

PROGRAMA DE MONITOREO MEDIO MARINO Y ESTUARINO, PROYECTO MAPA

(MODERNIZACIÓN AMPLIACIÓN PLANTA ARAUCO, MAPA).



**ECOLOGÍA BENTÓNICA INTERMAREAL.
COMUNIDAD DE PLAYAS DE ARENA,
MACROFAUNA DE INVERTEBRADOS**

**Campaña 9,
2^{do} Trimestre 2017**

INSTITUCIÓN EJECUTORA**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE****FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS****DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA****PERSONAL PARTICIPANTE**

Supervisor de Terreno y Gabinete:	Dr. José Miguel Bogdanovich, Ecólogo
Colaboradores Terreno:	Dr. Diego Bustamante; Ecólogo Lic. Sebastián Armesto, Cs Forestales
Colaboradores laboratorio:	Lic. Sebastián Armesto, Cs Forestales Lic. Sabina Mesa-Campbell, Cs Biológicas

TABLA CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS.....	8
3 MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 área de estudio.....	9
3.2 Sitios de estudio	11
3.3 Obtención de datos.....	13
3.4 Análisis Comunitarios.....	14
3.5 Parámetros físicos.....	15
3.6 Análisis estadísticos.	16
4 RESULTADOS	17
4.1 Riqueza	17
4.2 Abundancia	19
4.3 Índices comunitarios.....	21
4.4 Parámetros físicos de las playas	27
4.5 Relación parámetros físicos y biológicos	30
5 DISCUSIÓN	31
6 CONCLUSIONES	36
7 REFERENCIAS.....	37
8 ANEXOS.....	39
8.1 abundancia, riqueza e índices.....	39
8.2 certificados.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estaciones de monitoreo de Ecología Bentónica Nivel Intermareal.	12
Figura 2. Altura de marea durante el período de muestreo.	13
Figura 3. Riqueza promedio de especies.	19
Figura 4. Abundancia promedio de individuos.....	21
Figura 5. Índice de Uniformidad de Pielou promedio.....	23
Figura 6. Índice de Diversidad de Shannon promedio.	25
Figura 7. Índice de Dominancia de Simpson promedio.	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programa de Monitoreo de Ecología bentónica Intermareal	9
Tabla 2. Ubicación geográfica de los sitios de estudio.....	12
Tabla 3. Abundancia promedio y total de especies.....	18
Tabla 4. Pendiente de la playa.	28
Tabla 5. Caracterización granulométrica	29
Tabla 6. Contenido promedio de materia orgánica.	30
Tabla 7. Regresión lineal entre riqueza de especies y parámetros físicos.....	30

RESUMEN.

En este informe se reportan y evalúan los resultados obtenidos de la campaña de monitoreo del estado de la epifauna de invertebrados que habitan las playas de arena dentro del Golfo de Arauco realizada en Mayo 2017. La evaluación de estos resultados se basa en su contraste con lo registrado en las campañas realizadas en Otoño 2015 y 2016, además de los resultados acumulados a la fecha de muestreo. Este informe se enmarca en el Programa de Seguimiento Ambiental Planta Arauco.

El área de estudio comprende 8 sitios de playas de arena entre los poblados de Tubul y la playa de Chivilingo en el Golfo de Arauco. Seis de los ocho sitios se emplazan en la playa de Laraquete, entre los que se distinguen los sitios D y E ubicados en las inmediaciones del ducto de descarga de la planta. Para el proceso de análisis de la información colectada estos sitios son asumidos como control del efecto del proceso de descarga. Los sitios ubicados en la playa de Tubul (A) y Chivilingo (H) son considerados como controles espaciales de la información obtenida desde los sitios D y E. El resto de los sitios (4) están dispuesto en la playa de Laraquete alejándose de la zona de descarga hacia cada extremo de la playa. En cada sitio se realizan muestreos sistemáticos de la fauna de invertebrados a través del método de transectos y cores. A partir de las muestras (cores) se estiman los siguientes parámetros: i) abundancia de especies; ii) riqueza de especies; iii) índice de diversidad de Shannon, y iii) dominancia de especies. Toda la información recopilada se analiza empleando pruebas de hipótesis paramétricas tipo análisis de varianza. En cada sitio se estiman además parámetros físicos destinados a describir la geomorfología de cada playa. Los parámetros físicos son: la pendiente de la playa (Emery), tamaño partícula y contenido de materia orgánica. Esta información se evalúa principalmente de manera cualitativa.

En esta campaña se registró la presencia de 3 especies de crustáceos correspondientes a *Excirrolana hirsuticauda*, *Emerita analoga* y *Orchestoidea tuberculata*, y una especie de gusano poliqueto de la familia *Nereididae*. La especie dominante en abundancia correspondió al isópodo *E. hirsuticauda*, lo que es coincidente con lo reportado en las campañas de otoño 2015 y 2016. Para esta campaña, entre los sitios de estudio se destaca la ausencia de animales en el sitio C, ubicado al extremo sur de playa Laraquete, cercano a la desembocadura del estero Carampangue, esta situación no había sido registrada con anterioridad, por lo que debe ser contrastado con los resultados de los próximos monitoreos del programa de seguimiento. En términos de la abundancia total se registra un descenso

en relación con las campañas 2015 y 2016. No obstante. Al considerar la abundancia promedio por sitio de estudio sólo los sitios B y C mostraron valores menores al rango de variación registrados en las campañas 2015 y 2016. Para los índices comunitarios de diversidad de Shannon, uniformidad de Pielau y dominancia de Simpson, no se distinguieron diferencias estadísticas significativas entre campañas para cada sitio de estudio. Respectos a los descriptores físicos, no se observaron diferencias entre las campañas de estudio, sugiriéndose un carácter intermedio de los sitios de estudio, condición similar al establecido para las campañas 2015 y 2016.

Finalmente, no se observó una relación significativa entre los parámetros físicos de pendiente y tamaño medio de partícula con la riqueza de especie. En general, el sistema de estudio se observa dentro de lo esperado respecto a las campañas anteriores de monitoreo.

1. INTRODUCCIÓN

Las playas de arena corresponden a ecosistemas de transición entre el ambiente terrestre y marítimo, lo cual lo define como un ambiente altamente dinámico (McLachlan y Brown, 2010). La fauna que compone la zona intermareal de las playas de arena habita preferentemente la capa superficial de sustrato, en su mayoría enterrados a unos pocos centímetros de la superficie, lo cual los expone tanto a factores propios de ambientes terrestres (e.g. temperatura, lluvia) como marinos (e.g. oleajes, corrientes). Como consecuencia, el sistema intermareal de playas de arena es considerado como un ambiente complejo, definido por procesos que ocurren a diferentes escalas espaciales y temporales, donde su grado de influencia sobre la estabilidad y estructura del ensamble biológico es afectado por la escala del estudio o evaluación (Brazeiro, 2001; Defeo y McLachlan, 2005; McLachlan *et al.* 1993; McLachlan y Brown, 2010).

Este documento reporta los resultados obtenidos en la campaña Otoño 2017, perteneciente al Programa de Seguimiento Ambiental (PSA) del Proyecto Modernización Ampliación Planta Arauco (MAPA) referido al Componente Ambiental: Biotas, Subcomponente: Medio Marino, Variable Ambiental: Ecología Bentónica de macro invertebrados de Nivel Intermareal (comunidades de playa) que habitan las playas de arena de Chivilingo, Laraquete, y Tubul, dentro del Golfo de Arauco, Región del Biobío (VIII Región). Los

resultados incluidos corresponden a los requeridos en la Resolución de Calificación Ambiental 037/2014, considerando 8.7 PROGRAMA DE MEDIO MARINO Y ESTUARINO, sección Ecología bentónica, punto b Nivel Intermareal (Tabla 8.17) (ver Tabla 1). En particular se describen los atributos del ensamble de especies, más su entorno, por medio de parámetros comunitarios, físicos y químicos (i.e., abundancia, riqueza-diversidad-uniformidad-dominancia de especies, pendiente y granulometría de las playas y materia orgánica) en 8 sitios de evaluación (ver detalles más adelante).

Las actividades de muestreo para esta campaña fueron realizadas entre el 21 al 26 de Mayo del 2017. El muestreo y análisis de la fauna bentónica intermareal, la materia orgánica y la granulometría fue realizado por el Laboratorio de Ecología Bentónica de la empresa Ecogestión Ambiental Ltda., laboratorio acreditado por el INN bajo Norma Chilena 17025 Of. 2000, mientras que la elaboración del Informe, estuvo a cargo de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecología, Laboratorio de Biogeoquímica, cuyo investigador principal corresponde al Doctor José Miguel Fariña.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio corresponde a evaluar la influencia de las obras asociadas a la implementación y operación del Proyecto Modernización Ampliación Planta Arauco sobre el estado ecológico de las especies de macro invertebrados habitantes del sistema intermareal de playas de arena mediante el seguimiento temporal de parámetros comunitarios y físicos establecidos en la RCA 037/2014.

Objetivos Específicos

- Generar información que permita realizar una evaluación temporal y espacial del estado ecológico del ensamble de macro invertebrados habitantes de la zona de estudio.
- Contribuir al mejoramiento del conocimiento de la dinámica natural del ensamble de macro invertebrados que habita el Golfo de Arauco.

Tabla 1. Programa de Monitoreo de Ecología bentónica Intermareal⁽¹⁾

Nº de estaciones de Muestreo	Localización de Estación	Parámetros
8 transectos	6 transectos en playa Laraquete (entre ríos Laraquete y Carampangue) 1 transecto en sector desembocadura río Tubul 1 transecto en sector Chivilingo Todas las estaciones son aquellas monitoreadas durante el levantamiento de información de la línea de Base. Las estaciones involucradas en este monitoreo son: LBA-A LBA-B LBA-C LBA-D LBA-E LBA-F LBA-G LBA-H	Parámetros físicos: <ul style="list-style-type: none"> • Pendiente • Granulometría Parámetros químicos: <ul style="list-style-type: none"> • Materia Orgánica Total Parámetros Comunitarios: <ul style="list-style-type: none"> • Abundancia • Riqueza • Índices de Diversidad (Shannon-Wiener) • Índice de Uniformidad • Dominancia

⁽¹⁾: Transcripción literal de Tabla 8-17 de RCA 037/2014

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se ubica al Sur (S) Este del Gofo de Arauco, extendiéndose entre punta Cullinto y Punta Lavapie (36°45`S-37°10`S). El Golfo de Arauco limita con la Isla Santa María por el Oeste (O). La costa Este (E) y Sur del golfo se caracteriza por extensas playas de arenas blancas y negras las que corresponden al foco de este estudio. Entre los factores determinantes para la formación y moldeamiento de las playas se encuentran las corrientes oceánicas y el régimen de vientos (McLachlan y Brown, 2010). En general, el golfo está expuesto a un marcado régimen de vientos asociado a la estacionalidad, durante la época invernal se destaca una predominancia de los vientos del Norte, en época estival en cambio la dirección predominante corresponde a Sur Sur-Oeste (SW). La circulación del golfo está determinada principalmente por la marea y el viento, siendo este último el que define la

presencia de eventos de surgencia y hundimiento. Esta alternancia condiciona un patrón de circulación general donde se distingue el ingreso de agua principalmente por el Oeste (W) y salida por el costado Este (E) durante el período de surgencia activa, asociada a los vientos S y SW. Durante el período de relajación de la surgencia el patrón de circulación ocurre en sentido opuesto, donde el ingreso de agua a la bahía ocurre por el E y la salida por el W cuando hay dominio de viento N (Parada *et al.*, 2001).

Dentro del Golfo de Arauco, entre la desembocadura del río Laraquete y Carampangue se extiende la Playa de arena de Laraquete (12 km). En este sector se encuentra ubicada la Planta de Celulosa Arauco, junto al ducto de descarga de sus efluentes, ambos emplazamientos incluidos en las obras asociadas al desarrollo y funcionamiento del proyecto MAPA (RCA 037/2014). Es así que la playa de Laraquete se define como el área de interés principal del programa de seguimiento ambiental, sección fauna bentónica intermareal, dado el posible impacto directo del proyecto MAPA sobre su macrofauna bentónica. Adicional a la playa de Laraquete, se incluyen dos zonas de estudio dentro del programa de monitoreo consideradas como control de la influencia de la actividad productiva de la planta sobre el medio intermareal. Una en el poblado de Tubul ubicado hacia el SW de Playa Laraquete y la otra en la Playa de Chivilingo ubicada hacia el NE de Playa Laraquete.

La morfología de las playas de arena cambia en el tiempo como respuesta a la variabilidad geográfica en las condiciones ambientales tales como la energía de las olas, el rango de mareas, sedimento, geología etc. (McLachlan, 1996; Scott *et al.*, 2011). La relación entre la morfología de la playa y la ocurrencia de especies ha sido sugerida frecuentemente, asumiéndose un incremento en la riqueza de especies desde las playas reflectivas a las playas disipativas, o desde playas definidas por una alta energía física a playas de baja energía física. El argumento tras esta sugerencia es que en playas de alta energía o reflectivas sólo aquellos taxa capaces de resistir la alta turbulencia son capaces de asentarse y desarrollarse, particularmente en la zona supralitoral (McLachlan, 1996, Defeo y McLachlan, 2013). En el caso del Golfo de Arauco, en general sus playas se caracterizan por una escasa pendiente (Jaramillo *et al.*, 2012), lo cual sugiere un carácter disipativo de las playas, las que a su vez en general son caracterizadas por una amplia zona de barrido de olas compuesto principalmente por sedimento fino (McLachlan, 1996, Defeo y McLachlan, 2013). Sobre esto último, en general las playas dentro del Golfo de Arauco son caracterizadas por arenas de grano medio a grueso, siendo más gruesas en la zona central

del Golfo de Arauco hacia la cercanía de la desembocadura del río Biobío. Hacia los extremos del Golfo, en la zona adyacente a las playas de Laraquete y Tubul, se presentan arenas de grano fino. En este sector no existe talud, limitando mar adentro con áreas de sedimentación de arenas más gruesas. En la zona sublitoral, frente a la playa de Arauco se presentan sedimento fino (limo-arenosos) superficialmente reductor, manteniéndose finos hacia la zona central del golfo, lo cual puede ser explicado por la mayor profundidad (Pineda *et al.*, 1991). Así, es posible considerar una amplia variación en la composición granulométrica dentro del Golfo de Arauco, en este sentido la presencia de desembocaduras de ríos dentro del Golfo, y la fuerte corriente costera dentro del golfo podrían ser factores relevantes para la distribución granulométrica en el borde costero del Golfo.

3.2 SITIOS DE ESTUDIO

En la zona intermareal de playas de arena, en el sector comprendido entre el poblado de Tubul y la playa de Chivilingo, fueron definidos un total de 8 sitios como puntos de evaluación de la macrofauna de invertebrados (Tabla 2; Figura 1). La distribución de los sitios sigue un diseño sistemático a lo largo de la costa desde el lugar de emplazamiento del ducto de descarga de efluentes hacia el extremo norte y sur del Golfo de Arauco (Figura 1). Así se establecen seis sitios ubicados en la playa de Laraquete, y dos fuera de sus límites. Entre los sitios emplazados en la playa de Laraquete, los sitios D y E son considerados dentro el área de influencia directa del proyecto MAPA dado su cercanía a la zona de descarga de riles (Figura 1). El sitio D se encuentra al sur del emisario y el sitio E al norte del mismo. Los sitios restantes (B, C, F y G) son considerados como control de la variabilidad física y biológica del sistema. Los sitios emplazados fuera de la playa de Laraquete, el sitio A ubicado en el poblado de Tubul al sur de la planta y el sitio H en la playa de Chivilingo corresponde a las zonas de control fuera de la zona de influencia del Proyecto MAPA.

Tabla 2. Ubicación geográfica de los sitios de estudio (UTM; WGS84).

Sitio	Sector	Coordenadas	Sitio	Sector	Coordenadas
A	Poblado de Tubul	18H 638521 5878490	E	Playa Laraquete	18H 656898 5881469
B	Playa Laraquete	18H 651999 5878208	F	Playa Laraquete	18H 658471 5882955
C	Playa Laraquete	18H 654485 5879524	G	Playa Laraquete	18H 660201 5884491
D	Playa Laraquete	18H 655905 5880618	H	Playa Chivilingo	18H 662251 5887360



Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo de Ecología Bentónica Nivel Intermareal.

3.3 OBTENCIÓN DE DATOS.

El muestreo fue realizado entre los días 21 al 26 de Mayo del 2017 (Figura 2). En cada sitio se realizó un muestreo extractivo de la biota de invertebrados durante el período de mayor bajamar diurna (Figura 2). Para esto, en cada sitio se establecieron cuatro transectos perpendiculares a la línea de costa desde la marca de más alta marea a la línea de marea más baja. A lo largo de cada transecto se definen 10 puntos de extracción (muestreo) de arena, totalizando 40 muestras por sitio, cuidando de cubrir la extensión completa de la transecta de manera homogénea. Las muestras son extraídas mediante el uso de un testigo tipo “core” (corresponde a un cilindro de PVC de 63.6 cm² de superficie y 15 cm de profundidad, equivalente a 0,1m³).

Cada una de las muestras es tamizada “in situ” empleando una abertura de 0,5 mm cuidando de extraer la totalidad de animales contenidos en la muestra. Los animales capturados son congelados y en el laboratorio, los animales son identificados al nivel de especie empleando un estéreo-microscopio y cuantificados.

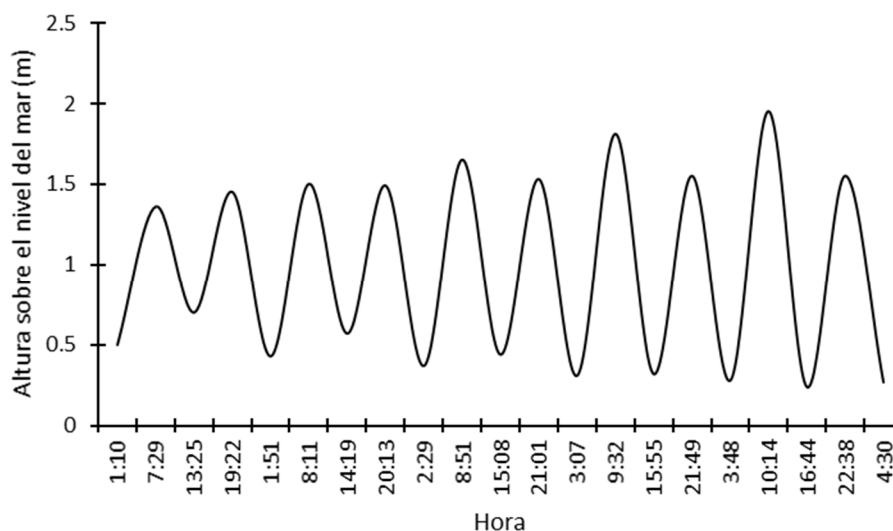


Figura 2. Esquema variación diaria de la altura de marea durante el período de muestreo comprendido entre los días 21 al 26 de Mayo del 2017.

3.3.1 Análisis Comunitarios.

La estimación de los diferentes descriptores comunitarios se realiza considerando el número total de animales capturados por cada transecto. Cada transecto está formado por 10 unidades cores, lo que resulta en un volumen muestral conglomerado de 1 m³. Los resultados son presentados usando el valor promedio del descriptor entre los transectos de cada sitio (4 transectos). Como descriptores de la composición y estructura de la comunidad de invertebrados se estimaron los siguientes parámetros comunitarios:

3.3.2 Abundancia de especies.

Como descriptor de a abundancia total se utiliza la abundancia promedio de animales en cada sitio. La estimación se realiza a partir del número total de animales por transecto agrupándose las 10 unidades (de 63.5 cm³ c/u) de muestreo de cada transecto. Los resultados son presentados usando el promedio entre los transectos de los ejemplares de todas las especies colectadas, con ello la unidad muestral conglomerada suma 636 cm³.

3.3.3 Índices Comunitarios.

Se consideraron 4 índices comunitarios como descriptores de la estructura del ensamble de invertebrados. Al igual que para la abundancia, los resultados son presentados considerando el valor promedio de cada índice para los 4 transectos de cada sitio de estudio.

3.3.3.1 Riqueza de especies.

Número de especies registradas por transecto en cada sitio.

3.3.3.2 Diversidad de especies.

La diversidad de especies se estima mediante el índice de Shannon (H') (Magurran 2013):

$$H' = -\sum p_i \log p_i \quad \text{donde, } p_i \text{ es la abundancia proporcional de la especie } i$$

3.3.3.3 Uniformidad de especies

La Uniformidad de las especies se estima mediante el índice de Pielou (Magurran 2013):

$$U = H' / \ln(S) \quad \text{donde, } H' \text{ índice de Shannon y } S: \text{ riqueza de especies}$$

3.3.3.4 Dominancia de especies

La Dominancia de especie se estima a partir del recíproco del índice de Simpson (Magurran 2013):

$D_o = 1 - D$

donde, D índice de diversidad de Simpson

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

n_i = número de individuos especie i ; N = número total de individuos

3.4 PARÁMETROS FÍSICOS.

La estructura de las comunidades de invertebrados de playas de arena ha sido vinculada a la geomorfodinámica local de cada playa, la cual es principalmente una consecuencia de la acción del oleaje incidente (Short, 1996; McLachlan y Dorvlo, 2005). Es así como las playas de arena se han clasificado como playas reflectivas a aquellas que reciben el impacto directo e intenso de las olas, las que son caracterizadas por una granulometría gruesa y pendientes superiores al 15%. A aquellas playas donde las olas rompen alejadas de la orilla e ingresan homogéneamente son denominadas como disipativas, las que son caracterizadas por una granulometría fina y una muy baja pendiente (menor de 5%). A aquellas playas que presentan el estado intermedio entre las características mencionadas para las playas disipativas y reflectivas se les denomina playas intermedias (Brazeiro, 2001).

Con el objetivo de caracterizar geomorfológicamente los sitios, en cada uno se estima la pendiente de la playa siguiendo el método de Emery (S) y su granulometría. El método Emery se basa en la relación entre las variaciones en altura del perfil de la playa con su grado de inclinación respecto a la línea de más baja marea (Emery, 1961; Short, 1996).

$$S = (\sum(h_i/D_i) \times 100) / k$$

donde: h_i = la diferencia en altura entre dos puntos consecutivos a lo largo del transecto, D_i = es la distancia horizontal entre esos 2 puntos de muestreo y k = el número de pares consecutivos de puntos.

El Análisis de granulométrico se realiza empleando el método de sedimentación en tamices de diámetros: 2000, 1400, 1000, 710, 500, 250, 180, 125, 90 y 63 μm . Los datos fueron analizados utilizando el método de momentos (Blott y Pye, 2001).

Adicional a estos descriptores se evalúa el contenido de materia orgánica de cada sitio. Esto se realiza mediante el método de incineración (400°C).

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

Para cumplir el objetivo del programa de seguimiento se realizan contrastes enfocados en la variación temporal de los parámetros descritos para los sitios de estudio respecto a sus valores medios estimados en campañas realizadas en igual época del año. En particular, el valor promedio de cada parámetro se contrastó con los valores estimados en las campañas de Otoño 2015 y 2016, y además respecto a su variabilidad estacional y general. Como estimador de la variabilidad estacional de cada parámetro evaluado se consideran los percentiles 10 (P_{10}) y 90 (P_{90}), y su valor medio acumulado para la estación en evaluación (M.A.E.). Esta última estimación considera todas las campañas realizadas en la misma época del año previas a la campaña informada. La variabilidad general considera la estimación del P_{10} y P_{90} , además de la media acumulada para todas las campañas realizadas previamente (M.A.G.).

Estadísticamente los parámetros comunitarios (abundancia, biomasa, riqueza de especies e índices comunitarios) fueron comparados cuantitativamente utilizando pruebas de Análisis de Varianza (ANDEVA) de dos vías. Para este análisis los sitios y fechas de muestreo se consideraron como factores fijos. Previo a los análisis los supuestos de normalidad y homocedasticidad se evaluaron utilizando pruebas gráficas y estadísticas (prueba de Barlett para homogeneidad de varianza). Los datos se transformaron utilizando $\log(x \pm 0,5)$ para cumplir con los requerimientos del análisis. La ocurrencia de diferencias estadísticas específicas entre los niveles (sitios o fechas) de cada factor se evaluaron mediante comparaciones pareadas utilizando la prueba a posteriori de Tukey HSD (p. Tukey). El nivel de significancia empleado en las pruebas de hipótesis corresponde a 5%.

La evaluación de los cambios temporales en los atributos físicos de cada sitio de estudio, pendiente, granulometría y materia orgánica se realizó mediante pruebas de varianza de una vía. Luego del análisis, los resultados se evaluaron en términos de los atributos cualitativos de los valores, lo que permiten caracterizar fenológicamente cada variable.

Con el objeto de evaluar la posible ocurrencia de una relación entre un parámetro biológico y uno físico (McLachlan y Dorvlo, 2005) se realiza un análisis de regresión lineal entre la riqueza de especies y la pendiente de la playa, así como también el tamaño medio de partícula de cada sitio de estudio.

4 RESULTADOS

4.1 RIQUEZA

Durante la campaña de otoño 2017 se colectaron un total de 4 especies (Tabla 3). Entre estas se destaca la presencia de un gusano poliqueto de la familia Nemertinidae, con una presencia cercana al 11,8%. El resto de las especies las componen el Isópodo *Exciroilana hirsuticauda* (83%) el anfípodo *Orchestoidea tuberculata* (4%) y el decápodo *Emerita analoga* (1,1%). La presencia de las especies de crustáceos ha permanentemente reportada a través de las diferentes campañas de este estudio.

Los resultados del análisis de varianza para la riqueza de especies indica diferencias estadísticas entre los sitios dependiente de la fecha de monitoreo (Anexo, Tabla 2). Como consecuencia, la evaluación de los factores principales por separado pierde relevancia y no serán presentados. A continuación, se describen los resultados para las pruebas “a posteriori” de Tukey (P. Tukey) concernientes a las comparaciones pareadas entre las combinaciones de los diferentes niveles de cada factor (efecto interacción) vinculadas directamente con el objetivo del programa de vigilancia. Inicialmente se describen los resultados de las P. Tukey entre sitios dentro de la última campaña. Esto último permite establecer la situación reciente de la zona de estudio. Luego se describen los resultados referidos a las comparaciones temporales (entre campañas) de cada sitio de estudio.

En esta campaña no se registró la presencia de animales en el sitio C, ubicado al sur de la playa de Laraquete. Omitiendo, al sitio C, el sitio B mostró la menor riqueza promedio de individuos, siendo significativamente menor que la registrada en los sitios E, F G y H (P. Tukey $p > 0,05$; Anexo Tabla 1, Figura 3).

Comparación entre campañas de Otoño.

Entre los sitios ubicados en la playa de Laraquete, los sitios D, E, F y G no mostraron diferencias estadísticas en el valor de riqueza promedio estimado en esta campaña respecto a lo estimado para las campañas de otoño 2015 y 2016 (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 3). El sitio C mostró una riqueza promedio significativamente menor que la registrada en las campañas 2015 y 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 3). En cambio, en el sitio B el valor promedio solo fue significativamente menor que la registrada el 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 3).

Los sitios control A y H en esta campaña no mostraron valores significativamente diferentes a los registrados en las campañas de otoño (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 3).

La riqueza promedio de especies de los sitios en general se encuentran dentro del rango de variación estimado para todas las campañas realizadas a la fecha (Anexo Tabla 1). El sitio A mostró una riqueza promedio mayor al límite superior estimado para este sitio en campañas de otoño (Anexo Tabla 1). La presencia de la especie de gusano poliqueto no afectó el valor de la riqueza promedio.

Comparación frente a la variación general.

La riqueza promedio de especies de los sitios se encuentran dentro del rango de variación estimado para todas las campañas realizadas a la fecha (Anexo Tabla 1).

Tabla 3. Abundancia promedio y total (entre paréntesis), mas-menos un error estándar, para cada especie o familia colectadas en cada campaña de Otoño. Se incluye una columna con el valor de la media acumulada para la estación de Otoño (M.A.E.) y el rango de variación asociado (P_{10} ; P_{90}). Ver metodología para detalles.

	M.A.E.	2015	2016	2017
<i>Emerita analoga</i>	3.19 (0; 7.5)	3 ± 0.7 (95)	3.4 ± 1.7 (109)	0.3 ± 0.1 (9)
<i>Excirolana hirsuticauda</i>	52.33 (6; 110)	43.8 ± 5.6 (1402)	60.8 ± 6.8 (1947)	25.4 ± 5.2 (685)
<i>Orchestoidea tuberculata</i>	0.98 (0; 3)	0.5 ± 0.2 (16)	1.5 ± 0.2 (47)	1.3 ± 0.3 (34)
<i>Euzonus heterocirrus</i>	0.17 (0; 0)	0.3 ± 0.3 (11)	0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)
Nereididae sp.	0 (0; 0)	0 ± 0 (0)	0 ± 0 (0)	3.6 ± 1.8 (97)
Total	3657	1524	2103	825

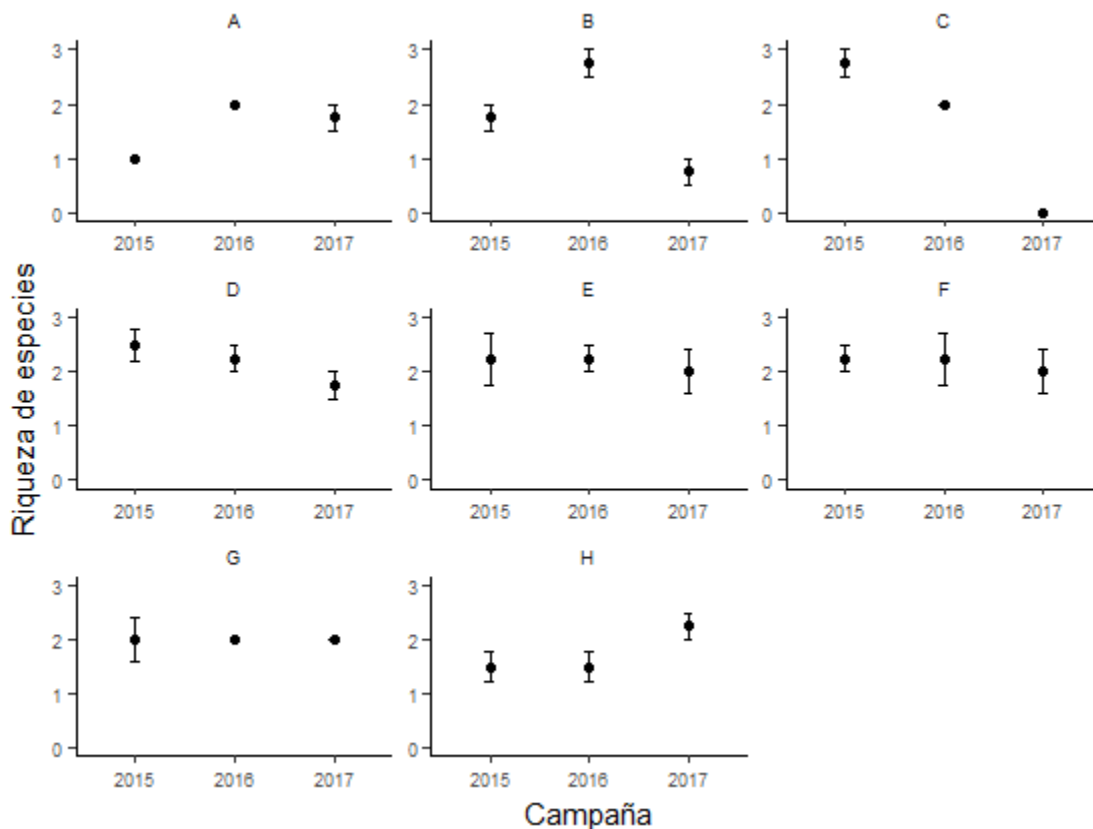


Figura 3. Riqueza promedio de especies registrada para las campañas de Otoño 2015, 2016 y 2017. Los valores promedio son acompañados por un error estándar.

4.2 ABUNDANCIA

Un total de 825 individuos fueron colectados en la campaña otoño 2017 (Tabla 3). El valor de abundancia total registrado en esta campaña fue inferior al registrado en las campañas 2015 y 2016 (Tabla 3). La mayor abundancia registrada a la fecha fue en la campaña de otoño 2016 con 2133 individuos. La menor abundancia total registrada a la fecha correspondió a la campaña de primavera 2015 con 552 animales.

Los resultados para el análisis de varianza para la abundancia promedio de individuos indica diferencias estadísticas entre los sitios dependiente de la fecha de monitoreo (detalles Anexo, Tabla 3). A continuación, sólo se describirán los resultados de las Pruebas “a posteriori” de Tukey (P. Tukey) para la interacción atinentes a los objetivos del programa de monitoreo según fue mencionado anteriormente.

Las menores abundancias en esta campaña se registraron en los sitios al Sur de la playa de Laraquete, específicamente en los sitios B y C (Figura 1). En el sitio C no se registró la presencia de animales por lo que va a ser excluido del resto de las comparaciones. En el sitio B la abundancia promedio estimada fue significativamente inferior a la registrada en los sitios D, E, F, G y H (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 4). El resto de los sitios de estudio no difirió estadísticamente entre ellos en la abundancia promedio (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 4; Anexo Tabla 1).

Entre los sitios control A y H, el sitio A mostró una abundancia promedio significativamente menor que la registrada en los sitios E, F, G y H (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 4). La abundancia promedio registrada en el sitio H no mostró diferencias significativas con el resto de los sitios de estudio (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 4).

Comparación entre campañas de Otoño.

La abundancia promedio estimada en los sitios de la zona media – sur (B y D) de la Playa de Laraquete mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a lo estimado en la campaña de otoño anteriores. Ambos sitios mostraron una abundancia promedio significativamente menor que la registrada en las campañas 2015 y 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 4). Respecto al resto de los sitios emplazados en la playa de Laraquete, no se observó diferencias estadísticas entre las campañas (Tukey $p > 0,05$; Figura 4).

En el caso de los sitios control (A y H), el sitio A registró una abundancia promedio significativamente inferior a lo estimado en la campaña 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 4). El sitio H, por otra parte, mostró un valor promedio significativamente mayor que el estimado en la campaña 2015 (P. Tukey, $p < 0,05$; Figura 4).

Respecto al rango de variación dentro de la estación, los sitios A y B mostraron valores menores al límite inferior al rango estacional (Anexo Tabla 1). El resto de los sitios de estudio se mantuvo dentro del rango de variación estacional esperado (Anexo Tabla 1).

Comparación frente a la variación general.

Respecto a la variación general de los sitios dada por todos estudio, tanto el sitio B como el C mostraron valores menores al límite inferior (Anexo Tabla 1). Situación esperable para el sitio C. En el caso del sitio A, la abundancia promedio registrada se encontró dentro del rango de variación (Anexo Tabla 1), al igual que el resto de los sitios de estudio (Anexo Tabla 1).

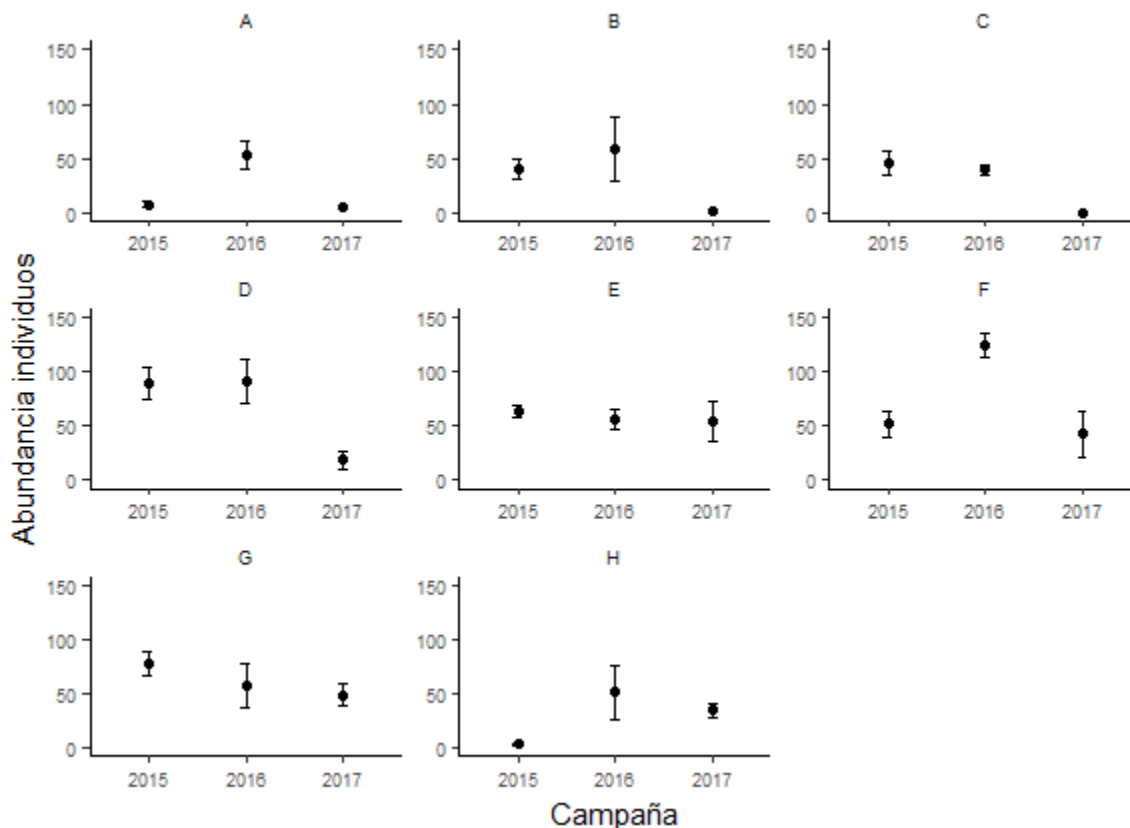


Figura 4. Abundancia promedio de individuos registrada para las campañas de Otoño 2015, 2016 y 2017. Los valores promedio son acompañados por un error estándar. Los valores promedio son acompañados por un error estándar.

4.3 ÍNDICES COMUNITARIOS.

4.3.1 Uniformidad de especies

El índice de Uniformidad de especies mostró un rango de variación de su valor promedio entre 0,0 a 1,0 en esta campaña (Figura 5; detalles Anexo Tabla 1). Los resultados para el análisis de varianza para la Uniformidad promedio de especies indicó diferencias estadísticas entre los sitios dependiente de la fecha de monitoreo (detalles Anexo, Tabla 4; Figura 5). A continuación, sólo se describirán los resultados de las Pruebas “a posteriori”

de Tukey (P. Tukey) para la interacción atingentes a los objetivos del programa de monitoreo según fue mencionado anteriormente.

En esta campaña la máxima Uniformidad fue registrada en el sitio G (1,0), valor que fue significativamente mayor que el estimado para los sitios B y C (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 5; Anexo Tabla 1). El resto de los sitios no difirieron estadísticamente en el valor de Uniformidad promedio (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 5; Anexo Tabla 1).

Comparación entre campañas de Otoño.

Los sitios de estudio cercanos a la zona de descarga D y E no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a las campañas 2015 y 2016 (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 5). Sólo los sitios B y G mostraron diferencias significativas, la uniformidad estimada para el sitio B fue significativamente menor que la estimada en la campaña 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 5). En el caso del sitio G, la Uniformidad estimada fue significativamente mayor que la estimada en la campaña 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 5). Entre el resto de los sitios emplazados en la playa de Laraquete no se distinguieron diferencias estadísticas significativas (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 5).

Para los sitios control A y H, los valores de Uniformidad promedio estimados en esta campaña no mostraron diferencias estadísticas significativas con los estimados en la campaña de otoño (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 5).

Los valores para la Uniformidad promedio de especies en cada sitio se encuentran dentro del rango de variación estimado para las campañas de otoño (Anexo Tabla 1).

Comparación frente a la variación general.

La Uniformidad promedio de todos los sitios se encuentran dentro del rango de variación estimado para todas las campañas realizadas a la fecha (Anexo Tabla 1).

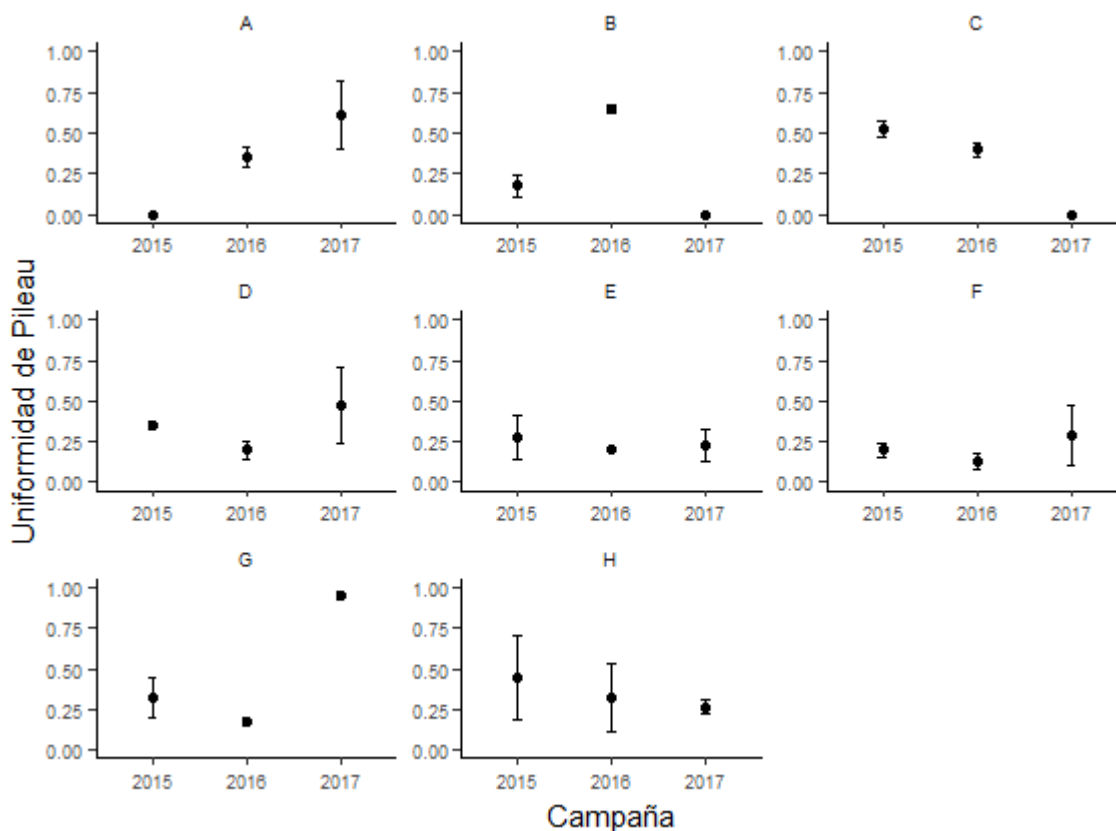


Figura 5. Valores promedio para el índice de Uniformidad de Pielou estimados para las campañas de Otoño 2015, 2016 y 2017. Los valores promedio son acompañados por un error.

4.3.2 Diversidad de especies

El valor para el índice de Diversidad de Shannon mostró un rango de variación en su valor promedio entre 0,0 y 0,7 para esta campaña (Figura 6; Anexo Tabla 1). Los resultados para el análisis de varianza para la Diversidad promedio de especies indican un efecto significativo de la interacción entre los factores principales (detalles Anexo Tabla 4), sugiriéndose diferencias significativas entre los sitios de estudio dependientes de las campañas.

En esta campaña la máxima Diversidad fue registrada en el sitio G (0,7), valor que fue significativamente mayor que el estimado para los sitios B y C (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 6; Anexo Tabla 1). El resto de los sitios no difirieron estadísticamente en el valor de Uniformidad promedio (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 6; Anexo Tabla 1).

Comparación entre campañas de Otoño.

Los sitios de estudio cercanos a la zona de descarga D y E no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a las campañas 2015 y 2016 (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 6). Sólo los sitios B y G mostraron diferencias significativas, la diversidad estimada para el sitio B fue significativamente menor que la estimada en la campaña 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 6). En el caso del sitio G, la diversidad estimada fue significativamente mayor que la estimada en la campaña 2015 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 6). Entre el resto de los sitios emplazados en la playa de Laraquete no se distinguieron diferencias estadísticas significativas (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 6).

Para los sitios control A y H, los valores de diversidad promedio estimados en esta campaña no mostraron diferencias estadísticas significativas con los estimados en la campaña de otoño (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 6).

Los valores para la diversidad promedio de especies para los sitios B y C fueron menores al límite inferior de variación estacional para cada sitio (Anexo Tabla 1). Para el resto de los sitios los valores estimados de diversidad se encuentran dentro del rango de variación estimado para las campañas de otoño (Anexo Tabla 1).

Comparación frente a la variación general.

La diversidad de Shannon promedio estimada para todos los sitios se encuentran dentro del rango de variación estimado para todas las campañas realizadas a la fecha (Anexo Tabla 1).

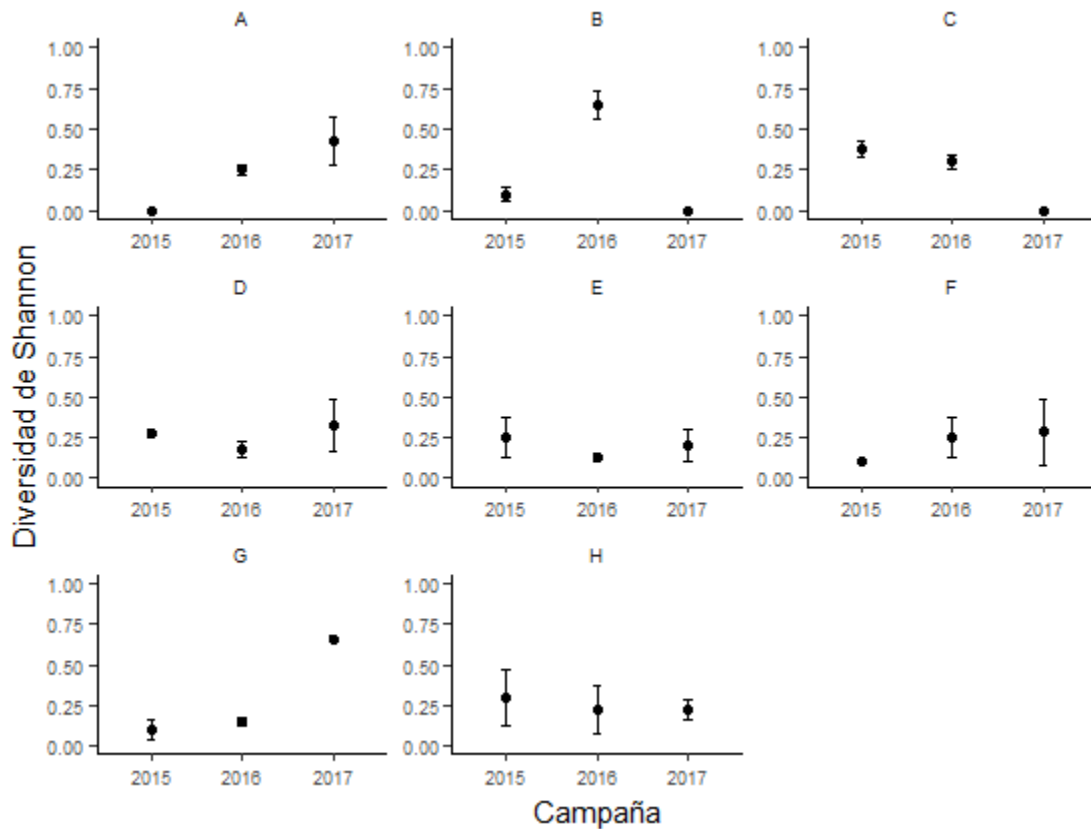


Figura 6. Valores promedio para el índice de Diversidad de Shannon estimado para cada sitio de monitoreo en las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017. Los valores promedio son acompañados por un error estándar.

4.3.3 Dominancia de especies

El valor para el índice de Dominancia de Simpson promedio de especies para esta campaña mostró un rango de variación promedio entre 0,0 y 0,5 (Figura 7; detalles Anexo Tabla 1). Los resultados para el análisis de varianza para la Dominancia promedio de especies indican un efecto significativo de la interacción entre los factores principales (Figura 7, detalles Anexo Tabla 4), sugiriéndose diferencias significativas entre los sitios de estudio dependientes de las campañas de monitoreo.

En esta campaña la mayor dominancia fue estimada para el sitio G (0,5), siendo significativamente mayor que la estimada para los sitios B y C (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 7). Los valores de dominancia estimada para el resto de los sitios de estudio no difirieron significativamente (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 7).

Comparación entre campañas de Otoño.

Los sitios de estudio cercanos a la zona de descarga D y E no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a las campañas 2015 y 2016 (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 7). Sólo los sitios B y G mostraron diferencias significativas, la dominancia estimada para el sitio B fue significativamente menor que la estimada en la campaña 2016 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 7). En el caso del sitio G, la diversidad estimada fue significativamente mayor que la estimada en la campaña 2015 (P. Tukey $p < 0,05$; Figura 7). Entre el resto de los sitios emplazados en la playa de Laraquete no se distinguieron diferencias estadísticas significativas (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 7).

Para los sitios control A y H, los valores de diversidad promedio estimados en esta campaña no mostraron diferencias estadísticas significativas con los estimados en la campaña de otoño (P. Tukey $p > 0,05$; Figura 7).

Los valores para la dominancia promedio de especies para el sitio B fue menor al límite inferior de variación estacional para este sitio (Anexo Tabla 1). Para el resto de los sitios los valores estimados de diversidad se encuentran dentro del rango de variación estimado para las campañas de otoño (Anexo Tabla 1).

Comparación frente a la variación general.

La dominancia de Simpson promedio estimada para el sitio B fue menor al límite inferior al rango de variación general estimada para este sitio en otoño (Anexo Tabla 1). Para el resto de los sitios de estudio, el valor de dominancia promedio se encuentran dentro del rango de variación estimado para todas las campañas realizadas a la fecha (Anexo Tabla 1).

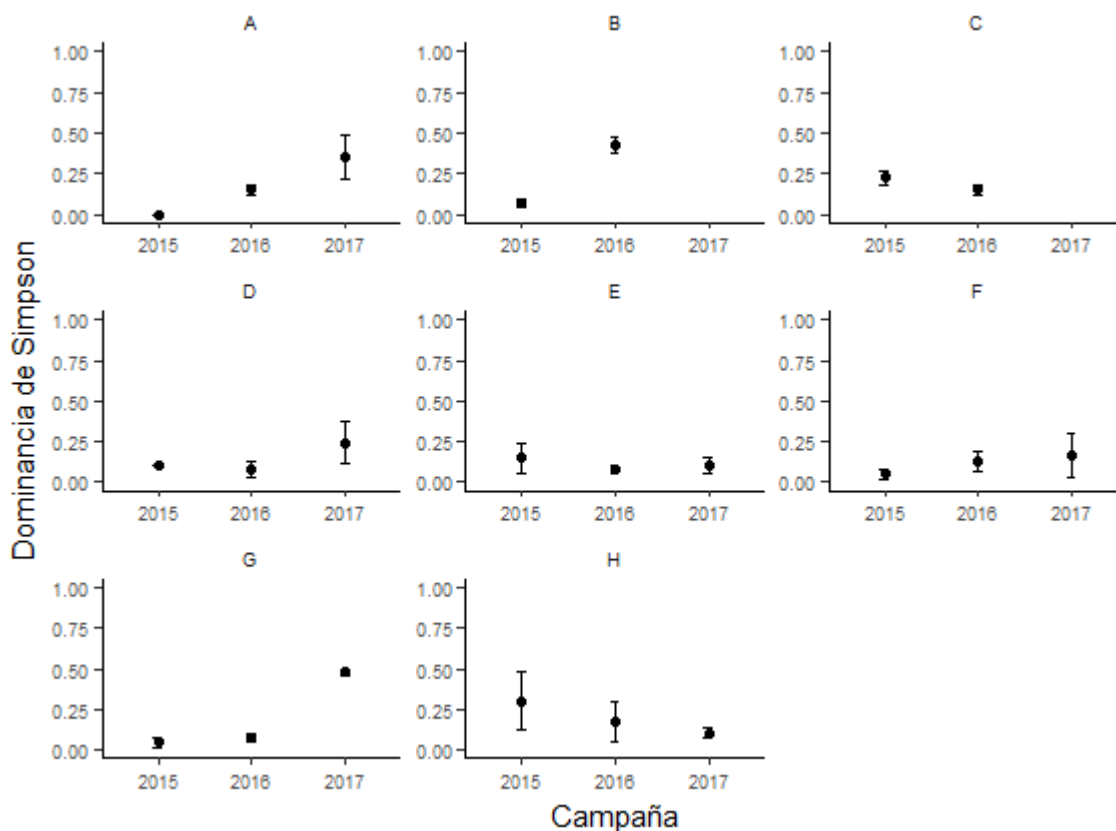


Figura 7. Valores promedio para el índice de Dominancia de Simpson estimado para cada sitio de monitoreo en las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017. Los valores promedio son acompañados por un error estándar. Los valores promedio son acompañados por un error estándar.

4.4 PARÁMETROS FÍSICOS DE LAS PLAYAS

4.4.1 Pendiente playas

Los valores de pendiente de los sitios de estudio para esta campaña en general oscilaron entre 3% a 9% (Tabla 4), caracterizándose a las playas como intermedias. Al comparar con las campañas de otoño 2015 y 2016, los valores estimados en esta campaña son similares a ambas campañas, siendo coherente el carácter intermedio de la playa en los sitios de estudio (Tabla 4). Al igual que en las campañas 2015 y 2016, en esta campaña se destaca una alta heterogeneidad en la pendiente de las playas entre los sitios de estudio. La inestabilidad en la intensidad del oleaje asociado a la estación podría ser responsable de las diferencias entre los sitios, condicionando una irregular acumulación de material en borde costero.

Tabla 4. Pendiente de la playa en cada uno de los sitios de estudio estimado en la campaña de otoño 2017. Los valores corresponden a valores promedios estimados a partir del método de Emery. Se incluyen los valores estimados en las campañas de otoño 2015 y 2016. El * indica a los sitios ubicados en la zona de influencia directa. Los sitios A y H corresponden a los sitios control.

Sector	Sitio	Campañas Otoño		
		2015	2016	2017
Tubul	A	3,7 ± 1,0	6,7 ± 0,5	6,7 ± 0,2
Laraquete	B	6,1 ± 0,7	6,8 ± 0,2	5,8 ± 0,2
	C	4,8 ± 1,2	9,5 ± 0,4	7,3 ± 0,2
	D*	5,2 ± 0,7	5,2 ± 0,2	6,7 ± 0,2
	E*	5,1 ± 1,6	6,2 ± 0,2	3,2 ± 0,2
	F	6,2 ± 0,7	4,0 ± 0,4	8,0 ± 0,4
	G	6,4 ± 0,1	5,5 ± 0,4	6,8 ± 0,2
Chivilingo	H	4,9 ± 0,1	6,3 ± 0,2	8,8 ± 0,2

4.4.2 Granulometría

En esta campaña los sitios de estudio se caracterizaron por un sedimento tipo arena media, sólo el sitio B presentó una arena del tipo gruesa y levemente gravosa (Tabla 5). Al considerar la posición del emisario de descarga, los sitios D y E, ubicados en la zona de influencia directa, ambos presentan una granulometría del tipo arena media (Tabla 5). No se distingue una posible influencia del tubo de descarga sobre la granulometría de ambos sitios.

Respecto a las campañas de otoño 2015 y 2016, en general los resultados coinciden con lo estimado en la campaña 2016 (Tabla 5). El sedimento en la campaña 2015 estuvo caracterizado por arena media y fina (Tabla 5). concuerdan con la predominancia de arena media como clasificación según diámetro una textura entre arena y arena levemente gravosa (Tabla 5).

4.4.3 Materia Orgánica

El contenido de materia orgánica registrada en los sitios de estudio oscila entre 0,2% y 1,1%. El sitio G presentó el mayor contenido promedio de materia orgánica en la campaña

2017, siendo similar al registrado en los sitios A, B, F, G y H de la campaña 2015 y en los sitios E y H de la campaña 2017 (Tabla 6; Anexo Tabla 5; P. Tukey $p < 0,05$). En general los valores de materia orgánica estimada en esta campaña se encuentran dentro del rango de variación registrada en cada uno de los sitios en las campañas de otoño (Tabla 6).

Tabla 5. Clasificación de las muestras de arena según el diámetro promedio de partícula y textura colectadas en las campañas de otoño según la clasificación de Folk and Ward (1957). Simbología usada. A: arena; A.m: arena media; A.g: arena gruesa; A.f: arena fina; A.gr: arena gravosa; A.lg: arena levemente gravosa. * indica los sitios aledaños a la zona de descarga de la Planta (detalles muestra otoño 2017 ver Anexo certificado).

Sitio	Muestra	2015		2016		2017	
		Diámetro	Textura	Diámetro	Textura	Diámetro	Textura
A	1	A.f	A.lg	A.m	A.	A.m	A
	2	A.f	A.lg	A.m	A.	A.m	A
	3	A.m	A.gr	A.m	A.	A.m	A
B	1	A.m	A.	A.m	A.	A.g	A. lg
	2	A.m	A.	A.m	A.m	A.g	A. lg
	3	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
C	1	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	2	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	3	A.f	A.	A.m	A.	A.g	A
D*	1	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	2	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A
	3	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A
E*	1	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
	2	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	3	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
F	1	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
	2	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
	3	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
G	1	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
	2	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
	3	A.f	A.	A.m	A.	A.m	A
H	1	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	2	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A. lg
	3	A.m	A.	A.m	A.	A.m	A. lg

Tabla 6. Contenido promedio de materia orgánica (%) en cada uno de los sitios (± 1 error estándar). * indica los sitios aledaños a la zona de descarga de la Planta. La columna significancia muestra si existen diferencias estadísticas entre los sitios (Prueba “a posteriori” de Tukey). Letras similares indican ausencia de diferencias.

Sector	Sitio	Campañas Otoño		
		2015	2016	2017
Tubul	A	1,1 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
Laraquete	B	0,6 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,0
	C	0,6 \pm 0,0	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,0
	D*	0,4 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0
	E*	0,5 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1
	F	0,6 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
	G	0,7 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1
Chivilingo	H	1,1 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1

4.5 RELACIÓN PARÁMETROS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS

No se registró una relación lineal significativa entre la riqueza de especies y la pendiente de la playa en esta campaña (Tabla 7). Este resultado concuerda con lo registrado en las campañas de 2015 y 2016 (Tabla 7; más detalles anexo Tabla 5).

Tabla 7. Análisis de regresión lineal entre riqueza de especies y parámetros físicos para las campañas de otoño. Se muestran los valores estimados (VE) y el error estándar (EE) para los parámetros, y la prueba de hipótesis para cada parámetro.

V. Independiente	Campaña	Parámetro	VE	EE	t	p
Pendiente	2015	Intercepto	0.12	0.61	0.19	0.85
		Pendiente	0.03	0.11	0.26	0.81
	2015	Intercepto	0.39	0.08	5.26	0.00
		Pendiente	0.00	0.01	0.35	0.74
	2017	Intercepto	0.30	0.42	0.72	0.50
		Pendiente	-0.01	0.06	-0.09	0.93
T. partícula	2015	Intercepto	0.13	0.34	0.39	0.71
		Pendiente	0.00	0.00	0.44	0.68
	2016	Intercepto	0.43	0.19	2.29	0.06
		Pendiente				

		Pendiente	0.00	0.00	-0.09	0.93
	2017	Intercepto	1.00	0.35	2.88	0.03
		Pendiente	0.00	0.00	-2.16	0.07

5 DISCUSIÓN

En esta campaña se registró un total de 4 especies, 3 especies de crustáceos y un gusano poliqueto de la familia Nereididae. Las especies de crustáceos registradas son coincidentes en todas las campañas anteriores, independiente de la estación del año. La presencia de poliquetos si había sido registrada con anterioridad en una campaña otoñal (*Euzonus heterocirrus*), no obstante representantes de la familia Nereididae habían sido registrados en las campañas de primavera (2015 y 2016) e invierno (2015) en abundancias inferiores a las registradas en esta campaña. La presencia de estos gusanos poliquetos no es extraña en sistemas intermareales de playas de arena (McLachlan y Brown 2010).

En esta campaña la menor riqueza de especie se registró en los sitios C y B, ambos sitios del extremo sur de Playa Laraquete, en el sitio C no se registró la presencia de animales (discusión más adelante), en el sitio B la riqueza promedio de especies fue significativamente inferior a la estimada para los sitios E, F, G y H. Los sitios con menor riqueza, se encuentran en el extremo sur de la playa de Laraquete cercanos a la desembocadura del estero Carampangue. Al contrastar con las campañas anteriores, la riqueza registrada en los sitios C y B en esta campaña fue significativamente menor que la registrada en los mismos sitios en la campaña 2016. Respecto a la campaña otoño 2015, sólo el sitio C difirió respecto lo estimado en ese año. El resto de los sitios de estudio no difirió en la riqueza promedio de especies registradas en esta campaña con lo estimado en las campañas 2015 y 2016 en cada sitio. En general, las especies registradas en esta campaña son coincidentes con lo reportado para otros estudios dentro de la región del BioBio (PROMNA).

Un total de 825 individuos se colectaron en esta campaña, el cual es inferior al registrado en las campañas de otoño 2015 y 2016. Para la campaña 2017, el 83% de los individuos correspondió al isópodo *Excirolana hirsuticauda*, seguido por el poliqueto nereidido con 11,8%. El anfípodo *Orchestoidea tuberculata* presentó una abundancia de 4% y finalmente el decápodo *Emerita analoga* de un 1,1%. En la campaña de otoño 2015 se colectaron 1524 animales, de los cuales el 92% correspondieron al isópodo, el 6% al decápodo *Emerita*

analog, y 1,0% al anfípodo *O. tuberculata* (Tabla 3). En la campaña 2016, 2103 animales fueron capturados, donde los isópodos alcanzaron el 93%, *Emerita* un 5,2% y *O. tuberculata* 2,2%. A partir de estos datos es evidente que la reducida abundancia de animales en esta campaña se debe a la baja de *E. hirsuticauda* principalmente y luego *E. analog* (Tabla 3). Valores similares a los registrados en esta campaña para *Excirolana hirsuticauda* habían sido registrados en las campañas de invierno 2011 (613 individuos), primavera 2015 (412 individuos), verano 2012 (323 individuos) y verano 2017 (560 individuos). Esta información nos permite considerar por una parte que el valor registrado en esta campaña para esta especie es posible de registrar dentro de la zona de estudio y, además que no es condición de una estación del año en particular. Un punto aparte sobre la discusión de estos resultados es la abundancia registrada para *Emerita analog* en esta campaña, la cual corresponde a la menor observada en todas las campañas realizadas a la fecha. A pesar de las diferencias descritas para la abundancia total de las especies entre campañas, la abundancia total de cada especie capturada el 2017 se mantuvo dentro del rango de variación estimado (P_{10} - P_{90}) para el sistema de estudio (Tabla 3).

En los sitios de estudio, las menores abundancias promedio de individuos se registraron en la zona sur de la bahía de Arauco, particularmente en el sitio A en Tubul (sitio control, cercano a la desembocadura del río tubul-raqui) y en los sitios B y C ubicados en la playa de Laraquete, cercanos al estero Carampangue. Los sitios A y B mostraron valores significativamente menores que los registrados en los sitios E, F, G y H. En términos históricos (incluyendo todas las campañas) los sitios A y B son los de menor abundancia total y promedio de animales (A: abundancia total de 570 animales con un promedio por campaña de 51,8 animales; B: 727 animales y un promedio de 66 animales). Ambos sitios se encuentran cercanos a cursos de agua dulce, por lo que una baja presencia de animales, acompañas de una importante variabilidad estacional esperable. En el caso del sitio C, a la fecha, no se había registrado la ausencia de animales en uno de los sitios de estudio, lo que sugiere en primera instancia que podría corresponder a un fenómeno de cuidado dentro del registro de este programa. Por otra parte, si consideramos los resultados observados en el programa PROMNA, el cual se extiende por un periodo mucho más extenso que este programa, la ausencia de animales en sitios de estudio es un fenómeno, si bien no muy frecuente, pero que si ocurre. En esta línea, es recomendable considerar evaluar la evolución de los resultados descritos en campañas futuras con el objeto de minimizar el riesgo de sobredimensionar los resultados.

Como es de esperar a partir de los resultados antes descritos, en esta campaña varios sitios mostraron valores de abundancia promedio significativamente menores que los registrados en campañas anteriores. Los sitios B, D y C de la playa de Laraquete mostraron valores significativamente menores que la observada en la campaña 2015 y 2016. El sitio A por otra parte mostró una abundancia promedio menor al registrado en la campaña 2015. Un punto dentro de estos resultados es que los valores promedios estimados para los sitios B y C fueron inferiores al rango de variación estacional y general estimado para las campañas de otoño (Anexo Tabla 1).

Un punto interesante del programa de monitoreo MAPA a diferencia del programa PROMNA es que el isópodo *Excirolana* corresponde a la especie dominante en todos los sitios de estudio. Las mayores abundancias para esta especie son registradas, en general, en las campañas de otoño - invierno y las menores en las campañas de verano, y en los sitios en el sector norte de la playa de Laraquete E (1914 individuos), F (1808 individuos) y G (1714 individuos) y en la playa de Chivilingo (sitio H, 15019 animales). Sin embargo, resultados como los registrados en esta campaña (otoño 2017) no permiten considerar la ocurrencia de un patrón estacional asociado a la abundancia de animales. Según los antecedentes (PROMNA), se esperaría un incremento en la presencia de todas las especies en la época estival, particularmente en primavera, debido a eventos reproductivos de las especies. La dominancia de *Excirolana* ha sido un denominador común a lo largo de este estudio en todos los sitios en desmedro de *Emerita analoga*. La causalidad de la baja presencia de *Emerita* en la bahía de Arauco, así como la ausencia de un patrón de abundancia estacional escapa al alcance de este programa de estudio, no obstante, establece un punto de observación para los futuros monitoreos.

En el caso de los índices comunitarios, sin considerar el sitio C dado que no es posible estimar un índice comunitario dado la ausencia de animales, estos mostraron una escasa variación entre los sitios en esta campaña y entre campañas. Dentro de esta campaña, tanto la diversidad, la uniformidad y la dominancia de especies estimada para el sitio G presentó un valor promedio significativamente mayor que el sitio B. Entre el resto de los sitios de estudio, no se observó diferencias estadísticas para ninguno de los índices comunitarios estimados. Al comparar los resultados por sitio entre campañas, el valor promedio de diversidad, uniformidad y dominancia de especies estimado para el sitio B fue significativamente menor al registrado en la campaña 2016. En el sitio G por otra parte, el

valor promedio de diversidad y dominancia de especies estimado en esta campaña fue significativamente mayor al registrado en la campaña 2015. Estos resultados aparentemente estarían dados por la fuerte dominancia relativa de *Excirolana* en desmedro de las otras especies.

Un punto que debe ser considerado al momento de evaluar la significancia de los resultados relativos a los índices de comunitarios es la posible diferencia entre el significado estadístico y el biológico. El sistema de estudio está constituido por un reducido número de especies, sumada a una amplia variabilidad espacial en la ocurrencia de especies dentro de cada sitio. Estos hechos establecen dos posibles situaciones, una que pequeñas variaciones numérica entre las unidades de muestreo (cores) podrían significar diferencias estadísticas, o que diferencias relevantes pudiesen estar enmascaradas por la variabilidad espacial. Ambas situaciones condicionan que las posibles inferencias estadísticas no necesariamente reflejan la realidad biológica del sistema. Este hecho destaca la necesidad de mantener una evaluación integrada de los resultados de los estudios.

En el caso de los parámetros físicos, los descriptores de pendiente sugieren un carácter intermedio de las playas, acompañado con un tamaño promedio de partícula de arena del tipo medio. Este resultado es coincidente con lo registrado en las campañas de otoño 2015 y 2016, donde los sitios de estudio fueron catalogados en general como playas intermedias, con una predominancia de arena de tamaño medio. La irregular intensidad del oleaje en la época estival permite la acumulación de material medio – fino en la costa sea irregular, generándose un borde costero irregular (McLachlan y Brown, 2010). Estos hechos sugieren que las playas se encuentran en condiciones esperables para la época del año.

En relación con el contenido de materia orgánica registrada en esta campaña, esta osciló entre 0,2 y 1,1 %. La mayor concentración fue registrada en el sitio G, ubicado en la zona más al norte de la playa de Laraquete, siendo similar estadísticamente a la registrada en los sitios E y H. En general se distingue un gradiente de concentración de materia orgánica de sur a norte, resultados que probablemente están ligados a la presencia del estero y/o poblado de Carampangue además del río Tubul y del patrón de circulación oceánica dentro de la bahía. Al contrastar con campañas anteriores, el porcentaje de materia orgánica registrada en cada uno de los sitios de estudio es similar a la registrada en las campañas de otoño 2015 y 2016.

En el caso de la relación entre variables morfométricas de los sitios de estudio y la riqueza de especies, en esta campaña no se observó una relación lineal significativa entre la riqueza de especies y los parámetros físicos pendiente de la playa y tamaño de partícula de arena. Este resultado es concordante con lo registrado para las campañas de otoño 2015 y 2016.

En general los descriptores físicos de los sitios de estudio en esta campaña son concordantes con la época del año en evaluación. En el caso de los descriptores biológicos, los antecedentes aportados por las campañas 2015 y 2016 sugieren descenso en la abundancia total de animales en esta campaña, siendo una de las más bajas registradas a lo largo del estudio, no obstante, no la de menor abundancia. En términos de la abundancia promedio de especies, los valores estimados en esta campaña son similares a los registrados en las campañas de otoño, salvo para el sitio B y C cuyas abundancias promedio fueron menores al límite inferior del rango de variación de esta estación. Los antecedentes disponibles desde el programa PROMNA, asociado al programa de monitoreo ambiental Planta Nueva Aldea, además de literatura científica (Holland y Polgar, 1976; Dexter, 1979; Jaramillo *et al.*, 1996) muestran que los sistemas de playas de arena cambian en sus relaciones de abundancia a través de las estaciones de manera cíclica, siendo Invierno el período de menor abundancia y verano el de mayor. Para el programa PROMNA este fenómeno se evidencia a partir de los picos de reclutamiento registrados en época estival asociados a la especie *Emerita analoga*, especie dominante del sistema (McLachlan y Brown, 2010). En el caso del programa MAPA, a la fecha se ha establecido que la especie dominante corresponde a *Excirolana hirsuticauda*, especie supralitoral con desarrollo directo, cuyos picos de reproducción también estarían asociados a la época estival (Contreras y Jaramillo 2003; McLachlan y Brown, 2010), no obstante, en este estudio las mayores abundancias se registran en otoño e invierno. Si bien los resultados registrados en MAPA están en la línea opuesta a lo esperado, se corresponden con lo observado en campañas anteriores dentro de este programa de monitoreo. La causa de porque se alejan de lo esperado escapa a este estudio tal como fue manifestado.

6 CONCLUSIONES

El objetivo general de un programa de monitoreo ambiental apunta a la vigilancia temporal de parámetros específicos que permitan evaluar cambios en el estado de condición de un sistema biológico. A continuación, se destacan los principales resultados obtenidos en la campaña de monitoreo otoño 2017, enmarcada en el Programa de Seguimiento Ambiental (PSA) del Proyecto Modernización Ampliación Planta Arauco, referidos en el subcomponente Ecología bentónica intermareal de macro invertebrados de playas de arena.

En esta campaña se destaca un descenso en la abundancia total de animales respecto a las campañas de otoño anteriores. La baja presencia de animales estuvo centrada en los sitios emplazados al sur de la playa de Laraquete (B, C y D) y en el sitio control ubicado en Tubul (A). Como factor principal de este resultado aparentemente es la menor abundancia del isópodo *Excirolana hirsuticauda*, especie dominante para este sistema de estudio.

La abundancia promedio de animales, sin embargo, se mantuvo dentro del rango de variación esperada para la época de otoño en los sitios de estudio. Sólo los sitios A, B y C mostraron valores de abundancia promedio inferior al rango esperado a partir de las campañas de otoño 2015 y 2016. Entre estos resultados se destaca la ausencia de animales en el sitio C, resultado que no había sido observado con anterioridad en el programa. En el caso del sitio A, el valor promedio estimado se encuentra dentro del rango de variación para el área de estudio. Un punto respecto a estos resultados es que estos sitios se encuentran cercanos a las desembocadura del estero Carampangue (sitios B y C) y Tubul-Raqui (sitio A), situación que podría incidir en la presencia de animales.

En relación con los índices comunitarios de diversidad de Shannon, uniformidad de Pielau y dominancia de Simpson, los valores estimados en esta campaña para los diferentes sitios de estudio, en general, no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a los valores estimados en las campañas 2015 y 2016. Estos resultados en su conjunto sugieren una importante estabilidad en la estructura de abundancia del ensamble a través de las diferentes campañas. Sugiriendo que las posibles diferencias entre ellos podrían estar asociadas a fenómenos que involucran una escala espacial mayor a la considerada por este estudio.

Como conclusión general, asumiendo el objetivo general de un programa de seguimiento ambiental y sus requerimientos, para la zona de estudio es posible sugerir la ausencia de

alteraciones significativas en la estructura de la comunidad de macro invertebrados que habitan el sistema de estudio. En el caso del sitio C, antecedentes provenientes del programa PROMNA muestran que la ausencia de animales en un sitio de estudio es un resultado si bien poco común pero esperable. Es en este sentido que es necesario considerar evaluar de manera especial la evolución del sitio C en campañas futuras.

7 REFERENCIAS

Brazeiro, A. (2001). Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors?. *Marine Ecology Progress Series*, 224(3).

Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.

Contreras, H., & Jaramillo, E. (2003). Geographical variation in natural history of the sandy beach isopod *Excirrolana hirsuticauda* Menzies (Cirolanidae) on the Chilean coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 117-126.

Defeo, O., & McLachlan, A. (2005). Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 1-20.

Defeo, O. & McLachlan, A. (2013). Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. *Geomorphology* 199, 106–114.

Dexter, D. M. (1979). Community structure and seasonal variation in intertidal Panamanian sandy beaches. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 9(5), 543-558.

Emery, K. O. (1961). A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and oceanography*, 6(1), 90-93.

Fernandez, M., Jaramillo, E., Marquet, P. A., Moreno, C. A., Navarrete, S. A., Ojeda, F. P., Valdovinos, C. & Vasquez, J. A. (2000). Diversidad, dinámica y biogeografía del ecosistema costero bentónico de Chile: revisión y bases para conservación marina. *Revista chilena de historia natural*, 73(4), 797-830.

Jaramillo, E., Stead, R., Quijon, P., Contreras, H., Gonzalez, M. (1996). Temporal variability of the sand beach macroinfauna in south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 641-653.

- Jaramillo, E., Manzano, M., & Morales, G. (2012). Interacción entre defensas costeras artificiales en playas arenosas y perturbaciones naturales de gran escala: el terremoto del 27F de 2010 en la costa del centro-sur de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (53), 75-84.
- Holland, A. F., & Polgar, T. T. (1976). Seasonal changes in the structure of an intertidal community. *Marine Biology*, 37(4), 341-348.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons.
- McLachlan, A. (1996). Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. *Marine Ecology Progress Series*, 131: 205-217
- McLachlan, A., Jaramillo, E., Donn, T. E., & Wessels, F. (1993). Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research*, 27-38.
- McLachlan, A., & Dorvlo, A. (2005). Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *Journal of Coastal Research*, 674-687.
- McLachlan, A., & Brown, A. C. (2010). *The ecology of sandy shores*. Academic Press.
- Parada, C., Sobarzo, M., Figueroa, D. y Castro, L. 2001. Circulación del Golfo de Arauco en un periodo de transición estacional: Un nuevo enfoque. *Investigaciones Marinas*, 29(1):11-23.
- Pineda, V. F. Fanucci & I. Di Geronimo. 1991. Sedimentología y Tanatocenosis del Golfo de Arauco. Region del Bio Bio.. Chile. Resúmenes Expandidos. Congreso Geológico Chileno. P 499-501.
- Scott, T., Masselink, G., & Russell, P. (2011). Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales. *Marine Geology*, 286(1): 1-20.
- Short, A. D. (1996). The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69(4): 589-604.
- Veas, R., Hernández-Miranda, E., Quiñones, R., Díaz-Cabrera, E., Rojas, J. M. & Fariña, J. M. (2013). The influence of environmental factors on the abundance and recruitment of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson 1857): Source-sink dynamics?. *Marine Environmental Research*. 89: 9-20

8 ANEXOS

8.1 ABUNDANCIA, RIQUEZA E ÍNDICES

En este anexo se muestran las tablas con los datos de abundancia, riqueza, e índices comunitarios promedios estimados para cada sitio de estudio. Estos datos corresponden a las fuentes para la elaboración de los gráficos presentados.

Además, se muestran en detalle los resultados estadísticos obtenidos para cada descriptor comunitario evaluado mediante análisis de varianza factorial de dos vías. Los análisis se realizaron considerando dos fuentes de variación, el sitio de estudio (A, B, C, D, E, F, G y H), y las campañas de monitoreo realizadas, entre las que se incluyen las campañas de verano anteriores (fuente campañas).

Tabla 1. Valores promedio (\pm un error estándar) para cada descriptor del ensamble de especies estimado por sitio de estudio, en cada campaña realizada en verano. Se incluyen dos columnas que muestran el promedio acumulado para cada descriptor y su rango de variación definido por los percentiles 10 (P10) y 90 P(90). Las columnas corresponden al promedio acumulado para las estaciones de verano (M.A.E.) y para el total de campañas realizadas (M.A.G.), en la estimación de estas dos columnas no se incluyó la campaña reportada en este informe (Mayo 2017).

Sitio	2012	2016	2017	M. A. E.	M.A.G.
Riqueza					
A	1,0 \pm 0,0	2,0 \pm 0,0	1,8 \pm 0,3	1,5 (1,5; 1,5)	1,5 (1,1; 1,7)
B	1,8 \pm 0,3	2,8 \pm 0,3	0,8 \pm 0,3	2,3 (0,3; 2,5)	1,9 (0,3; 2,4)
C	2,8 \pm 0,3	2,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	2,4 (0,2; 2,5)	2,2 (0,3; 2,7)
D	2,5 \pm 0,3	2,3 \pm 0,3	1,8 \pm 0,3	2,4 (0,3; 3)	2,4 (0,3; 2,9)
E	2,3 \pm 0,5	2,3 \pm 0,3	2,0 \pm 0,4	2,3 (0,4; 3)	2,4 (0,3; 2,8)
F	2,3 \pm 0,3	2,3 \pm 0,5	2,0 \pm 0,4	2,3 (0,4; 3)	2,4 (0,3; 2,8)
G	2,0 \pm 0,4	2,0 \pm 0,0	2,0 \pm 0,0	2 (0,2; 2,5)	2,2 (0,3; 2,7)
H	1,5 \pm 0,3	1,5 \pm 0,3	2,3 \pm 0,3	1,5 (0,3; 2)	1,8 (0,3; 2,5)
Promedio	2,0 \pm 0,3	0,3 \pm 0,1	1,6 \pm 0,3	1,2 (0,2; 1,3)	1,9 (0,3; 1)
Abundancia					
A	7,5 \pm 2,5	53 \pm 13,5	5,5 \pm 1,6	30,3 (8; 49)	13,7 (4,4; 23,1)
B	40,3 \pm 8,6	58,5 \pm 29,1	2 \pm 1,1	49,4 (18,9; 96)	18 (5,5; 30,4)
C	46 \pm 11,2	39,8 \pm 4,5	0 \pm 0	42,9 (7,9; 61,5)	30,3 (8,8; 53,3)
D	90 \pm 14,9	91,5 \pm 20,4	18,5 \pm 8,2	90,8 (17,7; 132)	41,4 (9,8; 64,9)
E	64,5 \pm 5,5	56,3 \pm 9,2	53,8 \pm 18,5	60,4 (7,4; 79,5)	54,5 (9,2; 78,3)
F	51,8 \pm 11,8	124,5 \pm 10,9	42,5 \pm 21,1	88,2 (11,4; 110)	50 (7,8; 67,2)
G	77,5 \pm 10,8	58 \pm 20,7	49,3 \pm 10,2	67,8 (15,8; 110,5)	52,1 (11,5; 80,9)

H	3,5 ± 1,3	51,8 ± 24,9	34,8 ± 6,3	27,7 (13,1; 65)	50,8 (15,4; 85,9)
Promedio	47,6 ± 8,3	0,3 ± 0,1	25,8 ± 8,4	24 (4,2; 53,1)	32,1 (7,4; 30,4)
Diversidad					
A	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,2 (0; 0,2)	0,2 (0,1; 0,4)
B	0,1 ± 0,0	0,7 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,4 (0,1; 0,5)	0,5 (0,1; 0,7)
C	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,4 (0,1; 0,5)	0,4 (0,1; 0,7)
D	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0,3 (0,1; 0,3)	0,5 (0,1; 0,7)
E	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 (0,1; 0,4)	0,4 (0,1; 0,6)
F	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,2	0,2 (0,1; 0,4)	0,5 (0,1; 0,7)
G	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,1 (0,1; 0,2)	0,4 (0,1; 0,5)
H	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,3 (0,2; 0,6)	0,2 (0,2; 0,6)
Promedio	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 (0,1; 0,2)	0,4 (0,1; 0,3)
Uniformidad					
A	0,0 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,2 (0,1; 0,3)	0,5 (0,1; 0,6)
B	0,2 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,5 (0; 0,5)	0,7 (0; 0,8)
C	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,5 (0,1; 0,6)	0,6 (0,1; 0,8)
D	0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,3 (0,1; 0,4)	0,6 (0,1; 0,8)
E	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,3 (0,1; 0,4)	0,4 (0,1; 0,5)
F	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,4 ± 0,2	0,2 (0; 0,3)	0,5 (0,1; 0,6)
G	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,3 (0,1; 0,4)	0,5 (0,1; 0,5)
H	0,9 ± 0,0	0,7 ± 0,3	0,3 ± 0,0	0,8 (0,2; 0,9)	0,6 (0,1; 0,7)
Promedio	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,4 (0,1; 0,2)	0,6 (0,1; 0,3)
Dominancia					
A	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,1 (0; 0,1)	0,2 (0,1; 0,3)
B	0,1 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,3 (0,1; 0,3)	0,4 (0,1; 0,6)
C	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	, ± ,	0,2 (0; 0,3)	0,3 (0,1; 0,5)
D	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,1 (0; 0,2)	0,3 (0,1; 0,5)
E	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,2 (0,1; 0,3)	0,3 (0; 0,4)
F	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,1 (0,1; 0,2)	0,3 (0,1; 0,5)
G	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,1 (0; 0,1)	0,2 (0; 0,3)
H	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,3 (0,2; 0,6)	0,2 (0,1; 0,5)
Promedio	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 (0,1; 0,2)	0,3 (0,1; 0,2)

Tabla 2. Resultados análisis de varianza factorial para la riqueza de especies. Los datos fueron transformados a $\log(x+0.5)$ previo análisis con el objetivo de cumplir los supuestos de la prueba. Fuente campaña corresponde a las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017.

Fuente	Gl	Suma cuadrado	F	P
Sitio	2.0	2.00	17.00	0.00
Campañas	7.0	72.00	13.00	0.00
Campañas * Sitio	14.0	54.00	19.00	0.00
Error	72	0.00	0.00	

Tabla 3. Resultados análisis de varianza factorial para la abundancia promedio de individuos. Los datos fueron transformados a $\log(x+0.5)$ previo análisis con el objetivo de cumplir los supuestos de la prueba. Fuente campañas corresponde a las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017

Fuente	Gl	Suma cuadrado	F	P
Sitio	2.0	42.00	53.00	0.00
Campañas	7.0	29.00	0.00	0.00
Campañas * Sitio	14.0	9.00	10.00	0.00
Error	72	0.00	1.00	

Tabla 4. Resultados análisis de varianza factorial para los índices comunitarios de Uniformidad de especies, Diversidad de especies y Dominancia de especies. Los datos fueron transformados a $\log(x+0.5)$ previo análisis con el objetivo de cumplir los supuestos de la prueba. Fuente campañas corresponde a las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017.

	Fuente	Gl	Suma cuadrado	F	p
Uniformidad	Sitio	2.0	4.00	0.00	0.83
	Campañas	7.0	4.00	5.00	0.25
	Campañas * Sitio	14.0	3.00	0.00	0.00
	Error	72	0.00	0.00	
Diversidad	Sitio	2.0	5.00	0.00	0.18
	Campañas	7.0	5.00	5.00	0.90
	Campañas * Sitio	14.0	5.00	0.00	0.00
	Error	72	0.00	2.00	
Dominancia	Sitio	2.0	3.00	5.00	0.26
	Campañas	7.0	3.00	6.00	0.78
	Campañas * Sitio	14.0	1.00	1.00	0.00
	Error	72	0.00	1.00	

Tabla 5. Resultados análisis de varianza factorial para el contenido de materia orgánica de la arena en los diferentes sitios de estudio en las campañas de otoño 2015, 2016 y 2017.

Fuente	GI	Suma cuadrado	F	p
Sitio	7	0.00	6.85	0.00
Campañas	2	0.01	40.93	0.00
Campañas * Sitio	14	0.01	6.19	0.00
Error	48	0.00		

Tabla 6. Resultado para el análisis de regresión lineal entre A) la riqueza de especies y la pendiente de cada sitio y B) la riqueza de especies y el tamaño medio de partícula de arena de cada sitio.

	Modelo	Fuente	GI	Suma de cuadrados	F	P
A)	2015	Modelo	0.01	1	0.01	0.07
		Error	0.45	6	0.07	
	2016	Modelo	0.00	1	0.00	0.13
		Error	0.02	6	0.00	
	2017	Modelo	0.00	1	0.00	0.01
		Error	0.45	6	0.07	
B)	2015	Modelo	0.01	1	0.01	0.20
		Error	0.44	6	0.07	
	2016	Modelo	0.00	1	0.00	0.01
		Error	0.02	6	0.00	
	2017	Modelo	0.20	1	0.20	4.65
		Error	0.25	6	0.04	

8.2 CERTIFICADOS