



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS**

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN INFAUNAL Y DE LOS FACTORES
MORFOLÓGICOS DE PLAYAS ARENOSAS EN LA COMUNIDAD DE
AVES MARINAS DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO

Por

CAMILA ALEJANDRA ROJAS VARGAS

MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO MARINO

Profesor: RODRIGO RIERA ELENA

Concepción, Chile

2020

ACTA DE CERTIFICACIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Certifico que el presente trabajo de Memoria de Título se realizó bajo mi dirección y ha sido aprobado.

Profesor guía: Rodrigo Riera Elena

Declaro que el contenido de esta Memoria de Título no ha sido presentado total o parcialmente para optar a otro Título o Grado Académico.

Camila Alejandra Rojas Vargas

Nota del Examen de Título: ____

Fecha de aprobación del Examen de Título:

_____ de _____ de 201_

Ministro de Fe: _____

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi profesor guía, Rodrigo Riera, por brindarme su apoyo y su ayuda incondicional durante todo este proceso. Además de otorgarme material para el muestreo y su laboratorio para realizar el análisis de muestras. Se agradece a mis padres, abuelos y familiares por su gran apoyo, y a compañeros de convivencia. A los docentes de la Facultad de Ciencias y Edificio de Posgrado de la Universidad Católica de la Santísima Concepción que me facilitaron laboratorios y materiales para realizar el muestreo y análisis de datos.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	1
Aves marinas en Chile	1
Productividad marina.....	3
Distribución y hábitats de aves marinas costeras observadas en playas de la Región del Biobío	4
Hipótesis	7
Hipótesis General.....	7
Hipótesis Específicas	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos	8
Métodos	9
Área de muestreo	9
Diseño de muestreo	10
<i>Transectos en intermareal superior</i>	10
<i>Análisis de datos de muestras de infauna</i>	11
<i>Identificación de aves marinas costeras y variables ambientales</i>	12
Resultados.....	13
Materia orgánica y granulometría	13
Infauna	14
Aves marinas costeras	17
Estudio comparativo entre playas de muestreo	23
Discusión	27
Conclusiones.....	30
Referencias bibliográficas	32

RESUMEN

La Clase Aves es uno de los grupos de vertebrados con mayor riqueza específica en Chile. Su hábitat y su distribución son diversos y utilizan la plataforma continental como área de alimentación; la mayoría de las especies son depredadores de crustáceos y moluscos, y debido a las altas abundancias de estos recursos la riqueza y abundancia de aves es elevada. La diversidad de la comunidad de aves afecta positivamente a la estructura de los ecosistemas acuáticos. La presencia de factores morfológicos en el intermareal hace que la infauna (alimento principal de aves costeras) se vea afectada, por lo que las aves aprovechan esto y se distribuyen para alimentarse; con el beneficio de presentarse cuando hay marea baja. En las playas de la Región del Biobío se observó poca diversidad de especies de aves, y gracias a información externa, se hizo un muestreo para determinar la diversidad con respecto a su alimentación. Se puede inferir que las especies de aves marinas costeras observadas no presentan una relación entre ellas respecto a su alimentación, a excepción del *Numenius phaeopus* que su pico está adaptado para alimentarse de los individuos que se encuentran bajo el sedimento; a diferencia de otras especies de aves observadas que poseen un pico especial para individuos que están en la superficie. Los factores morfológicos de las playas (ancho del intermareal, longitud y parámetro de Dean), están relacionados con la riqueza y abundancia de aves marinas costeras lo que implica la cantidad de alimento disponible para ellas. En este proyecto fueron identificadas y censadas las especies de aves marinas costeras y se observaron tanto su riqueza como su abundancia, con el objetivo de determinar la importancia de cada variable considerada (infauna, ancho del intermareal, longitud y parámetro de Dean) sobre la composición de estas aves, con el propósito de conservar las especies de aves migratorias y residentes.

Palabras clave: Aves marinas, factores morfológicos, infauna, playas arenosas.

ABSTRACT

The Class Aves is one of the vertebrate groups with the highest specific richness in Chile. Their habitat and distribution are diverse, and they use the continental shelf as a feeding area; most of bird species are predators of crustaceans and mollusks and, due to the great quantity of these resources, the richness and abundance of birds is vast. The diversity of the bird community positively affects the structure of aquatic ecosystems. The presence of morphological factors in the intertidal zone makes the infauna (main food for shorebirds) affected, so that birds take advantage of this and distribute themselves to feed; with the benefit of showing up at low tide. On the beaches of the Biobío Region, a low diversity of bird species was observed, and with external information, a sample was made to determine the diversity regarding their feeding. Therefore, it can be inferred that the observed coastal seabird species have no relation with each other concerning food, with the exception of the *Numenius phaeopus* because its beak is adapted to feed on individuals that live under the sediment unlike other observed bird species which have a special beak for feeding on individuals which live on the surface. The morphological factors of the beaches (intertidal width, length and Dean parameter) are related to the richness and abundance of coastal seabirds, which implies the amount of food available for them. In this project, bird identification and censuses were conducted and the richness and abundance of coastal seabirds were observed in order to determine the importance of each considered variable (infauna, intertidal width, length and Dean parameter) on the composition of coastal seabirds, for the purpose of conserving migratory and resident bird species.

Key words: Seabirds, morphological factors, infauna, sandy beaches.

INTRODUCCIÓN

Aves marinas en Chile

La Clase Aves es uno de los grupos de vertebrados con mayor riqueza de especies en Chile (Victoriano et al., 2006), con el 29 % de especies registradas de un total de 462 especies (Victoriano et al., 2006). Entre ellas se encuentran especies residentes como *Larus dominicanus* (Gaviota Dominicana), *Puffinus creatopus* (Fardela Blanca) y *Podiceps occipitalis* (Blanquillo), y especies migratorias como *Numenius phaeopus hudsonicus* (Zarapito) y *Nycticorax nycticorax* (Huairavo). En Chile la cantidad de información referida a aves marinas es muy escasa en comparación con otros organismos marinos que habitan en el país, debido a que la abundancia de estas aves va variando a lo largo del día y del año, la obtención de datos mediante censos visuales requiere mucho tiempo, al igual que otros métodos, como por ejemplo los basados en capturas. Además del poco interés en investigación sobre la avifauna costera, como atestigüa el bajo número de trabajos realizados en este ámbito.

Mediante plataformas de búsqueda (Scielo, Web Of Sciences, plataforma virtual de la biblioteca de la Universidad Católica de la Santísima Concepción y la plataforma general Google Scholar) se obtuvieron documentos científicos (artículos, informes, tesis y seminarios) desde 1980 hasta 2019 que tratarán sobre la abundancia y/o alimentación de aves marinas de Chile. Hay poca información de aves residentes y migratorias (Fig. 1a). Sin embargo, en los últimos años hay un aumento en la cantidad de documentos referidos a la abundancia y/o alimentación de las aves marinas que habitan en Chile. Entre éstos se escogieron artículos que trataron sobre la dieta del Churrete costero (*Cinclodes nigrofumosus*) (Sabat & Soto-Gamboa, 2003) y de la Gaviota Dominicana (*Larus Dominicanus*) en playas libres de perturbaciones humanas (Bahamondes & Castilla, 1986), y documentos con fines de conservación mediante censo como la anidación del Cormorán de patas rojas (*Phalacrocorax gaimardi*) (Frere et al., 2004) y la pesca incidental de aves marinas (Suazo et al., 2013).

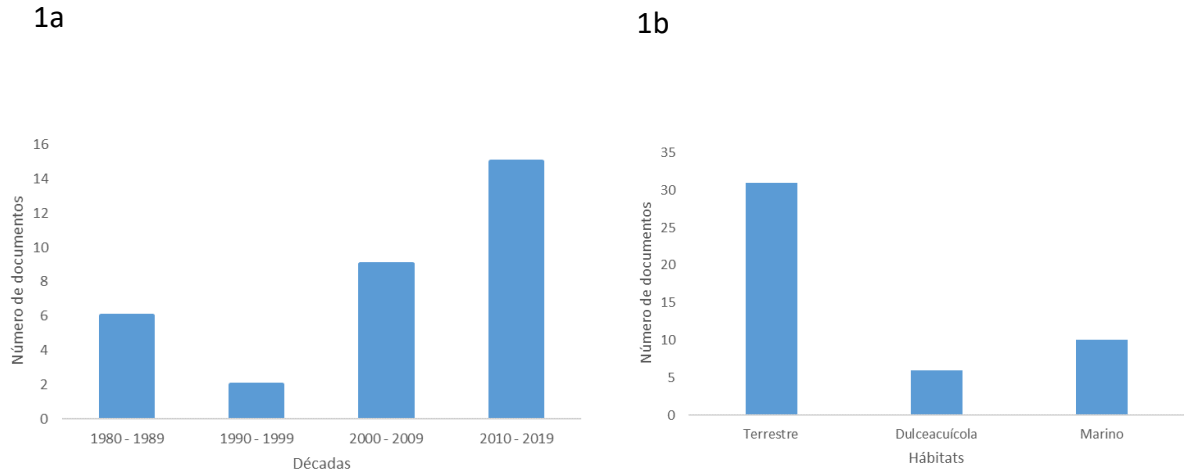


FIGURA 1:

Información científica publicada sobre aves de Chile desde 1980 hasta 2019. a. Número de documentos con información sobre abundancia y/o alimentación de aves marinas. b. Número de documentos con información de aves de distintos hábitats (terrestre, dulceacuicola y marino).

También se realizó una búsqueda de información de aves enfocada en sus diferentes hábitats (tierra, ríos, humedales, lagos, lagunas y mar), y se observó que la mayor información de aves en Chile corresponde a hábitats terrestres (bosques y praderas), seguidos por trabajos realizados en ambientes dulceacuícolas (ríos, lagos, lagunas, etc.), por último, aquellos relacionados sobre ambientes marinos. Considerando que algunas especies de aves están en constante movimiento, por lo que se les puede observar en distintos ambientes. Y las cuales se identificaron por donde se encuentran mayoritariamente y por su costumbre alimenticia (Fig. 1b).

Características y hábitat de la comunidad de aves marinas

Las aves son importantes en la estructuración de los ecosistemas acuáticos, incluso pueden ser consideradas bioindicadores (indicadores biológicos) para la detección de contaminantes en estos sistemas (Victoriano *et al.*, 2006). Los factores involucrados, como ambientales y su alimentación, hacen que los comportamientos de las aves sean un patrón adecuado para la

formación de nidos, facilitando su reproducción y permitiendo mayor disponibilidad de alimento durante los períodos más importantes del desarrollo de su vida (Hunt & Schneider, 1987), al igual que su hábitat. La mayoría de las aves marinas presentan una distribución variada y dispersa, ya sean especies migratorias o residentes, alimentándose en el intermareal (Del Hoyo *et al.*, 1992). Las especies de aves costeras son depredadores de crustáceos y moluscos (Wilson *et al.*, 1995), y al haber alta presencia de estos recursos el número de individuos se incrementa (Beltzer, 1989).

Productividad marina

En la Tierra ocurre una fuerza de atracción gravitacional por medio de la luna y el sol, lo que produce los niveles del mar (mareas) (Knauss & Garfield, 2016). Se consideran dos tipos de mareas: vivas o sicigia cuando la luna (nueva o llena) y la Tierra están alineadas con el sol, y muertas o de cuadratura cuando la fuerza gravitacional de la luna (creciente o menguante) y el sol se contrarrestan. La amplitud del intermareal depende del nivel que alcanza el mar (Pugh, 1987). Por lo tanto, el espacio que se encuentra en el intermareal superior, lugar que ocupan las aves marinas, depende del nivel del mar. Además de la atracción gravitacional, el nivel del mar se ve afectado por el viento, la presión atmosférica, las corrientes marinas y por la pendiente de la playa (Pugh, 1987). Una de las importancias de estas corrientes es la elevación de los productos de las costas, debido a la acumulación de nutrientes (Isla *et al.*, 2001). Las corrientes marinas que atraviesan las costas chilenas se denominan corriente Oceánica Chilena-Peruana y Rama Oceánica de la corriente Humboldt (Sievers & Silva, 1975).

El intermareal ofrece un amplio espacio que es utilizado por un gran número de aves marinas como área de reproducción, alimentación y descanso. También ofrece puntos para el asentamiento, tránsito y descanso para aves migratorias (Silva *et al.*, 2005). Las variables ambientales cambian constantemente, afectando la composición de las comunidades, las características del sedimento, la disponibilidad de alimento para aves marinas, entre otras (González, 2002). Según Jaramillo y colaboradores (1998), la infauna se encuentra correlacionada con los factores morfológicos del intermareal, y con el tamaño de las partículas de sedimento, por lo que si su ambiente se modifica puede afectar la composición de especies (Orth *et al.*, 1984).

Cuando el sustrato del intermareal se encuentra húmedo afectan a la biota que habita, ya que se dispone de una mayor cantidad de recursos, lo que permite delimitar esta zona como muy importante para la alimentación de las aves residentes y migratorias (Carmona-Islas *et al.*, 2013).

Conocer la función morfodinámica de las costas facilita la conservación de las especies y el equilibrio ecológico, ya que es un indicador para que las especies de aves marinas costeras se desarrollen conforme a su forma de vida. Estos estudios relacionan la pendiente y el tamaño del grano de arena en función del Parámetro de Dean, clasificando las playas de tipo: reflectivas ($\Omega < 2$), disipativas ($\Omega > 6$) o intermedias ($2 < \Omega < 6$) (Cuevas-Jiménez & Euán-Ávila, 2009).

Muchas aves marinas están amenazadas (Boersma *et al.*, 2002) por alteraciones en su hábitat, producto de por ejemplo de alteraciones provocadas por la actividad humana (desechos, residuos pesqueros, pesca incidental) (Rottmann & López-Callejas, 1992). Y por esta razón se hace necesaria la protección de estas especies y la conservación del ambiente marino. Una propuesta para protegerlo es crear una ZEPA (Zona de Especial Protección Para Aves), figura de protección que no existe en la actualidad en Chile. Una ZEPA es una figura existente en la Unión Europea que alberga poblaciones de aves en territorios que hacen necesaria su conservación y adecuada gestión, y se trata de una figura legislativa que es implementada a nivel regional en cada país (Sociedad Española de Ornitología Birdlife, 2019).

En el presente estudio, se realizaron salidas preliminares prospectivas a terreno en playas de la Región del Biobío con el objetivo principal de evaluar la relación de variables descriptoras de estos sistemas (comunidad de infauna, ancho del intermareal, longitud de la playa y parámetro de Dean) y la composición comunitaria de aves marinas costeras. Se espera poder generar información que permita aportar a la conservación de especies de aves migratorias y residentes presentes en la zona.

Distribución y hábitats de aves marinas costeras observadas en playas de la Región del Biobío

Las especies de aves marinas costeras que se observaron en las playas de muestreo fueron las especies de Pilpilén (*Haematopus palliatus*), Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus*), Gaviota Cahuil (*Chroicocephalus maculipennis*) y Zarapito común (*Numenius phaeopus*). Se

observó que cada especie se comporta de forma diferente dependiendo de su adaptación a los factores ambientales costeros.

La especie de Pilpilén común, *Haematopus palliatus*, es una especie que se distribuye por el borde costero abarcando de América del Norte y del Sur. En nuestro país se puede encontrar desde Arica hasta Chiloé (Hockey & Kirwan, 2018). Aunque a veces se ha visto en el Estrecho de Magallanes (Venegas & Jory, 1979). El Pilpilén común es un ave estrictamente costera y se encuentra asociado a las playas de arena y estuarios fangosos, y también ocasionalmente en las zonas altas de arena seca (Jaramillo, 2005). Su alimento se compone de moluscos principalmente que extrae de la superficie y rocas de la costa (Goodall et al., 1951).

Su nidificación generalmente se lleva a cabo en las dunas a pocos metros de la playa, siendo una característica del nido una simple cavidad en el suelo, donde los huevos se confunden con el sedimento (Goodall et al., 1951). Esta ave universalmente no presenta riesgo de extinción, pero sí de vulnerabilidad por el riesgo al que están expuestos sus nidos y es difícil de detectarlos por estar mimetizados (BirdLife Internacional, 2018).

La distribución de la Gaviota Cáhuil, *Chroicocephalus maculipennis*, se observa desde la zona Centro-Norte de Chile hasta Tierra del Fuego, además de la vertiente oriental de los Andes hasta el sur de Brasil (Burger et al., 2018). Y en Chile desde la provincia de Tarapacá hasta Tierra del Fuego (Hellmayr, 1932), destacando que la especie se traslada hacia Arica durante el invierno. Esta ave prefiere costas marinas y humedales interiores, como también sitios arados donde se alimenta (Goodall et al., 1951); pero, solo hace sus nidos en el borde de humedales vegetativos, donde en general forma colonias en los meses de noviembre y diciembre, épocas de primavera-verano.

Los adultos se alimentan de crustáceos y molusco, sin embargo, cuando sus pichones están en época de maduración se alimentan principalmente con peces (Murphy, 1936). También se puede alimentar compitiendo con otras especies como forma de hurto de comida, como, por ejemplo, al pilpilén común (García et al., 2012). Esta ave no se encuentra amenazada por la intervención humana, por lo que se clasifica a nivel global como de preocupación menor (BirdLife International, 2018).

La Gaviota Dominicana, *Larus dominicanus*, se distribuye por todo el hemisferio Sur a nivel mundial, incluyendo Sudamérica desde Ecuador a Brasil (eBird, 2018). Esta especie

prefiere las zonas costeras, pero también ingresa a tierra adentro, siguiendo el curso de ríos, llegando incluso a lagos, praderas y zonas urbanas (Housse, 1945). Es importante para la nidación algunas condiciones locales, como la dirección de los vientos, cobertura vegetal y las pendientes geográficas. El hecho de que sus nidos se ubiquen cerca de unos asentamientos humanos les permite proveerse de algún tipo de alimentación, extraída especialmente de basurales y a la vez este acercamiento a la población humana le permite la protección de otros depredadores (Burger et al., 2018). Su alimentación presenta una gran variedad dependiendo de la disponibilidad y necesidad de los recursos que encuentra. Pueden ser peces, moluscos, equinodermos, anélidos, reptiles, anfibios, otras aves y sus huevos, hasta mamíferos (Housse, 1945). Esta especie de gaviota es la más común en Chile y que se adapta a variados ambientes climáticos.

El Zarapito común, *Numenius phaeopus*, su distribución es desde Alaska al Norte de Canadá hasta Chile por el Pacífico y Argentina por el Atlántico. En Chile se ubica desde Arica hasta Tierra del Fuego en épocas estival, disminuyendo su población notoriamente en épocas de invierno (Aves de Chile, 2019). Su hábitat es en la zona costera especialmente en las desembocaduras de los ríos; en muy raras ocasiones se le ven en zonas interiores (Aves de Chile, 2019).

Este Zarapito prefiere los lugares intermareales marinos constituidos por roqueríos o arenas. En Chile no hay presencia de nidos, ya que esta ave nidifica en Norteamérica. Inmigra a Chile durante el invierno, pero algunos se quedan en nuestro país durante la época estival (Jaramillo, 2005), viéndose una alta abundancia en el intermareal húmedo donde llega el oleaje buscando su alimento. Esta ave está clasificada como “menor riesgo” (Aves de Chile, 2019), es decir no está en peligro de extinción.

HIPÓTESIS

Hipótesis General

La composición de la comunidad de aves marinas costeras está determinada por la composición de la infauna y los factores morfológicos de las playas arenosas.

Hipótesis Específicas

1. La composición de la infauna en las playas arenosas marinas es un factor determinante para la composición de aves marinas costeras.
2. Factores morfológicos de las playas de arena a pequeña escala (ancho del intermareal, longitud de playa y grado de exposición al oleaje) juegan un papel importante para explicar la abundancia y riqueza de especies de aves marinas costeras.
3. La interacción entre las especies que componen la comunidad de aves marinas costeras influye en su abundancia y riqueza.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la importancia de variables ecológicas y morfológicas de playas de arenas (composición infaunal, ancho del intermareal, longitud y parámetro de Dean), a pequeña escala, sobre la composición de aves marinas costeras de la Región del Biobío.

Objetivos Específicos

- O1: Censar las especies de aves que se encuentran en las playas de muestreo (Pingueral, Dichato, Bellavista, Lirquén, Penco, Caleta Lengua, Lota, Colcura y Arauco).
- O2: Identificar las principales especies infaunales que habitan en las playas arenosas de estudio.
- O3: Caracterizar los estados morfológicos de las playas de estudio a partir del estudio del sedimento y parámetro de Dean.
- O4: Correlacionar los factores morfológicos y la composición infaunal con la comunidad de aves costeras en las playas de estudio de la Región del Biobío.

MÉTODOS

Área de muestreo

Se seleccionaron playas arenosas de la Región del Biobío (Tabla 1), de acuerdo a 3 zonas definidas: A (Norte), B (Centro), C (Sur) (Fig. 2). En cada zona se escogieron 3 playas de muestreo por la facilidad de acceso y mayor disponibilidad de transporte público. Las playas se muestrearon en épocas de primavera y verano, durante las mañanas, y durante días con marea baja. Aproximadamente, el muestreo de todas las playas duró 2 meses (noviembre y diciembre).

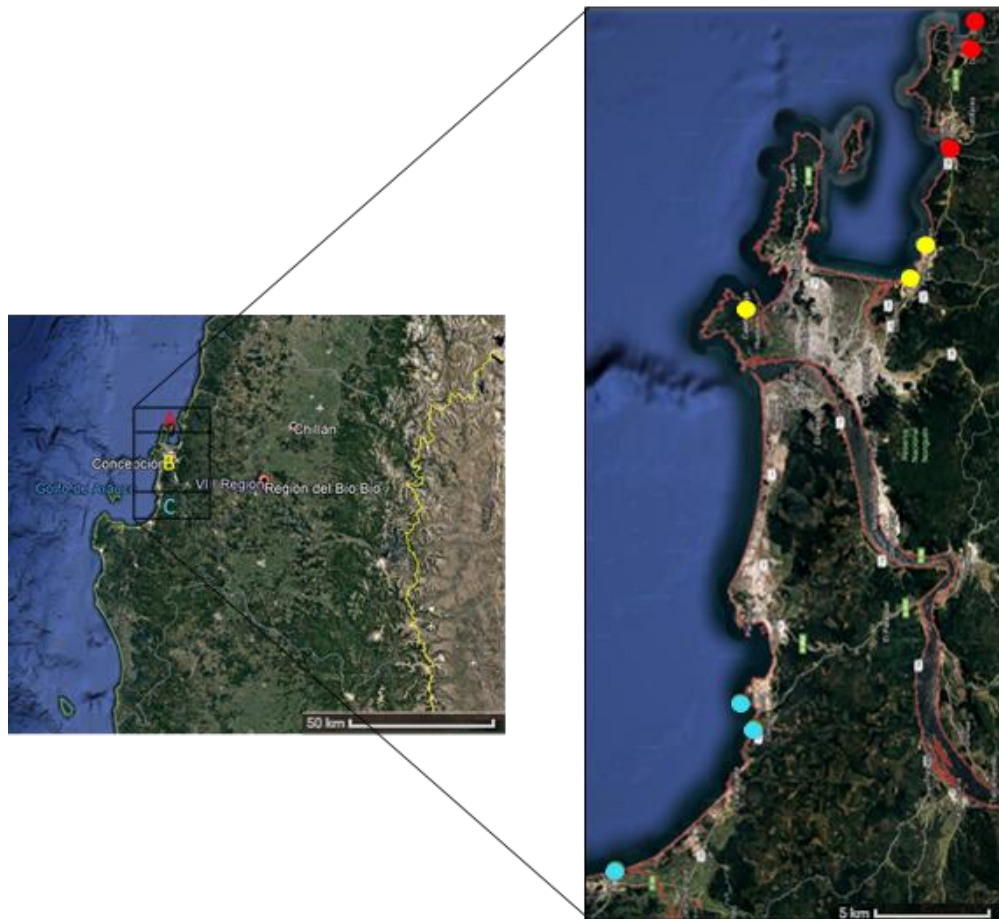


FIGURA 2:

Zonas de muestreo en la Región del Biobío. Los casilleros indican las zonas que se escogieron para el muestreo (A: Zona Norte (rojo), B: Zona Centro (amarillo), C: Zona Sur (celeste)).

Cada punto indica las playas que se muestrearon (rojos: Pingueral, Dichato y Bellavista; amarillos: Lirquén, Penco y Caleta Lengua; Celeste: Lota, Colcura y Arauco).

Fuente: Google Earth

TABLA 1

Playas de muestreo con sus respectivas zonas, comunas, coordenadas y sus medidas de longitud y ancho.

Zonas	Comuna	Playas	Coordenadas	Longitud de la playa (m)	Ancho del intermareal en subzona centro (m)	Ancho del intermareal en subzona lateral (m)
Zona Norte	Tomé	Playa Pingueral	36°31'43,7"S 72°56'02,0"O	512,6 m	33 m	32,8 m
	Tomé	Playa Dichato	36°32'47,6"S 72°56'15,7"O	1400 m	33,1 m	32,5 m
	Tomé	Playa Bellavista	36°38'01,0"S 72°57'25,9"O	967 m	33,3 m	32,3 m
Zona Centro	Penco	Playa Lirquén	36°42'38,0"S 72°58'40,5"O	475,3 m	31,2 m	30,5 m
	Penco	Playa de Penco	36°44'11,2"S 72°59'52,6"O	1400 m	33 m	32, 1 m
	Hualpén	Caleta Lengua	36°45'58,6"S 73°09'46,5"O	2000 m	33,3 m	32, 3 m
Zona Sur	Lota	Playa de Lota	37°04'11,7"S 73°08'52,0"O	1800 m	32,6 m	31,3 m
	Lota	Playa Colcura	37°06'49,9"S 73°09'08,2"O	1200 m	33,8 m	32,6 m
	Arauco	Playa Arauco	37°14'15,4"S 73°19'25,4"O	11600 m	33,3 m	32,1 m

Diseño de muestreo

Transectos en intermareal superior

De cada zona (Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur) se escogieron 2 sectores a las que se llamaron subzonas (subzona Lateral y subzona Centro); la subzona Lateral que se muestreó fue el lado donde se presentaban estuarios de agua dulce para la comparación de especies marinas

y dulceacuícolas. Para el censo de aves marinas costeras, cada subzona se dividió en 2 áreas (“A” y “B”) con 3 transectos cada uno de 30 metros con una separación de 10 metros, completando un total de 20 metros de distancia de separación para no presentar errores al momento de censarlas, es decir, no contabilizar el mismo individuo en diferentes transectos (Fig. 3).

La medición de la longitud de las playas y el ancho del intermareal en ambas subzonas del intermareal (lateral y centro), se utilizó la aplicación de Play Store “Medición de áreas y distancias”, las cuales se obtuvieron en metros (Tabla 1).

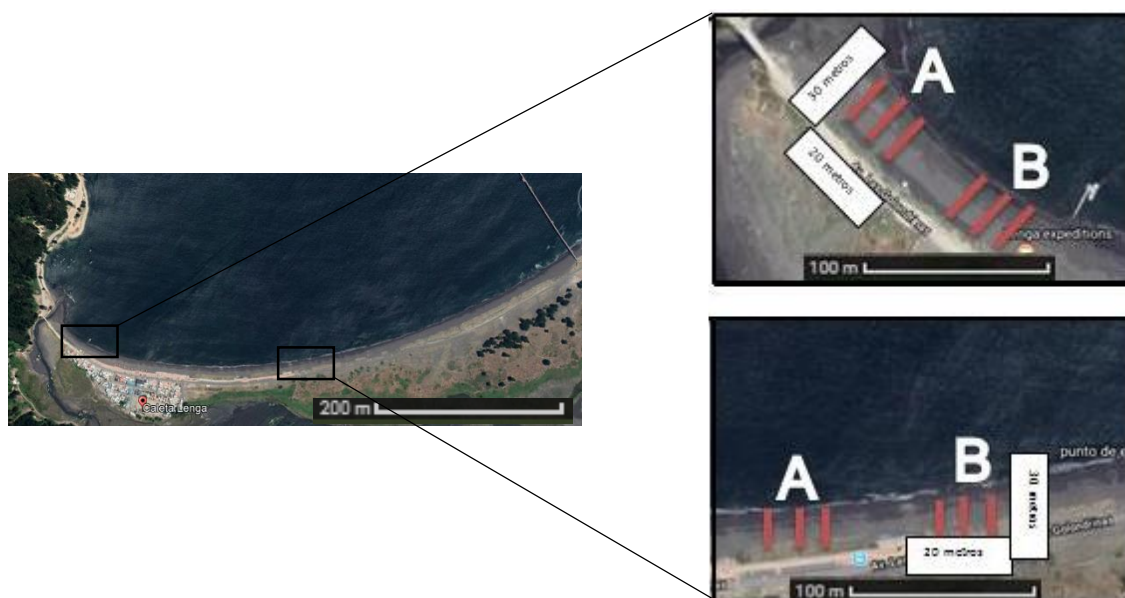


FIGURA 3:

Diseño de muestreo que se realizaron en todas las playas seleccionadas, considerando a Caleta Lenga como un ejemplo.

Obtención de datos y análisis estadísticos

Análisis de datos de muestras de infauna

Para caracterizar la composición de la infauna de las playas de arena, en cada subzona (Centro y Lateral) se recolectaron 2 muestras de sedimento, a unos 20 cm de separación en el

intermareal medio, con una pala. Las muestras de sedimento se tamizaron a través de una malla de 1 mm con agua de mar, y las muestras se fijaron en una solución de 70% de alcohol para su identificación bajo una lupa binocular.

Luego de 48 horas se analizaron las muestras en laboratorio donde se tamizaron nuevamente con agua dulce en un tamiz de 0,5 mm para sacar el resto de arena y retirar el alcohol. Las muestras ya tamizadas se colocaron en una bandeja, fueron revisadas y cada individuo encontrado se almacenó en un bote plástico con alcohol.

Identificación de aves marinas costeras y variables ambientales

Se evaluó la riqueza de especies de aves marinas costeras y abundancia (N° de individuos/transecto) utilizando la guía de Aves de Chile (Jaramillo, 2005) para su identificación. Para la identificación de estos se utilizó el uso de binoculares y en cada transecto se contabilizaban estas. Los tiempos son acotados entre un transecto y otro, ya que las aves tienen movimientos muy rápidos, no se detienen en intervalos largos.

Las observaciones se realizaron durante mareas bajas, reportadas en la página Web oficial de la Armada de Chile (<https://www.shoa.cl/php/mareas.php>). Además, se calculó el Parámetro de Dean (Short & Wright, 1983): $\Omega = H/wT$, donde H es la altura de ola que se obtuvieron por boyas oceanográficas (CDOM), T es el período de onda asociado calculado por los segundos en la rompiente de la ola y w es la velocidad de sedimentación obtenido por los datos del peso de materia orgánica.

Para la determinación de materia orgánica (método de pérdida de peso por ignición) se colocó 20 gramos de sedimento en un crisol donde se secó previamente en una estufa a 105°C, para luego pesarla en una balanza. Posteriormente, se introdujo en una mufla durante 8 horas de secado, y después se pesó nuevamente en una balanza para identificar la diferencia de peso.

Se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nm-MDS) para visualizar las similitudes en la estructura de la comunidad de aves marinas de las playas de arena. Para conocer la influencia de los factores morfológicos de las playas en la comunidad de aves marinas se realizó un análisis de redundancia (RDA) basado en la distancia, el cual se complementó con un análisis de regresión multivariado múltiple (DISTLM, Anderson 2006).

RESULTADOS

Materia orgánica y granulometría

Al recorrer las playas para la recolección de muestras de sedimento se comenzó con la playa de Pingueral, que se encuentra en la Zona Norte de la Región del Biobío y luego se recorrieron diferentes playas hasta la Zona Sur terminando en la playa de Arauco.

Los parámetros físicos descriptivos difirieron entre las playas muestreadas. El porcentaje de materia orgánica varió entre 16% y 5%, disminuyendo de la Zona Norte a Sur. En Pingueral y Dichato fue de 15-16%, en Bellavista de 13-14%, en Lirquén y Penco de 10-12%, en Lenga, Lota y Colcura de 6-8%, y en Arauco en un rango de 5-6%.

En cuanto a al Parámetro de Dean se constata que las playas muestreadas son de tipo intermedias, es decir, que presentan arenas de tipo intermedias ($2 < \Omega > 6$), entre gruesas (reflectiva: < 2) y finas (disipativas: > 6). En las playas de la Zona Norte (Pingueral, Dichato, Bellavista) hasta la Zona Centro (Lirquén y Penco) se obtuvieron resultados fluctuantes entre 5 y 6, sin embargo, en Caleta Lenga se registró un valor de 2,3. No obstante, en la Zona Sur (Lota y Colcura) oscilaron entre un rango de 3 a 4 (Tabla 2).

TABLA 2

Resultados de materia orgánica (g) y Parámetro de Dean (Ω) de cada playa de muestreo con sus respectivas subzonas Lateral (L) y Centro (C).

Playas	Pingueral		Dichato		Bellavista		Lirquén		Penco		Lenga		Lota		Colcura		Arauco	
Sub-zona	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C
MO	15,8	15,6	15,6	15,0	13,2	13,6	11,1	11,5	10,3	10,1	7,9	6,8	6,9	6,2	6,8	6,5	5,6	5,1
P. de Dean	5,6	5,6	5,3	5,3	5,8	5,8	5,8	5,8	5,2	5,2	2,3	2,3	3,5	3,5	4,3	4,3	4	4

Infauna

La evaluación de la composición de la infauna mostró que en las playas de Zona Norte (Pingueral, Dichato y Bellavista) presentan mayor riqueza de especies, destacando en la playa de Dichato con la mayor riqueza con 4 especies (el isópodo *Excirolana hirsuticauda*, el decapodo *Emerita analoga*, el poliqueto *Nephtys impressa* y el anfípodo *Heterophoxus oculatus*). En las playas de Pingueral y Bellavista se observaron 3 especies, en la primera fueron el decápodo *Emerita analoga*, el poliqueto *Nephtys impressa* y el anfípodo *Heterophoxus oculatus* y en la segunda se detectaron el isópodo *Excirolana hirsuticauda*, el decápodo *Emerita analoga* y el anfípodo *Heterophoxus oculatus*.

En las playas de la Zona Centro (Lirquén, Penco y Lenga) se obtuvo una riqueza inferior de infauna como se observó en Lirquén y Lenga con sólo 2 especies observadas; con la excepción de Penco que mostró igual riqueza que Dichato con 4 especies. Se debe notar que en la playa de Penco se presentaron larvas de Dípteros (considerándola como una quinta especie dentro de las especies encontradas en las playas de muestreo).

En la Zona Sur en las playas de Lota y Colcura, y similar a lo observado en Lirquén y Lenga, se registraron 2 especies: el isópodo *Excirolana hirsuticauda* y el decápodo *Emerita analoga*. Esto difiere de Arauco que posee 3 especies (isópodo *Excirolana hirsuticauda*, decápodo *Emerita analoga* y poliqueto *Nephtys impressa*) (Fig. 4).

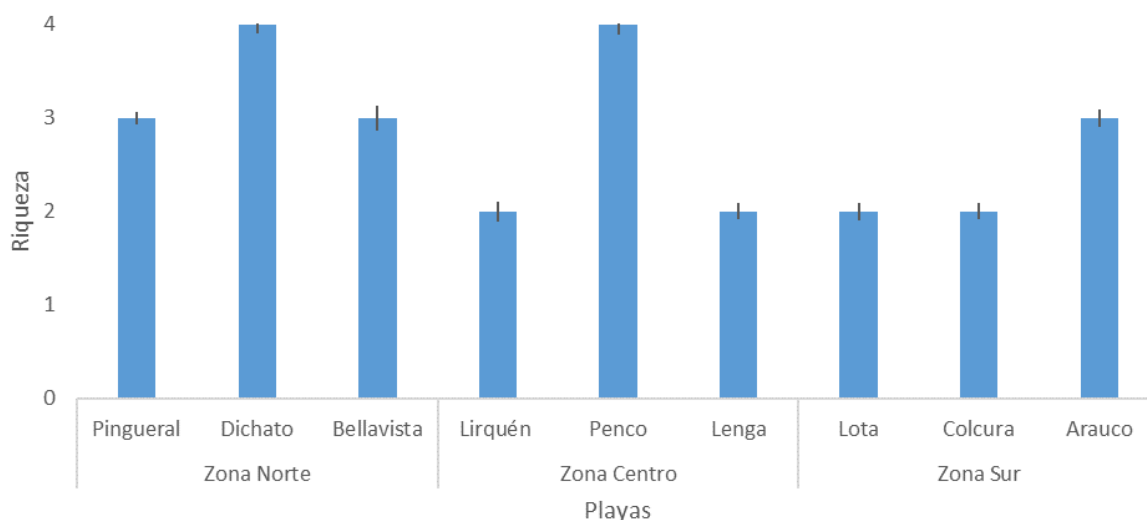


FIGURA 4:

Riqueza de especies de infauna en playas de muestreo: Zona Norte (Pingueral, Dichato y Bellavista); Zona Centro (Lirquén, Penco y Lenga); Zona Sur (Lota, Colcura y Arauco). Las líneas sobre las barras corresponden ± 1 error estándar.

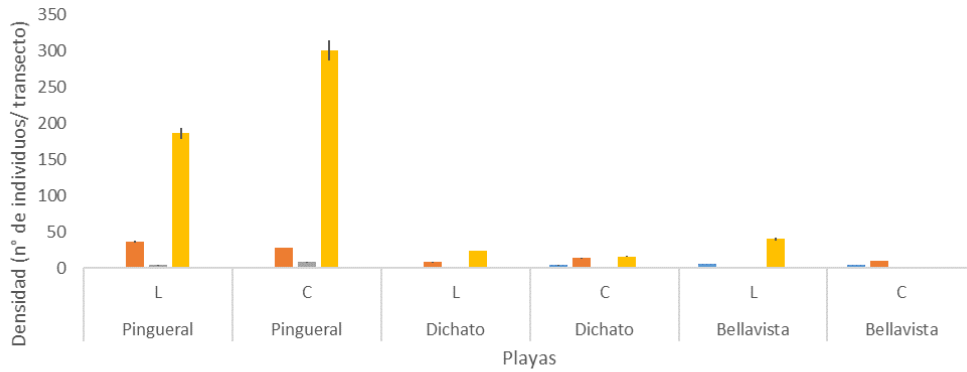
El isópodo *Excirolana hirsuticauda* se encuentra presente en mayor densidad en las playas de Lenga (244 y 218 individuos/transecto), Lota (114 y 128 individuos/transecto) y Colcura (54 y 12 individuos/transecto), siendo en la subzona Lateral y centro de Lenga donde se encuentra en mayor abundancia de individuos (244 y 218 individuos/transecto). En contraste, la densidad fue mucho menor en el intermareal alto de Dichato subzona Centro (4 individuos/transecto), Bellavista subzona Centro (4 individuos/transecto), Lirquén subzona Centro (2 individuos/transecto), Colcura subzona Centro (12 individuos/transecto) y Arauco en ambas subzonas (4 individuos/transecto).

Las densidades más altas del decápodo *Emerita analoga* se encontraron en la subzona Centro en Caleta Lenga (196 individuos/transecto), seguido por playa Lirquén en la subzona Centro (82 individuos/transecto) y Caleta Lenga en subzona Lateral (68 individuos/transecto), en orden decreciente. Según las muestras recopiladas en las distintas zonas muestreadas, el decápodo *Emerita analoga* se encuentra presente en todas las playas mostrando solo variaciones en densidad. El poliqueto *Nephtys impressa* mostró una baja densidad en las playas de Pingueral, Dichato y Penco, mientras que en el resto de los sectores muestreados la presencia fue nula. En Pingueral se observó una mayor densidad de esta especie en la subzona Centro (8 individuos/transecto), mientras que, en las dos playas restantes, Dichato en subzona Lateral (2 individuos/transecto) y Penco en subzona Centro (2 individuos/transecto) las densidades fueron muy bajas.

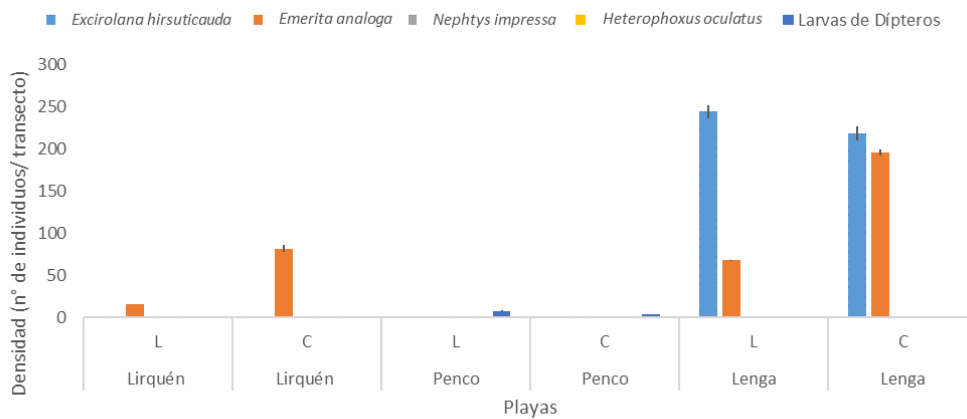
El anfípodo *Heterophoxus oculatus* se registró sólo en la Zona Norte, con mayor densidad en la playa Pingueral subzona Centro (300 individuos/transecto), seguido a continuación por la subzona Lateral de esta misma playa (186 individuos/transecto), mientras que en las dos subzonas de Dichato su presencia es mucho menor (24 y 16 individuos/transecto). En la playa de Bellavista también encontramos a esta especie en la subzona Lateral (40 individuos/transecto).

Las larvas de Dípteros mostraron presencia sólo en la subzona Lateral de la playa de Penco en muy baja densidad (8 individuos/transecto) y en subzona Centro (4 individuos/transecto) (Fig. 5a; Fig. 5b; Fig. 5c).

5a)



5b)



5c)

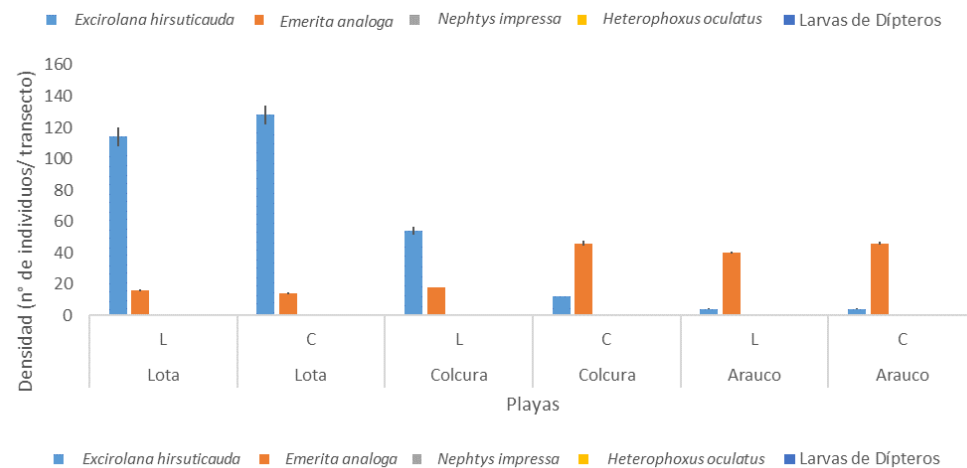


FIGURA 5:

Densidad (N° de individuos/ transecto) de infauna observada en playas de muestreo en 2 subzonas: lateral y centro de cada Zona. a. Zona Norte (Pingueral, Dichato y Bellavista). b.

Zona Centro (Lirquén, Penco y Lenga). c. Zona Sur (Lota, Colcura y Arauco). Las líneas sobre las barras corresponden ± 1 error estándar.

Las especies que dominaron en las playas de muestreo fueron el isópodo *Excirolana hirsuticauda*, decápodo *Emerita analoga*, anfípodo *Heterophoxus oculatus* y las larvas de Dípteros. La abundancia de *Excirolana hirsuticauda* fue mayor cantidad en la playa de Lenga en subzona Centro ($97,5\% \pm 0,7$ ee), Lota en subzona Lateral ($59,5\% \pm 3,5$ ee) y Colcura en subzona Lateral ($14,5\% \pm 14,8$ ee). La especie decápodo *Emerita analoga* dominó en las playas de Pingueral en ambas subzonas ($0,3\% \pm 0,8$ ee), Bellavista en subzona Lateral ($2,5\% \pm 3,5$ ee), Lirquén en subzona Centro ($1,5\% \pm 0,7$ ee) y Arauco en subzona Lateral ($14,5\% \pm 0,7$ ee). En playa Dichato en subzona Lateral predomina la especie anfípodo *Heterophoxus oculatus* con $6\% \pm 0$ ee; mientras que en la playa de Penco lidera las larvas de Dípteros con $3\% \pm 1,41$ ee (Tabla 3).

Aves marinas costeras

La mayor riqueza de especies se encontró en las playas de Dichato, Bellavista, Lirquén, Penco, Colcura y Arauco con una riqueza de 4 especies (Pilpilén (*Haematopus palliatus*), Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus*), Gaviota Cahuil (*Chroicocephalus maculipennis*) y Zarapito común (*Numenius phaeopus*)). En las playas de Pingueral y Lenga se observaron 3 especies: en Pingueral se encontró al Pilpilén (*Haematopus palliatus*), Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus*), Gaviota Cahuil (*Chroicocephalus maculipennis*), y en Lenga se encontraron las siguientes especies: Pilpilén (*Haematopus palliatus*), Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus*) y Zarapito común (*Numenius phaeopus*), respectivamente.

En la playa de Lota se observó la presencia de las especies Pilpilén (*Haematopus palliatus*) y Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus*) (Fig. 6).

TABLA 3

Valores medios (\pm error estándar) de la abundancia de infauna en cada playa de muestreo con sus respectivas subzonas Lateral (L) y Centro (C).

	Pingueral		Dichato		Bellavista		Lirquén		Penco		Lenga		Lota		Colcura		Arauco		
	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	
<i>E. hirsutaicauda</i>	0	0	1 \pm 1,4	0	2 \pm 1,4	0,5 \pm 0,5	0,5 \pm 0,7	0	0	0	18 \pm 8,4	97,5 \pm 0,7	59,5 \pm 3,5	1 \pm 0,7	14,5 \pm 14,8	2 \pm 0	0	2 \pm 0	
<i>E. analoga</i>	0,3 \pm 0,8	0,3 \pm 0,8	4,5 \pm 2,1	1 \pm 0	2,5 \pm 3,5	0	0	1,5 \pm 0,7	0,5 \pm 0,7	0	43,5 \pm 31,8	22,5 \pm 0,7	4 \pm 4,2	3,5 \pm 3,5	12,5 \pm 10,6	3,5 \pm 0,7	14,5 \pm 0,7	7 \pm 1,41	
<i>N. impressa</i>	0,3 \pm 0,5	0,1 \pm 0,4	0,5 \pm 0,7	0	0	0	0	0	0	0,5 \pm 0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5 \pm 2,1
<i>H. oculatus</i>	0,1 \pm 0,4	0,1 \pm 0,4	6 \pm 0	4 \pm 2,8	0	0,1 \pm 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larvas de D.	0	0	0	0	0	0	0	0	3 \pm 1,41	0,1 \pm 0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	

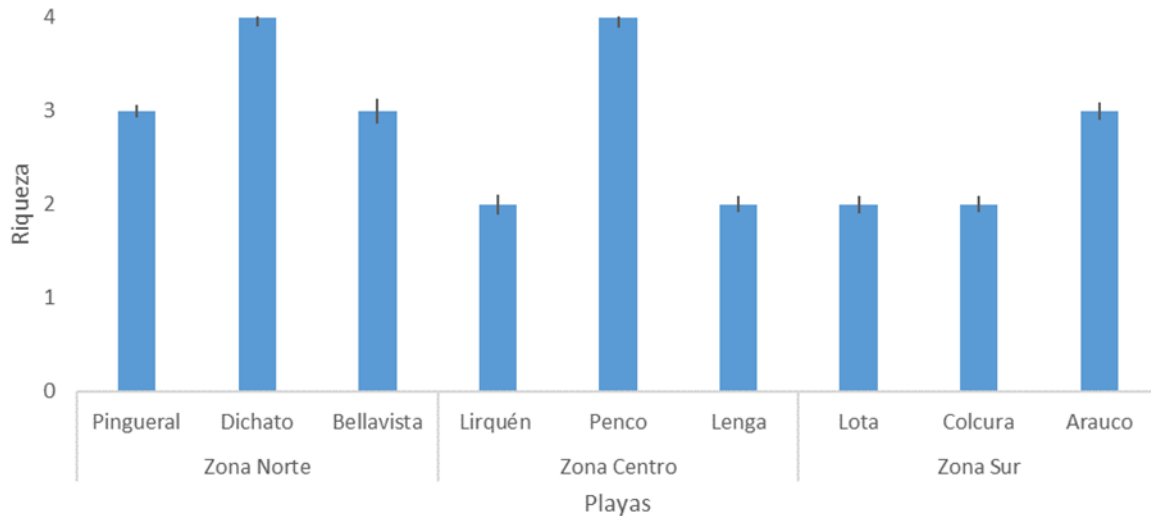


FIGURA 6:

Riqueza de especies de aves marinas costeras en las playas de muestreo: Zona Norte (Pingueral, Dichato y Bellavista); Zona Centro (Lirquén, Penco y Lenga); Zona Sur (Lota, Colcura y Arauco). Las líneas sobre las barras corresponden ± 1 error estándar.

Por orden de abundancia se observó la presencia de la especie Pilpilén *Haematopus palliatus* en todas las playas exceptuando la playa de Pingueral, mostrando mayor densidad en la playa Lirquén subzona Centro (0,6 individuos/transecto), siguiendo su presencia, la densidad en las subzonas laterales de Dichato (0,5 individuos/transecto), Penco (0,5 individuos/transecto), Colcura (0,5 individuos/transecto).

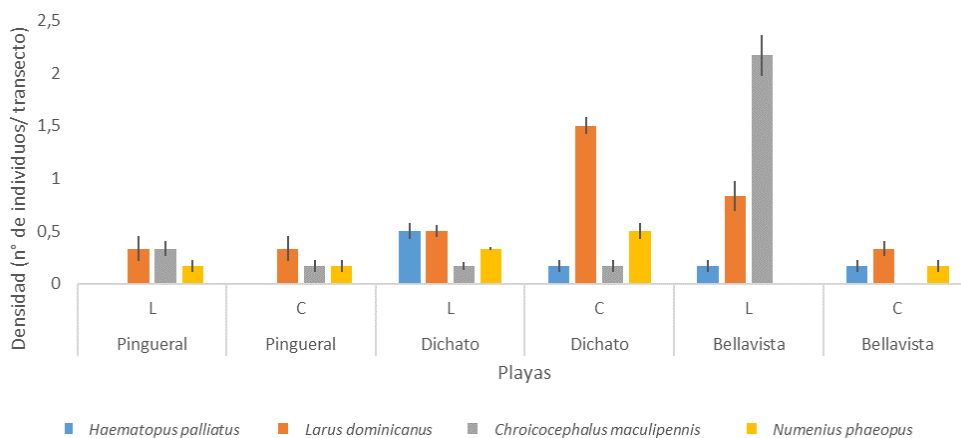
La especie Gaviota Dominicana, *Larus dominicanus*, manifestó su presencia en todas las playas muestreadas variando sólo en densidad de individuos, siendo las tres primeras playas más norteñas las que presentaron las mayores abundancias, en concreto en Dichato subzona Centro (1,5 individuos/transecto), Lirquén (1,1 individuos/transecto), Lenga (1,1 individuos/transecto) y Lota (1,1 individuos/transecto) en sus subzonas Laterales.

La especie Gaviota Cahuil, *Chroicocephalus maculipennis*, se detectó en mayor densidad en la playa de Bellavista subzona Lateral (2,1 individuos/transecto), seguido por Penco subzona Lateral (0,83 individuos/transecto) y una menor presencia en las playas de Pingueral subzona Lateral (0,16 individuos/transecto), Dichato en ambas subzonas (0,16 individuos/transecto),

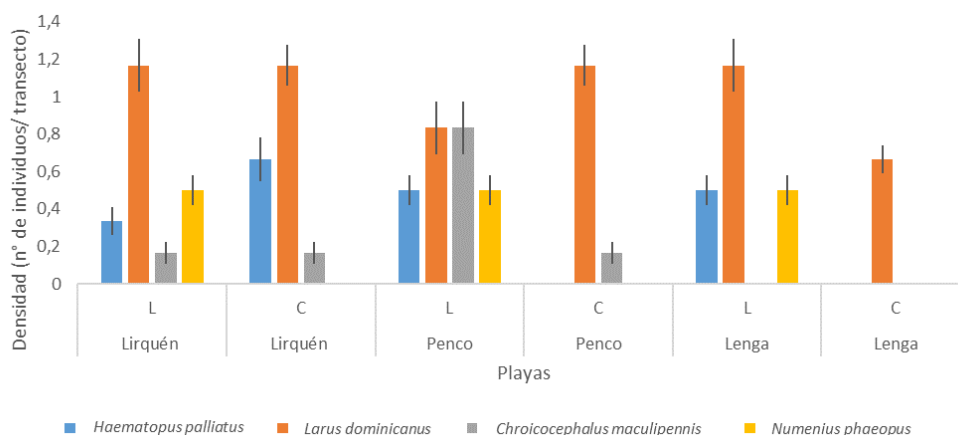
Lirquén (0,16), Colcura subzona Centro (0,16 individuos/transecto) y Arauco (0,16 individuos/transecto). En cambio, en las playas de Lengua, Lota y Bellavista subzona Centro no se registró.

La especie Zarapito común, *Numenius phaeopus*, presenta una mayor densidad en las subzonas de Arauco (0,5 individuos/transecto), Colcura subzona Lateral (0,5 individuos/transecto), Lengua subzona Lateral (0,5 individuos/transecto), Penco subzona Lateral (0,5 individuos/transecto), Lirquén subzona Lateral (0,5 individuos/transecto), Dichato subzona Centro (0,5 individuos/transecto) en subzona Centro de Arauco (0,5 individuos/transecto), su presencia se observa en menor cantidad en Pingueral (0,16 individuos/transecto), Bellavista subzona Centro (0,16 individuos/transecto), Dichato subzona Lateral (0,33 individuos/transecto) y Colcura subzona Centro (0,16 individuos/transecto), mientras no se manifestó presencia de estos individuos en Bellavista subzona Lateral, Lirquén subzona Centro, Penco subzona Centro, Lengua subzona Centro y Lota en ambas subzonas (Fig. 7a; Fig. 7b; Fig. 7c).

5a)



5b)



5c)

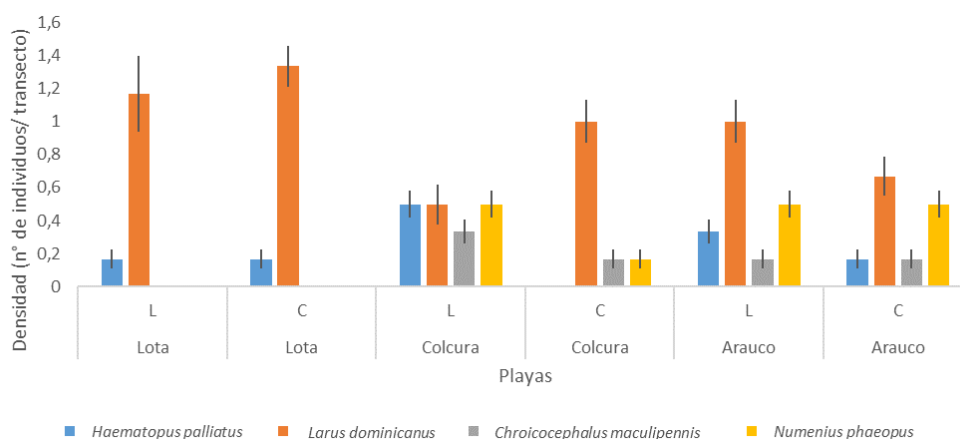


FIGURA 7:

Densidad (N° de individuos/ transecto) de aves marinas costeras observadas en playas de muestreo en 2 subzonas: lateral y centro. a. Zona Norte (Pingüeral, Dichato y Bellavista). b. Zona Centro (Lirquén, Penco y Lenga). c. Zona Sur (Lota, Colcura y Arauco). Las líneas sobre las barras corresponden a ± 1 error estándar.

En playa Pingüeral, la abundancia de aves marinas estuvo mayoritariamente representada por la especie *Larus dominicanus* en ambas subzonas ($0,33\% \pm 0,81$ ee), en la playa Dichato, esta misma especie dominó en la subzona Centro ($1,5\% \pm 0,54$ ee), igualmente que en Lirquén en subzona Lateral ($1,16\% \pm 0,98$ ee), Penco en subzona Centro ($1,16\% \pm 0,75$ ee), Lenga en subzona Lateral ($1,16\% \pm 0,66$ ee), Lota en subzona Centro ($1,33\% \pm 0,51$ ee), Colcura en subzona Centro ($1\% \pm 0,89$ ee) y Arauco en ambas subzonas ($1\% \pm 0,89$ ee). En la playa de Bellavista subzona Centro, la especie dominante fue *Chroicocephalus maculipennis* ($2,16\% \pm 1,32$ ee) (Tabla 4).

TABLA 4

Valores medios (\pm error estándar) de la abundancia de aves marinas costeras en cada playa de muestreo con sus respectivas subzonas Lateral (L) y Centro (C).

	Pingueral		Dichato		Bellavista		Lirquén		Penco		Lenga		Lota		Colcura		Arauco	
	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C
<i>H. palliatus</i>	0	0	0,5 \pm 0,54	0,16 \pm 0,40	1,16 \pm 0,40	1,16 \pm 0,40	0,33 \pm 0,51	0,66 \pm 0,81	0,25 \pm 0,54	0	0,5 \pm 0,98	0	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40	0,5 \pm 0,54	0	0,33 \pm 0,51	0,16 \pm 0,40
<i>L. dominicanus</i>	0,33 \pm 0,81	0,33 \pm 0,81	0,5 \pm 0,54	1,5 \pm 0,54	0,83 \pm 0,98	0,83 \pm 0,98	1,16 \pm 0,98	0,66 \pm 0,40	0,83 \pm 0,98	1,16 \pm 0,75	1,16 \pm 0,66	0,66 \pm 0,51	0,16 \pm 0,98	1,33 \pm 0,51	0,5 \pm 0,83	1 \pm 0,89	1 \pm 0,89	1 \pm 0,89
<i>C. maculipennis</i>	0,33 \pm 0,51	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40	2,16 \pm 1,32	0,16 \pm 0,41	0,16 \pm 0,40	1,16 \pm 0,40	0,83 \pm 0,98	0,16 \pm 0,40	0	0	0	0	0,33 \pm 0,51	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40
<i>N. phaeopus</i>	0,16 \pm 0,40	0,16 \pm 0,40	0,33 \pm 0,51	0,5 \pm 0,54	0	1,16 \pm 0,40	0,5 \pm 0,54	0	0,5 \pm 0,54	0	0,5 \pm 0,54	0	0	0	0,5 \pm 0,24	0,16 \pm 0,40	0,5 \pm 0,54	0,5 \pm 0,54

Estudio comparativo entre playas de muestreo

En la ordenación multidimensional no métrica se observa similitud homogénea en las playas de Lirquén, Lenga, Lota y Colcura. En cambio, las playas de Pingueral, Dichato, Bellavista y Arauco se encuentran separadas del resto de las playas. Destacando en Penco, que al presentar una especie (Larvas de Dípteros) que no se observa en las otras playas de muestreo hace que se separe del resto (Fig. 8).

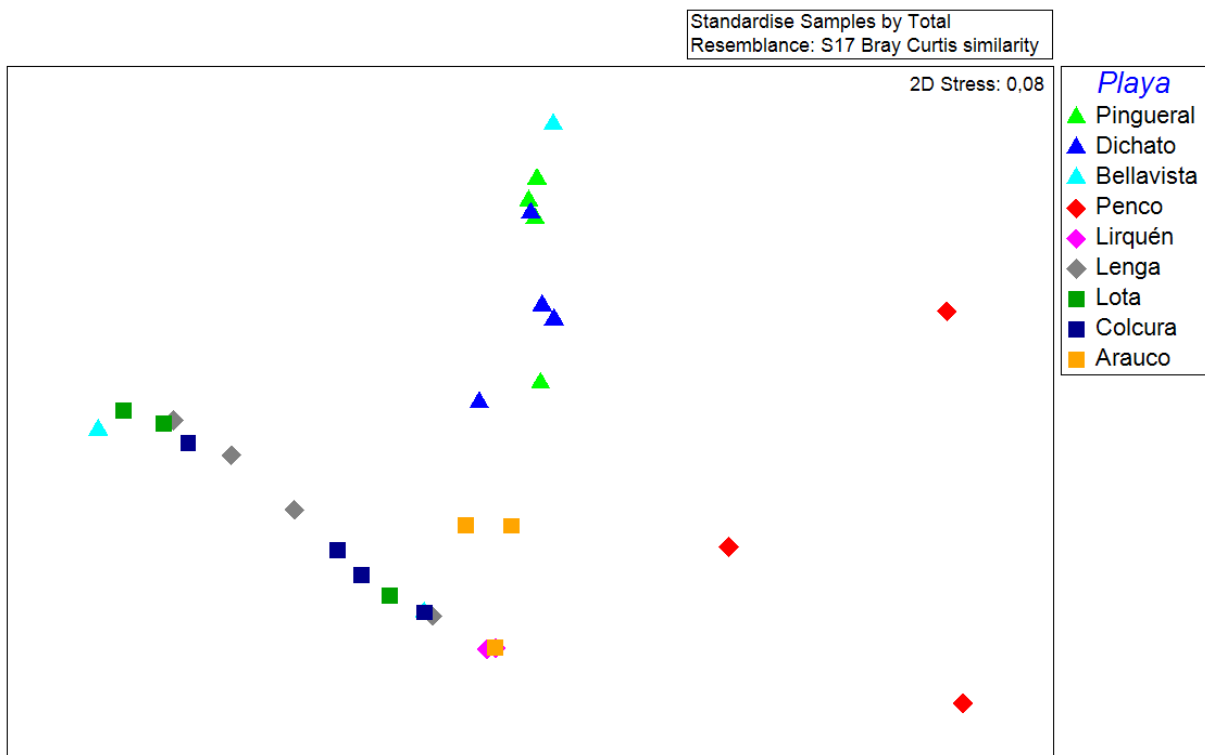


FIGURA 8

Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (índice de esfuerzo = 0,08) que muestra las similitudes de la estructura de la comunidad de infauna entre cada playa y sus zonas lateral y centro.

Para observar las similitudes en la diversidad de la comunidad de aves marinas costeras e infauna de las playas se realizó una ordenación multidimensional no métrica, en la cual no se observó una tendencia clara entre las comunidades de aves marinas costeras de las playas de

muestreo y tampoco entre las 2 zonas muestreadas de cada playa (Lateral y Centro dentro de cada una de las playas). Este hecho se encuentra representado en la siguiente ordenación donde no se aprecia ningún conjunto de muestras separadas del resto (Fig. 9).

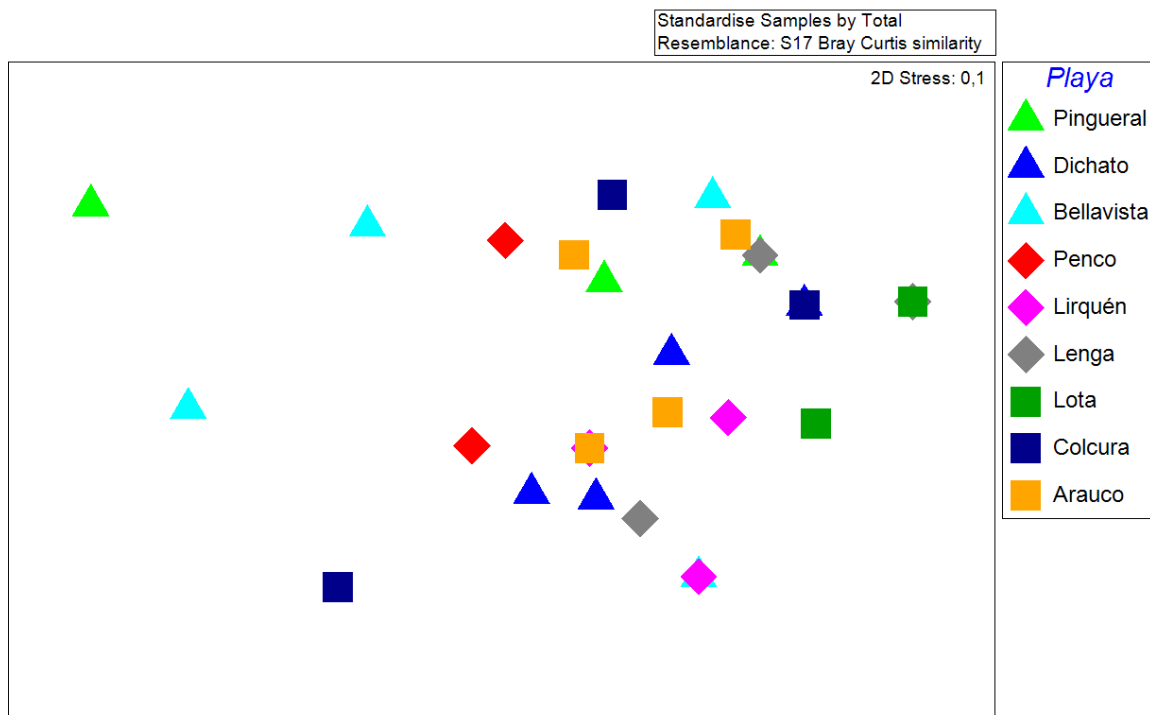


FIGURA 9

Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (índice de esfuerzo = 0,1) que muestra las similitudes de la estructura de la comunidad de aves marinas costeras entre cada playa y sus zonas lateral y centro.

Para relacionar los factores ambientales de las playas de arenas con la diversidad de aves marinas costeras observadas en las playas de muestreo se realizó un análisis de redundancia basado en la distancia del primer y segundo eje. Se observó una separación de la playa de Dichato subzona Lateral y Arauco subzona Lateral con respecto a las otras playas de estudio. Esto se debe a que la variable longitud de playa, explicaría con mayor grado la distribución de aves marinas costeras (Figura 10).

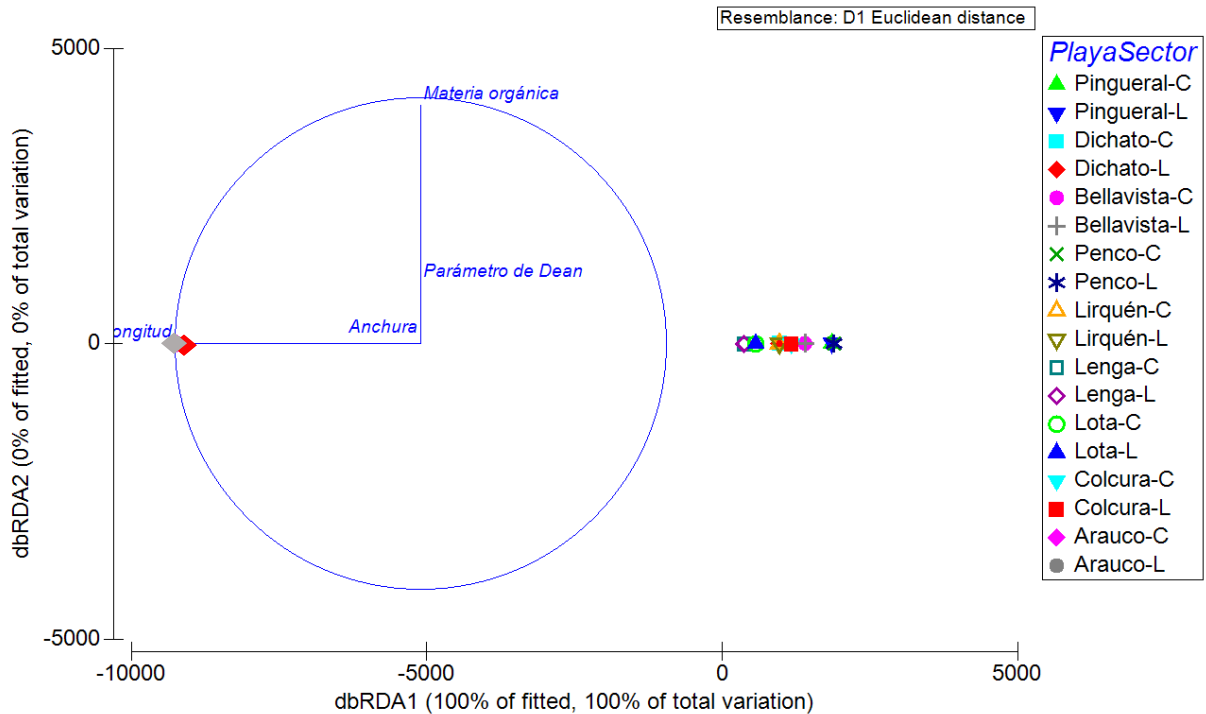


FIGURA 10

Análisis de redundancia basado en la distancia (db-RDA) del primer y segundo eje que relaciona los factores ambientales que afectaron la abundancia de la comunidad de aves marinas costeras.

A través de un análisis de regresión múltiple se identificaron las variables ambientales que contribuyeron significativamente a explicar la diversidad observada en la comunidad de aves de las playas de muestreo (Pingueral, Dichato, Bellavista, Lirquén, Penco, Lenga, Lota, Colcura y Arauco). Se observó que en la longitud de las playas, anchura y porcentaje de materia orgánica presentaron valores significativos ($P = 0,0002$), independiente del Parámetro de Dean, en el cual no se detectaron valores significativos ($P = 0,134$), ya que no le afectó a la comunidad de aves marinas costeras (Tabla 5). Este análisis permite explicar parcialmente las diferencias encontradas entre la comunidad de aves marinas costeras a partir del esfuerzo de muestreo realizado para el presente trabajo.

TABLA 5

Análisis regresión múltiple multivariable que prueba la relación entre el conjunto medido de variables ambientales y la comunidad de aves marinas. Para conservar las variables con poder explicativo, se eligió el procedimiento AIC como criterio de selección del modelo.

Los valores de p indican valores significativos ($p < 0,05$)

Variable	AIC	SS	Pseudo-F	P
Longitud	92,344	3,9165E8	3,179E7	0,0002
Materia orgánica	10,129	378,48	309,35	0,0002
Anchura	-20,21	23,932	46,573	0,0002
Parámetro de Dean	123,24	16,443	5.78	0,134

El Zarapito, *Numenius phaeopus*, es la única especie observada en las playas de muestreo que, con su pico adaptado de forma curva, larga y delgada, se alimenta de infauna que habita bajo la superficie del sedimento. Otras especies de aves marinas costeras registradas presentaron pico corto, grueso y recto, especial para alimentarse de moluscos y crustáceos de la superficie.

La abundancia de Zarapitos (*Numenius phaeopus*) encontrados en las distintas playas, es irregular con la densidad de infauna que en ellas se encuentra, es decir, estas aves no sólo utilizan el intermareal para alimentarse, sino también para tránsito, reproducción y/o descanso (Fig. 9).

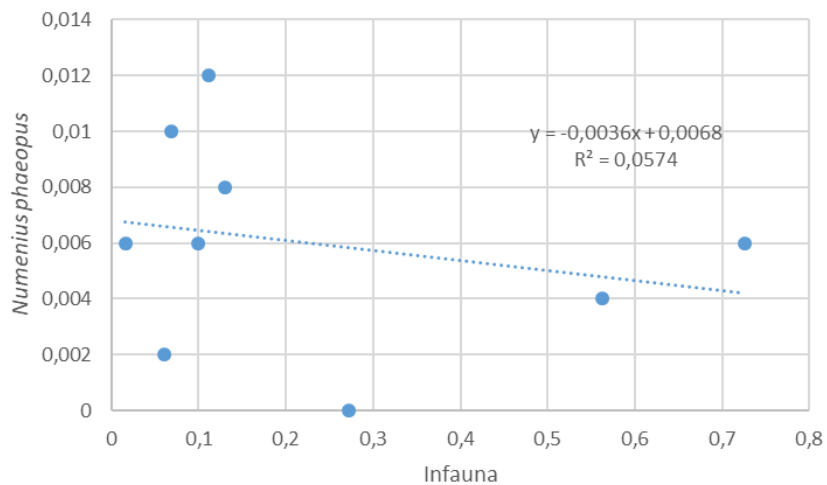


FIGURA 9

Correlación entre la densidad (n° de individuos/ transecto) de *Numenius phaeopus* (Zarapito común) y la densidad de infauna (n° de individuos/ transecto) de sedimento.

DISCUSIÓN

El presente proyecto evidenció una escasa riqueza de especies de aves marinas costeras en las playas muestreadas de la Región del Biobío (Dichato, Bellavista, Lirquén, Penco, Colcura y Arauco), con las cuatro especies registradas compartiendo la zona de muestreo; *Haematopus palliatus* (Pilpilén común), *Larus dominicanus* (Gaviota dominicana), *Chroceiophalus maculipennis* (Gaviota cahuil) y *Numenius phaeopus* (Zarapito). Las aves marinas costeras prefieren zonas con gran cantidad de recursos, por lo que las playas de arenal dada su dinámica mareal, son hábitats favorables para éstas.

En el muestreo de la playa de Lota se observó una menor riqueza de especies en comparación con las otras playas (*Haematopus palliatus* y *Larus dominicanus*), situación que podría deberse a una fuerte intervención humana con la presencia de industrias asociadas a actividad pesquera, que genera una contaminación acústica importante y continua. Según Obando (2005), las aves se comunican mediante su sonido, siendo así emisor y receptor, por lo que el ruido externo puede interferir con su comunicación bioacústica y tienen como consecuencia la huida de estas, cambiando o perdiendo su hábitat y su alimentación. También se puede deber a la competencia alimenticia producida por la presencia de lobos marinos que abundan en ese sector, sobre todo para la especie *Larus dominicanus* que, además de ser costera, también ingresa hacia interiores acuáticos (Medrano et al., 2018) alimentándose de peces.

Se encontró una mayor densidad de aves marinas costera en todas las playas de muestreo en la subzona Lateral que en subzona Centro, ya que hacia el exterior hay menos tránsito de personas y proporciona más seguridad y libertad para las aves marinas costeras, lo que podría atribuirse a una zona con mayor seguridad para los visitantes, además por ser una zona rocosa y peligrosa. En las playas de Dichato, Bellavista, Lirquén, Penco, Colcura y Arauco la riqueza de aves marinas costeras es mayor, por poseer una longitud mayor de playa y una mayor altura de oleaje (parámetro de Dean), lo que favorece la presencia de una comunidad de aves más abundante y diversa que utiliza este espacio para alimentarse, descansar e interactuar con otros congéneres.

La energía con que se presenta el oleaje, es fundamental para el transporte y la erosión de elementos costeros (e.g. recursos) que se depositan en el sedimento del intermareal (Valle, 1989), presentando una mayor disponibilidad de alimentos para las especies encontradas.

Cada playa muestreada presentó una granulometría intermedia con arenas finas y gruesas, mostrando una pendiente entre pronunciada y suave, permitiendo la formación de una zona intermareal intermedia entre la playa y el interior de la marea generando, por esto, un flujo hidrodinámico levemente elevado (Bermúdez et al., 2003). Los factores ambientales que se evaluaron, parámetro de Dean, materia orgánica, longitud y anchura de la playa, son parámetros que actúan indirectamente sobre las aves marinas, ya que según Martínez & Josefa (2015), el área que ocupan éstas se ve afectada por la disponibilidad de alimento y su comportamiento en el intermareal. Estos parámetros ambientales pueden afectar la abundancia poblacional de aves marinas. Los conocimientos de estos factores constituyen una herramienta de gran ayuda para acciones futuras de conservación de estas especies (Mascitti & Bonaventura, 2002).

Las aves marinas se encuentran relacionadas directa e indirectamente con los factores bióticos y abióticos (Krüger & Petry, 2011), donde los principales que explicarían su distribución, abundancia y riqueza serían el cambio climático, la abundancia de alimentos en los océanos y sus hábitos alimenticios, las temporadas estacionales y el gasto de energía que presentan al empollar, criar y en el tiempo de maduración (Whittow & Rahn, 1984), además de la actividad de explotación humana (por ejemplo, empresas pesqueras) (Krüger & Petry, 2011). Estos factores afectan a las aves en épocas de reproducción y en períodos no reproductivos y los cambios que provoca la presencia humana incide directa e indirectamente en los hábitos de las aves, les afecta negativamente en el equilibrio ecosistémico por causa de estos factores (Garthe et al., 2009).

Las aves marinas se localizan en numerosas localidades de toda la costa chilena, con la diferencia de los factores abióticos y bióticos que se presentan en cada una de estas zonas y que permite a cada especie una mejor adaptación, según sea el caso (Simeone et al., 2003). La abundancia de alimentos puede ser importante durante la temporada de empollamiento, de cría y maduración, período en el que las aves demandan mayor energía. Por otro lado, cuando los alimentos disminuyen, las especies no intentan reproducirse (Baird, 1990). Así, los hábitos

alimenticios de las aves marinas pueden ser un buen indicador para entender los cambios que ocurren en los ecosistemas marinos costeros (Hobson et al., 1994).

Los estudios de las aves marinas, nos permiten conocer la distribución de las poblaciones de las aves en Chile, comprender su dinámica, su utilidad como bioindicadores y el rol que cumplen en el ecosistema. También es importante conocer los factores que explican la distribución de las distintas especies en los variados ecosistemas de nuestras costas. Chile no presenta una gran diversidad de especies de aves marinas, y la información que se posee es escasa y accesible por literatura científica escrita por ornitólogos y por guías de personas interesadas en la distribución y comportamiento de las aves (Simeone et al., 2003).

Actualmente no se presentan proyectos dedicados a la evaluación de factores ambientales y tróficos que afecten directamente a la comunidad de aves marinas, por lo que ésta constituye una de las primeras contribuciones sobre la comunidad de aves marinas costeras en las playas de la Región del Biobío. Se considera un primer paso indispensable para la creación de una propuesta de ZEPA (Zona Especial de Protección de Aves) que permita la conservación sostenible de los recursos vivos costeros en esta región. Ejemplos de estas ZEPAs se encuentran en España que se registran 647 hectáreas protegidas, donde en la comunidad autónoma española, Castilla y León, posee mayor número de territorios protegidos como ZEPA (Gobierno de España, 2016), y en Portugal, 106 hectáreas protegidas importante para aves que habitan ahí (Bird Life International, 2020). Chile es un país con una gran diversidad de aves, ya sean acuáticas y terrestres, por lo que es importante conservarlas, y al proponer una ZEPA se estaría protegiendo a muchas especies que habitan en humedales, ríos, mar, bosques y/o prados.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo observado podemos inferir que, de las especies de aves marinas encontradas, solo una especie (*Numenius phaeopus*) se alimenta de infauna, ya que la forma de su pico es adaptada para ser introducida en la arena. En cambio, las demás especies de aves encontradas (especies *Haematopus palliatus*, *Larus dominicanus* y *Chroicephalus maculipennis*) están adaptadas para extraer alimentos superficiales que se encuentran en los intersticios de la arena o las oquedades en el intermareal rocoso.
2. Los factores morfológicos e hidrodinámicos son determinantes en la alimentación de las especies de aves marinas costeras, permitiendo la mayor disponibilidad de espacio para alimentarse, para transitar o para trasladarse en las playas en el intermareal durante la marea baja (especialmente en la mañana donde se presenta una menor presencia de elementos perturbadores a la tranquilidad de las aves). Por lo que disminuye la competencia por el espacio y la alimentación. A su vez el estado climático también influye en la presencia de las aves observadas, ya que en los días de precipitaciones no se observan aves.
3. En comparación con otras playas de Chile la interacción entre especies ocurre porque en un mismo hábitat conviven diferentes especies sin depredarse entre ellas aún, cabe destacar que en la Zona Norte y Sur de Chile se encuentran especies no estudiadas en esta Memoria, pero sí habitan en zonas donde el clima y el alimento es diferente.
4. En el intermareal, la riqueza de especies y abundancia de aves marinas costeras se encuentran correlacionadas positivamente con la cantidad de alimentos de que disponen en la superficie, excepto la especie Zarapito común (*Numenius phaeopus*). También la morfología de la playa es importante en la presencia de aves marinas costeras, ya que encontramos playas más estrechas que otras y con mayor longitud, lo que implica en el ancho del intermareal y a su vez directamente en la cantidad de alimento disponible para los comensales. Por último, cabe señalar que la especie humana incide en la mayor presencia o ausencia de aves marinas, apartándose de los sectores donde se encuentran. Las especies de aves marinas son importantes, porque son un eslabón crucial en la trama trófica, ya que su ausencia afectaría negativamente el ecosistema, por lo que es valioso

conservarlas proponiendo una especie de proyecto ZEPA (Zona Especial de Protección de Aves).

5. El presente estudio puede significar una apertura al conocimiento de diversas especies de aves, no sólo marinas, si no también terrestres y dulceacuícolas, que también son importantes dentro del ecosistema, y que no se les ha otorgado la debida importancia quizás por no representar un factor de primera necesidad para el género humano y poco conocimiento sobre el comportamiento de estas especies.
6. En este proyecto, hubiera sido importante haber profundizado los conocimientos sobre las aves, de haberse dispuesto de más recursos y tiempo para haber estudiado otros factores ambientales que les afecta, así como también observar otras especies de aves (pelágicas o dulceacuícolas). Esto habría permitido disponer de mayor cantidad de datos de las especies estudiadas y haber diversificado el estudio de las distintas especies de aves, de esta forma se hubiera implementado mayor información para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aves de Chile. (2019). *Aves de Chile*. Recuperado de <https://www.avesdechile.cl/>.
- Bahamondes I, & Castilla J. (1986). Predation of marine invertebrates by the kelp gull *Larus dominicanus* in an undisturbed intertidal rocky shore of central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 59 (1), 65-72.
- Baird P. (1990). Influence of Abiotic Factors and Prey Distribution on Diet and Reproductive Success of Three Seabird Species in Alaska. *Ornis Scandinavica*, 21(3), 224.
- Beltzer A. (1989). Fluctuaciones anuales en las poblaciones de garzas (Aves: Ardeidae) en la llanura aluvial del río Paraná medio, Argentina. *Revista Asociación Ciencias Naturales Litoral*, 20: 111-114.
- Bermúdez J., Valdor M., Mata A. & Gallego M. (2003). Efecto de vertidos de hidrocarburos sobre los fondos blandos: intermareales y submareales. En *El impacto del Prestige: análisis y evaluación de los daños causados por el accidente del Prestige y dispositivos para la regeneración medioambiental y recuperación económica de Galicia* (pp. 113-136). Fundación Pedro Barrié de la Maza
- Bird Life International. (2018). The IUCN Red List of Threatened Species (Birds). Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/search>.
- Bird Life International (2020). Data Zone. Recuperado de <http://datazone.birdlife.org/home>.
- Boersma P., Clark J. & Hillgarth N. (2002). Seabird conservation. En *Schreiber EA & j Burger (eds) Biology of Marine Birds* (pp. 559-579). CRC Press: Washington.
- Burger J, Gochfeld M, Kirwan, G. & García E. (2018). Belcher's Gull (*Larus belcheri*). En *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Burger J, Gochfeld M, García E. & Kirwan G. (2018). Kelp Gull (*Larus dominicanus*). En *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Carmona-Islas C., Bello-Pineda J., Carmona R. & Velarde E. (2013). Modelo espacial para la detección de sitios potenciales para la alimentación de aves playeras migratorias en el noroeste de México. *Huitzil*, 14 (1), 22-36.
- Cuevas-Jiménez, A., & Euán-Ávila, J. (2009). Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la Península de Yucatán. *Ciencias marinas*, 35 (3), 307-320.
- Del Hoyo J., Elliott A. & Sargatal, J. (1992). *Handbook of the birds of the world*, Barcelona: Lynx edicions 1: 8.
- eBird. (2018). eBird: Una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves. Recuperado de <http://www.ebird.org>.

- Frere E., Gandini P., Ruiz J., & Vilina Y. (2004). Current status and breeding distribution of Red-legged Cormorant *Phalacrocorax gaimardi* along the Chilean coast. *Bird Conservation International*, 14 (2), 113-121.
- García G., Favero M. & Vassallo A. (2012). Interspecific kleptoparasitism by Brown-headed Gulls (*Chroicocephalus maculipennis*) on two hosts with different foraging strategies: a comparative approach. *Emu-Austral Ornithology*, 112 (3), 227-233.
- Garthe S., Markones N., Hüppop O., & Adler S. (2009). Effects of hydrographic and meteorological factors on seasonal seabird abundance in the southern North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 243-255.
- Gobierno de España. (2016). Espacios protegidos. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/zepa.aspx>.
- González A. (2002). *Relación de la infauna con las características del sedimento en planicies de marea del Alto Golfo de California* (Tesis de maestría en Ciencias). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Goodall J. Johnson A. & Philippi R. (1951). *Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres*. Buenos Aires, Argentina: Platt Establecimientos Gráficos S.A.
- Hellmayr C. (1932). *The birds of Chile: Field Museum of Natural History*. Chicago, Estados Unidos: Zoology Series
- Hobson K., Piatt J., & Pitocchelli, J. (1994). Using Stable Isotopes to Determine Seabird Trophic Relationships. *The Journal of Animal Ecology*, 63(4), 786.
- Hockey P. & Kirwan G. (2018). American Oystercatcher (*Haematopus palliatus*). En *Handbook of the Birds of the World Alive* (pp. 177-182). New York: Northeastern Naturalist
- Housse É. (1945). *Las aves de Chile, en su clasificación moderna: su vida y costumbres* (Tesis). Universidad de Chile.
- Hunt Jr G. L., & Schneider D. (1987). Scale-dependent processes in the physical and biological environment of marine birds. En *Seabirds: feeding biology and role in marine ecosystems* (pp. 7-41). Cambridge University Press: Cambridge.
- Isla F., Bértola G. & Schnack E. (2001). Morfodinámica de playas meso y macromareas de Buenos Aires, Río Negro y Chubut. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 8 (1), 52.
- Jaramillo Á. (2005). *Aves de Chile: incluye la península Antártica, las Islas Malvinas y Georgia del Sur*. Londres: Lynx Edicions.

- Jaramillo E., Carrasco F., Quijon P., Pino M., & Contreras H. (1998). Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica en la costa del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71, 459-478.
- Knauss J., & Garfield N. (2016). Tides and Other Waves. En *Introduction to Physical Oceanography* (pp. 241-248). Nueva York: Waveland Press.
- Krüger L., & Petry M. (2011). On the relation of antarctic and subantarctic seabirds with abiotic variables of south and southeast Brazil. *Oecologia Australis*, 15(1), 51-58.
- Martínez R. & Josefa M. (2015). *Estructuras de las comunidades y zonación de la macrofauna en playas arenosas de Andalucía: efecto de la actividad humana sobre las comunidades intermareales* (Tesis Doctoral). Universidad Pablo de Olavide. Sevilla.
- Mascitti V. & Bonaventura S. (2002). Patterns of abundance, distribution and habitat use of flamingos in the high Andes, South America. *Waterbirds*, 25 (3), 358-366.
- Medrano F., Barros R., Norambuena H., Matus R., & Schmitt F. (2018). Charadriiformes. En *Atlas de las aves nidificantes de Chile*. (pp. 138-246). Santiago: Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile.
- Murphy, R. C. (1936). *Oceanic Birds of South America Volume I: American Museum of Natural History*. New York: MacMillan Company.
- Obando G. (2005). Implicaciones del ruido producido por humanos en las aves silvestres. *Zeledonia*, 9 (2), 55-68.
- Orth R., Heck K. & Van Montfrans J. (1984). Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships, *Estuaries*, 7 (4), 339-350.
- Pugh, D. (1987). Tides, surges and mean sea level. *A handbook for engineers and scientists*, 472.
- Rottman J. & López- Callejas M. (1992). Estrategia nacional de conservación de aves. *DISPROREN SAG*, 1, 1-16.
- Sabat P., Fariña J., & Soto-Gamboa M. (2003). Terrestrial birds living on marine environments: does dietary composition of *Cinclodes nigrofumosus* (Passeriformes: Furnariidae) predict their osmotic load. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 335-343.
- SEO Birdlife. (2019). ZEPA en las islas de Lanzarote y Fuerteventura. Recuperado de <https://www.seo.org/lifehubara/Castellano/zepa.htm>
- Sievers H. & Silva N., 1975, Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sudoriental. Latitudes 18° S - 33° S (Operación Oceanográfica Marchile VIII). *Ciencias Tecnológicas del Mar*, 1, 7-67.

- Silva R., Favero M., Berón M., Mariano-Jelicich, R., & Mauco, L. (2005). Ecología y conservación de aves marinas que utilizan el litoral bonaerense como área de invernada. *El hornero*, 20 (1), 111-130.
- Simeone A., Luna-Jorquera G., Bernal M., Garthe S., Sepúlveda F., Villablanca R. & Ponce T. (2003). Breeding distribution and abundance of seabirds on islands off north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76 (2), 323-333.
- Suazo C., Schlatter R., Arriagada A., Cabezas L., & Ojeda J. (2013). Fishermen's perceptions of interactions between seabirds and artisanal fisheries in the Chonos archipelago, Chilean Patagonia. *Oryx*, 47 (2), 184-189.
- Valle A. (1989). Importancia de las corrientes marinas en la determinación del oleaje del viento.
- Venegas C. & Jory J. (1979). *Guía de Campo para las Aves de Magallanes*. Publicaciones del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas (Chile): Serie Monografías NMI.
- Victoriano P., González A. & Schlatter R. (2006). Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. *Gayana*, 70 (1), 140-162.
- Whittow G. & Rahn H. (1984). Seabird energetics. *Plenum Press*.
- Wilson R., Sclaro J., Peters G., Laurenti S., Kierspel M., Gallelli H. & Upton J. (1995). Foraging areas of Magellanic penguins *Spheniscus magellanicus* breeding at San Lorenzo, Argentina, during the incubation period. *Marine Ecology Progress Series*, 129, 1-6.