueza de la macroinfauna presente en el sublitoral de fondos blandos de Ensenada Chapaco (Ch) y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno 2016.

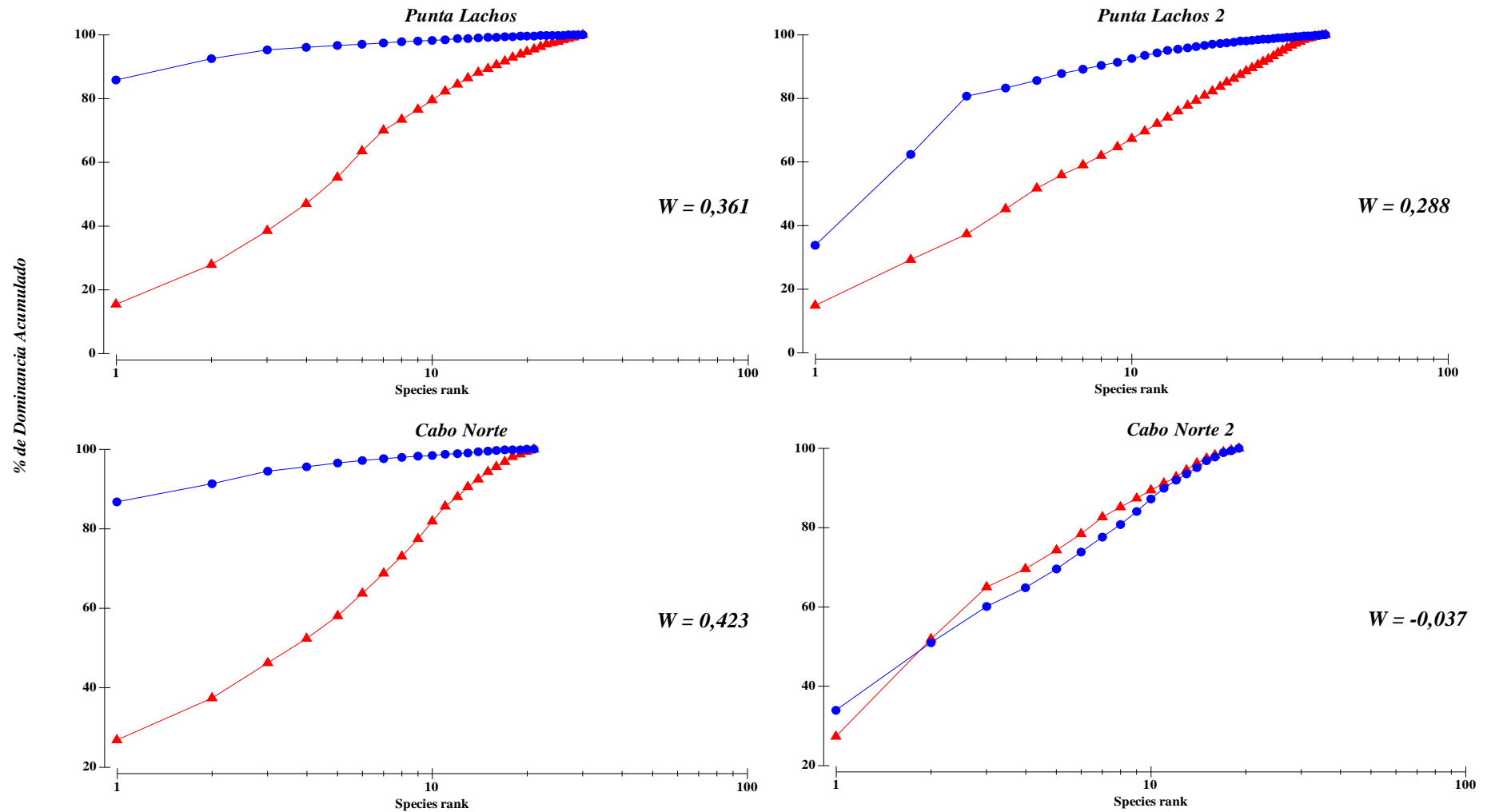
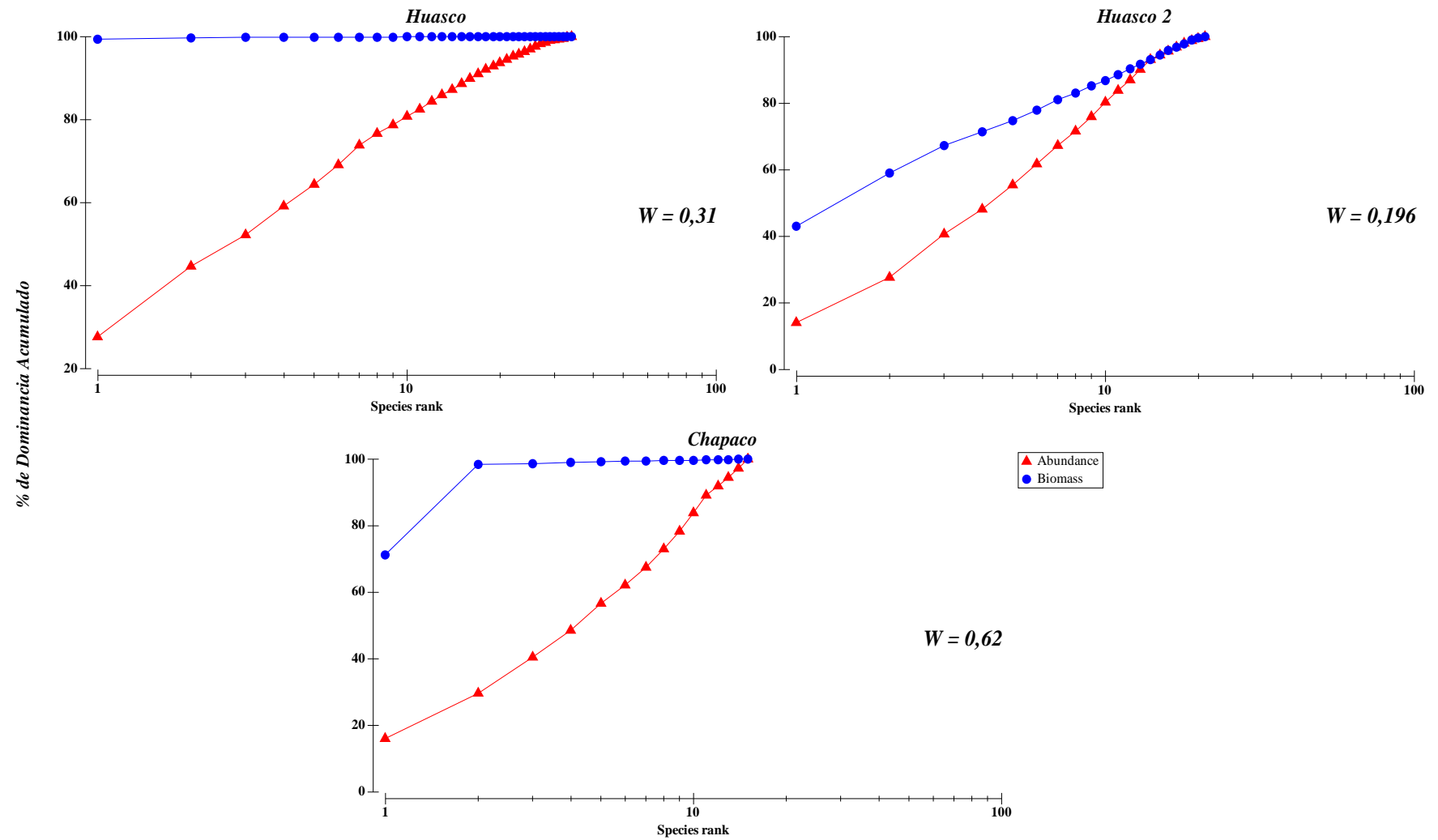


Figura 24. Curvas de K-Dominancia (ABC) y estadístico W de la macroinfauna del submareal de fondos blandos de Ensenada Chapaco y sectores aledaños (Región de Atacama). Campaña Invierno de 2016.

Figura 24. Continuación



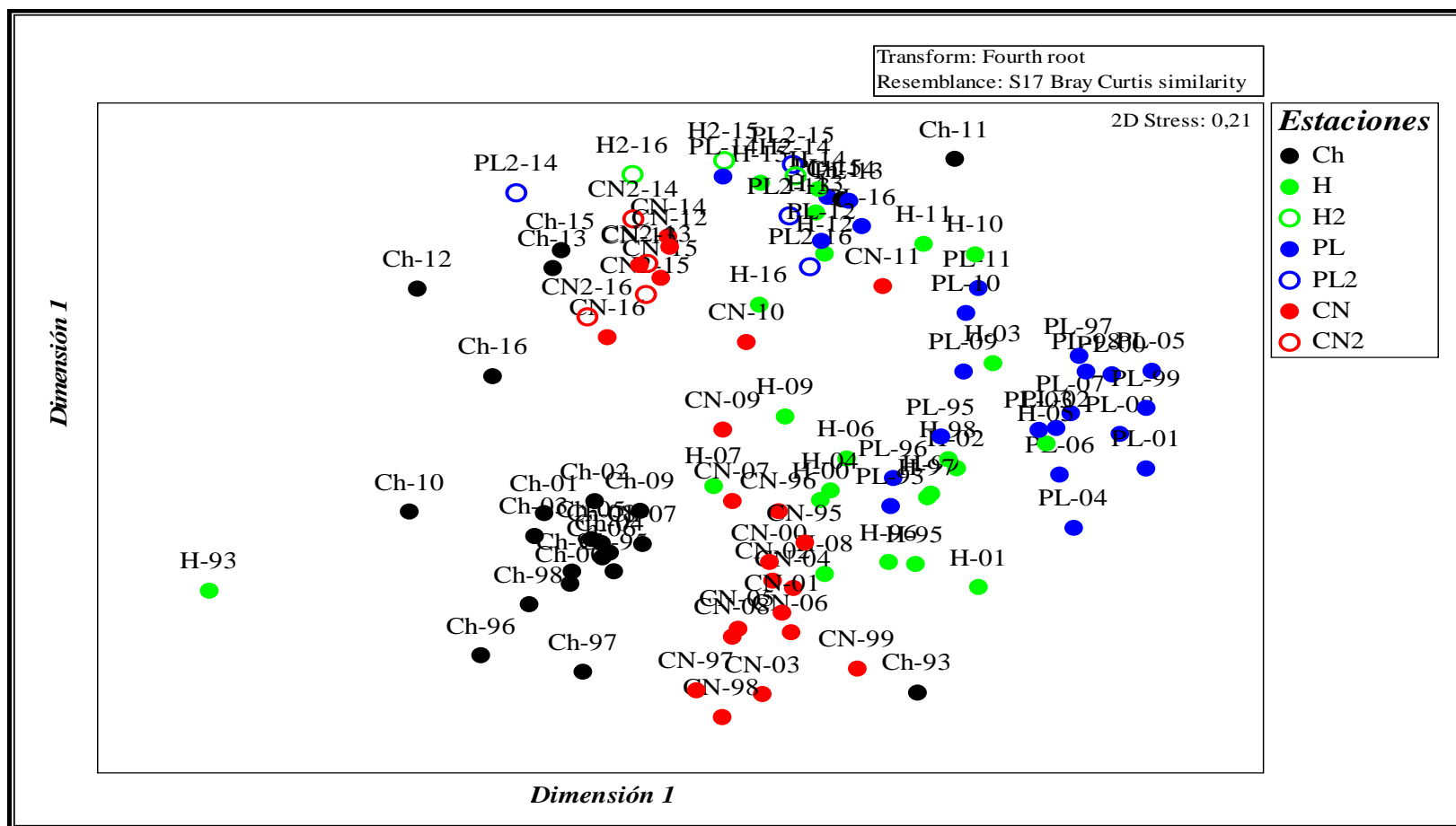


Figura 25. Análisis de Ordenación (técnica nMDS) del patrón de variación espacio – temporal [años 1993 (93), 1995 (95) a 2016 (16)] de la macroinfauna presente en Ensenada Chapaco (CH) y sectores aledaños (Región de Atacama). H= Puerto de Huasco, PL= Punta Lachos (al sur de Chapaco), CN= Cabo Norte (al norte de Chapaco), mas tres estaciones adicionales de referencia: Punta Lachos 2 (PL2) y Cabo Norte 2 (CN2) incluídas en la campaña del año 2013 y Huasco 2 (H2) incluída en la actual campaña (2014).

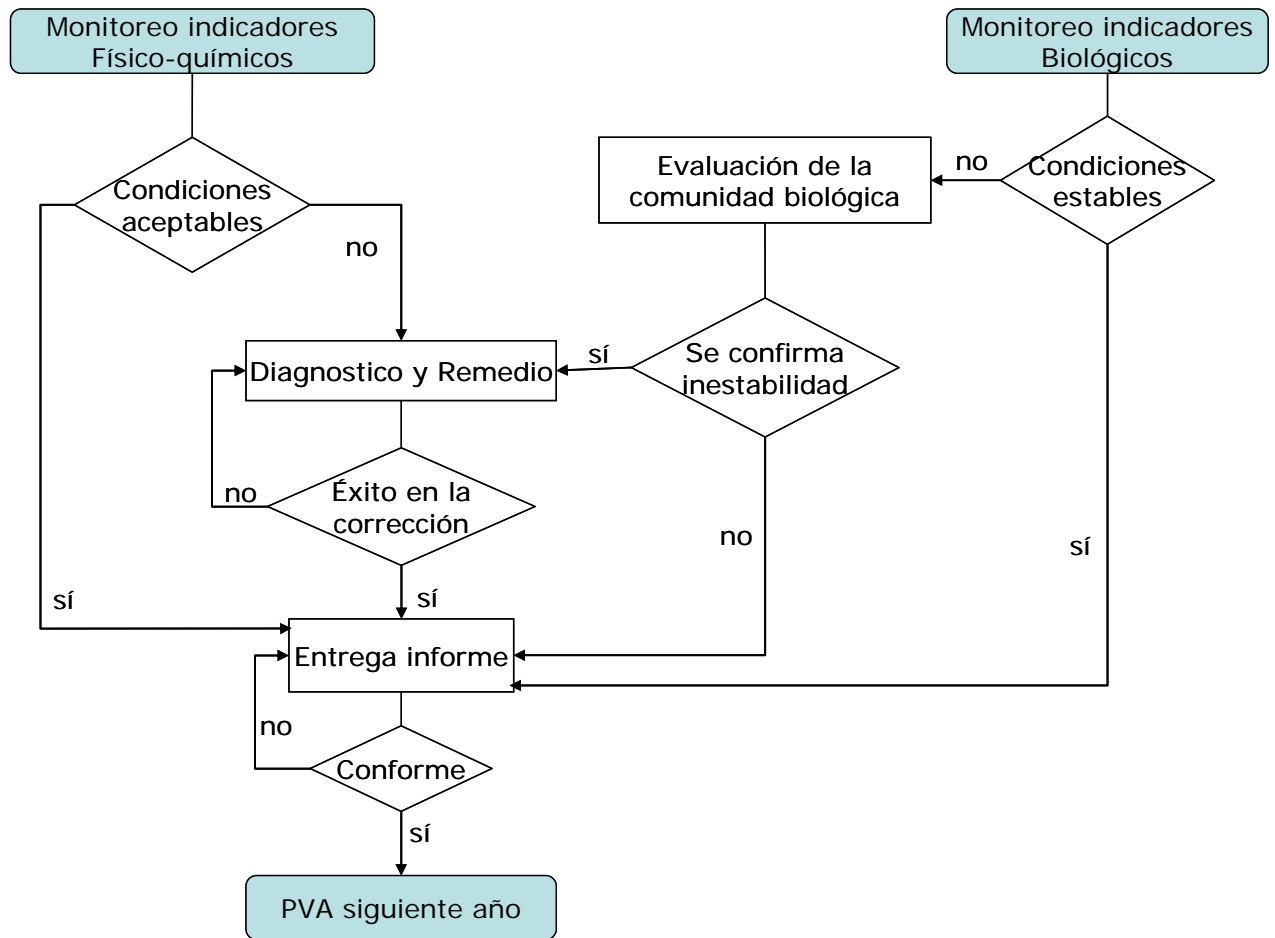
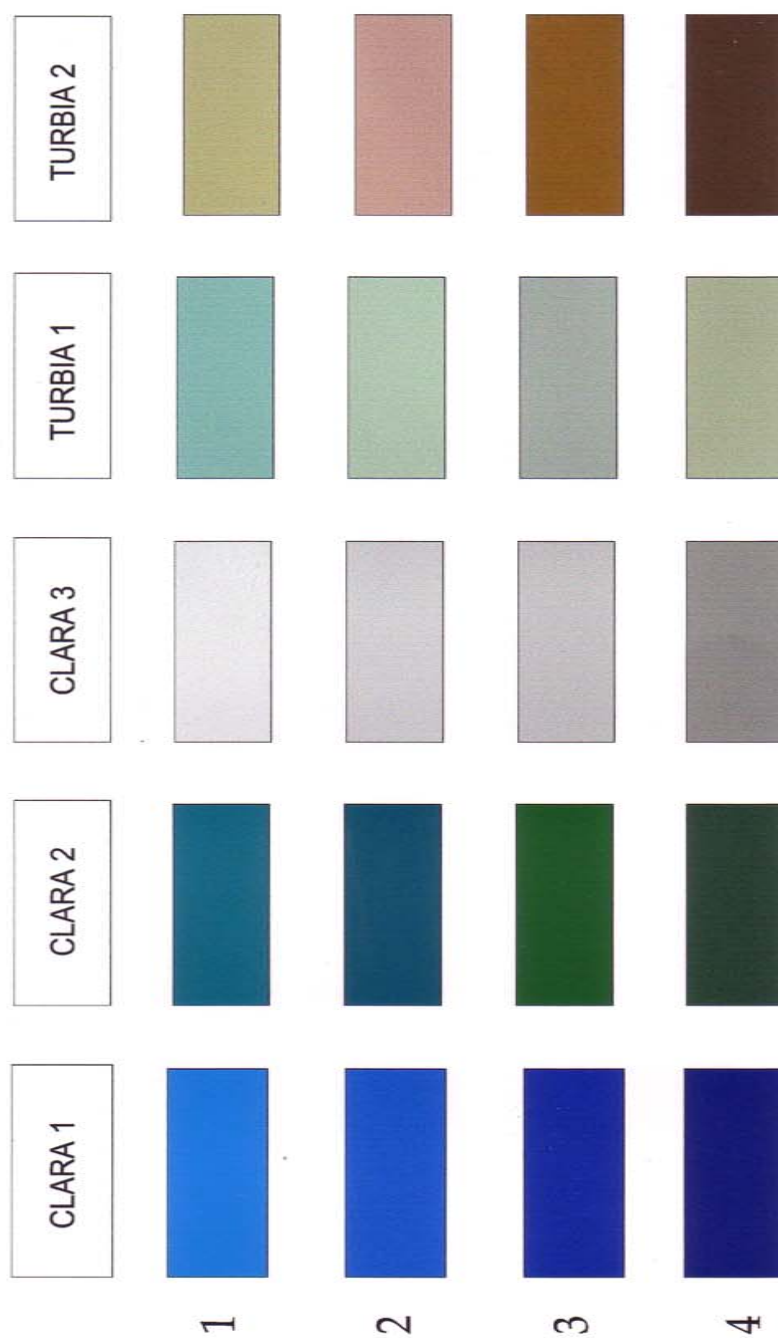


Figura 26. Diagrama de flujo del Programa de Vigilancia Ambiental de Planta de Pellets en Huasco de Compañía Minera del Pacífico S.A. Se indica con líneas de mayor grosor el paso a seguir para el año 2016.

ANEXOS

ANEXO I

ESCALA DE COLORES PARA EL MONITOREO DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS SUPERFICIALES



ANEXO II

TABLAS DE CHEQUEO

COMUNIDADES INTERMAREALES

Programa de Vigilancia Ambiental Ensenada Chapaco 2016/ UCN-CAP Minería

| PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL · PLANTA DE PELLETS CMP | |
|--|--------|
| ESTACIÓN: | Fecha: |

| | | | |
|--|--|--|--|
| <i>Enteromorpha spp.</i> Cobertura alga en 0,25 m ² | <input style="width: 80%;" type="text"/> % | <input style="width: 80%;" type="text"/> % | <input style="width: 80%;" type="text"/> % |
|--|--|--|--|

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Niveles tróficos Presencia de carnívoros en franjas de 1 m | | | | |
| Fauna | Franja 1 | Franja 2 | Franja 3 | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |
| <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | <input style="width: 100%;" type="text"/> | |

| | | |
|--------------------|--|--|
| Patrón de zonación | <input style="width: 80%;" type="text"/> N | An: <input style="width: 95%;" type="text"/> |
|--------------------|--|--|

| | | | | | |
|----------------------------|---------------|---|---|---|--|
| Franja Supralitoral | Espacio Libre | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >75% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >90% | |
| | Littorínidos | <input style="width: 80%;" type="text"/> N | <input style="width: 80%;" type="text"/> -- | <input style="width: 80%;" type="text"/> - | <input style="width: 80%;" type="text"/> + |
| | | <input style="width: 80%;" type="text"/> ++ | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---|---|---|---|--|
| Franja Mediolitoral | Espacio Libre | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | |
| | <i>Ulva</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Scurria variabilis</i> |
| | <i>Gelidium</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Scurria viridula</i> |
| | <i>Endarachne</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Collisella zebrina</i> |
| | <i>Polysiphonia</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Chiton granosus</i> |
| | <i>Corallina</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Helister</i> |
| | <i>Cirripedios</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Fissurella</i> |
| | | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <input style="width: 80%;" type="text"/> N <input style="width: 80%;" type="text"/> - <input style="width: 80%;" type="text"/> + |
| | | | | | | <input style="width: 80%;" type="text"/> N <input style="width: 80%;" type="text"/> - <input style="width: 80%;" type="text"/> + |

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---|---|---|---|--|
| Franja Mediolitoral | Espacio Libre | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | |
| | <i>Corallina</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Tegula</i> |
| | <i>Mesophyllum</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Acanthopleura</i> |
| | <i>Codium</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Enoplochiton</i> |
| | <i>Lessonia</i> | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <i>Phymactis</i> |
| | | <input style="width: 80%;" type="text"/> <10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >10% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >25% | <input style="width: 80%;" type="text"/> >50% | <input style="width: 80%;" type="text"/> N <input style="width: 80%;" type="text"/> - <input style="width: 80%;" type="text"/> + |
| | | | | | | <input style="width: 80%;" type="text"/> N <input style="width: 80%;" type="text"/> - <input style="width: 80%;" type="text"/> + |

ANEXO III

TABLAS DE CHEQUEO

COMUNIDADES DEL SUBMAREAL DE FONDOS DUROS

TRANSECTO SUBMAREAL COSTADO NORTE • ENSENADA CHAPACO

FECHA: **NOMBRE BUZO:**

FONDOS BLANQUEADOS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | < 50% | 50-75% | >75% |
| Algas foliosas | No | 1-10% | >10% |
| Algas laminariales | No | 1-10% | >10% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ |

| FAUNA | | | | |
|--------------------------|--------|--------|---------|-------|
| Erizo negro - densidad | No | <10m2 | 10-20m2 | >25m2 |
| Erizo negro - talla | < 5 cm | > 5 cm | Normal | |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>C. concholepas</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Tegula spp.</i> | No | Si | Si ++ | |

CIRRIPEDIOS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | | |
|---------------------------|-------|--------|--------|-------|
| Algas crustosas calcareas | < 50% | 50-75% | >75% | |
| Crustosa roja | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Algas foliosas | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Algas laminariales | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ | |

| FAUNA | | | | |
|--------------------------|----|-------|---------|-------|
| Cirripedios | No | < 10% | 10-50% | >50% |
| Briozoa colonial | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| Fauna movil | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>Tetrapygyus niger</i> | No | <10m2 | 10-20m2 | >25m2 |
| <i>C. crassilabrum</i> | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>C. concholepas</i> | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No | Si | Si ++ | |

TRANSECTO SUBMAREAL COSTADO SUR · ENSENADA CHAPACO

FECHA: **NOMBRE BUZO:**

ALGAS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | | |
|----------------------------|----|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | No | < 25% | 25-50% | > 50% |
| Algas foliosas | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| <i>Glossophora kunthii</i> | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| <i>Halopteris sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ | |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|-----------------------------|----|----|-------|--|
| Fauna móvil | No | Si | Si ++ | |
| Erizo negro | No | Si | Si ++ | |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Heliaster helianthus</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Tegula spp.</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Fissurella spp.</i> | No | Si | Si ++ | |

LESSONIA

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | < 50% | 50-75% | >75% |
| Algas foliosas | No | 1-10% | >10% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|--------------------------|----|-------|--------|---------|
| Cirripedios | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| Fauna movil | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>Tegula sp.</i> | No | Si | Si ++ | Juvenil |

INCRUSTANTES

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | | |
|---------------------------|-------|--------|--------|-------|
| Algas crustosas calcareas | < 50% | 50-75% | >75% | |
| Crustosa roja | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Algas foliosas | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Algas laminariales | No | < 10% | 10-15% | > 25% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ | |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|--------------------------------|----|-------|--------|------|
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| <i>Brachiodontes granulata</i> | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| Hidrozoa | No | Si -- | Si ++ | |
| Fauna movil | No | Si -- | Si ++ | |
| Caracoles pequeños | No | Si | Si ++ | |

TRANSECTO SUBMAREAL CABO NORTE • NORTE HUASCO

FECHA: **NOMBRE BUZO:**

FONDOS BLANQUEADOS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | < 50% | 50-75% | >75% |
| Algas foliosas | No | 1-10% | >10% |
| Algas laminariales | No | 1-10% | >10% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|----------------------------|--------|--------|---------|-------|
| Erizo negro - densidad | No | <10m2 | 10-20m2 | >25m2 |
| Erizo negro - talla | < 5 cm | > 5 cm | Normal | >25% |
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| <i>Phymanthea pluvia</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>C. concholepas</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Tegula spp.</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Anthothoe chilensis</i> | No | Si | Si ++ | |

TRANSECTO SUBMAREAL PUNTA LACHOS · SUR DE HUASCO

FECHA: **NOMBRE BUZO:**

FONDOS BLANQUEADOS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | < 50% | 50-75% | >75% |
| Algas foliosas | No | 1-10% | >10% |
| Algas laminariales | No | 1-10% | >10% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|---------|-------|
| Erizo negro - densidad | No | <10m2 | 10-20m2 | >25m2 |
| Erizo negro - talla | < 5 cm | > 5 cm | Normal | |
| <i>Phymanthaea pluvia</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>C. concholepas</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Tegula spp.</i> | No | Si | Si ++ | |
| <i>Heliaster helianthus</i> | | | | |
| <i>Fissurella spp.</i> | No | Si | Si ++ | |

ALGAS

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | | |
|----------------------------|----|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | No | < 25% | 25-50% | > 50% |
| Algas foliosas | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| <i>Glossophora kunthii</i> | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| <i>Halopteris sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | > 25% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ | |

Limite inferior:

| FAUNA | | | |
|-----------------------------|----|----|-------|
| Fauna móvil | No | Si | Si ++ |
| Erizo negro | No | Si | Si ++ |
| <i>Phymanthaea pluvia</i> | No | Si | Si ++ |
| <i>Heliaster helianthus</i> | No | Si | Si ++ |
| <i>Tegula spp.</i> | No | Si | Si ++ |
| <i>Fissurella spp.</i> | No | Si | Si ++ |

LESSONIA

VISIBILIDAD:

| MACROALGAS | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Algas crustosas | < 50% | 50-75% | >75% |
| Algas foliosas | No | 1-10% | >10% |
| Juveniles <i>Lessonia</i> | No | Si | Si ++ |

Limite inferior:

| FAUNA | | | | |
|--------------------------|----|-------|--------|---------|
| Cirripedios | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| <i>Phragmatopoma sp.</i> | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| Briozoa | No | < 10% | 10-25% | >25% |
| Fauna movil | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>Tetrapygnus niger</i> | No | < 1m2 | > 1m2 | ++ |
| <i>C. concholepas</i> | No | Si -- | Si ++ | |
| <i>Tegula sp.</i> | No | Si | Si ++ | Juvenil |

ANEXO IV

**CARACTERÍSTICAS DEL RELAVE DEPOSITADO AL
MAR: RESULTADOS OPERACIONALES Y
PARÁMETROS ANUALES**



PLAN DE MONITOREO EMISARIO CHAPACO

1) RESULTADOS OPERACIONALES

| | | 2016 | | | |
|--------------|---|------------------|----------------|------------------|--------------|
| | | D | T | C | P |
| Enero | : | 20.964 | 164,07 | 33.548 | 4.193 |
| Febrero | : | 106.195 | 637,72 | 153.739 | 5.491 |
| Marzo | : | 127.298 | 633,39 | 186.295 | 6.010 |
| Abril | : | 112.102 | 602,09 | 178.960 | 5.965 |
| Mayo | : | 106.091 | 350,28 | 151.837 | 5.423 |
| Junio | : | 113.867 | 694,49 | 191.463 | 6.382 |
| Julio | : | 111.943 | 675,52 | 187.261 | 6.041 |
| Agosto | : | 112.257 | 709,73 | 182.377 | 5.883 |
| Septiembre | : | 115.125 | 655,62 | 185.112 | 6.170 |
| Octubre | : | 128.383 | 705,38 | 199.794 | 6.445 |
| Noviembre | : | 118.005 | 667,78 | 187.301 | 6.243 |
| Diciembre | : | 93.716 | 711,17 | 156.913 | 5.062 |
| TOTAL | | 1.265.946 | 7207,24 | 1.994.601 | 5.495 |

D = Descarga de efluentes al Mar. (T.M.), de sólidos

T = Tiempo de Operación Planta de Pellets. (Horas)

C = Caudal Total (m³)

P = Caudal promedio (m³/dfa)

2) CARACTERISTICAS MEDIAS FASE SOLIDA DEL EFLUENTE AÑO 2016

| Nº de Análisis (n) | | : | 3 |
|--------------------------------|---|-----------|----------------|
| ANALISIS DEL SOLIDO (%) | | Ponderado | Desv. Standard |
| Fe | : | 8,37 | 0,790 |
| FeO | : | 5,82 | 0,837 |
| P | : | 0,562 | 0,046 |
| SiO ₂ | : | 40,5 | 2,851 |
| CaO | : | 8,8 | 0,808 |
| MgO | : | 10,5 | 5,508 |
| Al ₂ O ₃ | : | 11,4 | 1,044 |
| Cu | : | 0,008 | 0,003 |
| Na ₂ O | : | 1,14 | 0,178 |
| K ₂ O | : | 1,14 | 0,232 |


Ing. de Procesos Planta Pellets
Compañía Minera del Pacífico S.A.

3) ANALISIS DE FASE LIQUIDA DEL EFLUENTE AÑO 2016

| Parámetros ⁽¹⁾ | Unidad | Límite Máx. Permisible ⁽²⁾ | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----------------------------------|----------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Acetatos y Grasas | mg/L | 350 (150/3) | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 |
| Sólidos Sedimentables | (mg/L)*h | 50 (200/3) | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Sólidos Suspendedos Totales | mg/L | 700 (200/3) | <5.0 | <5.0 | 11.0 | <5.0 | 8.0 | <5.0 | 10.0 | 13.0 | 15.0 | 18.0 | 8.0 | 11.0 |
| Aluminio | mg/L | 10 | 0.400 | 0.174 | 0.397 | 0.175 | 0.584 | 0.362 | 0.310 | 1.03 | 0.597 | 0.750 | 0.328 | 0.375 |
| Arsénico | mg/L | 0.5 | <0.001 | 0.009 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | <0.001 | 0.013 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.038 |
| Cadmio | mg/L | 0.5 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Cianuro | mg/L | 1 | <0.02 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 |
| Cobre | mg/L | 3 | 0.019 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.017 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Índice de Fenol | mg/L | 1 | <0.002 | 0.010 | 0.010 | 0.013 | 0.027 | 0.021 | <0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 0.5 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 |
| Cromo Total | mg/L | 10 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Estiño | mg/L | 1 | 0.313 | 0.203 | 0.180 | 0.223 | 0.209 | 0.216 | 0.178 | 0.216 | 0.274 | 0.381 | 0.632 | 0.769 |
| Fluoruro | mg/L | 6 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| Hidrocarburos Totales | mg/L | 20 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 |
| Hidrocarburos Volátiles | mg/L | 2 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| Manganeso | mg/L | 4 | 0.376 | 0.283 | 0.367 | 0.242 | 0.373 | 0.443 | 1.240 | 0.317 | 0.425 | 0.388 | 0.361 | 0.297 |
| Mercurio | mg/L | 0.02 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Molibdeno | mg/L | 0.5 | 0.021 | 0.019 | 0.018 | 0.010 | 0.014 | 0.013 | 0.012 | 0.020 | 0.026 | 0.026 | 0.025 | 0.018 |
| Níquel | mg/L | 4 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.012 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| pH (25 °C) | unidad | 5.5 - 9.0 | 7.74 (21.6 °C) | 7.19 (20.4 °C) | 7.38 (18.5 °C) | 7.27 (19.3 °C) | 7.06 (21.8 °C) | 7.77 (20.9 °C) | 7.37 (19.1 °C) | 6.70 (19.6 °C) | 7.57 (19.5 °C) | 7.35 (19.6 °C) | 7.81 (19.7 °C) | 6.60 (20.1 °C) |
| Plomo | mg/L | 1 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 | <0.010 |
| SAAM | mg/L | 15 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | 0.17 | <0.10 | <0.10 |
| Selenio | mg/L | 0.03 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Sulfuros | mg/L | 5 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | 0.62 | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| Zinc | mg/L | 5 | <0.002 | 0.011 | 0.007 | <0.002 | 0.036 | 0.023 | 0.005 | 0.036 | 0.009 | 0.012 | 0.019 | 0.022 |
| Sulfato | mg/L | - | 2487 | 2313 | 2957 | 1683 | 1307 | 2365 | 2337 | 2043 | 2280 | 2458 | 1688 | 2011 |
| Hierro Disuelto ⁽⁴⁾ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.442 | - | - | - |
| Boro ⁽⁴⁾ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.94 | - | - | - |
| Cloruros ⁽⁴⁾ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2002 | - | - | - |
| Nitrogeno Kjeldahl ⁽⁴⁾ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.81 | - | - | - |
| Vanadio ⁽⁴⁾ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <0.008 | - | - | - |

(1) Análisis realizados por Laboratorio HIDROLAB.

(2) De acuerdo a D.S. N°90 MINSEGPRES. (30 Mayo 2000) "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos y Continentales Superficiales" - Tabla N° 5 "Límites Máximos de Concentración para Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Marinos fuera de la Zona de Protección Litoral" y a lo establecido por Ordinario N° 12600/835 D.G.T.M. y M.M. (07 Julio 2009).

(3) Límite máximo permisible a partir del 1º año en vigencia del D.S. N°90 MINSEGPRES. (30 Mayo 2000).

(4) Parámetros de Tabla N° 2, de lo establecido por Ordinario N° 12600/132 VRS D.G.T.M. y M.M. (02 Febrero 2012).


Ing. de Procesos María Pellets
Compañía Minera del Pacífico S.A.

ANEXO V

**COORDENADAS UTM DE LAS ESTACIONES DE
CONTROL DEL ESTUDIO DE CORRIENTES**

ANEXO V. Tabla de Coordenadas U.T.M. de Resultantes.

| PUNTO | COORDENADAS | |
|---|--------------|------------|
| | U.T.M. | |
| | N | E |
| BASE TOPOGRAFICA | | |
| Est. A | 6.847.889,37 | 278.962,51 |
| Est. B | 6.847.877,76 | 278.779,60 |
| PUNTOS DE LANCE DE DERIVADORES | | |
| L1 | 6.847.582,41 | 278.880,30 |
| L2 | 6.847.467,25 | 278.795,96 |
| L3 | 6.847.369,24 | 278.766,30 |
| RESULTANTES DEL DIA 30 DE AGOSTO | | |
| Punto de Lance : 1 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.683,45 | 278.679,30 |
| 2 | 6.847.721,40 | 279.134,70 |
| 3 | 6.847.706,90 | 278.987,65 |
| Punto de Lance : 1 | | |
| Profundidad : 5.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.629,59 | 278.709,68 |
| 2 | 6.847.604,46 | 278.936,37 |
| 3 | 6.847.628,87 | 278.935,55 |
| Punto de Lance : 2 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.693,14 | 278.553,74 |
| 2 | 6.847.415,06 | 278.825,73 |
| 3 | 6.847.458,98 | 278.882,33 |

ANEXO V. Continuación.

| PUNTO | COORDENADAS | |
|---|--------------|------------|
| | U.T.M. | |
| | N | E |
| Punto de Lance : 2 | | |
| Profundidad : 20.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.503,92 | 278.721,37 |
| 2 | 6.847.497,64 | 278.761,44 |
| 3 | 6.847.507,64 | 278.764,04 |
| Punto de Lance : 3 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.482,36 | 278.761,17 |
| 2 | 6.847.717,96 | 278.929,35 |
| 3 | 6.847.641,77 | 278.842,59 |
| Punto de Lance : 3 | | |
| Profundidad : 20.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.375,89 | 278.827,87 |
| 2 | 6.847.439,30 | 278.954,27 |
| 3 | 6.847.445,91 | 278.877,37 |
| RESULTANTES DEL DIA 31 DE AGOSTO | | |
| Punto de Lance : 1 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.526,35 | 278.819,18 |
| 2 | 6.847.555,80 | 278.984,52 |
| 3 | 6.847.691,65 | 278.944,11 |
| Punto de Lance : 1 | | |
| Profundidad : 5.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.631,42 | 278.823,42 |
| 2 | 6.847.596,02 | 279.062,10 |
| 3 | 6.847.606,76 | 278.927,77 |

ANEXO V. Continuación.

| PUNTO | COORDENADAS | |
|-----------------------|--------------|------------|
| | U.T.M. | |
| | N | E |
| Punto de Lance : 2 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.289,93 | 278.761,36 |
| 2 | 6.847.578,68 | 278.876,44 |
| 3 | 6.847.681,23 | 278.905,69 |
| Punto de Lance : 2 | | |
| Profundidad : 20.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.384,09 | 278.882,28 |
| 2 | 6.847.507,87 | 278.824,06 |
| 3 | 6.847.571,11 | 278.710,96 |
| Punto de Lance : 3 | | |
| Profundidad : 0.5 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.239,16 | 278.612,56 |
| 2 | 6.847.368,71 | 278.669,73 |
| 3 | 6.847.306,41 | 279.931,06 |
| Punto de Lance : 3 | | |
| Profundidad : 20.0 m. | | |
| Resultantes | | |
| 1 | 6.847.315,14 | 278.894,32 |
| 2 | 6.847.444,76 | 278.840,84 |
| 3 | 6.847.279,81 | 278.759,96 |

ANEXO VI

**REGISTROS DIARIOS DE LA TURBIDEZ DE LAS
AGUAS SUPERFICIALES**

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 362"> <p>MES: ENERO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|-----------------|-------|---------|---------|
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 1 | 1,1 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 2 | 2 | 3 | | 7 | 1 | 0,8 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,0 | 1 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 4 | 3 | 2 | | 7 | 1 | 4,1 | 1 | NE | | | C2-3 | C2-3 |
| 5 | 3 | 2 | | 5 | 2 | 3,6 | 3 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 6 | 1 | 3 | | 0 | 2 | 1,3 | 1 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 7 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,6 | 2 | NE | | | C2-3 | C2-3 |
| 8 | 0 | 2 | | 1 | 2 | 5,3 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 9 | 0 | 2 | | 1 | 2 | 4,9 | 2 | S | | | C2-3 | C2-3 |
| 10 | 1 | 3 | | 7 | 0 | 3,7 | 0 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 0 | 0,0 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 4,2 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 13 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,0 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 14 | 1 | 3 | | 7 | 4 | 3,8 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 15 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 4 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 16 | 1 | 1 | | 7 | 2 | 5,2 | 4 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 17 | 2 | 2 | | 7 | 3 | 4,4 | 3 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 18 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,9 | 1 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,5 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,0 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 21 | 3 | 3 | | 7 | 3 | 1,3 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,1 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,6 | 2 | N | | | C2-2 | C2-2 |
| 24 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 2,9 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 25 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,1 | 1 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,2 | 1 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,3 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 28 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 2,1 | 2 | NO | | | C2/3 | C2-3 |
| 29 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 1,4 | 2 | SO | | | C2/3 | C2/3 |
| 30 | 3 | 3 | | 5 | 2 | 1,8 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 31 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 1,9 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 300 1946 363"> <p>MES: FEBRERO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|-----------------|-------|---------|---------|
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 2,1 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 2 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,8 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,5 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 4 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 2,9 | 3 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 3,8 | 3 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 2,0 | 3 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 7 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,4 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,9 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 9 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 2,7 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 10 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 2,8 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 11 | 1 | 2 | | 8 | 2 | 2,6 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 2,6 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 13 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 1,9 | 1 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 14 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,5 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 15 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,1 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 16 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,3 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 17 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,5 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 18 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 1,0 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,9 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,6 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 21 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 2,0 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 22 | 0 | 3 | | 2 | 1 | 2,0 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 3 | 1 | | 5 | 3 | 3,0 | 4 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 24 | 3 | 1 | | 2 | 3 | 5,6 | 3 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 25 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,2 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 26 | 1 | 3 | | 7 | 5 | 3,8 | 5 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 27 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,0 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 28 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,4 | 2 | S | | | C2-3 | C2-3 |
| 29 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,9 | 3 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1937 362"> <p>MES: MARZO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| Día | ESTADO TIEMPO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO MAR | VIENTO | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|------------------|-------------|--------|-----------|---------------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| | | Código | Causas | | | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | | | | | | | | | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | S | | | | |
| 2 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 2,1 | 3 | S | | | | |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 2,2 | 3 | SO | | | | |
| 4 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 0,6 | 5 | SO | | | | |
| 5 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,0 | 4 | NO | | | | |
| 6 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,0 | 3 | SO | | | | |
| 7 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,7 | 1 | SO | | | | |
| 8 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | SO | | | | |
| 9 | 1 | 3 | | 0 | 1 | 1,3 | 1 | SO | | | | |
| 10 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,9 | 1 | SO | | | | |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,2 | 1 | SO | | | | |
| 12 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | NO | | | | |
| 13 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,9 | 2 | NO | | | | |
| 14 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,1 | 1 | SO | | | | |
| 15 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,7 | 1 | SO | | | | |
| 16 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,3 | 1 | NO | | | | |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,3 | 2 | SO | | | | |
| 18 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 1,4 | 1 | SO | | | | |
| 19 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 1,5 | 2 | SE | | | | |
| 20 | 2 | 3 | | 7 | 3 | 2,1 | 2 | SO | | | | |
| 21 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 0,5 | 3 | S | | | | |
| 22 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,1 | 2 | SO | | | | |
| 23 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,7 | 1 | SO | | | | |
| 24 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,0 | 2 | SO | | | | |
| 25 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 1,5 | 5 | S | | | | |
| 26 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,1 | 1 | S | | | | |
| 27 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,1 | 1 | S | | | | |
| 28 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,0 | 1 | SO | | | | |
| 29 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,1 | 2 | SO | | | | |
| 30 | 2 | 3 | | 3 | 1 | 0,9 | 1 | SO | | | | |
| 31 | 2 | 3 | | 5 | 1 | 2,3 | 2 | S | | | | |

| UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE | | | | | | | | | PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998 | | | |
|--|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|---------------------------------------|-------|---------|---------|
| Grupo de Ecología y Manejo de Recursos | | | | | | | | | Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco | | | |
| | | | | | | | | | MES: ABRIL AÑO: 2016 | | | |
| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,7 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 2 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,3 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,6 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 4 | 3 | 3 | | 7 | 1 | 1,6 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 5 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 4,0 | 2 | O | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,4 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 7 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,7 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 8 | 0 | 3 | | 1 | 3 | 5,6 | 3 | NO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 9 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 4,3 | 2 | E | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 10 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,8 | 2 | SE | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,2 | 2 | SO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 12 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 3,1 | 2 | SO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 13 | 0 | 3 | | 0 | 0 | 1,9 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 14 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,9 | 1 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 15 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 16 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,8 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,5 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 18 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 4,6 | 4 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 19 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,9 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 20 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,8 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 21 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,5 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,8 | 2 | NO | | C2-2 | C 2-2 | |
| 23 | 0 | 3 | | 7 | 2 | 2,6 | 2 | NO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 24 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,2 | 2 | NO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 25 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 4,3 | 3 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 1,4 | 3 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 27 | 3 | 3 | | 7 | 1 | 2,3 | 1 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 28 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,0 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 29 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,9 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 30 | 1 | 2 | | 7 | 2 | 2,1 | 2 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 31 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 362"> <p>MES: MAYO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|--|

| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|------------------|-------------|--------|-----------|---------------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| Día | ESTADO TIEMPO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO MAR | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | | Código | Causas | | | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 2 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,8 | 1 | SO | | C,2-2 | C 2-2 | |
| 3 | 1 | 2 | A | 7 | 2 | 1,9 | 2 | NE | | C,2-3 | C 2-2 | |
| 4 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,5 | 1 | NE | | C2-3 | C2-3 | |
| 5 | 3 | 3 | | 6 | 2 | 2,1 | 2 | SE | | C2-3 | C2-3 | |
| 6 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 2,1 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 7 | 1 | 1 | A | 7 | 2 | 1,2 | 2 | E | | C2-3 | C2-3 | |
| 8 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,5 | 2 | S | | C,2-3 | C,2-3 | |
| 9 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,2 | 1 | SO | | C,2-3 | C,2-3 | |
| 10 | 2 | 3 | | 7 | 0 | 1,2 | 0 | SO | | C,3-4 | C,3-4 | |
| 11 | 2 | 3 | | 3 | 1 | 2,2 | 1 | SO | | C-3-3 | C-3-3 | |
| 12 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,8 | 2 | SO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 13 | 2 | 3 | | 0 | 3 | 1,9 | 3 | NO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 14 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,1 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 15 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 16 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 5,7 | 3 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,3 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 18 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,0 | 1 | NO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 19 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,2 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 20 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 3,2 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 21 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,5 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 2,8 | 1 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 23 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,6 | 1 | NO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 24 | 2 | 3 | | 7 | 2 | 3,2 | 1 | NE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 25 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 4,3 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 26 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 1,4 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 27 | 3 | 3 | | 6 | 2 | 2,3 | 2 | NE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 28 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 2,0 | 2 | SO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 29 | 1 | 0 | | 9 | 2 | 0,9 | 3 | NO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 30 | 3 | 1 | | 6 | 3 | 2,1 | 2 | NO | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 31 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 1,8 | 2 | SO | | C 2-3 | C 2-3 | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 362"> <p>MES: JUNIO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| Día | ESTADO TIEMPO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO MAR | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
|-----|------------------|-------------|--------|-----------|---------------|--------|----------|-----------|-----------------|-------|---------|---------|
| | | Código | Causas | | | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 7 | 2,2 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 2 | 2 | 3 | | 7 | 4 | 0,6 | 5 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,2 | 2 | S | | C3-3 | C3-3 | |
| 4 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 4,4 | 3 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 5 | 2 | 3 | | 0 | 4 | 3,2 | 4 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 3,1 | 3 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 7 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,0 | 2 | SO | | C2,2 | C2,2 | |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,5 | 2 | E | | C2-2 | C2-2 | |
| 9 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,0 | 1 | E | | C2-2 | C2-2 | |
| 10 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,6 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 0,9 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 12 | 1 | 3 | | 3 | 1 | 0,8 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 13 | 1 | 0 | A | 7 | 2 | 2,2 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 14 | 5 | 2 | A | 7 | 2 | 1,2 | 2 | S | | C2-2 | C2-2 | |
| 15 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 0,9 | 3 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 16 | 1 | 1 | A | 7 | 3 | 1,5 | 3 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,0 | 3 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 18 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,0 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 19 | 1 | 0 | A | 7 | 2 | 4,0 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,5 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 21 | 3 | 1 | | 2 | 2 | 3,1 | 3 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 22 | 0 | 3 | | 9 | 2 | 0,9 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 23 | 1 | 0 | A | 7 | 3 | 2,0 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 24 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 2,7 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 25 | 3 | 3 | | 5 | 3 | 5,7 | 4 | NO | | T1-3 | T1-3 | |
| 26 | 2 | 3 | | 5 | 4 | 4,7 | 5 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 2,2 | 4 | SO | | C3-3 | C3-3 | |
| 28 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 3,1 | 2 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 29 | 2 | 3 | | 0 | 4 | 2,2 | 4 | SO | | C3-3 | C3-3 | |
| 30 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 0,5 | 3 | S | | C2-3 | C2-3 | |
| 31 | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 300 1946 363"> <p>MES: JULIO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 0,9 | 1 | SE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 2 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,6 | 2 | SE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,1 | 1 | SE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 4 | 2 | 3 | | 5 | 1 | 1,0 | 1 | SE | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 0,9 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,7 | 2 | S | | C2-2 | C2-2 | |
| 7 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,7 | 2 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,5 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 9 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 3,1 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 10 | 1 | 0 | | 7 | 2 | 2,2 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 11 | 3 | 1 | | 6 | 2 | 2,5 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 12 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 1,1 | 3 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 13 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 2,8 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 14 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 1,4 | 3 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 15 | 3 | 1 | | 7 | 2 | 1,0 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 16 | 3 | 1 | | 8 | 2 | 3,2 | 3 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 17 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 5,2 | 3 | SE | | C2-3 | C2-3 | |
| 18 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 4,1 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 19 | 2 | 3 | | 2 | 3 | 3,1 | 5 | SO | | C3-3 | C3-3 | |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 0,8 | 4 | S | | C3-3 | C3-3 | |
| 21 | 2 | 3 | | 2 | 2 | 4,5 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,2 | 2 | S | | C3-3 | C3-3 | |
| 23 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,8 | 2 | S | | C3-3 | C3-3 | |
| 24 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,2 | 1 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 25 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 4,4 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,6 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,1 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 28 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,7 | 2 | SO | | C 2-2 | C 2-2 | |
| 29 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 4,1 | 3 | SE | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 30 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 4,5 | 3 | SE | | C 2-3 | C 2-3 | |
| 31 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,5 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 363"> <p>MES: AGOSTO</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|--|

| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 1,1 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 2 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 1,7 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 3 | 1 | 3 | 7 | | 1 | 1,4 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 4 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 1,0 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 5 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 0,6 | 3 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 6 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 4,5 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 7 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 4,5 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 8 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 2,1 | 2 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 9 | 1 | 3 | 7 | | 3 | 1,5 | 2 | NE | | C2-3 | C2-3 | |
| 10 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 1,4 | 2 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 11 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 1,8 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 12 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 1,4 | 2 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 13 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 1,9 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 14 | 1 | 3 | 7 | | 4 | 2,9 | 4 | SO | | C2-3 | C2-3 | |
| 15 | 3 | 3 | 0 | | 3 | 1,9 | 3 | SO | | C3-3 | C3-3 | |
| 16 | 2 | 3 | 2 | | 4 | 3,8 | 3 | NO | | C2-3 | C2-3 | |
| 17 | 2 | 3 | 0 | | 4 | 1,7 | 5 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 18 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 1,4 | 3 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 19 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 3,6 | 4 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 20 | 0 | 3 | 0 | | 4 | 2,7 | 4 | E | | C2-3 | C2-3 | |
| 21 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 3,7 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 22 | 3 | 3 | 7 | | 2 | 3,2 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 23 | 3 | 3 | 7 | | 2 | 2,6 | 2 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 24 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 2,5 | 2 | NO | | C2-2 | C2-2 | |
| 25 | 0 | 3 | 0 | | 1 | 1,2 | 1 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 26 | 1 | 3 | 7 | | 1 | 1,3 | 1 | NE | | C2-2 | C2-2 | |
| 27 | 0 | 3 | 6 | | 2 | 1,3 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 28 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 2,2 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 29 | 1 | 3 | 7 | | 2 | 2,7 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 30 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 4,4 | 3 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| 31 | 0 | 3 | 0 | | 2 | 2,6 | 2 | SO | | C2-2 | C2-2 | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE Grupo de Ecología y Manejo de Recursos | PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998 | |
| | Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco | |
| | MES: SEPTIEMBRE AÑO: 2016 | |

| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|--------|----------|--------------------------------|-----------------|---------|---------|
| | | Código | Causas | | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | TURBIA (Mancha) | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | | | | | | | | | AREA % | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,6 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 2 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,6 | 2 | NE | | | C2-3 | C2-3 |
| 3 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 4 | 1 | 2 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,7 | 1 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,2 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 7 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,9 | 2 | E | | | C2-3 | C2-3 |
| 8 | 2 | 3 | | 4 | 4 | 2,9 | 4 | SO | | | C3-3 | C3-3 |
| 9 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,2 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 10 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,5 | 2 | SO | | | C3-3 | C3-3 |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,5 | 1 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 1 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 13 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 14 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,6 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 15 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3,4 | 3 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 16 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,3 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,0 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 18 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,8 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 0,9 | 1 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,6 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 21 | 5 | 2 | | 7 | 2 | 2,4 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 22 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 1,8 | 3 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 24 | 1 | 2 | A | 7 | 2 | 1,9 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 25 | 1 | 0 | A | 7 | 2 | 2,5 | 3 | SE | | | C2-3 | C2-3 |
| 26 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | NE | | | C2-3 | C2-3 |
| 27 | 1 | 2 | | 7 | 2 | 3,8 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 28 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 1 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 29 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,9 | 2 | E | | | C2-2 | C2-2 |
| 30 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,0 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 31 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 362"> <p>MES: OCTUBRE</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|-----------------|-------|---------|---------|
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,5 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 2 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,1 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 3 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 4 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,5 | 2 | NO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,0 | 2 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 2 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 7 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 2,5 | 3 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,9 | 2 | SO | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 9 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 3,3 | 3 | SE | | | C 2-2 | C 2-2 |
| 10 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 2,4 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 3 | 2,2 | 3 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 3 | 3 | | 7 | 1 | 1,2 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 13 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 4,3 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 14 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 0,4 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 15 | 3 | 2 | | 6 | 2 | 2,2 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 16 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 1,9 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,3 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 18 | 3 | 2 | | 7 | 2 | 3,2 | 3 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 4,1 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 21 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,5 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 0 | 3 | | 0 | 0 | 0,9 | 0 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 24 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 8,6 | 5 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 25 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 10,9 | 6 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,2 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 0 | 0,8 | 0 | S | | | C3-3 | C3-3 |
| 28 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,2 | 1 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 29 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,1 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 30 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,6 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 31 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,4 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 300 1946 362"> <p>MES: NOVIEMBRE</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|---|

| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 0 | 3 | | 3 | 2 | 2,5 | 2 | S | | | C2-3 | C2-3 |
| 2 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 4,3 | 3 | S | | | C2-3 | C2-3 |
| 3 | 3 | 3 | | 3 | 2 | 3,4 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 4 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,5 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,1 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 6 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,0 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 7 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 2,5 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,3 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 9 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,9 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 10 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,6 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 11 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,5 | 2 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 1,7 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 13 | 1 | 2 | | 7 | 2 | 2,5 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 14 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 15 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,7 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 16 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 2,1 | 4 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 17 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 2,1 | 3 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 18 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 2,1 | 5 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 1,2 | 4 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 4 | 2,4 | 4 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 21 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 2,7 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 22 | 0 | 3 | | 0 | 3 | 4,3 | 3 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,9 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 24 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,6 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 25 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,8 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,1 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,0 | 2 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 28 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,1 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 29 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 0,6 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 30 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,6 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| | | | | | | 0,0 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE</p> <p>Grupo de Ecología y Manejo de Recursos</p> | <p>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 1998</p> <p>Depósito Submarino CMP S.A. - Huasco</p> <div data-bbox="1496 296 1946 362"> <p>MES: Diciembre</p> <p>AÑO: 2016</p> </div> |
|---|--|

| | | | | | | | | | COLORACION AGUAS SUPERFICIALES | | | |
|-----|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|---------|
| Día | ESTADO | VISIBILIDAD | | NUBOSIDAD | ESTADO | VIENTO | | | TURBIA (Mancha) | | CHAPACO | EXTERNA |
| | TIEMPO | Código | Causas | | MAR | FUERZA | BEAUFORT | DIRECCIÓN | AREA % | COLOR | COLOR | COLOR |
| 1 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,1 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 2 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 3,2 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 3 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 2,2 | 2 | E | | | C2-3 | C2-3 |
| 4 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,3 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 5 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 5,1 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 6 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | NO | | | C2-2 | C2-2 |
| 7 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 4,8 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 8 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,8 | 2 | E | | | C2-3 | C2-3 |
| 9 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,3 | 2 | E | | | C2-3 | C2-3 |
| 10 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,0 | 1 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 11 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 0,7 | 2 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 12 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 6,3 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 13 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,3 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 14 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 15 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,0 | 1 | S | | | C3-3 | C3-3 |
| 16 | 2 | 3 | | 2 | 2 | 3,5 | 2 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 17 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 0,5 | 0 | S | | | C2-2 | C2-2 |
| 18 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,6 | 2 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 19 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 2,6 | 2 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 20 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 1,9 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 21 | 1 | 3 | | 7 | 2 | 3,8 | 2 | SE | | | C2-2 | C2-2 |
| 22 | 3 | 3 | | 7 | 2 | 5,4 | 4 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 23 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 1,8 | 4 | NE | | | C2-2 | C2-2 |
| 24 | 0 | 3 | | 0 | 1 | 1,1 | 1 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 25 | 1 | 3 | | 7 | 1 | 4,0 | 3 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 26 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 5,5 | 4 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 27 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,3 | 2 | SO | | | C2-2 | C2-2 |
| 28 | 0 | 2 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | SO | | | C2-3 | C2-3 |
| 29 | 0 | 3 | | 0 | 2 | 2,4 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 30 | 2 | 0 | | 0 | 2 | 2,3 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| 31 | 0 | 0 | | 2 | 2 | 2,5 | 2 | NO | | | C2-3 | C2-3 |
| | | | | | | | | | | | | |

