

VIVIENDO EN EL INTERMAREAL: PRIMERA DESCRIPCIÓN DE LA  
POBLACIÓN DEL OCTOCORAL *ALCYONIUM* SP. Y CÓMO SE  
RELACIONA CON LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES  
PREDOMINANTES.

Autor: **Agustín Ezequiel Bianchini Pirola**

Director: **Fausto Firstater**

Co-Directora: **María Alejandra Romero**

**Licenciatura en Biología Marina**  
**Escuela Superior de Ciencias Marinas**  
**Universidad Nacional del Comahue**

**2023**



VIVIENDO EN EL INTERMAREAL: PRIMERA DESCRIPCIÓN DE LA  
POBLACIÓN DEL OCTOCORAL *ALCYONIUM* SP. Y CÓMO SE  
RELACIONA CON LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES  
PREDOMINANTES.

Autor: **Agustín Ezequiel Bianchini Pirola**

Director: **Fausto Firstater**

Co-Directora: **María Alejandra Romero**

**Licenciatura en Biología Marina**  
**Escuela Superior de Ciencias Marinas**  
**Universidad Nacional del Comahue**

**2023**



## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1 Objetivos e Hipótesis .....	9
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 Área de estudio .....	10
2.2 Muestreo exploratorio .....	12
2.3 Diseño experimental .....	13
2.4 Variables respuesta .....	14
2.5 Variables explicativas .....	17
2.6 Análisis de datos .....	19
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Relación tamaño superficial/biomasa .....	21
3.2 Descripción de la población de <i>Alcyonium</i> sp. ....	22
3.3 Descripción de las variables explicativas .....	27
3.4 Relación entre las variables respuesta y las variables explicativas .....	27
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	<b>38</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>44</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>50</b>

## AGRADECIMIENTOS

Durante el tiempo que uno pasa en la universidad se forma en la carrera que eligió aprender, en este tiempo nos enseñan a ser profesionales en nuestro campo y aprendemos a ejercerla. Este camino es guiado por varias personas del ámbito académico que nos ayudan a seguir avanzando. Le agradezco a la universidad pública por todo lo que me brindó; a los profesores que no solo me enseñaron sino también me acompañaron fuera del ámbito de clase, gracias a Andrea Roche, Guillermo Svendsen, Fausto Firstater, Lorena Storero por las charlas y el apoyo cuando lo necesité. Gracias Paul Osovnikar y Matías Maggioni por la confianza que me han dado. Gracias a mis directores de tesis Fausto y Alejandra, por coparse con la idea, por la paciencia y sus consejos.

Como este camino también se recorre fuera de las aulas, el crecimiento personal también es muy importante y tuve la suerte de recorrerlo acompañado. Muchas gracias a Eli, Luna, Luss, Mancu, Emi, Marian, Carla y Pris por todas las tardes de playa, mateadas, jodas y comidas compartidas, y gracias por haber sido la compañía que necesité.

Eli, Luna y Luss gracias además por todos los conocimientos que no dudaban en compartir conmigo...ustedes entienden...

Mancu y Emi gracias además por todas las charlas, sus consejos, su paciencia y, sobre todo, por todas las aventuras compartidas.

Muchas gracias a todos los amigos y compañeros que me dieron una mano en los muestreos de la tesis: Luss (y Fiona), Luna, Eli, Mancu, Emi, Marian, Pedro, Agus P, Camilo, Franco, Carla, Luli, Maxi Sangiacomo.

Muchas gracias al equipo de “Arrecifes & Costas Patagonia” (Maca, Giuli, Maité, Luss y Fausto), por todos los consejos, las charlas y las risas en el laboratorio.

Muchas gracias a Alexia, por la compañía en el último tramo de esta etapa.

También estuvieron aquellos que acompañaron desde la distancia.

Gracias Tincho, Mati y Rodri, por todos los grandes y pequeños momentos, aventuras, mateadas, charlas, traspasadas, jodas, momentos de no hacer absolutamente nada y reírnos siempre hasta quedarnos sin aire. Gracias por la compañía incondicional, gracias por todo tooodo.

Gracias a la familia Quiroga, por aceptarme como uno más y abrirme las puertas de su hogar siempre.

Gracias Maricel y Miguel por el cariño y apoyo que me han brindado.

Muchas gracias a mis abuelos, tíos y tías, que siempre me apoyaron a la distancia, han venido a visitarme y siempre me han recibido con los brazos y el corazón abiertos, y por supuesto, con comida.

Lego y Shiva, gracias por ser mis hermanos y darme amor condicional siempre, recibíendome cada vez que volvía a casa.

Vicky, hermana de sangre, alma y corazón, muchas gracias por el apoyo incondicional de siempre, por los consejos, las largas charlas, los viajes, las visitas y por ser la mejor hermana del mundo, cariñosa, empática y la mejor compañera.

Miles de millones de gracias a mis padres, Horacio y Silvina. Gracias por apoyar mis sueños y mis proyectos, por creer en mí, por bancarme no solo económicamente, sino también emocional y moralmente, con todo el amor, paciencia y sabiduría que los caracteriza.

Gracias a todos y cada uno de ustedes, y también, muchas gracias a mí, por la humildad, paciencia, fuerza y coraje para siempre estar dispuesto a aprender y seguir luchando a pesar de lo difícil que se pusiera la situación.

## RESUMEN

El intermareal rocoso es uno de los ambientes más rigurosos de soportar en cuanto a los factores ambientales, allí los organismos tienen que enfrentar condiciones adversas durante la bajamar. En la zona intermareal de la costa noroeste del Golfo San Matías queda al descubierto una restinga en la que se encuentra una población de un octocoral del género *Alcyonium*. En este trabajo se registra por primera vez la presencia de este octocoral en la zona intermareal de la costa argentina, describiendo la población en cuanto al tamaño de sus colonias, su abundancia, biomasa y cobertura. Por otra parte, a través de modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) se estudió la relación entre variables ambientales, como el tiempo de exposición aérea, el movimiento de agua, la incidencia de oleaje, el ángulo de inclinación del sustrato y la riqueza del ensamble acompañante y las características poblacionales de *Alcyonium* sp. El factor de mayor relación con la abundancia fue el movimiento del agua, el de mayor relación con el tamaño colonial fue el tiempo de exposición aérea, mientras que ambos factores se relacionaron con la cobertura. Por otra parte, fueron relativamente menores las relaciones entre el ángulo de inclinación y la incidencia del oleaje, y la abundancia y el tamaño de las colonias. A partir de estos resultados, y debido a sus ventajas metodológicas, se considera a la cobertura como el parámetro más adecuado para estudiar a la población de *Alcyonium* sp. en este ambiente.

**Palabras clave:** octocoral, *Alcyonium*, intermareal, factores ambientales, primer registro, Golfo San Matías.

## ABSTRACT

The rocky intertidal is one of the most rigorous environments to endure in terms of environmental factors, organisms there must endure adverse conditions during low tide. In the intertidal zone of the northwest coast of the San Matías Gulf, a rocky reef is discovered in which a population of an octocoral of the genus *Alcyonium* is found. In this study, the presence of this octocoral is recorded for the first time in the intertidal zone of Argentina, describing the population in terms of its colony size, abundance, biomass and coverage. On the other hand, through generalized linear mixed models (GLMM), the relationship between environmental variables, such as aerial exposure time, water motion, wave incidence, substrate inclination angle and the richness of the community assemblage, with the population characteristics of *Alcyonium* sp. was studied. The most closely factor related to abundance was water motion, the most closely related with colony size was aerial exposure, while both factors were related to coverage. On the other hand, the relationships between the inclination angle and the incidence of waves, and the abundance and size of the colonies were relatively minor. Based on these results, and due to its methodological advantages, coverage is considered the most appropriate parameter to study the population of *Alcyonium* sp. in this environment.

**Keywords:** octocoral, *Alcyonium*, intertidal, environmental factors, first record, San Matías Gulf.

## 1. INTRODUCCIÓN

El intermareal rocoso es considerado uno de los ambientes físicamente más rigurosos de enfrentar en el mundo (Tomanek & Helmuth 2002). El éxito de las especies para colonizar los hábitats del intermareal está directamente relacionado con la capacidad de tolerar factores estresantes durante la bajamar, como la exposición al aire, el estrés térmico, la desecación y la exposición a la incidencia del oleaje (Carrington Bell & Denny 1994, Dong et al. 2008). Estos factores afectan significativamente su estado fisiológico, supervivencia, crecimiento, distribución y estructura de la comunidad (Bertness et al. 2006, Dong et al. 2008).

La zonación vertical en el intermareal rocoso y la dinámica general de las comunidades están principalmente impulsadas por la relación entre los factores ambientales y la interacción entre las especies (Bertness & Callaway 1994). Los límites superiores de la distribución de los organismos están determinados por factores físicos como la temperatura y la desecación, mientras que los límites inferiores están determinados por factores bióticos como la depredación y la competencia (Connell 1961). Los esquemas de distribución y abundancia de los organismos sésiles bentónicos de un arrecife reflejan las condiciones ambientales predominantes y la dinámica de sus poblaciones, por lo que cada especie tendrá una tolerancia a posibles 'hábitats' que cumplen con sus requerimientos y pueden ser colonizados (Díaz-Pulido 2004). Habitualmente, esta varianza ecológica se reparte de forma desigual, y los fenómenos pasan de homogéneos a heterogéneos y viceversa a lo largo de los rangos de escalas de observación (García 2006).

En este sentido, el intermareal rocoso puede servir como una herramienta útil y como un "laboratorio natural" para elucidar el rol de los factores físicos y biológicos que determinan la abundancia y la distribución de los organismos (Tomanek & Helmuth 2002). Entender qué variables afectan a la composición de las comunidades costeras, las abundancias y las relaciones



entre sus componentes, y cómo varían en sistemas de altos niveles de estrés nos provee de importante información sobre la ecología de los intermareales rocosos. Además, nos permite predecir cómo estas comunidades se desarrollarán dentro de un contexto de creciente impacto antrópico en los sistemas costeros y proveer información específica sobre la implementación de medidas de conservación (Bertness et al. 2006, Gastaldi et al. 2016).

Los corales de la subclase Octocorallia, denominados octocorales -o corales blandos-, constituyen un grupo con una importante presencia en las comunidades bentónicas, sobresalientes por su diversidad y abundancia, y por sus relaciones interespecíficas (Pérez et al. 2016). En la actualidad se conocen aproximadamente 3500 especies (Williams & Cairns 2019) y mientras que el 75 % de estas se encuentran a profundidades mayores que 50 m (Cairns 2007), se las puede encontrar desde la zona intermareal hasta profundidades abisales, desde los trópicos hasta los polos, tanto en fondos duros como blandos (Williams 2011).

Los octocorales generalmente tienen un modo de alimentación suspensívoro pasivo. En particular, los octocorales *Alcyonium digitatum* (Minge & Davoult 2002) y *A. siderium* (Sebens & Koehl 1984, Patterson 1984) consumen principalmente zooplancton y en menor medida fitoplancton, por lo que dependen de las corrientes de agua para que el alimento sea transportado a través de sus estructuras de filtración (Jørgensen 1955, Migné & Davoult 2002). De esta manera, estos organismos, significativos en cuanto a su contribución a la biomasa de la comunidad bentónica, cumplen la función de relacionar el ambiente pelágico y bentónico (acoplamiento bento-pelágico), generando y mejorando el intercambio de nutrientes y complejizando su estructura tridimensional (Gili & Coma 1998, Rossi et al. 2017).

Las corrientes mueven el plancton a través de las colonias y, de esta manera, la disponibilidad de las presas para ser capturadas por el coral es una función entre la velocidad de la corriente y la eficiencia de captura. Estos organismos se benefician del aumento del movimiento del agua,

mostrando una relación positiva entre tamaño colonial y flujo de agua (Khaledi et al. 2007). Así, los corales en hábitats donde el movimiento de agua o flujo sea cercano al óptimo se benefician por el aumento de la probabilidad de encuentro con sus presas, por lo que deberían tener mayor tasa de crecimiento, alcanzando mayor tamaño (Sebens 1984). A su vez, al aumentar la corriente, una colonia de gran tamaño, con menor tasa de captura por pólipo, puede fisionarse en dos colonias más pequeñas, aumentando así la tasa de captura de cada colonia hija y contribuyendo a la formación del agregado de colonias (Mc Fadden 1986), generando parches que son energéticamente más favorables que el continuo crecimiento individual hasta el mayor tamaño posible (Gili & Coma 1998).

En el Mar Argentino y zonas de influencia se ha identificado la presencia de estos corales blandos, generalmente asociados a corrientes de aguas frías y zonas profundas de la plataforma. Por ejemplo, se identificó un coral del género *Alcyonium* como epibionte asociado a la vieira patagónica (*Zygochlamy patagonica*) en los bancos ubicados entre los 80 y 120 m de profundidad desde los 38° S hasta los 47° S (Bremec et al., 2003). Además, en el Banco Burdwood se ha reportado la presencia de bosques de corales de agua fría que encuentran en la Corriente de Malvinas zonas de alta productividad biológica (Zamponi 2008), siendo de gran importancia en la asociación con otros organismos que utilizan la estructura tridimensional aportada por los corales como sustrato y refugio (Schejter et al. 2020). Para el Golfo San Matías está reportada la presencia del octocoral gorgonáceo *Primnoella biserialis* a una profundidad de 100 m (Pérez & Zamponi 2004). En el noroeste del golfo se ha evidenciado la presencia de un octocoral pennatuláceo y del alcyonáceo *Tripalea clavaria* en la zona del submareal alto, mientras que el alcyonáceo *Alcyonium* sp. es el único presente en la zona intermareal (observación personal). Hasta la fecha el único registro en Argentina de un coral blando en la

zona intermareal corresponde a *Incrustatus niarchosi*, una especie nueva para el género, en Tierra del Fuego (McFadden & van Ofwegen 2013).

En un escenario en el cual se conjugan condiciones de alto estrés ambiental, típicas de los intermareales rocosos de la región patagónica (Bertness et al. 2006), junto con un creciente impacto antrópico sobre estos ecosistemas (Méndez et al. 2017), y considerando la significativa importancia desde el punto de vista de la biodiversidad y la conservación que supone el reciente descubrimiento de un nuevo género de coral en esta área (Honeycutt et al. 2010), en este trabajo se pretende explorar la relación entre algunas variables ambientales, medidas a pequeña escala, y ciertas características poblacionales de *Alcyonium* sp.

### **1.1 Objetivos e Hipótesis**

La pregunta conductora de esta tesina es: ¿En qué medida las condiciones ambientales de pequeña escala se relacionan con la abundancia y el tamaño del octocoral *Alcyonium* sp. en la zona intermareal del noroeste del Golfo San Matías?

El **objetivo general** de este trabajo es describir las características demográficas de la población de *Alcyonium* sp. y analizar las relaciones -y sus magnitudes- entre la abundancia (i.e. cantidad de colonias individuales) y el tamaño (i.e. área superficial de cada colonia) de las colonias de este octocoral y algunas de las variables físicas y biológicas de su microhábitat en la zona intermareal del noroeste del Golfo San Matías.

Los objetivos específicos planteados son entonces:

(1) describir la población de *Alcyonium* sp. en la zona intermareal del noroeste del Golfo San Matías en cuanto a su abundancia, tamaño y densidades de las colonias, y a su relación tamaño-biomasa.

(2) Relacionar la abundancia y el tamaño de las colonias de *Alcyonium* sp. con diferentes variables ambientales -físicas y biológicas- y cuantificar la magnitud de estas relaciones.

Se plantea como **hipótesis** que, en la zona intermareal, la abundancia y el tamaño de las colonias de *Alcyonium* sp. están condicionados en mayor medida por el tiempo de inmersión y el movimiento de agua. Por esto, se espera que: i) a menor tiempo de exposición aérea y mayor flujo de agua, la abundancia y el tamaño de las colonias sea mayor, mientras que ii) la importancia relativa de las otras variables ambientales (humedad del aire, temperatura e inclinación del sustrato, comunidad asociada e incidencia del oleaje) sobre la abundancia y el tamaño colonial de *Alcyonium* sp., sea menor.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

La zona de muestreo está ubicada en una restinga rocosa aledaña a la baliza San Matías (40° 49' 56,028''S, 64° 42' 31,9752''O), en el extremo noroeste del Golfo San Matías, Argentina, a 45 km de distancia de la localidad de San Antonio Oeste (Figura 1). Este ambiente se caracteriza por un régimen macromareal semidiurno, de hasta 9 m de amplitud (Daleo et al. 2006). Allí, durante la bajamar, queda al descubierto una plataforma costera de unos 800 m de ancho, con una suave inclinación, que se extiende por 6 km a lo largo de la costa. La roca está constituida por conglomerados con matriz arenosa, con clastos de rodados y valvas de moluscos y cementado por carbonato de calcio (Martinez et al. 2001, Mouzo 2014). En esta zona, la restinga es atravesada por un amplio canal de sustrato arenoso, que la recorre en sentido transversal a la costa, dividiéndolo en dos grandes bloques. Los bordes de esta restinga forman paredes de hasta 2,5 m de altura y se encuentran principalmente en la zona del intermareal bajo, donde se ven afectados por la incidencia directa del oleaje y las corrientes de marea que

erosionan la roca y forman un sistema complejo de aleros (observación personal, Figura 2 A). Sobre esta restinga, las colonias de *Alcyonium* sp. se encuentran en el intermareal bajo, principalmente adheridos a los techos de los aleros ubicados en los bordes externos (Figura 2 B).

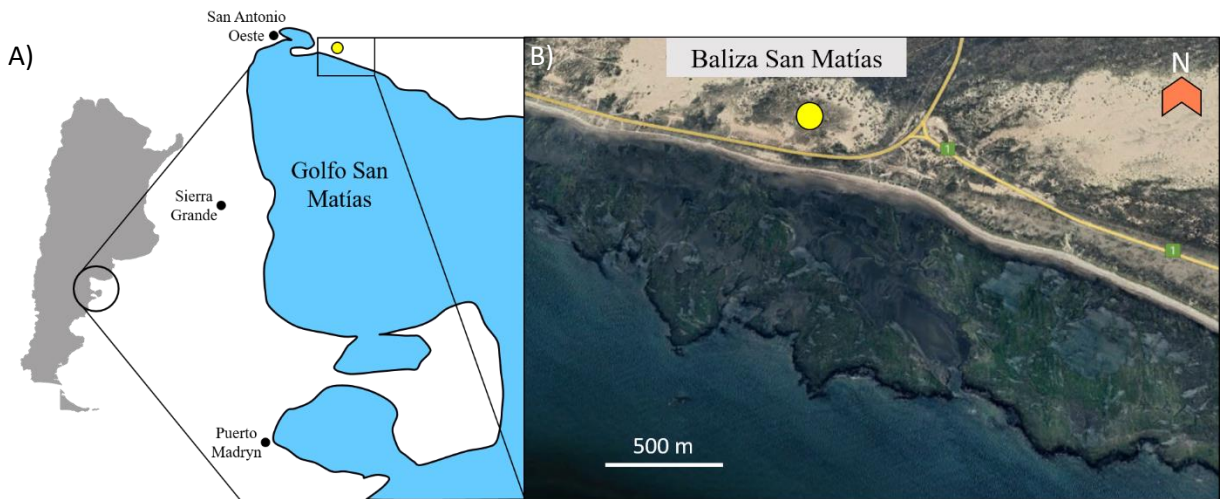
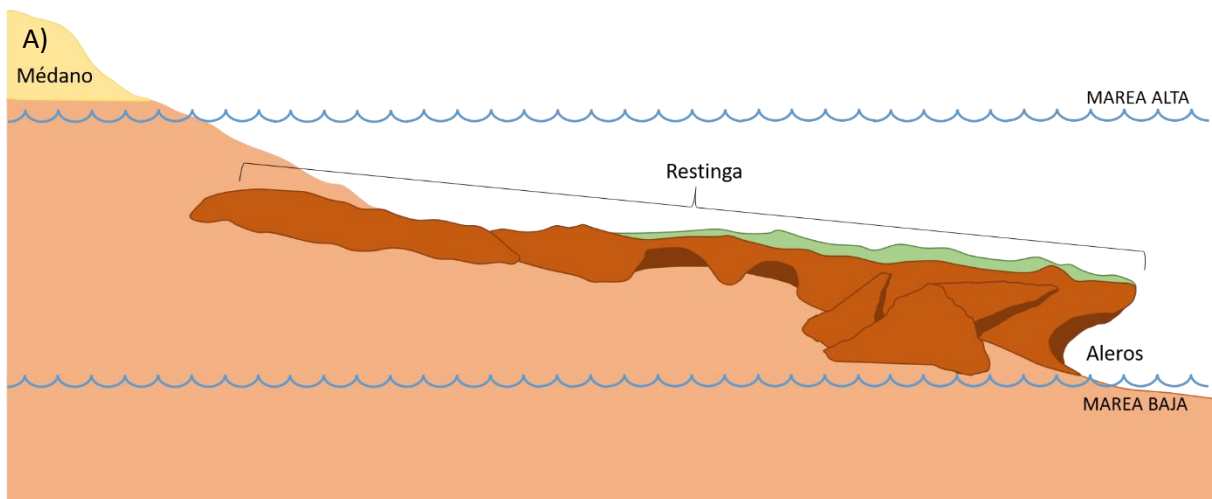


Figura 1. Sitio de Muestreo. A) Ubicación del Golfo San Matías, y de la Baliza San Matías (punto amarillo); B) Restinga rocosa aledaña a la baliza San Matías, imagen tomada de Google maps.





*Figura 2. A) Representación esquemática del perfil de playa del sitio; B) Alero ubicado en el borde de la restinga en el intermareal bajo durante la bajamar, fotografía: Matías Mancuso.*

## **2.2 Muestreo exploratorio**

Con el fin de obtener estimaciones de biomasa (mg) a partir de datos de tamaño superficial (área, en  $\text{mm}^2$ ) de las colonias, se realizó un muestreo previo extractivo. Se extrajeron al azar, raspando cuidadosamente la superficie rocosa con espátula, un total de 100 colonias. Luego de extraídas se conservaron en agua de mar y fueron llevadas al laboratorio donde se dejaron en seco un par de minutos para que se retraigan los pólipos y así simular el estado en el que se las encuentra durante la bajamar, y se las fotografió desde un ángulo cenital para posteriormente cuantificar su tamaño superficial (área en  $\text{mm}^2$ ) con el software ImageJ. Luego se les limpió la base para tratar de eliminar todo material proveniente del sustrato y se las pesó en una balanza de precisión (precisión = 0,0001g) para obtener el peso húmedo.

Para establecer la relación entre el tamaño y la biomasa de las colonias se ajustó una ecuación potencial, como se describe a continuación:

$$P_T = a \times T^b$$

donde P es el peso de la colonia, T es el tamaño (área), a: parámetro de proporcionalidad y b: parámetro de escala o coeficiente de alometría. Para facilitar la estimación de los parámetros se transformaron los datos usando el logaritmo natural, a modo de hacer lineal la relación entre las variables y así también normalizar su distribución. La ecuación obtenida luego fue utilizada para estimar la biomasa a partir del tamaño derivado del muestreo fotográfico, no destructivo.

### **2.3 Diseño Experimental**

Para la toma de datos, se realizaron tres muestreos en el año 2022, abarcando desde fines del verano a principios del invierno (28 de enero, 25 de marzo y 22 de junio). En cada uno de estos muestreos se relevaron las variables respuesta referidas a las colonias de *Alcyonium* sp. (tamaño superficial, abundancia y porcentaje de cobertura de las colonias) y algunas variables explicativas (temperatura del sustrato y del aire, humedad, riqueza específica del ensamble asociado). Por otra parte, otras variables explicativas (movimiento de agua, el tiempo de inmersión e inclinación del sustrato) fueron consideradas constantes y sitio-específicas, y se midieron por única vez en el primer muestreo.

Se establecieron dos sectores con dos zonas de muestreo cada uno (dentro del canal A y B, y en el borde de la restinga expuesto al mar C y D) (Figura 3). Se exploró toda la zona para determinar cuáles aleros eran accesibles para la toma de datos, y teniendo esos aleros en consideración, se eligieron 3 al azar en cada zona (Naleros=12) (Figura 3). Por observación directa se consideró a las zonas A y B expuestas a una incidencia indirecta del oleaje, mientras que las zonas C y D se consideraron expuestas a una incidencia directa del oleaje.



Figura 3. Mapa de los sitios de muestreo (aleros); cada letra representa una zona y cada punto representa un sitio. Imagen satelital tomada de Google Maps.

Se tuvieron a consideración únicamente los techos de los aleros como sitios donde realizar los muestreos, ya que, si bien se encontraron colonias en el sustrato duro debajo de ciertos aleros, estas no eran lo suficientemente abundantes para obtener réplicas, mostrando una aparente preferencia por los techos (observación personal). Durante la bajamar, en cada alero, se colocaron 10 puntos distribuidos de manera regular a fin de abarcar toda su extensión (N=120), estos puntos se mantuvieron fijos durante todo el período de muestreo. En cada muestreo se eligió al azar a una distancia no mayor a 30 cm de cada punto fijo, donde ubicar un *quadrat* de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  ( $100 \text{ cm}^2$ ) utilizando un fotocuadrante (Figura 4 A y B).

## 2.4 Variables respuesta

En cada *quadrat* se tomó una fotografía con una cámara compacta (Nikon Coolpix W100), las cuales fueron posteriormente analizadas con el software ImageJ para contabilizar la abundancia



de *Alcyonium* sp., calcular el tamaño superficial de cada colonia individual y la cobertura total (porcentaje de cobertura) (Figura 4 C). A partir de los datos de abundancia, se calculó la densidad de las colonias por  $m^2$ , y a partir de los tamaños, se calculó la biomasa de cada colonia individual y la biomasa total por  $m^2$ , usando la fórmula obtenida a partir del muestreo previo extractivo. Como medida central del tamaño de las colonias para cada *quadrat* se calculó la mediana.



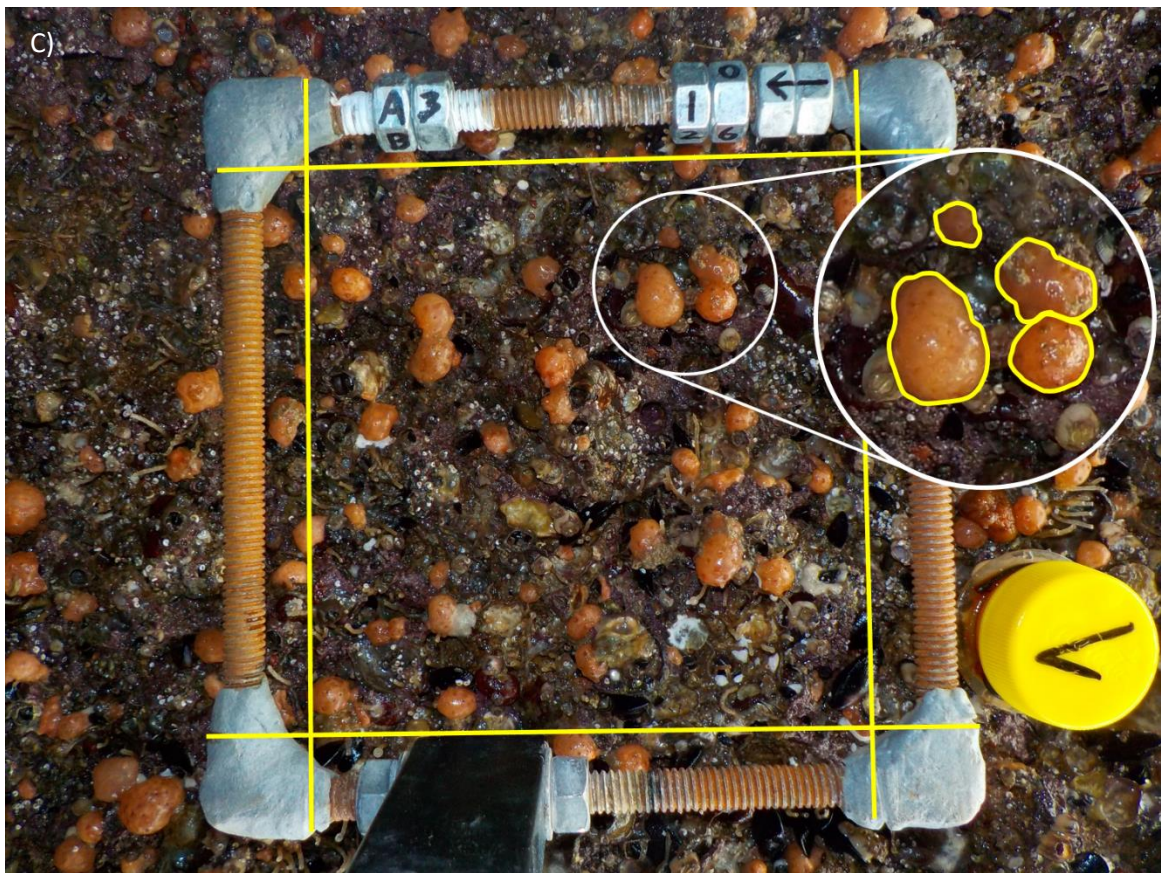


Figura 4. A) Estructura utilizada para realizar los fotocuadrantes, fotografía: Ludmila Amione; B) Método de fotocuadrante aplicado en el techo de un alero, fotografía: Ludmila Amione; C)

*Fotocuadrante: en línea amarilla se delimita el quadrat de 100 cm<sup>2</sup>, aumentado se muestran el contorno de las colonias a partir de los cuales se midieron los tamaños superficiales.*

## **2.5 Variables explicativas**

En cada *quadrat* previamente delimitado, se registraron la temperatura del sustrato y del aire, la humedad del aire y se cuantificó la riqueza específica del ensamble asociado. En cada punto fijo se tomaron medidas de movimiento de agua, inclinación del sustrato y para cada uno de los sitios se midió el tiempo de inmersión, discriminando entre cada punto, en caso de ser posible, y se anotó su posición respecto del oleaje, considerado previamente en el diseño de muestreo. El movimiento de agua se estimó de manera indirecta a través del método de desgaste de bloques de yeso (Doty 1971, Jokiel 1993). Se adhirieron en cada punto tapas de botellas plásticas con masilla epóxica, donde luego se fijaron los bloques de yeso (4 cm de largo x 3,5 cm de ancho x 2,5 cm de alto) (Figura 5 A). Las tasas de desgaste se calcularon a partir de los pesos iniciales y finales de los bloques, relativizados al tiempo de inmersión, para obtener una medida del peso de yeso disuelto por hora (mg/h). Este método es práctico al momento de comparar hábitats de manera cuantitativa respecto al movimiento del agua, como un efecto integrado entre el flujo laminar y el flujo turbulento (Doty 1971, Jokiel 1993). La temperatura del sustrato se midió con el uso de un termómetro digital infrarrojo; la temperatura del aire y la humedad fueron medidos a una distancia de 5 cm del sustrato con el medidor ambiental 5 en 1 Lutron (modelo LM-8000 A) (Figura 5 B). El ángulo de inclinación del sustrato se midió dentro de cada *quadrat* con la aplicación “Nivel” desde un celular. El tiempo de exposición aérea se calculó mediante observación directa, calculando en cada punto el total de minutos que permanecen expuestos durante la bajamar; el rango total fue dividido en tres niveles: nivel bajo con menor tiempo de exposición, nivel medio con un tiempo de exposición intermedio y nivel alto con mayor tiempo de exposición. En cada fotografía se contabilizó la riqueza específica

del ensamble asociado. Si bien esta última no es estrictamente una variable ambiental, fue considerada relevante para ser incorporada como variable explicativa, dado que los organismos sésiles intermareales, de acuerdo a diferentes condiciones del hábitat, la competencia y la disponibilidad de recursos, pueden exhibir comportamientos tanto de agregación como de segregación interespecífica, afectando así su uso del espacio (e.g. Okuda et al. 2009, Fuentes & Brante 2014).





Figura 5. A) Bloques de yeso sujetos a las tapas de botella adheridas al techo de un alero; B) Registro de temperatura y humedad del aire, y temperatura del sustrato, fotografía: Ludmila Amione.

## 2.6 Análisis de datos

### *Descripción de la población de Alcyonium sp.*

Se realizaron histogramas para caracterizar la distribución de frecuencias de abundancia, tamaño superficial, cobertura y biomasa húmeda, obtenida a partir de la ecuación calculada previamente. Estos gráficos fueron construidos para todo el set de datos completo, sin hacer distinción entre los diferentes muestreos, ni zonas.

### *Relación entre las variables respuesta y las variables explicativas*

Para evaluar la relación entre las variables respuesta de abundancia, tamaño superficial y cobertura con las variables explicativas de movimiento de agua, tiempo de exposición aérea, incidencia del oleaje, ángulo del sustrato y riqueza específica asociada, se utilizaron Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM), mediante la función `glmer()` y `glmer.nb()` del paquete

lme4 (Douglas et al. 2015). Los modelos se construyeron usando la zona y el muestreo como variables de efecto aleatorio, asumiendo diferente intercepto y misma pendiente (Bolker 2015), escalando las variables explicativas usando la función `scale()` del paquete base R Core Team (2023) y usando máxima verosimilitud (ML) y el optimizador Nelder-Mead. Las variables humedad, temperatura del aire y temperatura del sustrato fueron resumidas dentro de la variable aleatoria “muestreo”.

Para seleccionar la distribución del error con mejor ajuste a cada variable dependiente, se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), mediante la función `AIC()` del paquete `stats`, comparando entre modelos con diferentes distribuciones y eligiendo el modelo con menor valor de AIC. Para el modelo de la abundancia se probaron las distribuciones Normal, Poisson y Binomial Negativa; para el modelo del tamaño se probaron las distribuciones Normal, LogNormal y Gamma; y para el modelo de la cobertura se probaron las distribuciones Normal, LogNormal, Beta y Gamma (Tabla A1). Los modelos fueron chequeados en base a las gráficas de los residuales (para evaluar que la distribución de los residuos es razonablemente cercana a la asumida) y la gráfica de los residuales *versus* los ajustados (para buscar patrones no explicados en la media y la varianza, buscar *outliers* y/o puntos con un alto *leverage*).

Por otro lado, se evaluó la correlación entre las variables independientes utilizando los coeficientes de correlación de rangos de Pearson, para todos los posibles pares de covariables con la función `cor()` del paquete `stats` (R Core Team 2023). De esta manera se evita usar una o más variables que pudieran estar altamente correlacionadas y pudieran tener un efecto similar, simplificando así el modelo. Además, se verificó la multicolinealidad entre las variables independientes mediante el factor de inflación de la varianza (Montgomery & Peck 1992) con la función `vif()` del paquete `car` (Fox & Weisberg 2019), debido a que la alta multicolinealidad entre las covariables podría comprometer la interpretabilidad de los resultados del modelo.

Para evaluar la significancia de las variables explicativas en cada modelo y así poder definir cuál o cuáles variables tienen un efecto sobre las variables respuestas, se utilizó la prueba de razón de verosimilitud (Likelihood Ratio Test – LRT) mediante la función `drop1()` del paquete `stats` (R Core Team 2023).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Relación tamaño superficial/biomasa**

El tamaño superficial de las colonias en el muestreo exploratorio varió entre 15,2 y 222,3 mm<sup>2</sup>, con una mediana de 54,8 mm<sup>2</sup>. Por otra parte, la biomasa húmeda varió entre 36 y 1156 mg, con una mediana de 185 mg.

La relación tamaño-biomasa estimada mediante regresión lineal ( $R^2=0,86$ ), fue:

$$P_T = 1,45 \times T^{1,20}$$

En la Figura 6 se presenta dicha relación, incluyendo el modelo estimado.

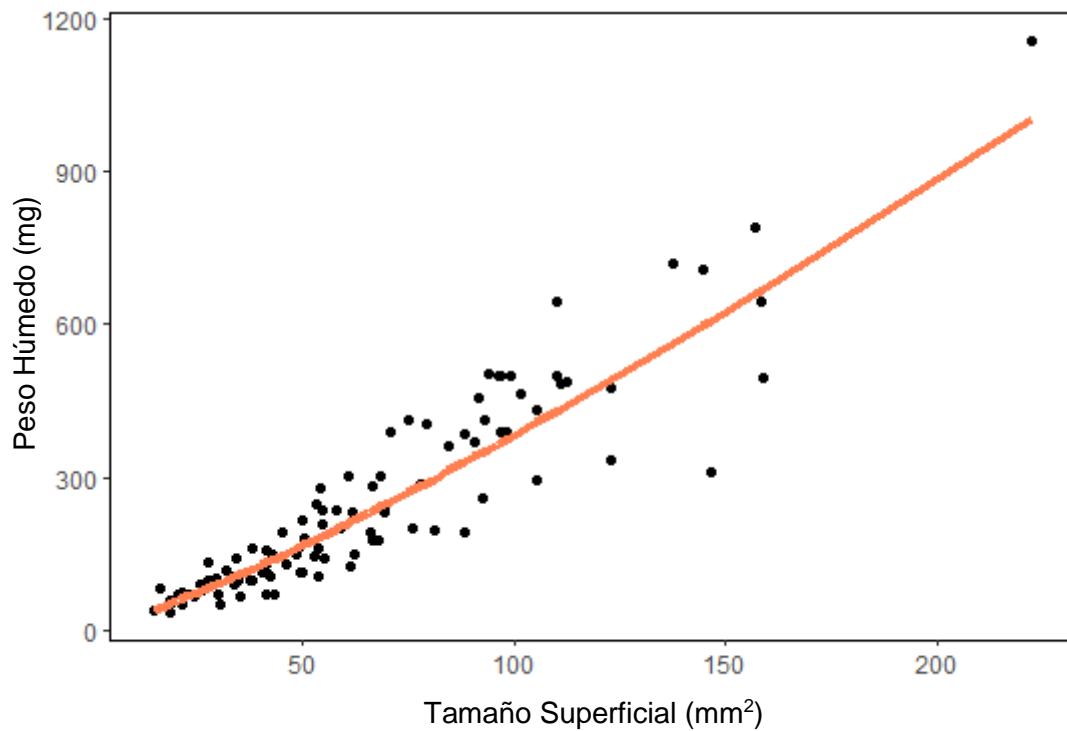


Figura 6. Relación entre el tamaño superficial y la biomasa húmeda para las colonias de *Alcyonium sp.*:  $P_T = a.T^b$ ,  $a = 1,45$ ,  $b = 1,20$

### 3.2 Descripción de la población de *Alcyonium sp.*

En la Figura 7 se puede observar una colonia de *Alcyonium sp.* con sus pólipos expandidos durante la inmersión (A) y con sus pólipos retraídos durante la emersión (B).





Figura 7. A) Colonia de *Alcyonium sp.* con sus pólipos expandidos durante la inmersión, fotografía: Arrecifes & Costas Patagonia; B) Colonia de *Alcyonium sp.* con sus pólipos retraídos durante la emersión, fotografía: Matías Mancuso.

A lo largo de los tres muestreos, se contabilizó un total de 8977 colonias. La mediana de la abundancia fue de 23 colonias por *quadrat* (100 cm<sup>2</sup>), lo que corresponde a una densidad de 2300 colonias por m<sup>2</sup>. Se registró una abundancia mínima de 5 colonias por *quadrat* (500 colonias por m<sup>2</sup>) y una abundancia máxima de 79 colonias por *quadrat* (7900 colonias por m<sup>2</sup>) (Figura 8). El tamaño varió entre 0,7 y 156,9 mm<sup>2</sup>, con una mediana de 10,9 mm<sup>2</sup> (Figura 9).

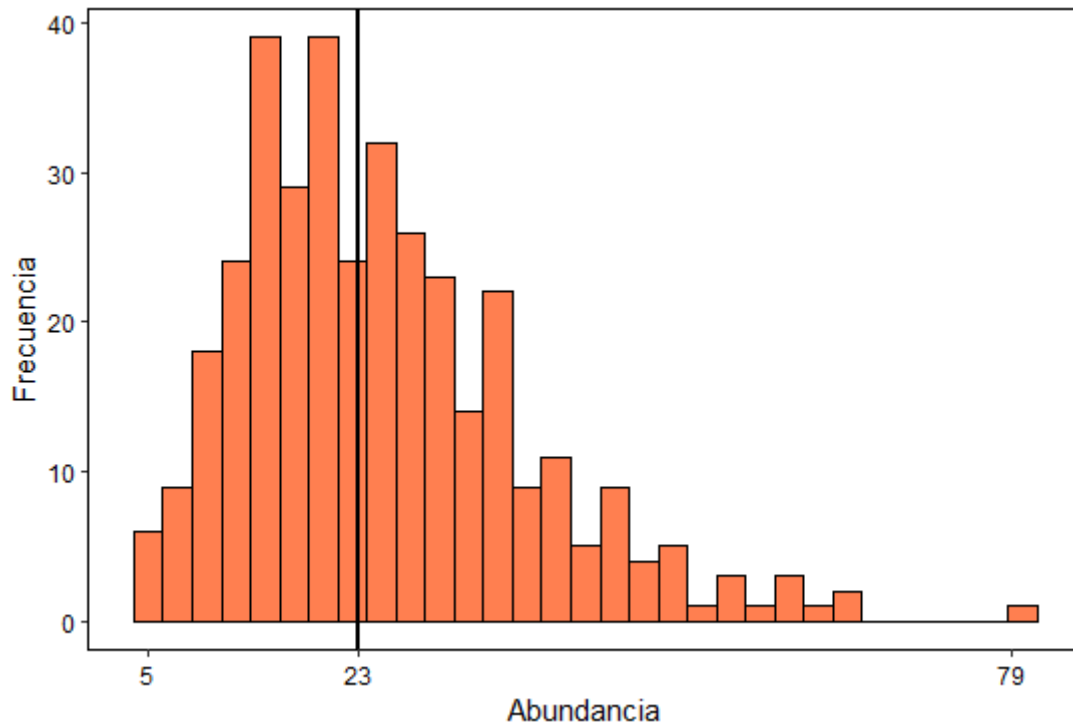


Figura 8. Distribución de frecuencias de Abundancia de colonias de *Alcyonium sp.* por *quadrat* (100cm<sup>2</sup>). Se muestran el mínimo, la mediana (representada por la línea vertical negra), y el máximo.

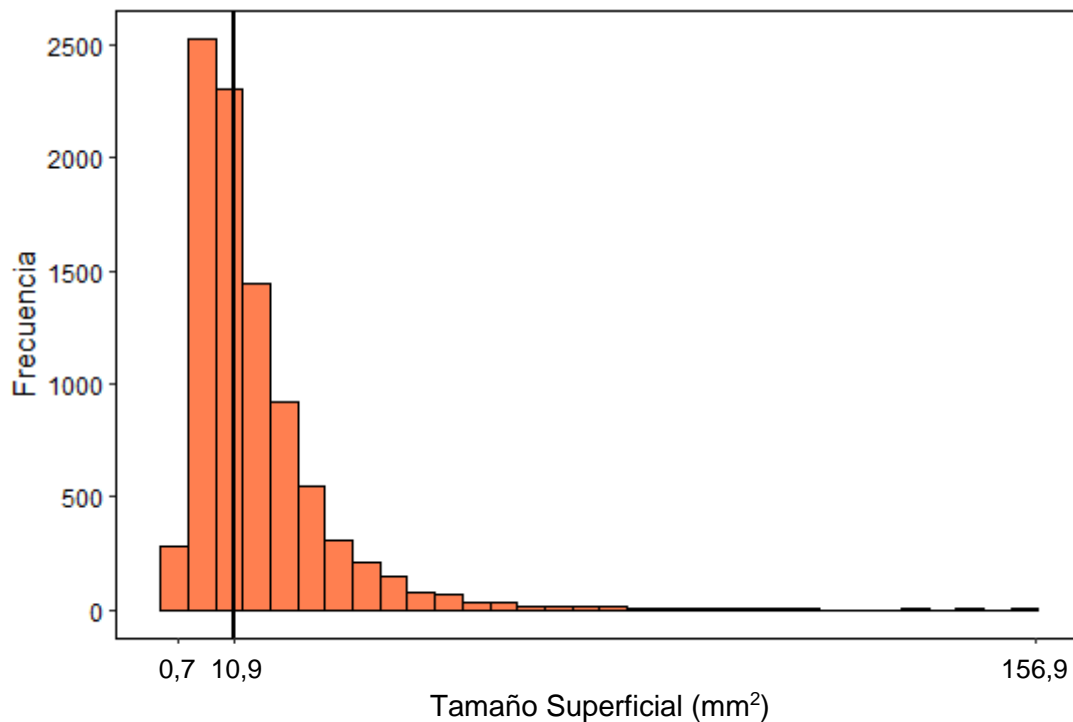


Figura 9. Distribución de frecuencias de Tamaño superficial de las colonias de *Alcyonium sp.* Se muestran el mínimo, la mediana (representada por la línea vertical negra), y el máximo.

La mediana de la biomasa individual fue de 26,2 mg, con una mínima de 1 mg y una máxima de 658,1 mg. En cuanto a la biomasa total por m<sup>2</sup>, la mediana fue de 83.444 mg, con una mínima de 12.814 mg y una máxima de 333.791 mg por m<sup>2</sup> (Figura 10 y 11). Para el porcentaje de cobertura, se registró una mediana de 3,2 %, una mínima de 0,5% y una máxima de 10,8% (Figura 12).

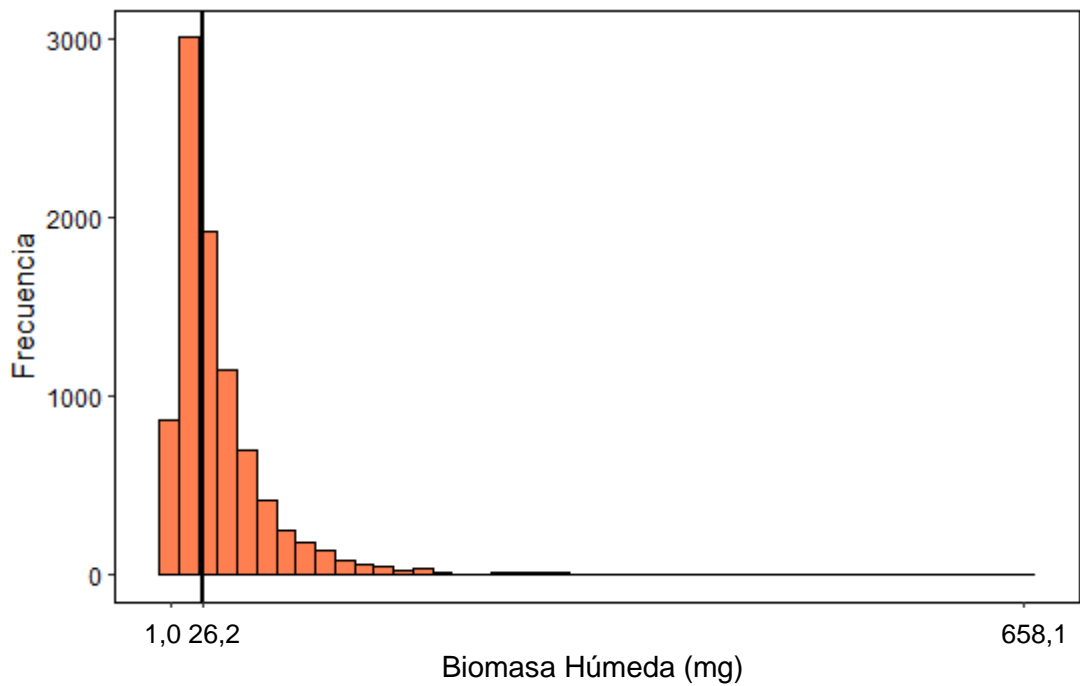


Figura 10. Distribución de frecuencias de Biomasa húmeda individual de las colonias de *Alcyonium sp.* Se muestran el mínimo, la mediana (representada por la línea vertical negra), y el máximo.

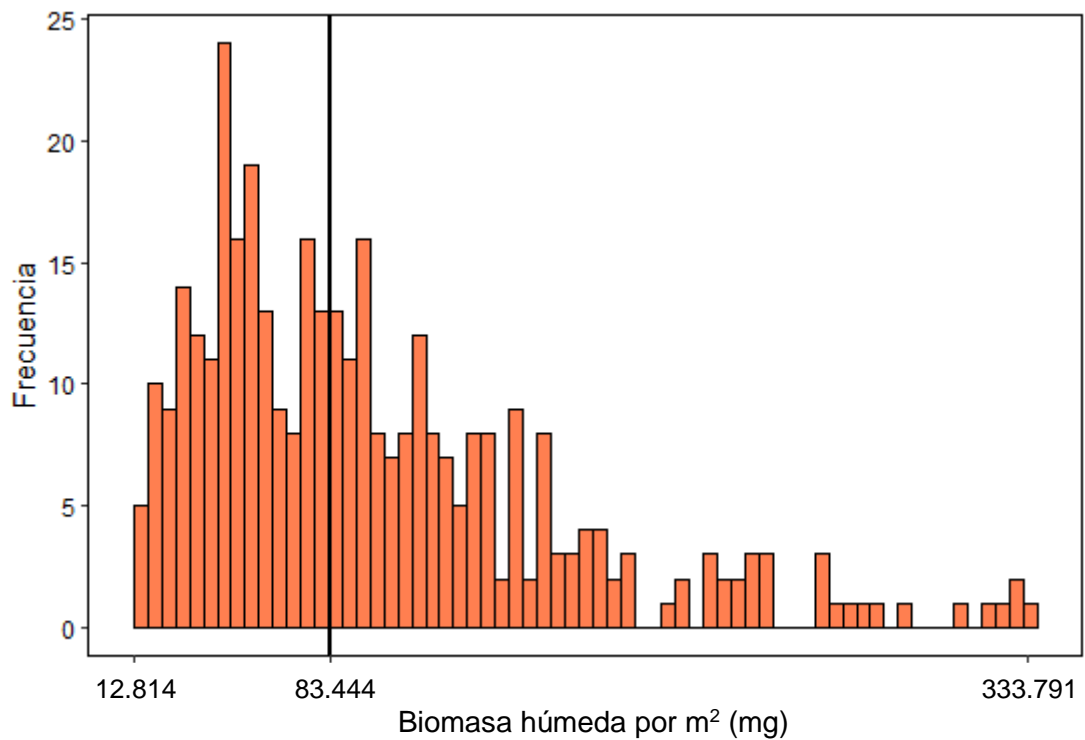


Figura 11. Distribución de frecuencias de Biomasa húmeda por m<sup>2</sup> de las colonias de *Alcyonium sp.* Se muestran el mínimo, la mediana (representada por la línea vertical negra), y el máximo.

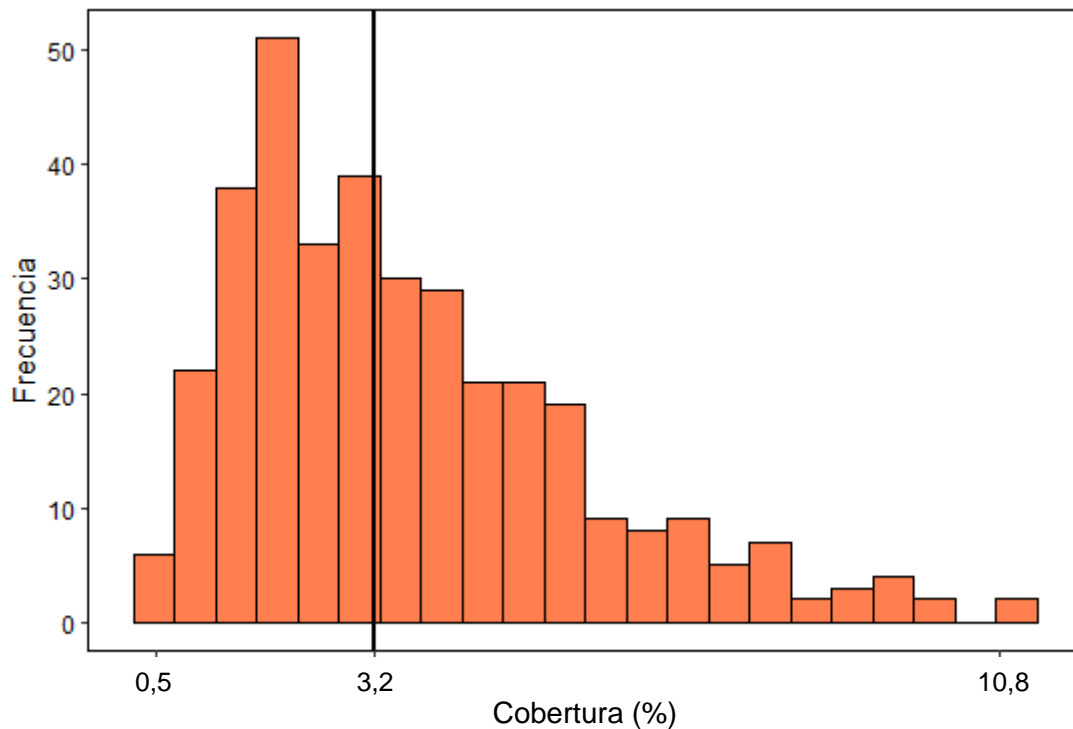


Figura 12. Distribución de frecuencias de Cobertura de las colonias de *Alcyonium sp.* Se muestran el mínimo, la mediana (representada por la línea vertical negra), y el máximo.

### 3.3 Descripción de las variables explicativas

El desgaste de los bloques de yeso para medir indirectamente el movimiento de agua registró un mínimo de 165,7 mg/h, una mediana de 370 mg/h y un máximo de 656,9 mg/h. En cuanto al tiempo de exposición aérea, el mayor registro fue de 150' antes de la bajamar (300' en total); y el menor registro fue de 85' antes de la bajamar (170' en total). La riqueza de la fauna asociada varió entre 2 y 10 especies, con una mediana de 6 especies. El ángulo de inclinación del sustrato varió entre los 0 grados y los 33 grados, con una mediana de 11 grados.

### 3.4 Relación entre las variables respuesta y las variables explicativas

A continuación, se detallan los modelos obtenidos para cada una de las variables respuesta, es decir abundancia, tamaño superficial y cobertura, en relación con las variables explicativas

(movimiento de agua, ángulo de inclinación del sustrato, riqueza específica del ensamble asociado, oleaje y tiempo de exposición aérea, sumado a los efectos aleatorios). En cuanto a las relaciones entre las variables respuesta y las variables explicativas, no se encontró ninguna relación fuerte (Figura 13). En la Figura 1 del Anexo se muestran las correlaciones entre las variables explicativas. Se trataron como variables continuas: el movimiento del agua, la inclinación del sustrato y la riqueza del ensamble; para categorizar la variable de tiempo de exposición aérea se dividió la diferencia entre el mayor y el menor tiempo de exposición en tres niveles (bajo: representando la zona más baja de la distribución vertical, medio: representando la zona media de la distribución vertical, y alto: representando la zona más alta de la distribución vertical); y la incidencia del oleaje se categorizó en dos factores (indirecto y directo).

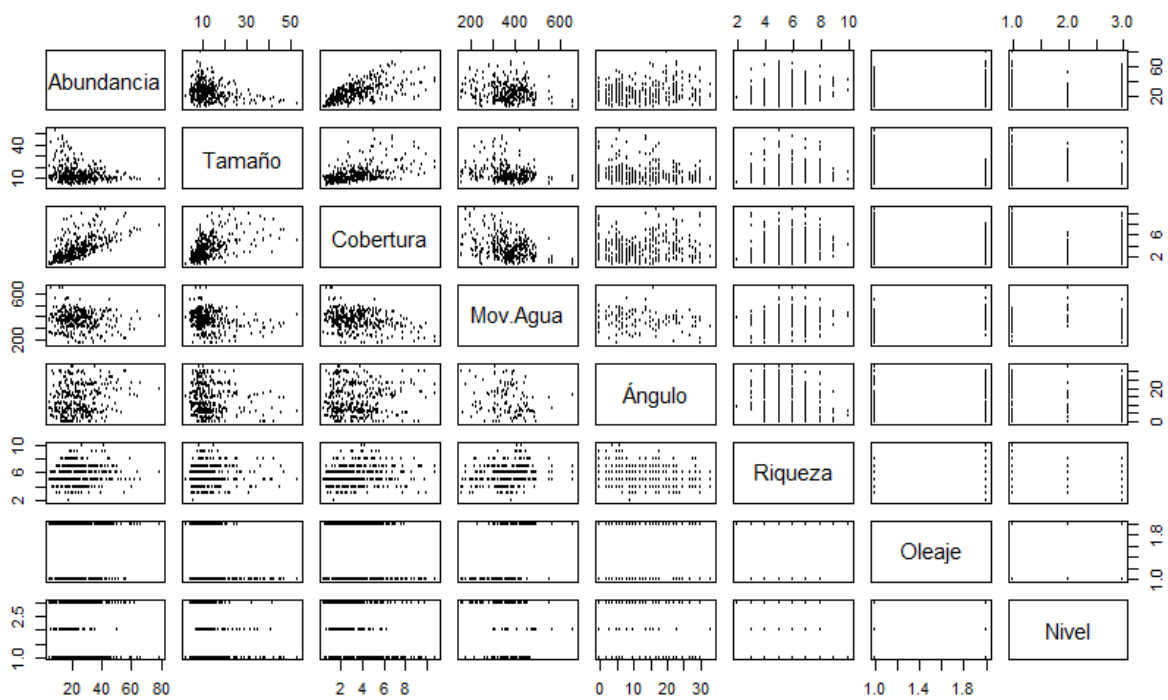


Figura 13. Gráfico de relaciones entre las variables respuesta (Abundancia, Tamaño Superficial y Cobertura) y las variables explicativas (Movimiento de agua, Ángulo, Riqueza, Oleaje y Nivel de exposición aérea)

### *Modelo de Abundancia*

Para evaluar el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de las colonias se ajustó un GLMM, con una distribución de error binomial negativa para corregir la sobredispersión, detectada con la función `check_overdispersion()` del paquete `performance` (Lüdecke et al. 2021) al ajustar una distribución Poisson. El poder explicativo total (incluye la fracción explicada por los efectos fijos y los efectos aleatorios -  $R^2$  condicional -  $R^2C$ ) del modelo es 0,36 y la parte relacionada solo con los efectos fijos ( $R^2$  marginal -  $R^2M$ ) es de 0,15. En la Figura 2-A del Anexo se muestran las gráficas de los residuales.

Se encontró un efecto significativo del movimiento del agua sobre la abundancia ( $x^2 = 7,51e-09$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 6,91e-05$ ), mostrando una tendencia negativa ( $\beta = -0,137$ ,  $SE = 0,0347$ ,  $p = 8,32e-05$ ) (Figura 14). La incidencia del oleaje también tuvo un efecto significativo ( $x^2 = 0,00092$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,02428$ ) y mostró una relación positiva donde en zonas resguardadas del oleaje se predijo una media de 19,8 ( $SE = 2,1$ ) colonias por *quadrat* (lo que corresponde a una densidad de 1980 colonias por  $m^2$ ) y en zonas expuestas al oleaje una media de 27,6 ( $SE = 2,8$ ) colonias por *quadrat* (lo que corresponde a una densidad de 2760 colonias por  $m^2$ ) (Figura 15). A su vez, el ángulo de inclinación del sustrato resultó significativo ( $x^2 = 0,00046$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 0,01727$ ), mostrando una tendencia positiva ( $\beta = 0,0705$ ,  $SE = 0,0296$ ,  $p = 0,017$ ) (Figura 16) (Tabla 1 y 2).

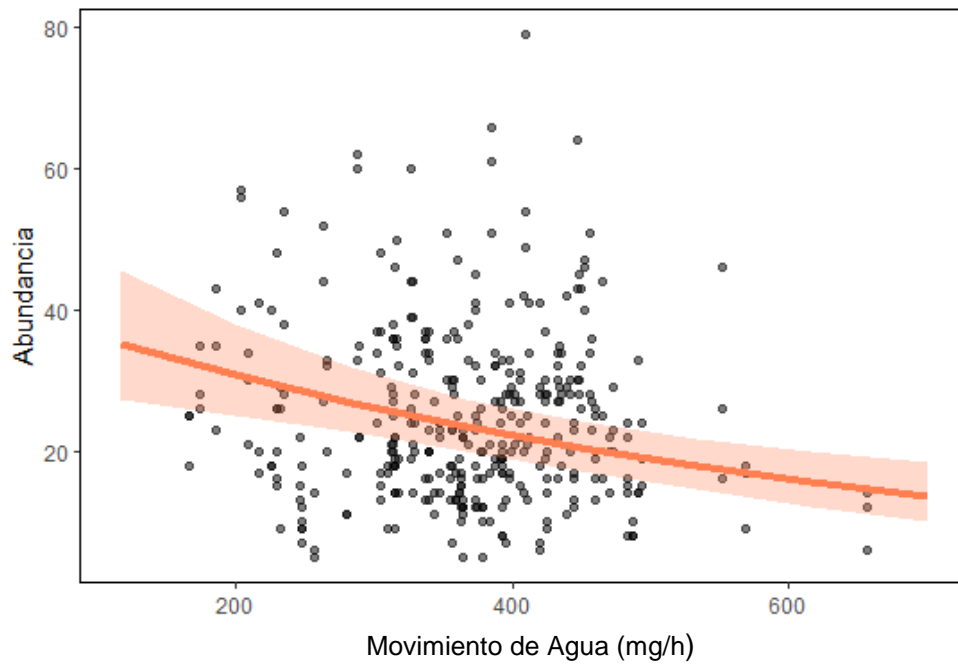


Figura 14. Predicción del modelo para la abundancia en relación al movimiento del agua. Se representa la tendencia predicha por el modelo y el intervalo de confianza del 95%, junto con los datos originales.

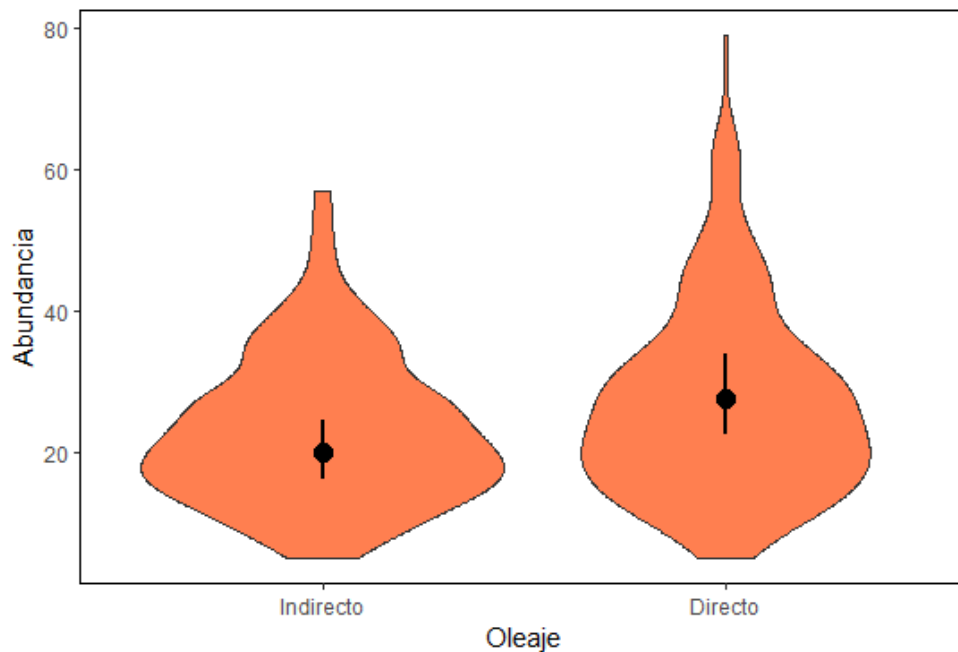


Figura 15. Predicción del modelo para la abundancia por quadrat ( $100\text{cm}^2$ ) en relación a la incidencia del oleaje. Se representan las medias predichas y los intervalos de confianza del 95%, junto con la distribución de los datos originales.



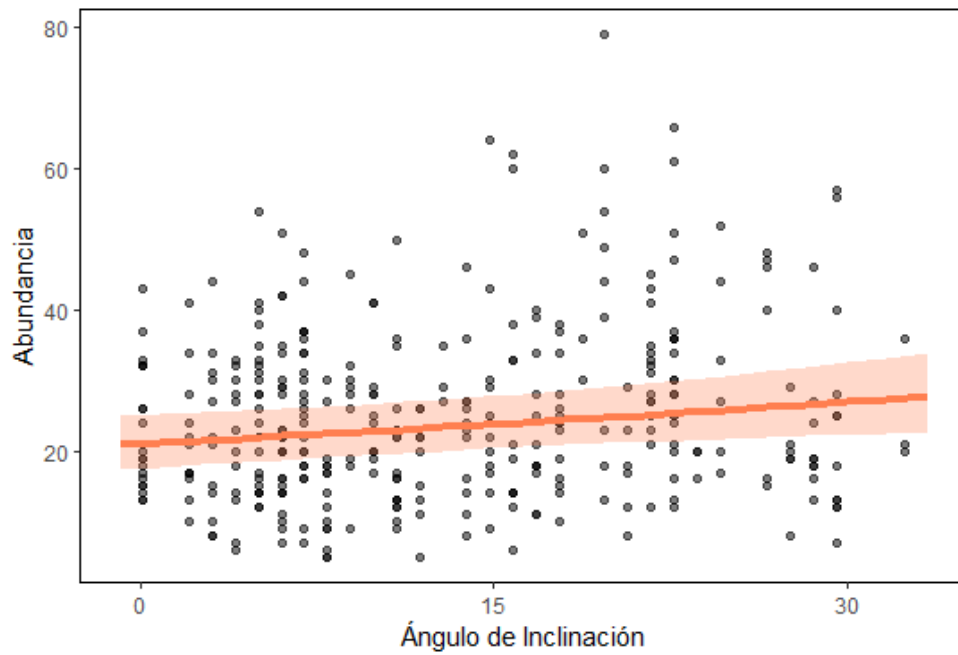


Figura 16. Predicción del modelo para la abundancia en relación al ángulo de inclinación del sustrato. Se representa la tendencia predicha y los intervalos de confianza del 95%, junto con los datos originales.

Tabla 1. Tabla arrojada por la función *drop1()* en los GLMM de Abundancia, mostrando los niveles de significancia al remover cada variable predictora del modelo saturado. GL: grados de libertad; AIC: Criterio de información de Akaike; LRT: likelihood ratio test; P: valor de probabilidad.

**Modelo de Abundancia**

<b>Predictor</b>	<b>G</b>	<b>AIC</b>	<b>LRT</b>	<b>P</b>
<i>Saturado</i>		2673,5		
<i>Mov. agua</i>	1	2687,4	15,832	<b>6,919e-05</b>
<i>Ángulo</i>	1	2677,2	6,6692	<b>0,01727</b>
<i>Riqueza</i>	1	2675,0	3,4671	0,06260
<i>Oleaje</i>	1	2676,6	5,0746	<b>0,02428</b>
<i>Nivel</i>	2	2673,0	3,4677	0,17660

Tabla 2. Tabla de resumen del GLMM de Abundancia. EST: valor estimado; SE: error estándar; IC: intervalo de confianza; R<sup>2</sup>C: R<sup>2</sup> condicional; R<sup>2</sup>M: R<sup>2</sup> marginal.

<b>Modelo de Abundancia</b>			
<b>Predictor</b>	<b>EST</b>	<b>SE</b>	<b>IC</b>
<i>Mov. Agua</i>	-0,137	0,035	-0,205 – - 0,069
<i>Ángulo</i>	0,070	0,030	0,012 – 0,129
<i>Riqueza</i>	0,048	0,026	-0,003 – 0,099
<i>Oleaje [si]</i>	0,329	0,140	0,054 – 0,603
<i>Nivel [medio]</i>	-0,060	0,119	-0,294 – 0,174
<i>Nivel [alto]</i>	0,163	0,120	-0,073 – 0,399
<b>R<sup>2</sup>C / R<sup>2</sup>M</b>	0,36 / 0,15		

#### *Modelo de Tamaño superficial*

Para evaluar el efecto de las variables ambientales sobre la talla se ajustó un GLMM, con distribución del error Gamma y una función “log” de enlace. El poder explicativo total (R<sup>2</sup>C) es de 0,56 y la parte relacionada solo con los efectos fijos (R<sup>2</sup>M) es de 0,45. En la Figura 2-B del Anexo se muestran las gráficas de los residuales.

Se encontró un efecto significativo del tiempo de exposición aérea sobre el tamaño superficial ( $\chi^2 = 5,10e-09$ , gl = 2, p = 2,55e-09) y se predijo una media de 17,25 (SE = 2,28) mm<sup>2</sup> para el nivel bajo, una media de 12,8 (SE = 1,8) mm<sup>2</sup> para el nivel medio y una media de 8,99 (SE = 1,2) mm<sup>2</sup> para el nivel alto, mostrando una relación negativa (Figura 17). De igual manera, la incidencia del oleaje tuvo un efecto significativo ( $\chi^2 = 0,0001$ , gl = 1, p = 0,008) con una tendencia negativa, donde en zonas resguardadas del oleaje se predijo una media de 17,04 (SE = 2,6) mm<sup>2</sup>, y una media de 9,27 (SE = 1,4) mm<sup>2</sup> en las zonas expuestas al oleaje (Figura 18). En este caso, el ángulo de inclinación del sustrato también mostró un efecto significativo ( $\chi^2 = 0,003$ , gl = 1, p = 0,044), mediante una relación negativa ( $\beta = -0,043$ , SE = 0,0217, p = 0,043) (Figura 19) (Tabla 3 y 4).

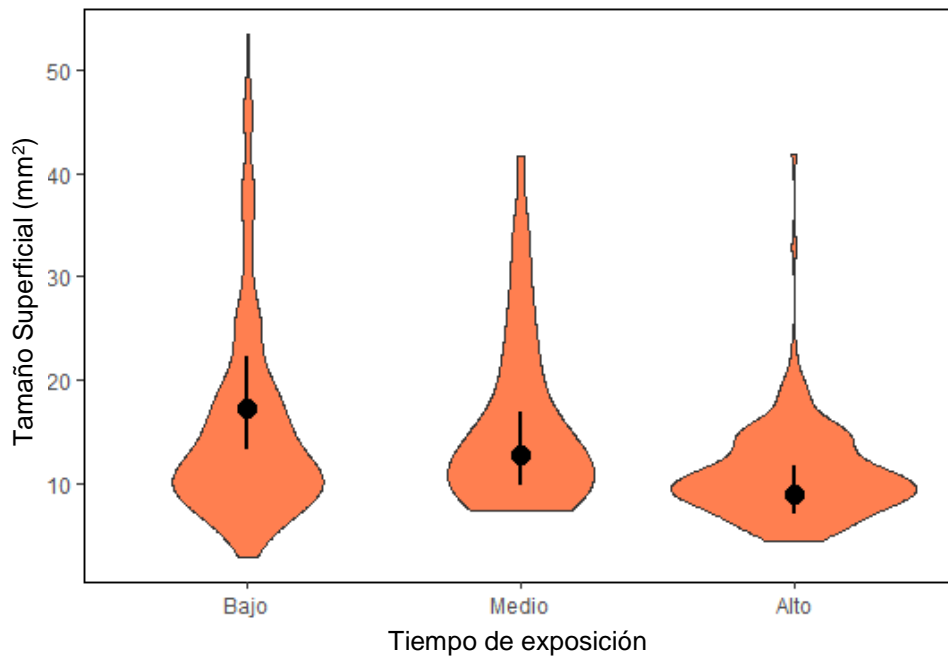


Figura 17. Predicción del modelo para el tamaño superficial en relación al tiempo de exposición aérea. Se representan las medias predichas y los intervalos de confianza del 95%, junto con la distribución de los datos originales.

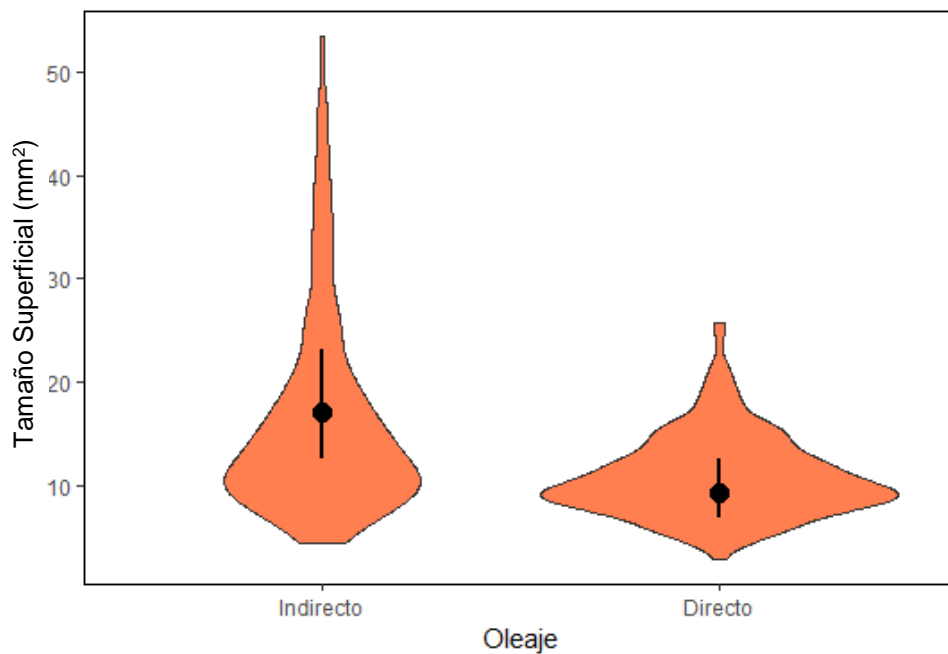


Figura 18. Predicción del modelo para el tamaño superficial en relación a la incidencia del oleaje. Se representan las medias predichas y los intervalos de confianza del 95%, junto con la distribución de los datos originales.

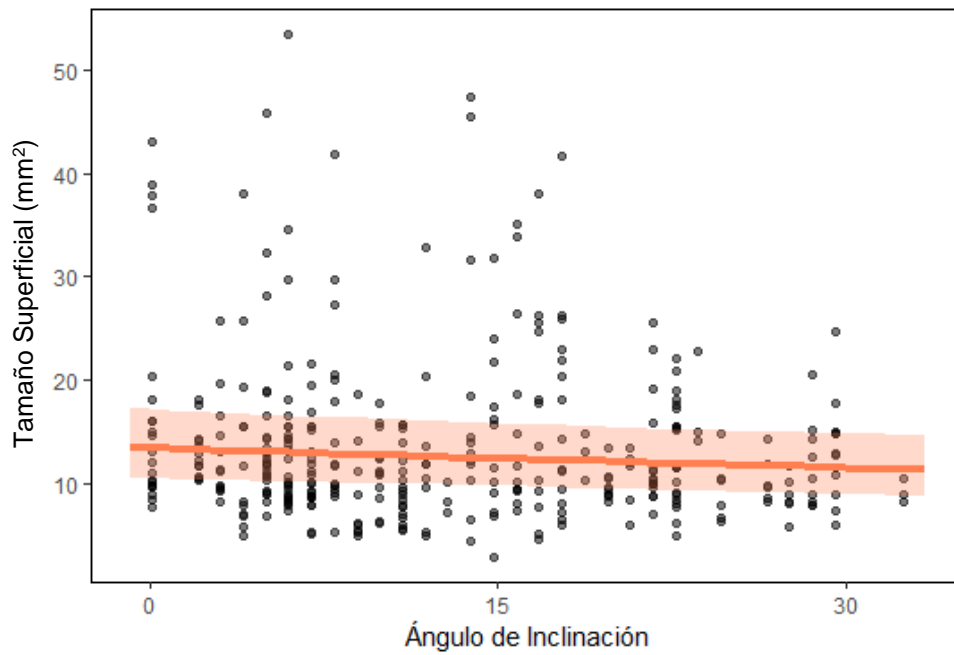


Figura 19. Predicción del modelo para el tamaño superficial en relación al ángulo de inclinación del sustrato. Se representa la tendencia predicha y los intervalos de confianza del 95%, junto con los datos originales.

Tabla 3. Tabla arrojada por la función *drop1()* en los GLMM de Tamaño superficial, mostrando los niveles de significancia al remover cada variable predictora del modelo saturado. GL: grados de libertad; AIC: Criterio de información de Akaike; LRT: likelihood ratio test; P: valor de probabilidad.

**Modelo de Tamaño Superficial**

<b>Predictor</b>	<b>G</b>	<b>AIC</b>	<b>LRT</b>	<b>P</b>
<i>Saturado</i>		1972		
<i>Mov. Agua</i>	1	1970	0,005	0,94267
<i>Ángulo</i>	1	1974	4,028	<b>0,04474</b>
<i>Riqueza</i>	1	1971	0,729	0,39305
<i>Oleaje</i>	1	1977	6,921	<b>0,00852</b>
<i>Nivel</i>	2	2008	39,537	<b>2,552e-09</b>

Tabla 4. Tabla de resumen del GLMM de Tamaño Superficial. EST: valor estimado; SE: error estándar; IC: intervalo de confianza; R<sup>2</sup>C: R<sup>2</sup> condicional; R<sup>2</sup>M: R<sup>2</sup> marginal.

<i>Modelo de Tamaño Superficial</i>			
<i>Predictor</i>	<b>EST</b>	<b>SE</b>	<b>IC</b>
<i>Mov. Agua</i>	-0,002	0,026	-0,054 – 0,050
<i>Ángulo</i>	-0,044	0,022	-0,086 – -0,001
<i>Riqueza</i>	0,016	0,019	-0,021 – 0,053
<i>Oleaje [si]</i>	-0,608	0,190	-0,982 – -0,235
<i>Nivel [medio]</i>	-0,299	0,087	-0,469 – -0,128
<i>Nivel [alto]</i>	-0,652	0,099	-0,847 – -0,457
<b>R<sup>2</sup>C / R<sup>2</sup>M</b>	0,56 / 0,45		

#### *Modelo de Cobertura*

Para evaluar el efecto de las variables ambientales sobre la cobertura se realizó un modelo GLMM, con una distribución del error Gamma y una función de enlace “log”. Si bien la variable cobertura respondería a una distribución Beta, en este caso se decidió implementar una distribución Gamma ya que los datos se encuentran suficientemente alejados de los límites 0 y 1 (0% y 100%). El poder explicativo total del modelo (R<sup>2</sup>C) es de 0,38 y la parte relacionada solo con los efectos fijos (R<sup>2</sup>M) es de 0,26. En la Figura 2-C del Anexo se muestran las gráficas de los residuales.

Se encontró un efecto significativo del movimiento del agua sobre la cobertura ( $x^2 = 4,63e-11$ ,  $gl = 1$ ,  $p = 5,431e-06$ ), presentando una relación negativa ( $\beta = -0,169$ ,  $SE = 0,0365$ ,  $p = 3,51e-06$ ) (Figura 20). De igual manera, el tiempo de exposición aérea también presentó un efecto significativo ( $x^2 = 0,018$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0,009$ ), para el cual el modelo predijo una media de 4,01% ( $SE = 0,6$ ) para el nivel bajo, una media de 3,01% ( $SE = 0,5$ ) para el nivel medio y una media de 2,75% ( $SE = 0,4$ ) para el nivel alto (Figura 21) (Tabla 5 y 6).

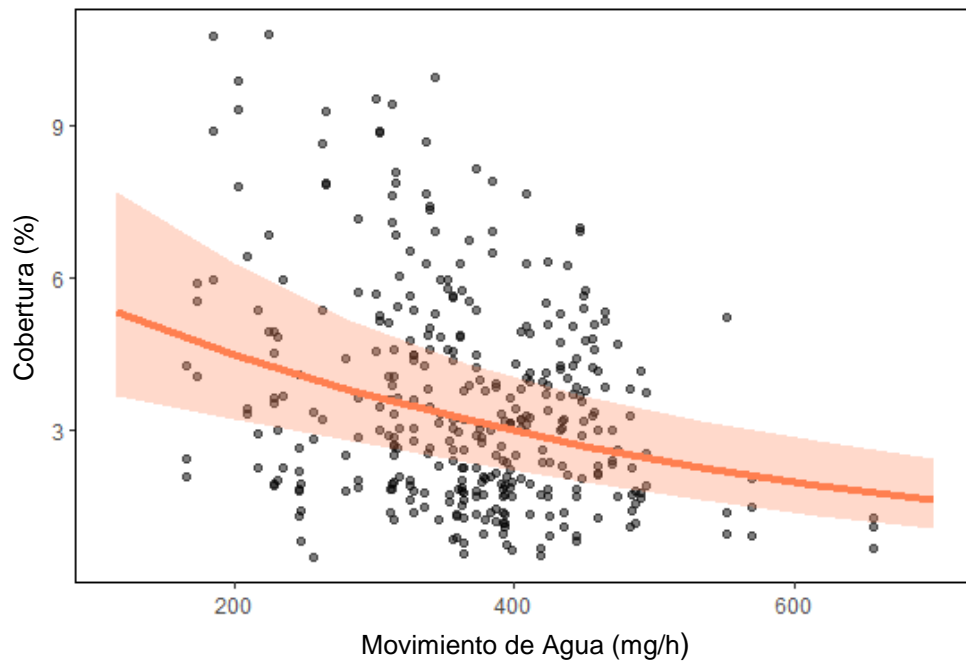


Figura 20. Predicción del modelo para la cobertura en relación al movimiento del agua. Se representa la tendencia predicha y los intervalos de confianza del 95%, junto con los datos originales.

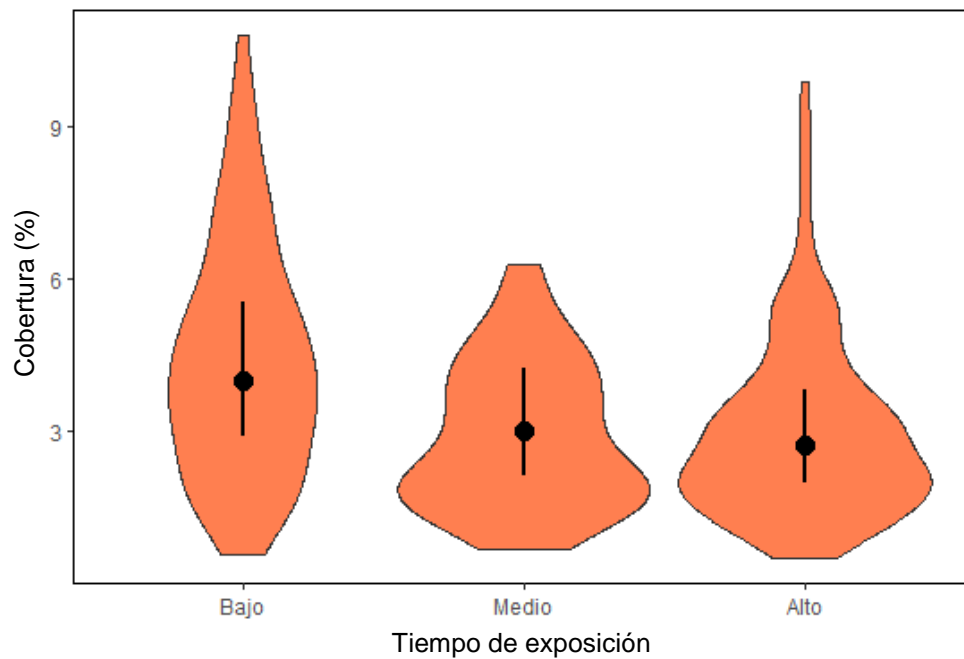


Figura 21. Predicción del modelo para la cobertura en relación al tiempo de exposición aérea. Se representan las medias predichas y los intervalos de confianza del 95%, junto con la distribución de los datos originales.

Tabla 5. Tabla arrojada por la función *drop1()* en los GLMM de Cobertura, mostrando los niveles de significancia al remover cada variable predictora del modelo saturado. GL: grados de libertad; AIC: Criterio de Información de Akaike; LRT: likelihood ratio test; P: valor de probabilidad.

<b>Modelo de Cobertura</b>				
<b>Predictor</b>	<b>G</b>	<b>AIC</b>	<b>LRT</b>	<b>P</b>
<i>Saturado</i>		-2070,3		
<i>Mov. Agua</i>	1	-2051,6	20,679	<b>5,431e-06</b>
<i>Ángulo</i>	1	-2071,9	0,3366	0,561798
<i>Riqueza</i>	1	-2068,5	3,8104	0,050935
<i>Oleaje</i>	1	-2071,1	1,2047	0,2722388
<i>Nivel</i>	2	-2064,9	9,3544	<b>0,009305</b>

Tabla 6. Tabla de resumen del GLMM de Abundancia, Tamaño Superficial y Cobertura. EST: valor estimado; SE: error estándar; IC: intervalo de confianza; R<sup>2</sup>C: R<sup>2</sup> condicional; R<sup>2</sup>M: R<sup>2</sup> marginal

<b>Modelo de Cobertura</b>			
<b>Predictor</b>	<b>EST</b>	<b>SE</b>	<b>IC</b>
<i>Mov. Agua</i>	-0,169	0,03	-0,241 – -0,098
<i>Ángulo</i>	0,018	0,03	-0,043 – 0,079
<i>Riqueza</i>	0,052	0,02	0 – 0,104
<i>Oleaje [si]</i>	-0,229	0,20	-0,622 – 0,164
<i>Nivel [medio]</i>	-0,288	0,11	- 0,521 – -0,055
<i>Nivel [alto]</i>	-0,378	0,13	-0,644 – -0,112
<b>R<sup>2</sup>C / R<sup>2</sup>M</b>	<b>0,38 / 0,26</b>		

#### 4. DISCUSIÓN

En este trabajo se presenta y se describe una población de octocoral del género *Alcyonium* ubicada en una restinga intermareal del noroeste del Golfo San Matías, y se evalúa su distribución respecto de algunos factores ambientales prevalentes en su hábitat. Se describe la población en cuanto a su abundancia, tamaño superficial, biomasa húmeda y cobertura, y se ajusta una ecuación que relaciona el tamaño y la biomasa húmeda. Las variables ambientales que mayor efecto tuvieron sobre las variables poblacionales de *Alcyonium* fueron el movimiento del agua y el tiempo de exposición aérea.

Si bien aún no pudo determinarse a nivel específico este coral *Alcyonium*, este es el primer registro de un coral blando intermareal en el Golfo San Matías y el segundo de la costa argentina, sumándose a *Incrustatus niarchosi* registrado en Tierra del Fuego (McFadden & van Ofwegen 2013). *Alcyonium* sp. pudo observarse también en zonas submareales, incorporándose a un octocoral pennatuláceo (observación personal), al alcyonáceo *Tripalea clavaria* (observación personal) y al octocoral *Icrustatus comauensis* (observación personal), presentes en zonas submareales cercanas. Por otra parte, este constituye también el primer registro de un coral del género *Alcyonium* para toda la zona costera de Argentina, ya que el registro más cercano de este género corresponde a *Alcyonium* sp. como epibionte asociado a los bancos de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*) localizados entre los 80 y 120 m de profundidad, y desde 38° S hasta 47° S en el Mar Argentino (Bremec et al. 2003).

Durante el muestreo exploratorio, se encontró una correlación alta entre el tamaño superficial y la biomasa húmeda, lo que permitió ajustar una ecuación para tal relación. Dada la restringida distribución espacial registrada hasta el momento y la baja abundancia de este coral, los métodos destructivos, tradicionales de muestreo resultan inapropiados en términos de conservación (Sheehan et al. 2010). Por otra parte, el tamaño, la estructura corporal delicada de



*Alcyonium*, y las irregularidades del sustrato suponen una dificultad extra al momento de coleccionar material. En este sentido, esta ecuación puede resultar útil y adecuada en futuros trabajos donde sea de interés estimar la biomasa de los corales a partir del tamaño superficial de las colonias, sin necesidad de realizar un muestreo destructivo.

Para analizar la variación de la abundancia, el tamaño superficial y la cobertura de las colonias de *Alcyonium* sp. en relación a factores ambientales, se eligieron como predictores el movimiento del agua, el ángulo de inclinación del sustrato, la riqueza del ensamble acompañante, la incidencia del oleaje -indirecta o directa- y el tiempo de exposición aérea. En general, las relaciones halladas entre estos factores y las variables poblacionales no fueron fuertes, sin detectarse correlaciones altas, a pesar de detectar efectos significativos en los modelos. Esto se debe a que las variables poblacionales presentan una gran dispersión que no alcanza a ser explicada en su totalidad por las variables elegidas. A futuro, dado que existe una relación directa de variables bióticas, como la disponibilidad de alimento, sobre la fisiología y en última instancia el tamaño de los organismos sésiles intermareales (e.g. Horn et al. 2021), se sugiere la incorporación de alguna medida directa de la disponibilidad de alimentos como la concentración de fitoplancton y zooplancton. A pesar de ello, dadas las restricciones metodológicas que implica la colecta de datos ambientales en un intermareal expuesto, se considera que los factores ambientales fueron adecuadamente seleccionados, resultando prácticos para ser relevados puntualmente en el campo y permitiendo contrastar la hipótesis y poner a prueba las predicciones.

Respecto de la relación entre las variables poblacionales y los factores ambientales se planteó como hipótesis que los principales predictores de la abundancia y el tamaño de *Alcyonium* sp. eran el movimiento del agua y el tiempo de exposición aérea. Las predicciones derivadas fueron que la relaciones entre ambos factores ambientales -el movimiento del agua y

el tiempo de exposición- y la abundancia/tamaño de las colonias serían positivos y negativos respectivamente, mientras que los demás factores serían relativamente de menor importancia. El modelo para la Abundancia detectó efectivamente como principal predictor al movimiento del agua, mostrando una relación negativa. Menor grado de significancia tuvieron el ángulo de inclinación del sustrato y la incidencia del oleaje, cuyas relaciones con la abundancia fueron positivas. El modelo del Tamaño Superficial identificó como principal predictor al tiempo de exposición aérea, cuya disminución implica un aumento en el tamaño de las colonias. Por otra parte, el ángulo de inclinación del sustrato y el oleaje tuvieron menor grado de significancia, relacionándose negativamente con el tamaño superficial. Finalmente, el modelo de la Cobertura detectó como principales predictores al movimiento del agua y el tiempo de exposición aérea, disminuyendo en ambos casos la cobertura superficial.

En base a estos resultados, mientras que la hipótesis central acerca de los principales predictores de la abundancia y el tamaño de *Alcyonium* sp. pudo corroborarse, las predicciones se cumplieron parcialmente. Contrariamente a lo predicho, la relación entre la abundancia y el movimiento del agua resultó negativa. Algunas especies de este género de octocorales como por ejemplo *A. siderium* (Sebens 1983) y *A. rudyi* (McFadden 1991) presentan estrategias de reproducción sexual, mediante una larva plánula bentónica y asexual mediante fisión binaria. La disminución de la abundancia con el aumento del movimiento del agua podría deberse a que, a mayor flujo el asentamiento de las larvas puede ser menor y su mortalidad mayor. A su vez, el aumento del flujo debido a la incidencia directa del oleaje podría estimular a las colonias a desarrollar patrones de reproducción asexual, creciendo en abundancia en lugar de tamaño (McFadden 1986). Se desconoce la dinámica reproductiva de este coral *Alcyonium* sp., por lo que se sugiere el análisis de sus estrategias reproductivas en relación al movimiento del agua,

por ejemplo, mediante muestreos fotográficos con un diseño de medidas repetidas para poder hacer un seguimiento de las colonias a lo largo del tiempo.

Los resultados obtenidos en la relación entre el tamaño de las colonias y el movimiento del agua coinciden con lo postulado por Sebens (1984), quien propone que aquellos corales que se encuentran en hábitats donde el flujo de agua promedio es cercano al óptimo deberían tener la mayor tasa de crecimiento y potencialmente expresar un mayor tamaño. En este estudio se encontró que, si bien el movimiento del agua no ejerce un efecto significativo sobre el tamaño superficial, se puede ver que *Alcyonium* sp. alcanza su mayor tamaño en el rango medio de movimiento del agua. Esto se debe a que como los corales son suspensívoros pasivos, dependen del movimiento del agua para que les lleve alimento hacia los tentáculos. En rangos de poco flujo la probabilidad de encuentro con el alimento es menor, por lo que el coral pasará más tiempo retraído y por consiguiente se alimentará menos; en rangos de alto flujo de agua, si bien aumenta la probabilidad de encuentro con el alimento, el coral es incapaz de atraparlo y la tasa de alimentación también será menor. A su vez, movimientos extremos de agua, como resultado del oleaje directo, pueden marcar el límite superior de la talla de algunos animales que habitan el intermareal, aumentando su mortalidad a tamaños mayores (Denny, 1985) como es el caso de *Alcyonium* sp. en este trabajo.

La orientación de la superficie en un arrecife rocoso puede modelar la composición de la comunidad bentónica en el submareal. Diferenciando las superficies entre horizontal, vertical, alero y piso de las cuevas, los invertebrados sésiles con un hábito alimenticio suspensívoro pasivo son más abundantes en la orientación de alero (Cárdenas & Montiel 2015, Bravo et al. 2020). Esto coincide con el hábitat en donde las colonias de *Alcyonium* sp. fueron encontradas en la restinga estudiada en este trabajo, las cuales, teniendo a consideración que el ángulo de mayor inclinación del sustrato fue de 33 grados, aparentemente tienen preferencia por la

orientación de alero por sobre las otras orientaciones. En este trabajo, además, se demostró que la inclinación del sustrato también puede ser un factor importante a considerar al momento de estudiar las características de la población de un organismo bentónico sésil, y quizá también del ensamble comunitario.

La variable cobertura, medida en unidades de superficie es, en cierto modo, la síntesis de las variables abundancia y tamaño de las colonias. De esta forma, este modelo puede considerarse como el más adecuado al momento de entender la relación de la población con su ambiente en el intermareal. Así, mientras el movimiento del agua se relaciona fuertemente con la abundancia y el tiempo de exposición aérea se relaciona con el tamaño, ambos factores se relacionan con la cobertura. En el otro extremo, mientras que el ángulo del sustrato y la incidencia del oleaje se relacionan positiva y negativamente sobre la abundancia y el tamaño, respectivamente, ninguno de los dos se relaciona con la cobertura.

En este contexto surge una nueva pregunta, ¿qué condiciona más a la cobertura, el aumento en abundancia o el aumento en tamaño?

Para responder esta pregunta con los datos obtenidos en este trabajo, se podría realizar un modelo lineal generalizado mixto con la cobertura como variable respuesta y como variables explicativas la abundancia y el tamaño superficial.

Para una colonia recientemente asentada y de menor talla, el aumento rápido del tamaño puede ser importante para asegurar su supervivencia contrarrestando los efectos negativos de la depredación y de la competencia por el espacio alongándose en la columna de agua para obtener los recursos necesarios (Lasker et al. 2020). Sin embargo, los octocorales como organismos formadores de “bosques de animales” (Rossi et al. 2017) se benefician en gran medida por la formación de agregados (aumentando la abundancia de sus colonias), que modifican las características hidrodinámicas del agua circundante, promoviendo el asentamiento de larvas y

el aumento de la tasa de captura del alimento (Guizien & Ghisalberti 2016, McFadden 1986). De esta manera, estos agregados son energéticamente más favorables que el continuo crecimiento individual hasta el mayor tamaño posible (Gili & Coma 1998).

Entonces una posible hipótesis a esta interrogante sería que tanto el aumento en abundancia como el aumento en tamaño son relevantes para el aumento de la cobertura, siendo de mayor relevancia el aumento de la abundancia.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un nuevo registro de octocoral en la zona intermareal de la costa argentina y el primero del Golfo San Matías, Río Negro. Se hace un primer acercamiento a esta población describiendo sus características de abundancia, tamaño y cobertura; logrando generar una ecuación que describe la relación entre el tamaño y la biomasa de las colonias, la cual se sugiere sea utilizada en futuros muestreos no destructivos, dada su restringida distribución conocida hasta el momento y contribuyendo así con su conservación. Algunos de los factores ambientales propios del intermareal fueron analizados con relación a las características poblacionales de *Alcyonium* sp., de los cuales resultaron tener un efecto significativamente mayor el movimiento del agua y el tiempo de exposición aérea, generados por la gran amplitud de marea característica de la zona. La cobertura porcentual de *Alcyonium* sp. resulta ser la característica más adecuada para entender la relación con su ambiente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

**Bertness MD, Callaway R (1994)** Positive interactions in communities. *Trends in Ecology & Evolution* 9(5): 191-193.

**Bertness MD, Crain CM, Silliman BR, Bazterrica MC, Reyna MV, et al. (2006)** The community structure of western atlantic patagonian rocky shores. *Ecological Monographs* 76(3):439-460.

**Bravo G, Livore JP, Bigatti G (2020)** The importance of Surface orientation in biodiversity monitoring protocols: the case of patagonian rocky reefs. *Frontiers in Marine Science* 7:578595.

**Bremec C, Schejtes L, Lasta M (2003)** Guía técnica para la identificación de invertebrados epibentónicos asociados a los bancos de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*) en el Mar Argentino. Publicaciones especiales INIDEP, Mar del Plata, 28pp.

**Bolker BM (2015)** Linear and generalized linear mixed models. En: Fox GA (ed) *Ecological statistics: contemporary theory and application*. Oxford University Press, pp 309-333.

**Cairns SD (2007)** Deep-water corals: an overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinians corals. *Bulletin of Marine Science* 81(3): 311-322.

**Cárdenas CA, Montiel A (2015)** The influence of depth and substrate inclination on sessile assemblages in subantarctic rocky reefs (Magellan region). *Polar Biology* 38: 1631-1644.

**Carrington Bell E, Denny MW (1994)** Quantifying “wave exposure”: a simple device for recording maximum velocity and results of its use at several field sites. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 181: 9-29.

**Connell JH (1961)** The Influence of Interspecific Competition and Other Factors on the Distribution of the Barnacle *Chthamalus Stellatus*. *Ecology* 42(4): 710-723.

**Daleo P, Escapa M, Alberti J, Iribarne O (2006)** Negative effects of an autogenic ecosystem engineer: interactions between coralline turf and an ephemeral green alga. *Marine Ecology Progress Series* 315: 67-73.

**Díaz-Pulido G, Sánchez JA, Zea S, Díaz J M, Garzón-Ferreira, J (2004).** Esquemas de distribución espacial en la comunidad bentónica de arrecifes coralinos continentales y oceánicos del Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28(108): 337-348.

**Denny MW, Daniel TL, Kohel MAR (1985)** Mechanical limits to size in wave-swept organisms. *Ecological Monographs* 55 (1): 69-102.

**Dong Y, Miller LP, Sanders JG, Somero GN (2008)** Heat-shock protein 70 (Hsp70) expression in four limpets of the genus *Lottia*: interspecific variation in constitutive and inducible synthesis correlates with in situ exposure to heat stress. *The Biological Bulletin* 215(2): 173-181.

**Doty MS (1971)** Measurement of Water Movement in Reference to Benthic Algal Growth. *Botanica Marina* 14: 32-35.

**Douglas B, Maechler M, Bolker B, Walker S (2015)** Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistics Software* 67(1): 1-48.

**Fox J, Weisberg S (2019)** *An R companion to applied regression*. 3rd edn. Sage, Thousand Oaks CA.

**Fuentes K, Brante A (2014)** Megadisturbances and ecological recovery in the intertidal zone: the role of interspecific competition between bioengineer mussel species. *Marine Ecology Progress Series* 515: 161-172.

**García D (2006).** La escala y su importancia en el análisis espacial. *Ecosistemas* 15(3): 7-18.



**Gastaldi M, Firstater FN, Daleo P, Narvarte MA (2016)** Abundance of the sponge *Hymeniacidon* cf. *Perlevis* in a stressful environment of Patagonia: relationships with *Ulva lactuca* and physical variables. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(2): 465-472.

**Gili JM, Coma R (1998)** Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends in Ecology & Evolution* 13(8): 316-321.

**Guizien K, Ghisalberti M (2016)** Living in the canopy of the animal forests: physical biogeochemical aspects. *Marine animal forests*: 1-22.

**Honeycutt RL, Hillis DM, Bickham JW (2010)** Biodiversity discovery and its importance to conservation. En: DeWoody JA, Bickham JW, Michler CH, Nichols KM, Rhodes OE, Woeste KE (eds). *Molecular approaches in natural resource conservation and management*. Cambridge University Press, New York EUA, pp 1-34.

**Horn KM, Fournet M, Liautaud KA, Morton LN, Cyr AM et al. (2021)** Effects of intertidal position on metabolism and behavior in the acorn barnacle, *Balanus glandula*. *Integrative Organismal Biology* 3(1): 1-23.

**Jokiel P (1993)** Water motion on coral reefs: evaluation of the 'clod card' technique. *Marine Ecology Progress Series* 93: 175-181.

**Jørgensen CB (1955)** Quantitative aspects of filter feeding in invertebrates. *Biological Reviews* 30(4): 391-453.

**Khalesi MK, Beeftink HH, Wijfels RH (2007)** Flow-dependent growth in the zooxanthellate soft coral *Sinularia flexibilis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 351: 106-113.

**Lasker HR, Bramanti L, Tsounis G, Edmunds PT (2020)** The of octocoral forests on Caribbean reefs. *Advances in Marine Biology* 87(1): 361-410.

**Lüdecke D, Ben-Shachar MS, Patil I, Waggoner P, Makowski D (2021)** performance: an R package for assessment, comparison and testing of statistical models. *Journal of Open Source Software* 6(60): 31-39.

**Martínez H, Náñez C, Lizuain A, Dal Molin C, Turel A (2001)** Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, Hoja Geológica 4166-II San Antonio Oeste. Boletín n° 254, Buenos Aires.

**McFadden CS (1986)** Colony fission increases particle capture rates of a soft coral: advantages of being a small colony. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 103(1-3): 1-20.

**McFadden CS (1991)** A comparative demographic analysis of clonal reproduction in a temperate soft coral. *Ecology* 72(5): 1849-1866.

**McFadden CS, van Ofwegen LP (2013)** A second, cryptic species of the soft coral genus *Incrustatus* (Anthozoa: Octocorallia: Clavulariidae) from Tierra del Fuego, Argentina, revealed by DNA barcoding. *Helgoland Marine Research* 67(1): 137-147.

**Mendez MM, Livore JP, Calcagno JA, Bigatti G (2017)** Effects on recreational activities on Patagonian rocky shores. *Marine Environmental Research* 130: 213-220.

**Migné A, Davoult, D (2002)** Experimental nutrition in the soft coral *Alcyonium digitatum* (Cnidaria: Octocorallia): removal rate of phytoplankton and zooplankton. *Cahiers de Biologie Marine* 43(1): 9-16.

**Montgomery D, Peck E (1992)** *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

**Mouzo FH (2014)** Edad del Golfo San Matías, plataforma continental argentina y la estratigrafía en el gran bajo de San Antonio, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71(1): 125-138.

**Okuda T, Noda T, Yamamoto T, Hori M, Nakaoka M (2009)** Latitudinal gradients in species richness in assemblages of sessile animals in rocky intertidal zone: mechanisms determining scale-dependent variability. *Journal of Animal Ecology* 78: 328-337.

**Patterson MR (1984)** Patterns of Whole Colony Prey Capture in the Octocoral, *Alcyonium siderium*. *The Biological Bulletin* 167(3): 613-629.

**Pérez CD, Zamponi MO (2004)** New records of octocorals (Cnidaria, Anthozoa) from the south western Atlantic Ocean, with zoogeographic considerations. *Zootaxa* 630(0): 1-12.

**Pérez CD, Moura Neves B, Cordeiro RT, Williams GC, Cairns SD (2016)** Diversity and Distribution of Octocorallia. En: Goffredo S, Dubinsky Z (eds) *The Cnidaria, Past, Present and Future*. Springer International Publishing Switzerland, pp 109-123.

**R Core Team (2023)** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria.

**Rossi S, Bramanti L, Gori A, Orejas C (2017)** An overview of the animal forests of the world. *Marine animal forests*: 1-28.

**Rossi S, Coppari M, Viladrich N (2017)** Benthic-pelagic coupling: new perspectives in the animal forests. En: Rossi S, et al. (eds) *Marine animal forests: the ecology of benthic biodiversity hotspots*. Springer International Publishing, pp 855-885.

**Schejter L, Genzano G, Gaitán E, Perez CD, Bremec CS (2020)** Benthic communities in the Southwest Atlantic Ocean: Conservation value of animal forests at the Burdwood Bank slope. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 30(3): 426-439.

**Sebens KP (1983)** The larval and juvenile ecology of the temperate octocoral *Alcyonium siderium* Verrill. II. Fecundity, survival, and juvenile growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 72(3): 263-285.

**Sebens KP (1984)** Water flow and coral colony size: inersubhabitat comparisons of the octocoral *Alcyonium siderium*. Proceeding of the National Academy of Science 81(17): 5473-5477.

**Sebens KP, Koehl MAR (1984)** Predation on zooplankton by the benthic anthozoans *Alcyonium siderium* (Alcyonacea) and *Metridium senile* (Actinaria) in the New England subtidal. Marine Biology 81: 255-271.

**Sheehan E, Stevens T, Attrill M (2010)** A quantitative, non-destructive methodology for hábitat characterisation and benthic monitoring at offshore renewable energy developments. PLoS ONE 5(12): e14461.

**Tomanek L, Helmuth B (2002)** Physiological ecology of rocky intertidal organisms: a synergy of concepts. Integrative and Comparative Biology, 42 (4): 771-775.

**Williams GC, Cairns SD (2019)** SYSTEMATIC LIST OF VALID OCTOCORAL GENERA.  
<https://researcharchive.calacademy.org/research/izg/OCTOCLASS.htm>

**Williams GC (2011)** The global diversity of sea pens (Cnidaria: Octocorallia: Pennatulacea). PLoS One, 6(7): e22747.

**Zamponi MO (2008)** La corriente de Malvinas: ¿una vía de dispersión para cnidarios bentónicos de aguas frías. Revista Real Academia Galega de Ciencias 27: 183-203.

## ANEXO

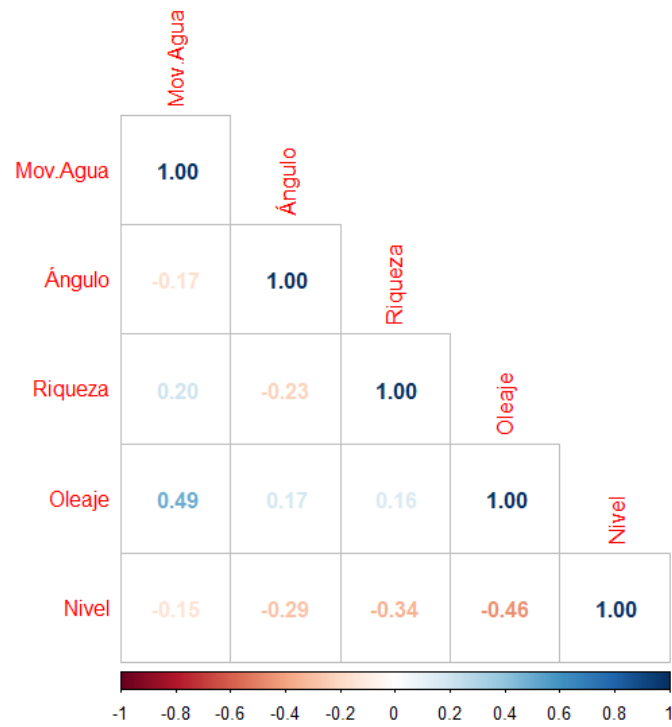


Figura A1. Matriz de correlación entre las variables explicativas (Movimiento de Agua, Ángulo de Inclinación, Riqueza del ensamble, Oleaje y Nivel de exposición aéreo) usadas en los modelos lineales generalizados mixtos.

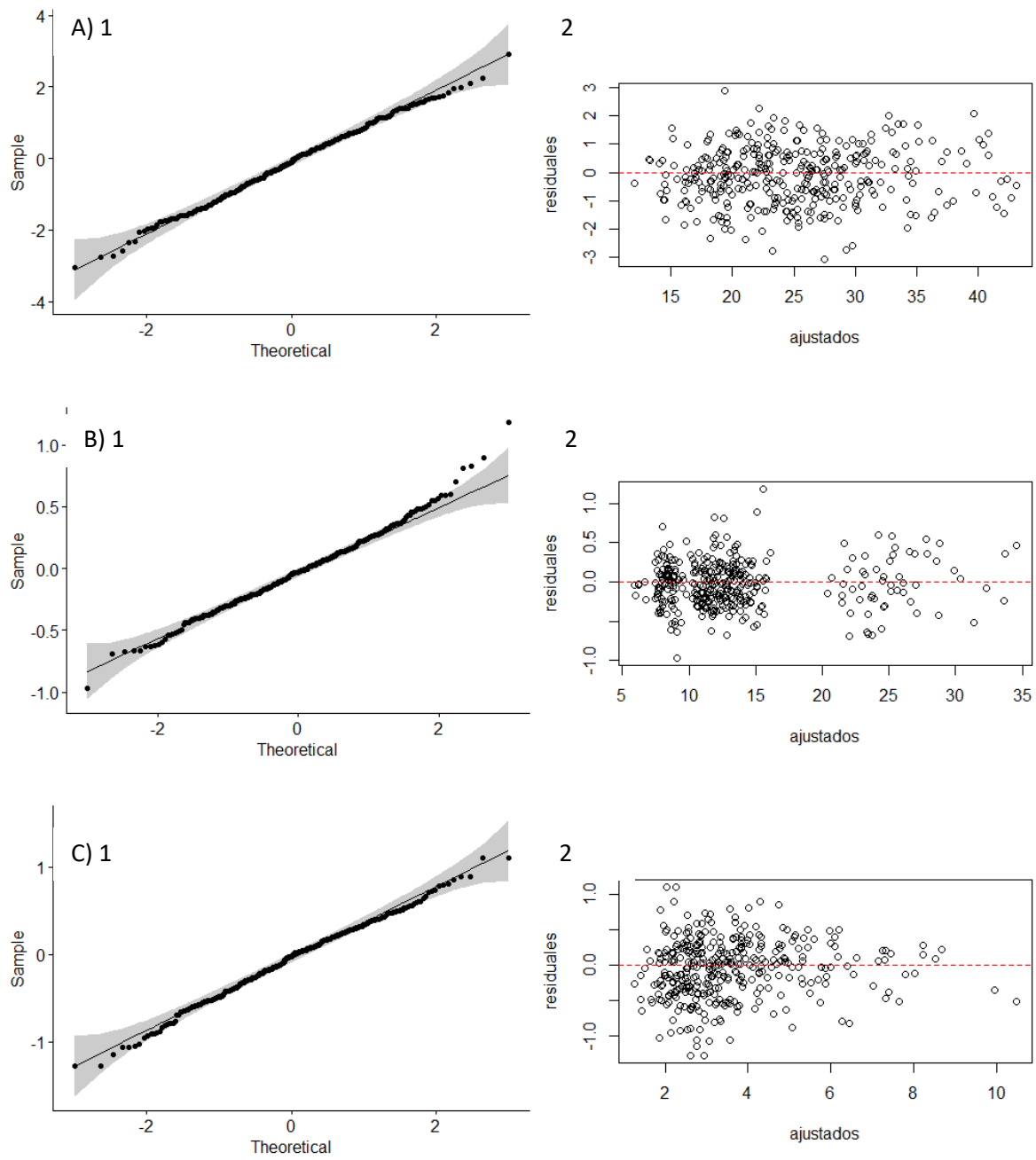


Figura A2. 1) Gráfica de residuales vs la distribución teórica, 2) Gráfica de residuales versus los datos ajustados. A) Abundancia; B) Tamaño Superficial; C) Cobertura

Tabla A1. Tabla comparativa de los valores de AIC entre los modelos con diferentes distribuciones para cada variable respuesta. Se encuentran resaltadas en negrita las distribuciones seleccionadas. AIC: Criterio de información de Akaike.

<i>Modelo</i>	<i>Distribución</i>	<i>AIC</i>
<i>Abundancia</i>	Normal	2745,554
	Poisson	3212,791
	<b>Binomial</b>	<b>2637,524</b>
<i>Tamaño</i>	Normal	2233,122
<i>Superficial</i>	LogNormal	2239,258
	<b>Gamma</b>	<b>1972,393</b>
<i>Cobertura</i>	Normal	-1989,22
	LogNormal	-2006,213
	Beta	-2061,03
	<b>Gamma</b>	<b>-2070,278</b>