

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA MARINA

**Preferencia del caballito de mar *Hippocampus patagonicus* por diferentes tipos de sustratos presentes en la bahía San Antonio, Rio Negro.**

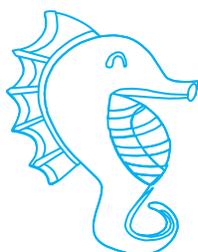
SORAIRE, ASTRID CAROLINA



DIRECTORA: STORERO, LORENA PÍA

CO-DIRECTOR: MAGGIONI, MATÍAS

2023



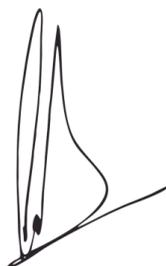
**PREFERENCIA DEL CABALLITO DE MAR *HIPPOCAMPUS PATAGONICUS* POR  
DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS PRESENTES EN LA BAHÍA SAN  
ANTONIO, RIO NEGRO.**



**Sorraire, Astrid Carolina**



**Directora: Storero, Lorena Pía**



**Co-director: Maggioni, Matías**

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

2023



*A Cami y a Juan que confiaron siempre en mí  
y me brindaron su amor incondicional.*

## Índice

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Métodos.....</b>	<b>13</b>
1. Área y especie de estudio.....	13
2. Muestras a campo, experimentos en acuario y análisis.....	16
2.1. Disponibilidad y selección de sustratos en ambiente natural.....	16
2.2. Disponibilidad de presas potenciales en sustratos biogénicos.....	18
2.3. Selección de sustrato en ambiente controlado.....	19
<b>Resultados.....</b>	<b>25</b>
3.1. Disponibilidad y selección de sustratos en ambiente natural.....	25
3.2. Disponibilidad de presas potenciales en sustratos biogénicos.....	28
3.3. Selección de sustrato en ambiente controlado.....	37
<b>Discusión.....</b>	<b>38</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>44</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>45</b>

## **Agradecimientos**

A mis padres y hermanos por apoyarme en todas mis decisiones, sobre todas las más locas, dejarme ser siempre yo, sin límites y sin prejuicios, y sobre todo por ser el pilar fundamental que me permitió estar concluyendo este ciclo.

Nuevamente a mis hermanos, Mica, Cami y Fer por ser los mejores hermanos, y amigos que se puede tener *“Lo mejor del mundo mundial”*.

A mis amigos de acá, de allá y los de los viajes, que a pesar de la distancia siempre están ahí, firme al pie del cañón incondicionalmente, animando a seguir intentando cuando las cosas no salen bien y festejando los logros.

A mis directores, por el espacio brindado, el acompañamiento y la paciencia infinita.

A Víctor Fernández, por la ayuda brindada en el instituto.

A la Dra. Andrea Roche y a Nico por ayudarme a identificar “bichos”.

Especialmente a los amigos que me dejó la universidad y SAO; Giuli, Pratto, Fede, Sai, Nair, Caro, Juli, Gabi, Eli, Kike, Carito y los jujes por bancar los trapos, por las mejores juntadas y salidas, que sin duda son la de los “fanáticos de Pratto”, gracias por todos los momentos compartidos.

## Resumen

Comprender la selección y preferencia de hábitat por parte de especies vulnerables es esencial para proponer medidas y estrategias para su conservación y la de sus ambientes. El objetivo de esta tesina fue evaluar, en ambiente natural y en cautiverio, la preferencia del caballito de mar patagónico *Hippocampus patagonicus* por distintos tipos de sustratos biogénicos presentes en la bahía San Antonio. Para ello, se estimó la disponibilidad y selección de sustratos biogénicos en ambiente natural, se determinó la abundancia y diversidad de potenciales presas en cada sustrato, y se evaluó experimentalmente la selección de sustratos en acuario considerando la presencia o ausencia de presas. En ambiente natural *H. patagonicus* utilizó más frecuentemente (81%) el alga roja *Ceramium rubrum* y el alga parda *Dictyota dichotoma*, que son los sustratos disponibles en mayor proporción en la bahía San Antonio. La mayor riqueza promedio de especies presa se observó en la esponja *Hymeniacidon perlevis* (31,25) y en la ascidia *Styela clava* (29,50). Las algas verdes *Ulva* spp y el alga parda *Undaria pinnatifida* tuvieron menor número promedio de presas (13,25 y 13,50, respectivamente), pero la diversidad fue similar a las otras algas.

En acuario la selección de sustratos fue independiente de la presencia de presas. El sustrato más elegido fue la ascidia *S. clava* (53%), seguido de *U. pinnatifida* (15,63%). En los experimentos con sustratos artificiales (*mimics*), el sustrato más elegido fue la ascidia *S. clava* (56,25%), seguido del alga roja *C. rubrum* (12,50%) y el alga parda *U. pinnatifida* (12,50%).

En la bahía San Antonio *H. patagonicus* utiliza las algas más abundantes en su hábitat como sustrato de sujeción, mientras se encuentra en reposo o camuflado. Sin embargo, en acuario, el caballito de mar muestra preferencia por la ascidia *S. clava*, lo cual no estaría relacionado con la disponibilidad de presas potenciales, sino con la estructura del sustrato. En un contexto

de creciente disturbio o alteración de los ambientes costeros por actividades antrópicas, comprender las preferencias de hábitat de especies vulnerables como los caballitos de mar es fundamental para contribuir a la conservación y protección de la especie y de los ambientes de la bahía San Antonio en los que se desarrolla.

**Palabras claves:** *Hippocampus patagonicus*, selección de sustratos, preferencia de sustratos, especies introducidas

## Abstract

Understanding the habitat selection and preference of vulnerable species is essential to propose measures and strategies for the conservation of the species and its environments. The objective was to evaluate the preference of the Patagonian seahorse *Hippocampus patagonicus* for different types of biogenic substrates found in San Antonio Bay, both in the natural environment and in captivity. The availability and selection of biogenic substrates were assessed in the natural environment, the abundance and diversity of potential prey on each substrate were determined, and substrate selection was experimentally evaluated in an aquarium considering the presence of prey.

In the natural environment, *H. patagonicus* used more frequently the red algae, *Ceramium rubrum* and the brown algae *Dictyota dichotoma* (81%), which are the most abundant substrates in San Antonio Bay. The highest richness of prey species was observed in the sponge *Hymeniacidon perlevis* (31.25%) and the ascidian *Styela clava* (29.50%). Green algae *Ulva* spp. and the brown alga *U. pinnatifida* had fewer prey (13.25% and 13.5%, respectively), but their diversity was similar to other algae.

In aquarium, substrate selection was independent of prey presence. The most chosen substrate was the ascidian *S. clava* (53%), followed by *U. pinnatifida* (15.63%). In experiments using artificial substrates (*mimics*), the most chosen substrate was the ascidian *S. clava* (56.25%), followed by the red alga *C. rubrum* (12.50%), and the brown algae *U. pinnatifida* (12.50%).

In the coastal environments of San Antonio Bay, *H. patagonicus* uses the most abundant algae in its habitat as a substrate for attachment, while resting or camouflaging. However, in aquarium, this seahorse shows preference for the ascidian *S. clava*, which seems to be related to the substrate's structure rather than the availability of potential prey. In the context of

increased modification of coastal environments due to anthropogenic activities, understanding the habitat preferences of vulnerable species, such as the Patagonian seahorse, is crucial for contributing to the conservation and protection of both, the species and the environments of San Antonio Bay where it thrives.

**Keywords:** *Hippocampus patagonicus*, substrate selection, substrate preference, introduced species.

## **Introducción**

La selección del hábitat es un proceso de comportamiento activo de los animales relacionado con la búsqueda de las características ambientales que están directa o indirectamente asociadas con los recursos que el animal necesita para reproducirse, sobrevivir y persistir (Krausman, 1999). Un hábitat puede ser seleccionado por la disponibilidad de alimento, de sitios de descanso y de protección, entre otros factores. Así, se considera que un individuo presenta preferencia por un hábitat particular cuando se lo observa utilizando desproporcionadamente algunos recursos en comparación con los otros disponibles (Krausman, 1999; Rosenfeld 2001; 2003; Freitas et al., 2015). Por ejemplo, los peces pueden seleccionar y mostrar preferencia por un tipo particular de hábitat, lo cual puede variar a lo largo de su vida de acuerdo con el comportamiento, las necesidades y limitaciones de cada individuo, e incluso por la influencia de factores externos como las condiciones del medio, los recursos alimenticios, la competencia intra e inter-específica y la depredación (Craig y Crowder, 2002; Rosenfeld, 2003; Malavasi et al., 2007; Freitas et al., 2015). En este sentido, la selección y preferencia de hábitat puede modificarse debido a las compensaciones que deben realizar los individuos de acuerdo con el contexto en el que se encuentren (Pettersson y Brönmark, 1993; Borchering, 2006; Gerritsen et al., 2010). La selección de hábitat se ha observado en numerosas especies de peces marinos incluyendo peces ornamentales (Honda et al., 2013), de importancia comercial (Carr, 1991), y especies con anatomía y comportamiento particular como los de la familia Syngnathidae, que incluye a los caballitos de mar, peces pipas y a los dragones de agua. En estos últimos, su distribución geográfica está condicionada por las características del hábitat (ej. profundidad, cobertura y diversidad macroalgal) y las condiciones fisicoquímicas del agua (ej. temperatura, salinidad) (Foster y Vincent, 2004; Correa et al., 2015; Scapin et al., 2017). Entender la selección y preferencia de hábitat de una

especie, permite comprender la importancia del ambiente para la misma, establecer los límites de distribución espacial de una población, crear modelos de distribución de hábitat, y, en el caso de especies vulnerables, proponer medidas y estrategias de conservación (Craing y Crowder, 2002; Rosenfeld et al., 2003; Rosa et al., 2007).

Los hipocampos o caballitos de mar (género *Hippocampus*), junto a otros miembros de la familia Syngnathidae, son peces de tamaño pequeño, con tendencia a mostrar coloración disruptiva, ser especies crípticas, y presentar segregación del hábitat según las estrategias de forrajeo (Malavasi et al., 2007; Müller et al., 2017; Correia et al., 2013; Stump, 2013; Scapin et al., 2017; Pereira et al., 2018; Duarte et al., 2019). Los caballitos de mar se encuentran en hábitats costeros de aguas templadas y tropicales poco profundas, asociados a pastos marinos, macroalgas, corales y esponjas (Lourie et al., 1999; Foster y Vincent, 2004). Algunas especies muestran preferencia por un tipo particular de hábitat, por ejemplo, *H. guttulatus* e *H. hippocampus* son observados en áreas con pastos marinos, algas y estructuras artificiales, mientras que *H. capensis* se observa asociado a macroalgas, esponjas y ascidias, y *H. whitei* en hábitats con gran cobertura de pastos marinos largos (Foster y Vincent, 2004; Rosa et al., 2007; Scapin et al., 2007; Teske et al., 2007; Woodall et al., 2018). La mayoría de las especies de caballitos de mar tienden a distribuirse en parches de baja densidad, presentar movilidad lenta, y vivir sujetos mediante su cola prensil a diversas estructuras del fondo, como algas y corales (Rosa et al., 2002; Foster y Vincent, 2004; Teske et al., 2007). Presentan además baja fecundidad, cuidados parentales y fidelidad tanto de pareja de como de sitio (Foster y Vincent, 2004, Kitsos et al., 2008; Zhang y Vincent, 2019). Se caracterizan por depredar principalmente sobre pequeños crustáceos (ej. camarones, copépodos, mísidos, anfípodos) y larvas de peces mediante la estrategia “sentarse y esperar” (del inglés *sit and wait*), y raramente nadan en busca de su presa. Esta estrategia de forrajeo consiste en permanecer

ocultos y asidos de un sustrato observando el entorno y, cuando la presa está lo suficientemente cerca, ejecutar un ataque rápido emboscando a su presa (Foster y Vincent, 2004; Kitsos et al., 2008; Castro et al., 2008; Francesca et al., 2019). Sin embargo, los caballitos de mar son capaces de adaptar su estrategia de alimentación y modificar su preferencia de presas en función de varios factores. Entre estos factores se encuentran las características intrínsecas a cada especie, como la longitud del hocico y la talla del caballito, o factores ambientales como la complejidad de hábitat, la abundancia y disponibilidad de presas, y la disponibilidad de sustratos para asirse (Wood, 2002; Kitsos et al., 2008; Castro et al., 2008; Correia, 2014; 2015; Francesca et al., 2019).

Debido a las características de la historia de vida y los ambientes en los que habitan, los caballitos de mar están expuestos a múltiples factores de estrés de origen antrópico que pueden afectar negativamente sus poblaciones. Entre ellos, se encuentran la explotación pesquera, la contaminación, la degradación o modificación de sus hábitats, y la introducción de especies exóticas (Lourie et al., 2004; Masonjones et al., 2010; Vincent et al., 2011; Lawson et al., 2014; Correia et al., 2015; Ternes et al., 2016; Woodall et al., 2018; Zhang y Vincent, 2018; 2019; Ambo Rape et al., 2021). A raíz de los riesgos anteriormente mencionados, conjuntamente a la falta de registros de capturas y de datos sobre el estado de las poblaciones de caballitos de mar, diferentes organizaciones internacionales y nacionales incluyeron al género *Hippocampus* en listas de diferente índole, por ejemplo; en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), y en listas de conservación nacionales (Lourie et al., 2004; Vincent et al., 2011; Lawson et al., 2014; Ternes et al., 2016). A pesar de estas listas, las poblaciones de caballitos de mar se ven amenazadas por el desarrollo urbano

en zonas costeras que genera efectos directos e indirectos (Masonjones et al., 2010; Vincent et al., 2011; Correia et al., 2015, Zhang y Vincent 2018; 2019; Zhang y Vincent 2019, Ambo Rape et al., 2021). Entre estos efectos, se destaca el aumento de nutrientes de origen antrópico que puede modificar las redes tróficas, producir degradación y pérdida de hábitat, e incremento en la frecuencia y duración de las floraciones algales, entre otros (Scavia y Bricker, 2006; Scapin et al., 2013; Malone y Newton, 2020). Así mismo, la introducción de especies exóticas puede generar efectos disruptivos en las comunidades y modificaciones en los hábitats en los que se desarrollan, o como en el caso de las especies ingenieras ecosistémicas pueden modificar el ambiente favoreciendo el desarrollo de otros organismos (Guy-Haim et al., 2018; Anton et al., 2019; Wesselmann et al., 2021). Por ejemplo, algunas macroalgas introducidas pueden tener un impacto positivo, neutral, o negativo en las comunidades dependiendo del contexto y de las interacciones entre especies (Katsanevaski et al., 2014; Anton et al., 2019; Wesselmann et al., 2021; Arcángel et al., 2022; Storero y Pereyra 2022).

La principal población del caballito de mar patagónico *H. patagonicus*, se localiza en la bahía San Antonio (40° 42' - 40° 50' S, 64° 43' - 65° 07' O, Golfo San Matías, Río Negro). En esta bahía, los caballitos se encuentran en zonas costeras de escasa profundidad (1-7 m) con fondos blandos cubiertos por algas, depredando de manera oportunista y selectiva sobre crustáceos como anfípodos (gamáridos, caprélidos e hiperídeos) y decápodos (braquiuros y carideos) (Storero, 2004; Storero y González, 2008, 2009; González et al., 2014). Los ambientes que habita *H. patagonicus* en la bahía San Antonio están afectados tanto por el crecimiento urbano en la zona costera, como por numerosas actividades antrópicas que allí se desarrollan (ej. pesquerías, turismo, actividades portuarias) o han tenido lugar en el pasado (ej. contaminación por depósitos de residuos mineros). En este sentido, se han llevado a cabo

numerosos estudios orientados a evaluar los cambios ecológicos asociados al proceso de eutrofización (Bonuccelli et al., 2004; Iribarne et al., 2004; Martinetto et al., 2010, 2011; Teichberg et al., 2010; Carbone et al., 2011, 2015; Fricke et al., 2015, Becherucci et al., 2021; Alderete et al., 2009). Además, desde 2013, se ha registrado la presencia de dos especies introducidas, la macroalga parda *Undaria pinnatifida* y la ascidia solitaria *Styela clava* ocupando diferentes sustratos desde el intermareal al submareal (Pereyra et al., 2014, 2015; Arcángel, 2019; Rodríguez, 2020; Arcángel et al., 2022).

Considerando lo mencionado previamente, las características generales de los caballitos de mar, su alta dependencia del ambiente bentónico, su tendencia a mostrar preferencia por distintos tipos de hábitats, y los factores estresantes de origen antrópico existentes en los ambientes costeros de la bahía San Antonio, sugieren que los hábitats comúnmente utilizados por *H. patagonicus* podrían estar siendo modificados. Por ello, resulta relevante evaluar la selección y preferencia de hábitat del caballito de mar patagónico en la bahía San Antonio a fin de aportar información para conservar sus poblaciones y los ambiente en los que se encuentra.

## **Objetivos e hipótesis**

En esta tesis de grado se plantea la hipótesis que *H. patagonicus* presenta preferencia por un tipo particular de sustrato biogénico presente en la bahía y que dicha preferencia está relacionada con la disponibilidad y composición de presas presentes en el sustrato. Por ello, se espera que en el ambiente natural el caballito se encuentre con mayor frecuencia asido de aquellos sustratos que presenten mayor número y diversidad de presas, y que exhiban una dominancia pronunciada de unas pocas especies, particularmente aquellas que se consideran

como componentes principales de su dieta (Storero, 2009). En condiciones controladas de acuario, se espera que en ausencia de presas los caballitos no muestren preferencia por ningún sustrato biogénico en particular, y que los sustratos artificiales (*mimics*) sean elegidos en igual proporción.

**Objetivo general:** Evaluar, en ambiente natural y en condiciones controladas, la preferencia de *Hippocampus patagonicus* por distintos tipos de sustratos biogénicos presentes en la bahía San Antonio.

Los objetivos particulares son:

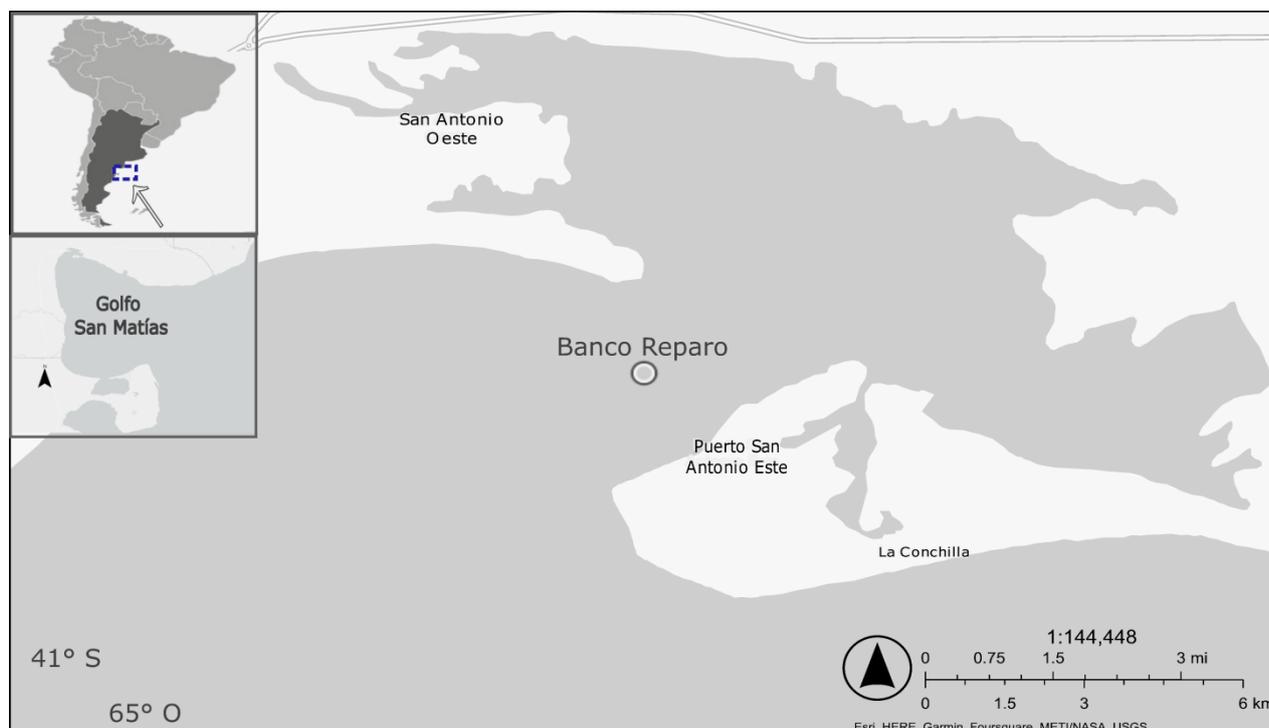
- 1) Evaluar la disponibilidad en ambiente natural y la preferencia del caballito de mar por distintos tipos de sustratos biogénicos.
- 2) Determinar la abundancia y diversidad de potenciales presas presentes en cada tipo de sustrato en ambiente natural.
- 3) Evaluar experimentalmente en condiciones controladas la preferencia de *H. patagonicus* por distintos tipos de sustratos biogénicos, considerando la presencia/ausencia de presas.

## **Métodos**

### *1. Área y especie de estudio*

El estudio se llevó a cabo en la bahía San Antonio (BSA, 40° 42' - 40° 50' S y 64° 43' - 65° 07' O, Fig. 1) ubicada en la región noroeste del golfo San Matías (Río Negro, Argentina). Esta bahía tiene un área de aproximadamente 80 km<sup>2</sup> y es un sistema de poca profundidad con mareas semidiurnas que oscilan entre 6 a 9 m de amplitud. Se caracteriza por intercambiar

considerables volúmenes de agua con el golfo San Matías, generando un incremento significativo en la salinidad del agua tras cada ciclo de marea (Saad et al., 2019; Burgueño-Sandoval et al., 2021). En la BSA se encuentran dos áreas urbanas: San Antonio Este y San Antonio Oeste, siendo parte de los efluentes cloacales urbanos no tratados de esta última, la principal fuente de nutrientes de origen antrópico de este ecosistema (Carbone et al., 2007; Martinetto et al., 2011; Fucks et al., 2012; Gastaldi 2015). La BSA presenta canales de marea de distinta profundidad y planicies de marea extensas, con fondos de canto rodado, grava fina, arena con conchilla, gránulos y guijarros, rodeados por espartillares dominados por *Spartina alterniflora* y *Salicornia sp.* (Aliotta et al., 2000; Burgueño-Sandoval et al., 2021). Por su riqueza de especies y diversidad biológica, la BSA y su área de influencia fue declarada en un Área Natural Protegida de la provincia de Río Negro y es parte de la “*Western Hemisphere Shorebird Reserve Network International (WHSRNI)*” como sitio clave para aves migratorias. A su vez, la BSA es un sitio clave para la reproducción, refugio, alimentación y cría de muchas especies de peces, incluyendo al caballito de mar y a otros signátidos (Perier, 1994).



**Fig. 1.** Localización de la bahía San Antonio y el sitio de estudio, Banco Reparó.

En este trabajo se utilizó como especie de estudio al caballito de mar *H. patagonicus* (Fig. 2). En la BSA el caballito de mar se encuentra asociado a macrofitas de forma anual o temporal en diferentes etapas de su vida. Los individuos juveniles utilizan la BSA como hábitat de alimentación y refugio temporalmente, mientras que los adultos la utilizan como área de alimentación durante todo el año (Perier, 1994). Las mayores abundancias de esta especie se registran en el sector de Banco Reparó ( $40^{\circ} 47' S - 64^{\circ} 54' O$ , Fig. 1), un importante banco costero de gran extensión constituido principalmente de arena y algunos sectores de canto rodado y restos orgánicos (Storero y González, 2009; Fucks et al., 2012; González et al., 2014).



**Fig. 2.** El caballito de mar patagónico, *Hippocampus patagonicus* en ambiente natural, asido a una “pluma de mar” del género *Stylatula*. Foto: Gerardo “Tata” Aguayo.

## 2. Muestreos a campo, experimentos en condiciones controladas y análisis de datos

### 2.1. Disponibilidad y selección de sustratos en ambiente natural

Para evaluar la disponibilidad de los distintos tipos de sustratos biogénicos en ambiente natural se realizaron observaciones mensuales con buceo autónomo durante enero-diciembre de 2021. En cada salida de muestreo se realizaron cuatro transectas de banda fija (50 x 1 m)

en el sector de Banco Reparo (Fig. 1). Todos los caballitos observados fueron fotografiados dentro de un cuadrat (50 x 50 cm) y colectados para los experimentos de acuario. Del total de fotografías obtenidas fueron seleccionadas sólo aquellas que capturaron el cuadrat completo, las fotografías fuera de foco no se consideraron para el análisis. Las fotografías seleccionadas fueron analizadas mediante el software IMAGEJ (Palhares da Silveira et al., 2016) para calcular el porcentaje de cobertura de los distintos tipos de sustratos biogénicos disponibles en el medio e identificar en qué tipo de sustrato se encontraba asido el caballito de mar. Para cumplir con los supuestos del análisis, los datos de cobertura para cada sustrato fueron transformados con logaritmo natural ( $\ln(X/100+c)$ ) y luego comparados mediante ANOVA de una vía en bloque. Las estaciones invierno y verano se consideraron como bloques para minimizar el efecto de la variabilidad en la cobertura por la estacionalidad. Cuando se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se realizaron comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey. Además, a partir de la identificación del tipo de sustrato utilizado por los caballitos de mar en cada cuadrat se confeccionó una tabla de contingencia y se comparó con la prueba  $\chi^2$  la selección de distintos tipos de sustratos. Para evaluar si la proporción de los diferentes tipos de sustratos elegidos es la misma que la proporción en la que se encuentran disponibles en ambiente natural, se realizó una prueba de homogeneidad mediante la prueba  $\chi^2$ .

Los análisis y manipulación de tabla de datos de cobertura se realizaron mediante el software libre R (R Core Team 2020), paquetes y librerías dplyr, tidyr, stats, car, multcomp, ggplot2 y cowplot.

## *2.2. Disponibilidad de presas potenciales en sustratos biogénicos*

Para evaluar la disponibilidad de presas potenciales en cada tipo de sustrato biogénico del ambiente natural se comparó la diversidad y riqueza de presas presentes en cada uno de ellos. Se consideraron seis sustratos: macroalgas; verde *Ulva* spp, roja *Ceramium rubrum* y pardas *Dictyota dichotoma*, *Undaria pinnatifida*, esponja *Hymeniacidon perlevis* y ascidia *Styela clava*. La selección de sustratos se basó en aquellos que están disponibles para los caballitos durante todo el año, considerando, además, especies nativas e introducidas, así como representantes de diferentes grupos de algas. También se consideró usar estadios pequeños del alga *U. pinnatifida*, definida como “estadio dos” en Arcángel (2019) debido a que durante los meses de verano su abundancia disminuye y solo se encontraron individuos de dicho estadio. La recolección manual de sustratos se llevó a cabo en el mes de octubre del año 2021. Para estandarizar la recolección de los sustratos, se tomó hasta 1cm por debajo de la estructura de sujeción. Cada sustrato fue retirado con la ayuda de una espátula y luego puestos en bolsas individuales. Durante el procesamiento de muestras en el laboratorio cada sustrato se lavó sobre una malla de 200  $\mu$  y luego se estimó su volumen (considerando el volumen desplazado en una probeta calibrada, Ayala y Martín, 2003). El volumen se utilizó para poder estandarizar y comparar las densidades de las presas en relación con el volumen de cada sustrato. El sedimento y los epibiontes retenidos en la malla se conservaron en recipientes individuales debidamente etiquetados en alcohol al 70%.

Se tomaron muestras (n = 8) para cada sustrato, sin embargo, debido a la alta abundancia de organismos invertebrados presentes en cada sustrato y el tiempo de análisis involucrado en cada muestra, para los fines de esta tesis de grado sólo se analizaron cuatro muestras de cada sustrato. Se identificaron todos los macroinvertebrados epibiontes presentes (>125  $\mu$ m) hasta el menor nivel taxonómico posible utilizando guías y trabajos de referencia (Alonso, 1984; Giambiagi, 1920; Boschi et al., 1992; Tablado y Venerus, 2000; Guerra Garcia y Thiel, 2001;

Ortiz y Jimeno, 2001; Bremec et al., 2003; Corbera y Sanz, 2004; Boschi y Cousseau, 2004; Brogger, 2010; Baeza-Rojano y Guerra Garcia, 2013; Chiesa y Alonso, 2014; Calcagno, 2014; Souto, 2015; Forcelli y Narosky, 2015; Mesquita-Joanes y Baltanás, 2015; Salas, 2018; IFoP, 2018; Spivak et al., 2019; Roche et al., 2020, Perez-Schultheiss et al., 2022). Para cada sustrato se estimó la densidad de presas potenciales (ind/cm<sup>3</sup>), la riqueza de especies (S), y los índices de diversidad de Shannon-Weaver ( $H' = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$ ), Simpson ( $D = \sum (p_i^2)$ ) y equidad de Pielou ( $J' = H' / \ln(S)$ ) (siendo  $p_i$  la proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos). Se comparó la densidad entre sustratos mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La riqueza y los índices de diversidad se compararon entre sustratos utilizando ANOVA de una vía y Kruskal Wallis, según correspondía. Los supuestos de normalidad y homocedasticidad se corroboraron mediante la prueba de Shapiro-Wilks y de Levene, respectivamente, y al detectar diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey o Mann-Whitney-Wilcoxon. Todos los gráficos y análisis se realizaron mediante el software libre R (R Core Team 2020) utilizando los paquetes BiodiversityR, multcomp, car, ggplot2, pachwork, entre otros más usuales para el manejo y manipulación de tablas de datos.

### 2.3. Selección de sustratos en ambiente controlado

Se realizaron experimentos en acuario para evaluar la selección de distintos sustratos biogénicos por el caballito de mar. Para ello, se utilizaron individuos de *H. patagonicus* de distinto sexo, talla y peso (1,09 - 11,81 gr.) colectados del ambiente. *H. patagonicus* presenta dimorfismo sexual evidente, ya que los machos presentan una bolsa abdominal que utilizan para fecundar y mantener los huevos durante su desarrollo (Foster y Vincent, 2004). Para los experimentos no se utilizaron individuos juveniles ni machos grávidos, para evitar diferencias comportamentales en la preferencia relacionadas con la condición reproductiva. Para la

colecta de especímenes de caballito de mar se contó con la correspondiente autorización otorgada por Resolución N°1223/21 de la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático de la Pcia. de Río Negro). La recolección se realizó manualmente (ver detalle en 2.1) y manteniendo los cuidados necesarios para no dañar los especímenes. Los individuos colectados del ambiente fueron trasladados en recipientes apropiados y con aireación al acuario del CIMAS para su aclimatación. Se mantuvieron en peceras de 40 l de capacidad con un sistema de recirculación de agua, controlando las condiciones fisicoquímicas (salinidad, pH, temperatura y fotoperiodo), manteniéndose similares a las del ambiente natural (36-37 ppm, 7,5-8 pH, 18-22 °C, fotoperiodo 12:12). Durante el período de aclimatación y en los experimentos con presas, los caballitos se alimentaron diariamente con presas vivas (ej. crustáceos anfípodos, misidáceos, camarones) recolectadas del ambiente natural.

Los experimentos se realizaron utilizando sustratos biogénicos extraídos del ambiente natural (ver detalle sección 2.2).

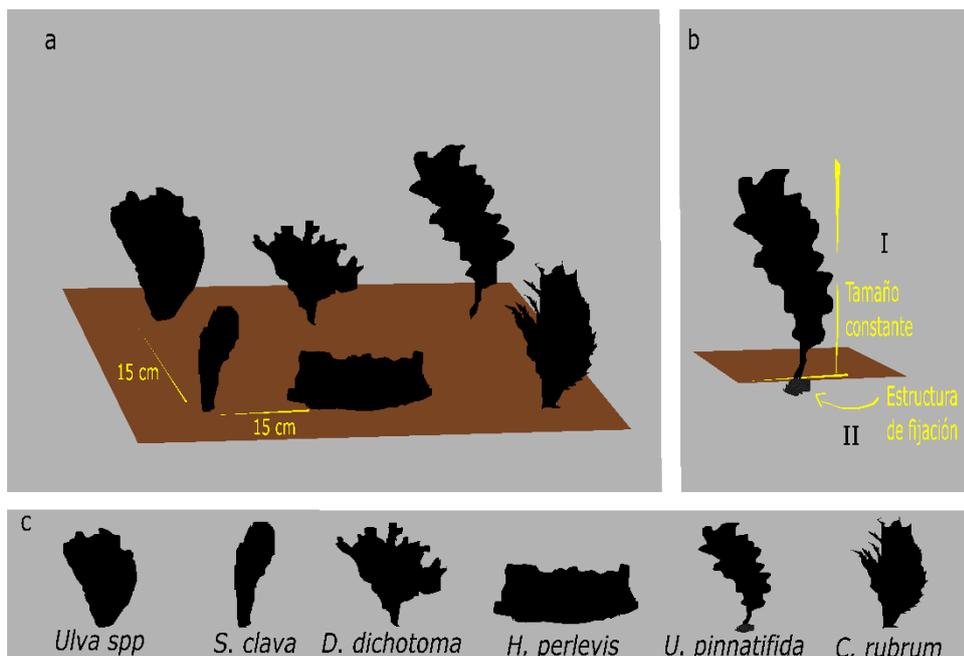
La preferencia por los diferentes tipos de sustratos dependiendo de la presencia de presas, se evaluó a partir de experimentos llevados a cabo en peceras individuales de 40 l. Para todos los experimentos, en cada una de las peceras se dispuso un total de seis sustratos (uno de cada tipo) posicionados a una distancia de 10-15 cm entre sí, siempre ocupando un lugar fijo en la pecera (Fig. 3). Se realizaron dos experimentos para determinar la selección de sustratos. En el primero se evaluó si la disponibilidad de presas afecta la selección de sustratos por parte del caballito de mar. En el segundo experimento se evaluó si sustratos sin su factor biológico propio y de características similares (tamaño, altura), pero de estructura física diferente afecta la selección de sustrato. El primer experimento consistió en dos tratamientos: sustratos biogénicos con y sin presencia de presas (Fig. 4.a). Para el tratamiento sin presas los sustratos fueron limpiados delicadamente con pincel previo al experimento. Para el segundo

experimento (Fig.4.b). se utilizaron copias artificiales de los sustratos biogénicos (*mimics*) sin presencia de presas, los cuales fueron fabricados con distintos materiales que imitaron cada uno de los sustratos naturales (Tabla 1, Fig. 5). Para controlar un posible efecto del área, todos los sustratos, fueron de tamaño similar y correspondientes con los tamaños observados en el sector de Banco Reparo.

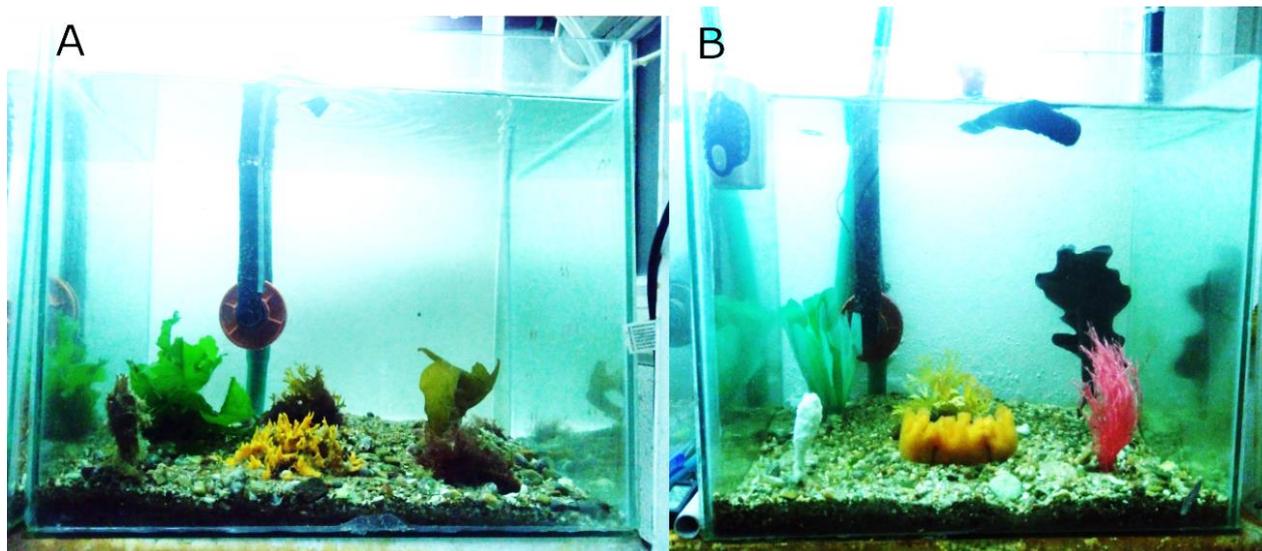
Al inicio de cada experimento se situó un caballito (previo al registro del peso y sexo) en el centro de cada una de las peceras experimentales durante la noche. Posteriormente, en las primeras horas de la mañana (10-12 h luego de iniciado el experimento), se registró el tipo de sustrato en el que se encontraba asido. En caso de no estar sujeto a ninguno de los sustratos ofrecidos se consideró registrarlo como “otro”. Además, al mismo tiempo, se registró la actividad que se encontraba realizando al momento de la observación (siguiendo las categorías de actividades detalladas en Storero y González, 2004, 2009) (Tabla 2.). Para cada réplica se utilizaron distintos individuos, cada uno por única vez para evitar pseudoréplicas.

Para evaluar la existencia de preferencia por algún tipo de sustrato dependiendo de la presencia de presas, como también de la estructura física, se confeccionaron tablas de contingencia, y se analizaron mediante la prueba  $\chi^2$ . Todos los análisis se llevaron a cabo mediante el software estadístico Infostat y gráficos utilizando el software libre R (R Core Team 2020), paquete y librería ggplot2.

Finalmente, luego de su utilización en los experimentos los individuos de caballito de mar fueron devueltos al mar en su lugar de origen. La supervivencia de los mismos fue del 100%.



**Fig. 3.** Disposición y detalle de los sustratos naturales y artificiales en las peceras: a) Figuras en color negro representan cada sustrato, en color marrón el fondo de la pecera constituido por una capa de sedimento (arena, grava, restos de conchilla), las líneas amarillas indican la distancia entre cada sustrato; b) Detalle tenido en cuenta para cada sustrato: I- tamaño constante, II- estructura de fijación enterrada bajo la capa de sedimento; c) Los seis tipos de sustratos utilizados.



**Fig. 4.** Acondicionamiento de peceras para los experimentos de selección de sustrato en acuario. A) Sustratos naturales en presencia o ausencia de presas; B) Sustratos artificiales (*mimics*) sin presencia de presas.

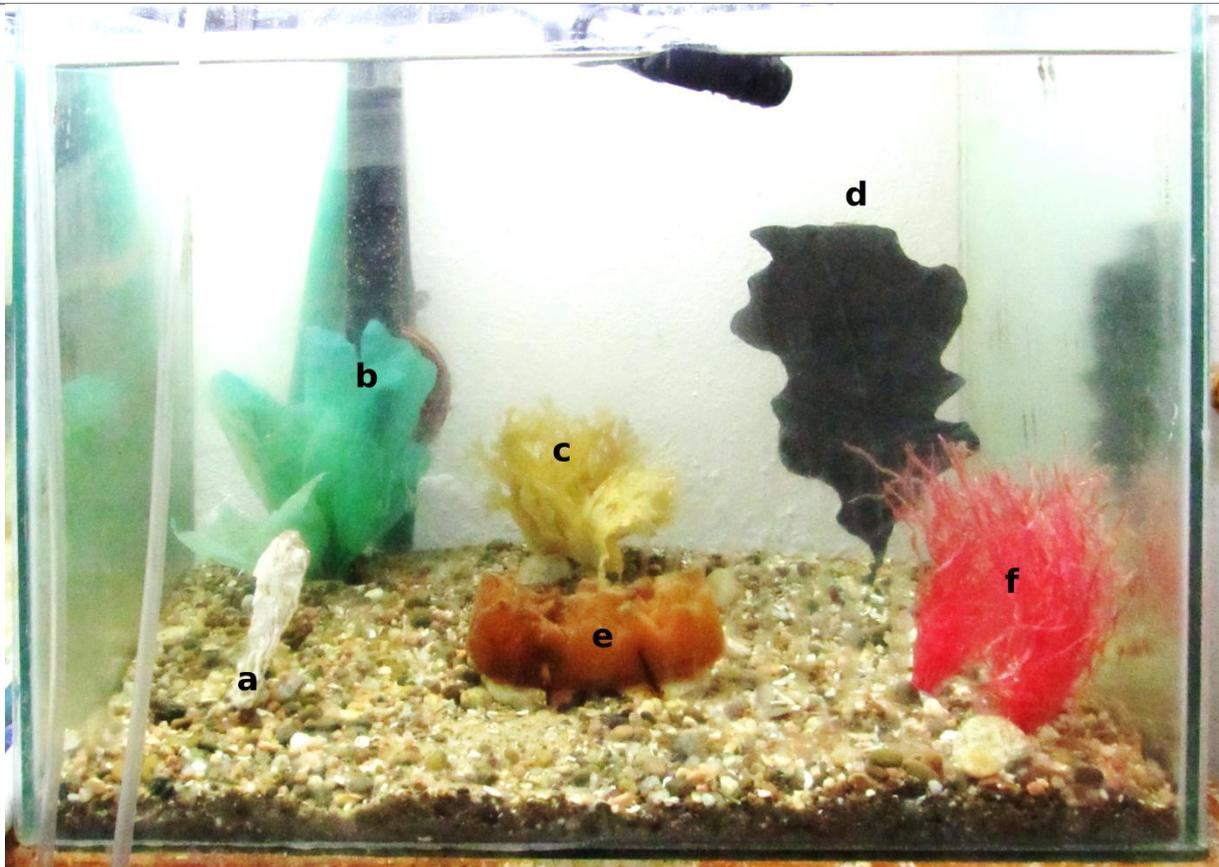
**Tabla 1.** Detalle de fabricación de los diferentes tipos de sustratos artificiales utilizados para los experimentos sin presencia de presa

<i>Mimic</i>	Material de fabricación	Referencia
<i>Hymeniacidon perlevis</i>	Esponja comercial	Fig.5.e
<i>Undaria pinnatifida</i>	Bolsa plástica color negro de alto espesor, utilizada comúnmente para residuos patológicos, nervadura de silicona, recortada copiando la forma del alga	Fig.5.d
<i>Styela clava</i>	Caucho sintético	Fig.5.a
<i>Ceramium rubrum</i>	Cuerda plástica de color rojo deshilachada	Fig.5.f
<i>Dictyota dichotoma</i>	Cinta de embalar color marrón (caras de pegamento pegadas entre sí) recortada copiando la forma del alga	Fig.5.c

*Ulva spp*

Bolsa de residuo color verde de bajo espesor  
recortada copiando la forma del alga

Fig.5.b



**Fig. 5.** Sustratos artificiales (*mimics*): a) ascidia *S. clava*; b) alga verde *Ulva spp*; c) alga parda *D. dichotoma*; d) alga parda *U. pinnatifida*; e) esponja *H. perlevis*; f) alga roja *C. rubrum*

**Tabla 2.** Detalle de las actividades consideradas en los experimentos de acuario.

Actividad	Descripción
Exploración	El caballito recorre activamente el acuario en busca de presas

---

<b>Captura</b>	El caballito realiza un movimiento rápido de la cabeza acercando la boca hacia la presa, la cual es succionada dentro de la cavidad bucal
<b>Reposo</b>	El caballito se encuentra pasivo e inactivo y asido a algún sustrato
<b>Emboscada</b>	El caballito de mar ha localizado visualmente a su presa, seguido de un acercamiento lento posicionándose para su captura
<b>Giro</b>	El caballito gira de manera brusca por todo el acuario
<b>Quitar presa</b>	El caballito realiza distintos movimientos corporales a fin de quitarse la presa que tiene en su cuerpo

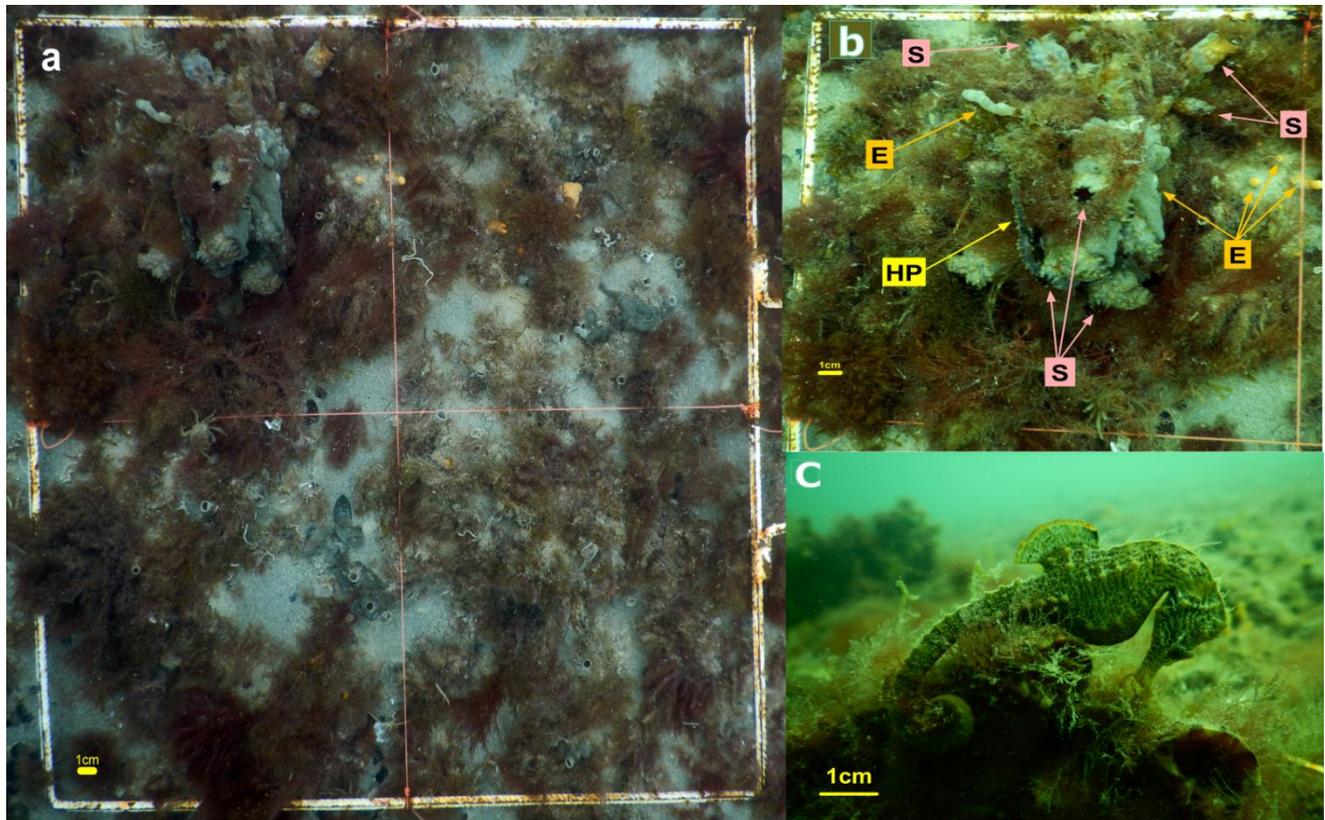
---

## Resultados

### 3.1. Disponibilidad y selección de sustratos en ambiente natural

El análisis de fotografías comprendió un total de 21 cuadrats, los cuales fueron obtenidos en las estaciones de invierno (n = 8) y verano (n = 13). Se identificaron nueve sustratos disponibles en el ambiente natural, los cuales fueron clasificados en seis categorías: sustrato inerte (incluyendo valvas de moluscos, canto rodado, esqueletos de cangrejos), esponja (dos especies, blanca indeterminada y *H. perlevis*), ascidia *S. clava*, alga verde *Ulva spp*, mix-algas (denominado en este trabajo al conjunto de algas roja *C. rubrum* y algas pardas *D. dichotoma* que se observaron superpuestas entre sí) y tubos de poliqueto (Fig. 6). Se observaron diferencias significativas en la cobertura de los distintos sustratos (ANOVA de una vía en bloque,  $F_{5, 89} = 107,30$ ,  $p < 0,05$ , Tabla 3). El mix-algas fue el sustrato con mayor cobertura, seguido por los otros tipos de sustratos con menores porcentajes de cobertura (Fig. 7).

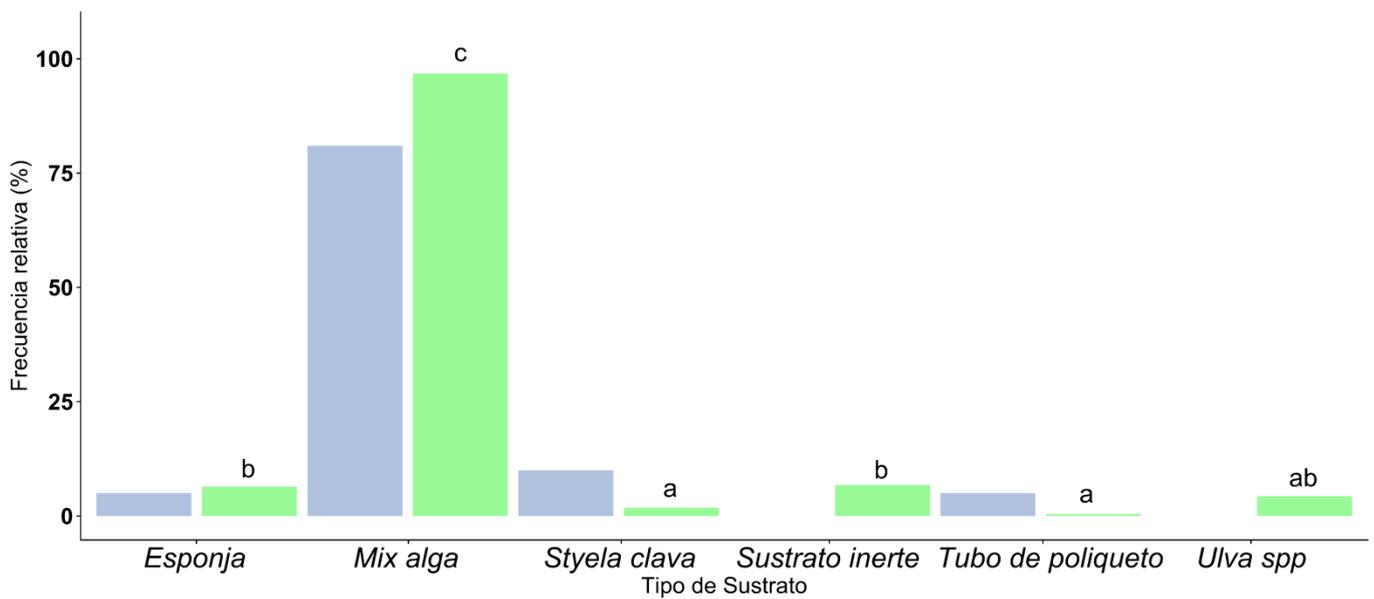
Los caballitos de mar en ambiente natural se encontraron asidos de los distintos tipos de sustrato de manera diferencial ( $X^2_{(5)} = 63,29$ ;  $p < 0,05$ ). El mix-algas fue el sustrato más elegido (81%) seguido de la ascidia *S. clava* (10%), y las esponjas y tubos de poliqueto (5%). El sustrato inerte y el alga *Ulva* spp nunca fueron utilizados por los caballitos (Fig. 7). Además, la proporción con la que es elegido cada tipo de sustrato es diferente a la proporción en la que se encuentran en ambiente natural ( $X^2_{(5)} = 29,13$ ;  $p < 0,05$ , Fig. 7).



**Fig. 6.** Fotografía de un cuadrat en ambiente natural: a) Cuadrat completo visto desde arriba, b) Cuarto de cuadrat en donde se señalan a *H. patagonicus* (HP) y a modo de ejemplo diferentes tipos de sustratos (E: esponja, S: *S. clava*), c) Vista lateral de *H. patagonicus* asido de un alga roja.

**Tabla 3.** Resultado del ANOVA de una vía en bloque para comparar las coberturas de los distintos sustratos presentes en ambiente natural. Referencias; gl: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrado medio, F: valor estadístico, P: valor crítico.

	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Sustratos</b>	5	287,85	57,57	107,37	<0,001
<b>Estación</b>	1	2,27	2,27	4,23	0,043*
<b>Residuales</b>	89	47	0,54		



**Fig. 7.** Cobertura de los distintos tipos de sustratos (verde) y selección de sustratos biogénicos (azul) por el caballito de mar en ambiente natural. Letras diferentes indican diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

### 3.2 Disponibilidad de presas potenciales en sustratos biogénicos

Los seis tipos de sustratos analizados presentaron macroinvertebrados epibiontes. Se contabilizaron un total de 3482 individuos, representando 6 filos, 11 clases y 88 especies (Tabla 4).

**Tabla 4.** Macroinvertebrados epibiontes presentes en los distintos tipos de sustratos recolectados en ambiente natural. El sombreado verde y rosa indican presencia y ausencia de la especie respectivamente, y los números la cantidad de la especie presente en cada sustrato.

Ítems presa	Tipo de sustrato					
	<i>Styela clava</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Ceramium rubrum</i>	<i>Ulva spp</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Hymeniacion perlevis</i>
Ph Mollusca						
Cl. Gastropoda						
Fam. Tegulidae						
<i>Tegula patagonica</i>	2		6	10	7	16
<i>Carolesia blakei</i>		1	4	3	2	2
Fam. Culumbellidae						
<i>Anachis isabellei</i>						4
<i>Parvanachis paessleri</i>					1	
<i>Costoanachis sertularium</i>	2					
Fam. Calyptraeidae						
<i>Bostrycapulus odites</i>				1		
Or. Littorinimorpha						
<i>Caecum spp</i>						2
<i>gastropodo indt 1</i>	1					
<i>gastropodo indt 2</i>						1

Cl. Poliplacophora						
Fam. Chaetopleuridae						
<i>Chaetopleura isabellei</i>			1			
Cl. Bivalvia						
Fam. Lyonsidae						
<i>Lyonsia alvarezii</i>						1
Fam. Carditidae						
<i>Carditamera plata</i>			1			
Fam. Lassaeidae						
<i>Lasaea adansoni</i>	1					2
Fam. Ungulinidae						
<i>Felaniella vilardeboana</i>	1		1			2
Fam. Kellidae						
<i>Kelia suborbicularis</i>	1					5
Fam. Mytilidae						
<i>Brachidontes rodriguezii</i>	11	3	9	1	2	7
<i>Musculus viator</i>	6	6		1	5	3
Fam. Pectinidae						
<i>Chlamys spp</i>					1	
Fam. Indt.						
<i>Bivalvo indt. 3</i>	4					2
<i>Bivalvo indt. 8</i>	5					1
<i>Bivalvo indt. 10</i>	1					1
<i>Bivalvo indt. 11</i>						1
<i>Bivalvo indt. 13</i>						1
<i>Bivalvo indt. 14</i>	2					
Ph. Annelida						
Cl. Polychaeta						
<i>Poliqueto indt.1</i>	36	2	3	2	5	1
<i>Poliqueto indt.2</i>	5				2	18
<i>Poliqueto indt.3</i>						2
<i>Poliqueto indt.4</i>	5					

<i>Poliqueto indt.5</i>	1		1		1	
<i>Poliqueto indt.6</i>	2			1	1	7
<i>Poliqueto indt.7</i>			1	2	6	
<i>Poliqueto indt.8</i>		1	3		2	12
<i>Poliqueto indt.9</i>	2					1
<i>Poliqueto indt.10</i>					1	
<i>Poliqueto indt.11</i>					2	2
<i>Poliqueto indt.12</i>				1	2	
<i>Poliqueto indt.13</i>	3					1
<i>Poliqueto indt.14</i>						1
<i>Poliqueto indt.15</i>	1					
<i>Poliqueto indt.16</i>	1					
<i>Poliqueto indt.17</i>						1
Ph. Nematoda						
Cl. Adenophorea						
<i>Nematode indt.</i>	22	3	22		34	19
Ph. Echinodermata						
Cl. Ophiuroidea						
<i>Ofiuro indt.</i>	4	5	2		5	8
Ph. Protozoa						
Cl. Sarcodinia						
Or. Foraminifera						
<i>Foraminifero indt.1</i>	9		5	1	9	3
<i>Foraminifero indt.2</i>						1
<i>Foraminifero indt.3</i>	3				1	2
<i>Foraminifero indt.4</i>	2			1		1
<i>Foraminifero indt.5</i>	21					
<i>Foraminifero indt.6</i>	2		2		5	3
<i>Foraminifero indt.7</i>	1		2		1	
<i>Foraminifero indt.8</i>	1				2	
Ph Arthropoda						

Cl. Chelicerata

Or. Acari

*Acaro indt.*

115	4	16	8	27	43
-----	---	----	---	----	----

Cl. Ostracoda

*Ostracodo indt. 1*

102	6	9	7	12	83
-----	---	---	---	----	----

*Ostracodo indt. 2*

23		3	2		41
----	--	---	---	--	----

*Ostracodo indt. 3*

1					9
---	--	--	--	--	---

*Ostracodo indt. 4*

5	2	22	1		66
---	---	----	---	--	----

*Ostracodo indt. 5*

34	4	9	9	7	51
----	---	---	---	---	----

*Ostracodo indt. 6*

347	18	34	25	54	58
-----	----	----	----	----	----

*Ostracodo indt. 7*

73	6	25	9	11	47
----	---	----	---	----	----

*Ostracodo indt. 8*

1		2		2	7
---	--	---	--	---	---

*Ostracodo indt. 9*

12	1	6	1	15	5
----	---	---	---	----	---

*Ostracodo indt. 10*

					1
--	--	--	--	--	---

*Ostracodo indt. 11*

30					19
----	--	--	--	--	----

Cl. Maxilopoda

Or. Copepoda

*Ciclopoide indt*

150	25	28	4	66	78
-----	----	----	---	----	----

*Harpacticoide indt*

17	4	2	1	4	41
----	---	---	---	---	----

Cl. Malacostraca

Or. Isopoda

*Isopodo indt.1*

3		2		4	5
---	--	---	--	---	---

*Isopodo indt.2*

				1	
--	--	--	--	---	--

*Isopodo indt.3*

1			5		
---	--	--	---	--	--

*Isopodo indt.4*

	1	1			
--	---	---	--	--	--

*Isopodo indt.5*

	1				
--	---	--	--	--	--

*Isopodo indt.6*

	1			1	
--	---	--	--	---	--

Or. Amphipoda

*Anfipodo indt.1*

		8	4		3
--	--	---	---	--	---

*Anfipodo indt.2*

9				3	
---	--	--	--	---	--

*Anfipodo indt.3*

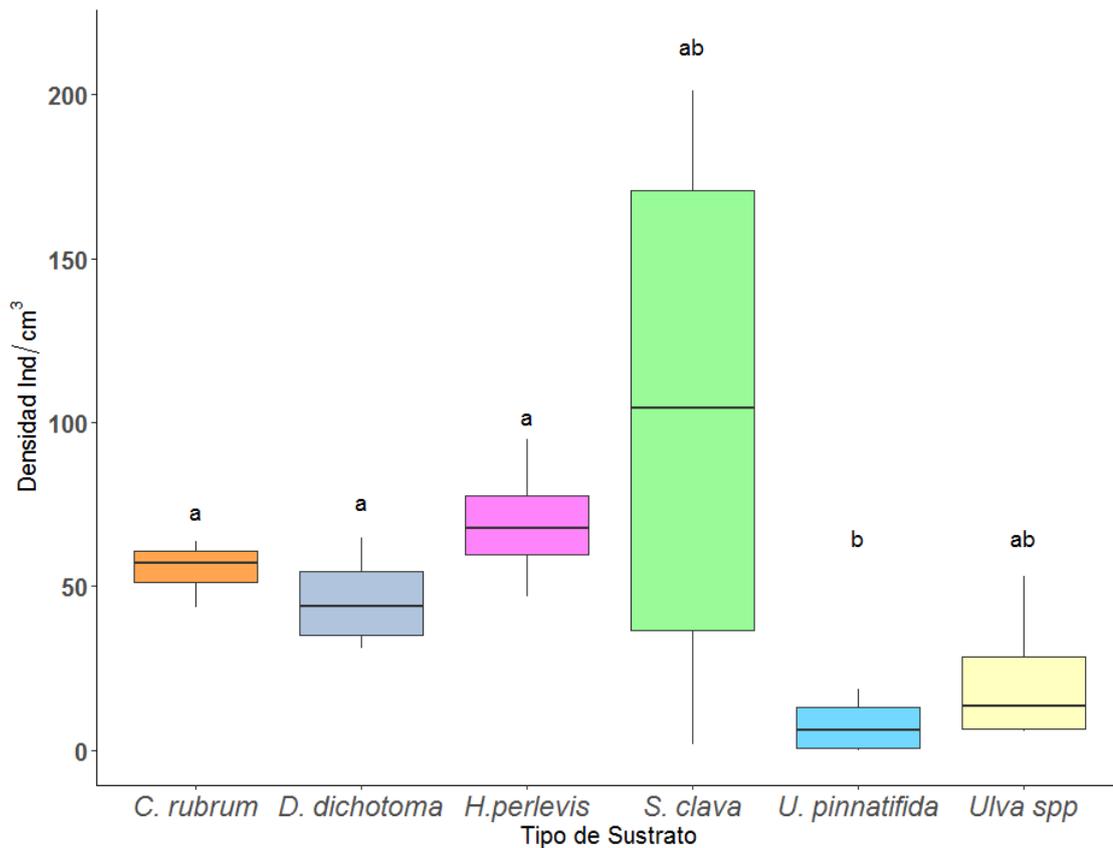
1		5			
---	--	---	--	--	--

Fam. Lysianassidae						
<i>Lisianassido indt.</i>	3	7	1	4	1	10
Fam. Phoxocephalidae						
<i>Phoxocephalido indt</i>			5	1		13
Fam. Corophiidae						
<i>Corofido indt</i>	264	32	64	20	42	15
Fam. Ampithoidae						
<i>Ampithoide indt</i>	25	35	66	16	44	7
Fam. Melitidae						
<i>Melita indt.</i>	21	29	56	20	60	4
Fam. Caprellidae						
<i>Caprella penantis</i>			8			
<i>Caprella dilatata</i>			1		1	
Or. Tanaidacea						
Fam. Tanaididae						
<i>Tanais dulongii</i>	2	1	1		1	1
<i>Tanaidaceo indt.</i>	1	1				1
Or. Decapoda						
<i>Cangrejo indt.1</i>	1			1		
<i>Cangrejo indt.2</i>						1
<i>Cangrejo indt.3</i>						1
<i>Cangrejo indt.4</i>						1
Fam. Grapsidae						
<i>Neohelice granulata</i>					2	

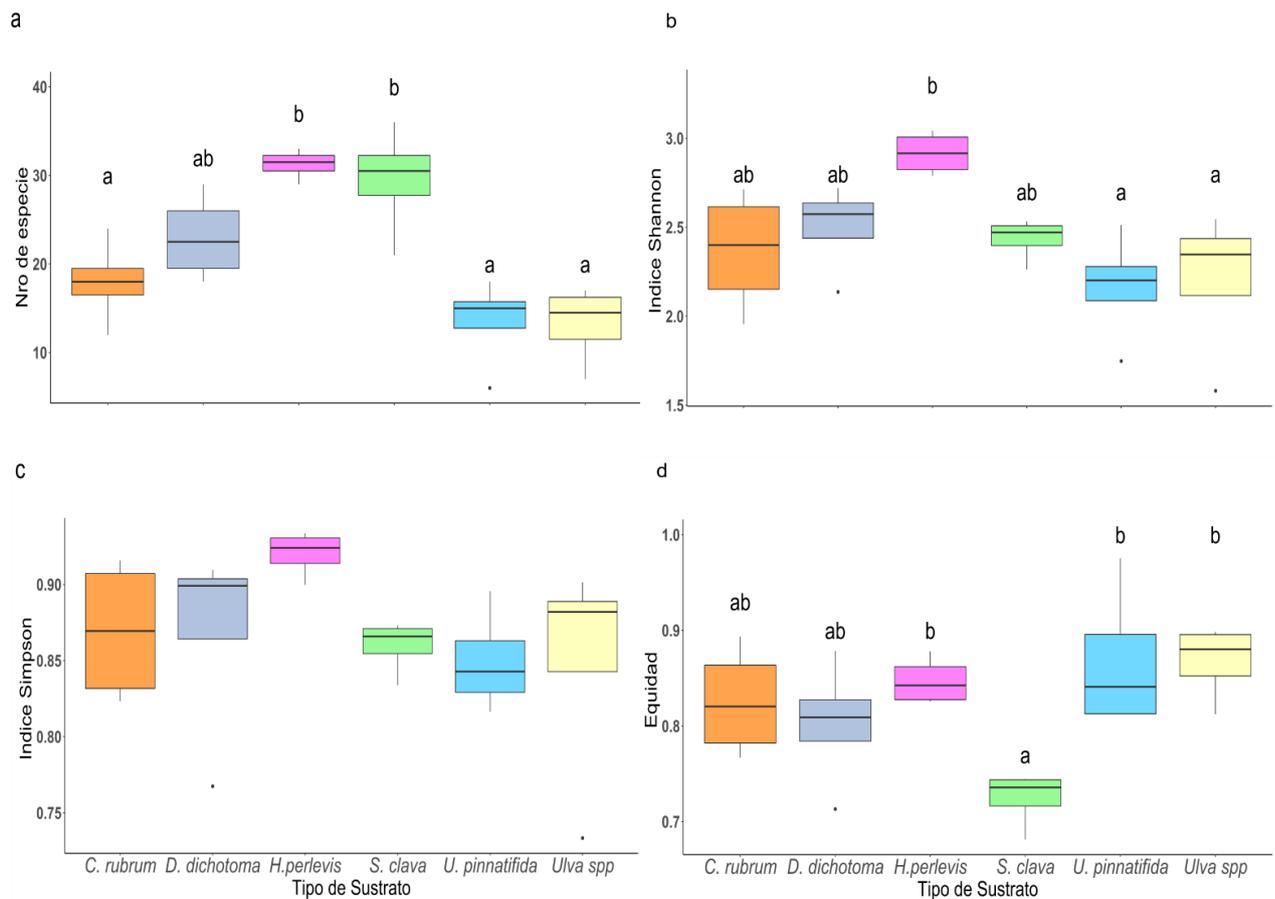
La densidad de presas presentó diferencias entre sustratos (Kruskal-Wallis,  $H_{(5)} = 1,89$ ,  $p < 0,05$ ). La prueba *a posteriori* diferenció al alga roja *C. rubrum* (promedio  $\pm$  desvío estándar =  $55,29 \pm 8,81$  ind/cm<sup>3</sup>), al alga parda *D. dichotoma* ( $45,79 \pm 15,15$  ind/cm<sup>3</sup>) y la esponja *H. perlevis* ( $69,35 \pm 20,06$  ind/cm<sup>3</sup>), del alga parda *U. pinnatifida* ( $7,78 \pm 8,95$  ind/cm<sup>3</sup>), la cual

presentó la menor densidad promedio de presas (Fig. 8). La densidad promedio de presas en la ascidia *S. clava* fue la más elevada, aunque muy variable ( $102,83 \pm 93,43$  ind/cm<sup>3</sup>).

La riqueza específica de las presas varió entre los tipos de sustratos (ANOVA,  $F_{5,18}=10,64$ ;  $p < 0,05$ ). La esponja *H. perlevis* y la ascidia *S. clava* presentaron el mayor número de especies mientras que las macroalgas *Ulva spp.*, *C. rubrum* y *U. pinnatifida* presentaron menor número de especies (Fig. 9.a). El índice de diversidad de Shannon-Weaver varió entre los distintos sustratos (ANOVA,  $F_{5,18} = 3,53$ ,  $p < 0,05$ ). La esponja, *H. perlevis* presentó los valores más altos de diversidad de presas mientras que las algas *Ulva spp.* y *U. pinnatifida* los valores más bajos. (Fig. 9.b). El índice de Simpson no mostró diferencias estadísticas (Kruskal Wallis,  $H_{(5)} = 9,48$ ,  $p = 0,09$ ), pero varió de manera similar al índice de Shannon entre los tipos de sustratos (Fig. 9.c). En términos de la equidad de distribución de especies también se observaron diferencias entre los tipos de sustratos (ANOVA,  $F_{5,18} = 4,15$ ,  $p < 0,05$ ), siendo la ascidia *S. clava* el sustrato con menor equidad de especies presa (Fig. 9.d).



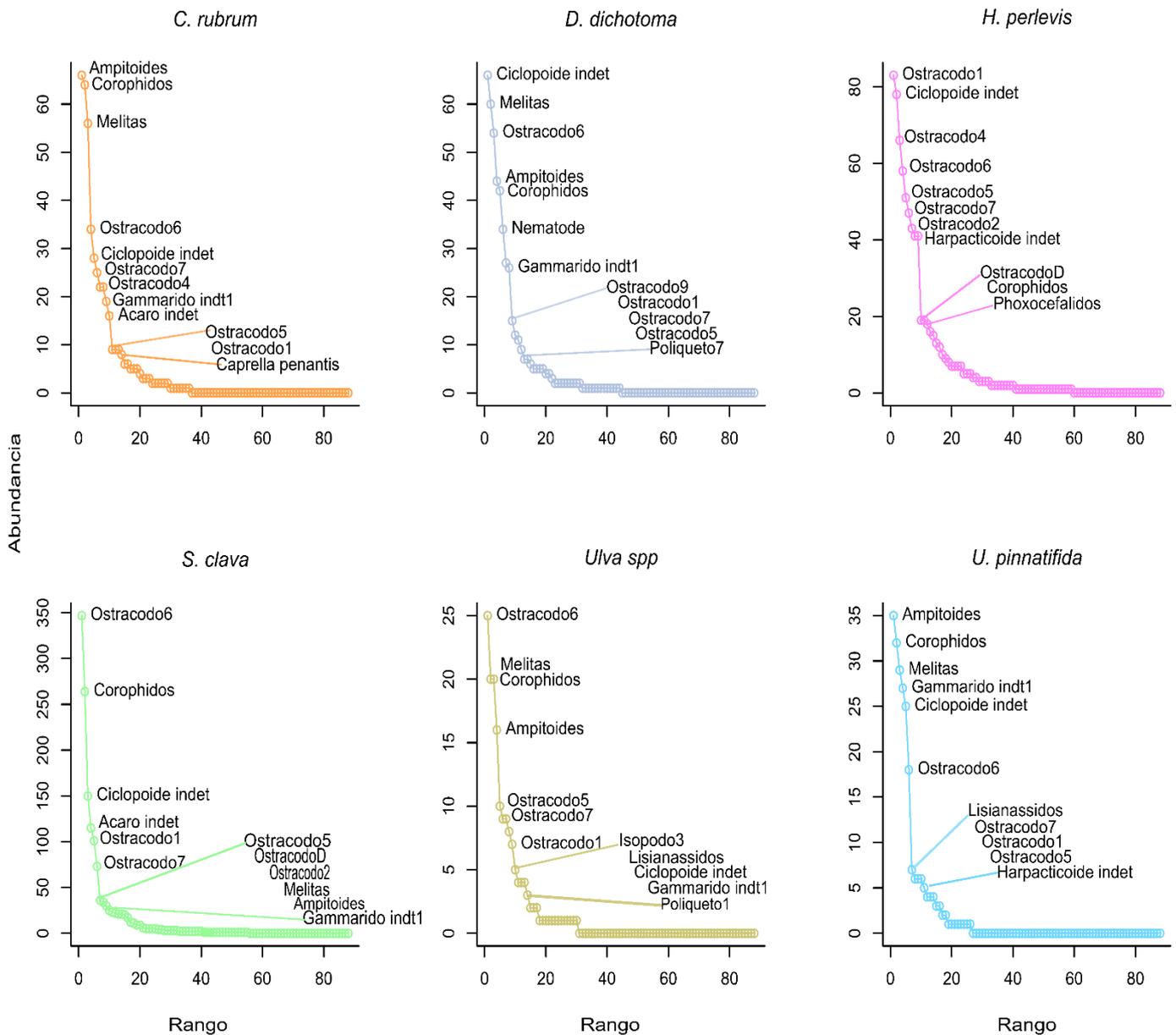
**Fig. 8** Densidad de presas potenciales (ind/cm<sup>3</sup>) en distintos tipos de sustratos en ambiente natural. La línea representa la mediana, los límites de la caja los percentiles 25% - 75%, y los bigotes representan los valores máximos y mínimos. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).



**Fig. 9** Índices de diversidad para los macroinvertebrados asociados a los diferentes tipos de sustratos: a) riqueza, b) índice de Shannon-Weaver, c) índice de Simpson, d) equidad de Pielou (d). La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja los percentiles 25% - 75%, los bigotes los valores máximos y mínimos, y los puntos los valores atípicos. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Las curvas de rango –abundancia para los distintos tipos de sustrato muestran diferencias en las especies más abundantes de cada uno. En todos los sustratos, a excepción de la esponja *H. perlevis*, las especies presa potenciales que contribuyen con la mayor abundancia son similares, aunque se encuentran en proporciones diferentes. Por el contrario, en esponja *H. perlevis*, los ostrácodos son las especies más abundantes, mientras que otras especies que son presas habituales de los caballitos de mar (como los anfípodos) se encuentran en menores

abundancias. En la ascidia *S. clava* la abundancia de ítems presas (particularmente ostrácodos y corophidos) es hasta cuatro veces superior a la observada en otros sustratos (Fig.10).



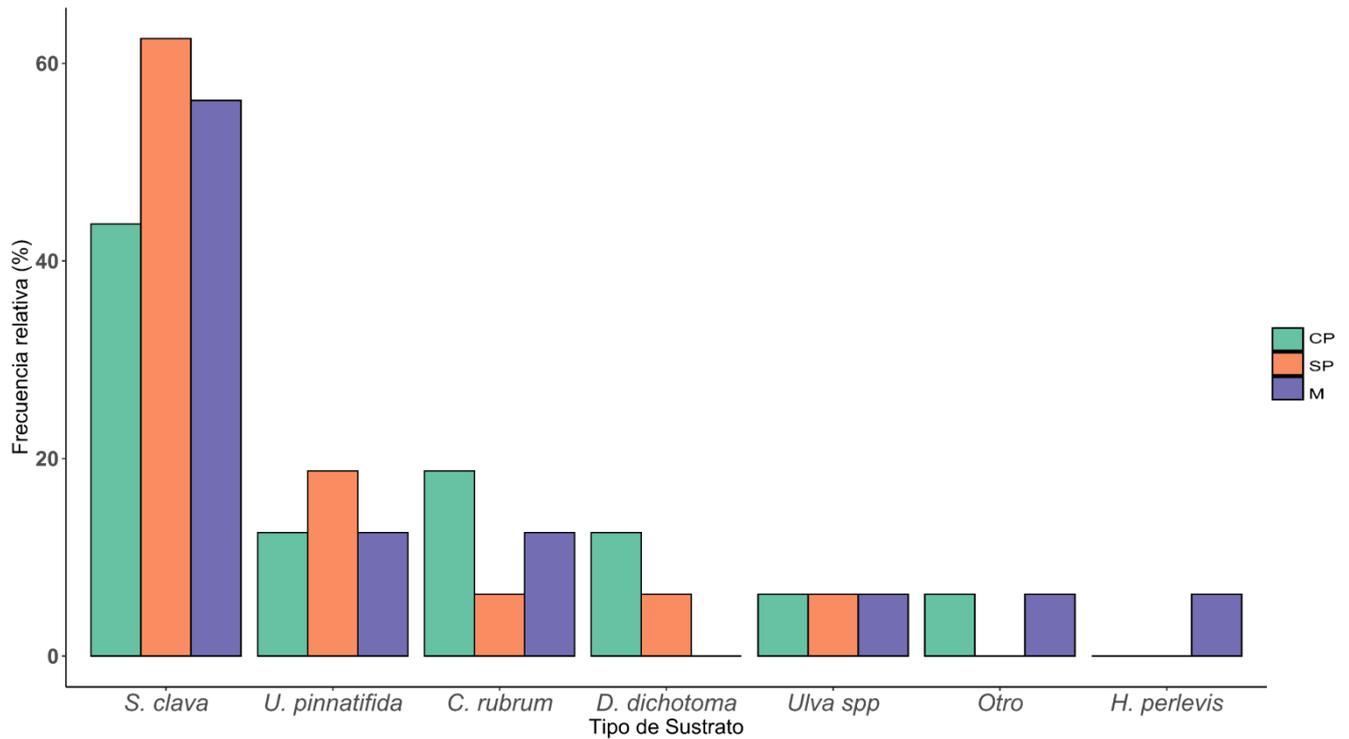
**Fig. 10** Curvas de rango-abundancia de los diferentes tipos de sustratos biogénicos. Las curvas muestran la abundancia de especies en función del rango o puesto en cada uno de los sustratos.

### 3.3. Selección en ambiente controlado

El experimento de selección de sustrato en presencia y ausencia de presas mostró que el caballito elige de manera diferencial los distintos sustratos. No se observó evidencia que sugiera que la presencia de presas afecta la selección de sustrato ( $X^2_6 = 3,06$ ;  $p > 0,05$ ;  $N = 32$ ). El sustrato más elegido fue la ascidia *S. clava* (53 %), seguido de la macroalga *U. pinnatifida* (15,63%, Fig. 11).

De manera similar, el experimento con *mimics*, también sugiere que los sustratos son elegidos de manera diferencial ( $X^2_6 = 18,50$ ;  $p < 0,05$ ;  $N = 16$ ). Todos los sustratos fueron elegidos al menos una vez, excepto el alga *D. dichotoma*. El sustrato más elegido también fue el *mimic* de la ascidia *S. clava* (56,25 %), seguido por los *mimics* de *C. rubrum* y *U. pinnatifida*, ambas representando 12,50 % de las elecciones (Fig. 11).

Durante los experimentos de selección de sustratos biogénicos se observaron tres actividades: 1) reposo, el caballito se encuentra pasivo e inactivo y asido a algún sustrato (37,5 - 81,25% con presencia y ausencia de presas respectivamente, Fig. 12.a); captura, el caballito realiza un movimiento rápido de la cabeza acercando la boca hacia la presa, la cual es succionada dentro de la cavidad bucal (37,5 - 0% Fig. 12.b); y exploración, el caballito recorre activamente el acuario en busca de presas (25 - 18,75% Fig. 12.c). Por el contrario, la única actividad observada durante los experimentos con *mimics* fue reposo.



**Fig. 11** Comparación de la elección de *H. patagonicus* en función del tipo de sustrato. Experimento con presencia de presas (CP) y Sin presencia de presas (SP), y experimento utilizando mimics (M). La altura de la barra representa la frecuencia relativa porcentual de las elecciones. Sustrato “Otro” se consideró cuando el caballito no se encontraba asido de ningún sustrato y generalmente se encontraba explorando.

## Discusión

En esta tesis de grado se describe y evalúa la preferencia y selección de diferentes tipos de sustratos por el caballito de mar patagónico. Los resultados evidenciaron que en ambiente natural *H. patagonicus* utiliza más frecuentemente las algas rojas (*Ceramium rubrum*) y pardas (*Dictyota dichotoma*), que son los sustratos que se encuentran en mayor proporción en el hábitat de los caballitos en la bahía San Antonio. En contraposición, en condiciones

controladas de acuario los experimentos mostraron que el caballito de mar tiene preferencia por la ascidia *Styela clava*, tanto en presencia y ausencia de presas, como en los experimentos utilizando *mimics* de los sustratos. A su vez, se observaron variaciones en la densidad, la riqueza y la diversidad de presas disponibles en los sustratos biogénicos, pero los experimentos en acuario sugieren que la selección del caballito de mar por los distintos tipos de sustratos no estaría relacionada con la disponibilidad de presas,

Un animal presenta preferencia cuando usa de manera desproporcional un recurso en comparación con otros disponibles (Krausman, 1999; Rosenfeld, 2001; Freitas, 2015). En la bahía San Antonio *H. patagonicus* se encuentra más frecuentemente asociado de las algas *C. rubrum* y *D. dichotoma*, las cuales son observadas coexistiendo en los hábitats en los que se encuentran las principales poblaciones de caballito de mar. Además, este tipo de sustrato biogénico es el que presenta las mayores coberturas, por lo que constituiría el sustrato de mayor disponibilidad para el caballito. Estos resultados coinciden con otros autores (Foster y Vincent, 2004; Rosa et al., 2007; Scapin et al., 2007; Teske et al., 2007; Woodall et al., 2018; Fernández do Carmo, 2019) los cuales mencionan a diferentes especies de caballitos de mar mostrando preferencia por distintos tipos de hábitat de acuerdo con la abundancia y el tipo de sustrato disponible en el medio. Por ejemplo, *H. reidi* es encontrado con mayor frecuencia en algas y sustratos con morfo-estructura arborescentes, *H. guttulatus* e *H. hippocampus* tiende a preferir áreas con pastos marinos, algas y estructuras artificiales, en cambio, *H. capensis* e *H. whitei* se observan asociados principalmente a macroalgas, esponjas y ascidias, y en hábitats con gran cobertura de pastos marinos largos, respectivamente (Foster y Vincent, 2004; Rosa et al., 2007; Scapin et al., 2007; Teske et al., 2007; Woodall et al., 2018). La selección y preferencia por ciertos hábitats puede variar a lo largo de la vida de un individuo de acuerdo a su comportamiento, necesidades y limitaciones (Craig y Crowder, 2002; Rosenfeld, 2003;

Malavasi et al., 2007; Freitas et al., 2015). En algunas especies de signátidos, las hembras muestran un comportamiento más activo, ya que compiten por los machos y consumen una mayor variedad de presas (Nogueira Fuertes, 2018; Ochoa Fernández, 2019), así como en algunas especies de caballitos de mar, los individuos de tallas más grandes habitan a profundidades mayores y los juveniles forman grupos pequeños de individuos sujetos entre sí mediante su cola (Foster y Vincent, 2004; Ruiz Orta 2017; Fernández Do Carmo, 2019). En este trabajo no se consideraron diferencias en la selección de sustratos relacionadas con la talla de los caballitos de mar o con comportamientos específicos de cada sexo. Sin embargo, futuros estudios deberían considerar diferencias comportamentales basadas en el sexo, la talla, o la condición reproductiva de los caballitos de mar, ya que estos influyen en la preferencia y selección de sustratos.

En contraposición con lo observado en ambiente natural, los experimentos en acuario evidenciaron que los caballitos muestran preferencia por la ascidia *S. clava*. Esta ascidia es una especie exótica que fue registrada por primera vez en 2013 en la bahía San Antonio y en otras zonas del Golfo San Matías en algunas áreas intermareales asociadas a diferentes tipos de sustratos duros y en áreas submareales, distribuida en parches pequeños de grandes densidades o en parches grandes de muy baja densidad ( $< 1 \text{ ind/m}^2$ ) (Pereyra et al, 2015). Si bien es un organismo que presentó baja cobertura en el sitio de estudio, se ha demostrado que tiene un efecto positivo sobre el asentamiento de otras especies, particularmente *S. clava* posibilita el establecimiento de la macroalga *U. pinnatifida* durante todo el año en la bahía de San Antonio (Arcángel, 2019). Rodríguez (2022) propuso a *S. clava* como un ingeniero autogénico, es decir como una especie que altera su entorno para beneficiarse a sí misma y a otras especies que la utilicen como recurso, por lo que *S. clava* es capaz de proporcionar tanto recursos, como alimento y/o refugio a los organismos que la utilicen como sustrato.

Asimismo, observaciones en ambiente natural han registrado caballitos de mar utilizando estas ascidias (obs. pers. Gerardo “Tata” Aguayo). Entonces, la reciente introducción de *S. clava* podría tener un efecto positivo sobre *H. patagonicus*, brindando nuevos sustratos para asirse y alimentarse.

En esta tesina se planteó la hipótesis que *H. patagonicus* presenta preferencia por distintos tipos de sustratos biogénicos presentes en la bahía y que dicha preferencia está relacionada con la disponibilidad de presas. Por ello, se esperaba que en ambiente natural el caballito se encuentre más frecuentemente asido de los sustratos que presenten mayor densidad y diversidad de presas. El análisis de la abundancia y diversidad de presas en los sustratos mostró que la esponja y la ascidia tienen el mayor número de especies presa. Si bien la esponja tiene una alta diversidad y equitatividad de especies, es decir que tiene asociadas a ella una gran variedad de especies presas de abundancia similar, no se observaron caballitos asidos de esponjas en ambiente natural. Los experimentos mostraron que *S. clava* es el sustrato en el que se observó con mayor frecuencia a *H. patagonicus*. Ésta ascidia mostró una fuerte dominancia de un solo grupo de presas, los ostrácodos. Por otra parte, las algas *Ulva spp* y *U. pinnatifida* tienen menor número de presas, pero con una diversidad de especies similar a las de las otras algas (*C. rubrum*, *D. dichotoma*). Probablemente, entre otros factores, la distinta estructura del fronde de las algas, es decir, su complejidad estructural determine que los macroinvertebrados se desarrollen en mayor o menor medida en cada una de ellas (Kelaher, 2006; Suarez-Jimenez et al., 2017). Sin embargo, los resultados, sugieren que no sería la abundancia o diversidad de presas potenciales lo que determina la selección del sustrato por el caballito. En concordancia, los experimentos en acuario mostraron que independientemente de la presencia de presas, e incluso utilizando *mimics* de los distintos tipos de sustratos, los caballitos seleccionan a la ascidia *S. clava* más frecuentemente. Es

decir, que no se corroboran algunas de las predicciones planteadas que esperaban que, en condiciones controladas, en ausencia de presas los caballitos no muestren preferencia por ningún sustrato biogénico en particular, y que los sustratos artificiales (*mimics*) con distinta estructura sean elegidos en igual proporción. Los resultados de esta tesina evidenciaron que, en acuario, la preferencia de los caballitos de mar por *S. clava* no estaría relacionada con la presencia de presas, sin embargo, podría pensarse que estaría más relacionado con la estructura de sujeción que le brinda la ascidia *S. clava*. En este sentido, sería interesante la realización de investigaciones futuras centradas en el análisis de la estructura física proporcionada por los diferentes sustratos que conforman el hábitat del *H. patagonicus* para respaldar esta idea. Muchas especies de peces realizan compensaciones entre diferentes atributos de las opciones disponibles en el ambiente en función de sus preferencias individuales y el contexto en el que se encuentran (Gerritsen et al., 2010; Borcharding, 2006; Pettersson y Brönmark, 1993). En particular, los caballitos de mar tienden a permanecer asidos a sustratos del fondo durante largos periodos de tiempo con el fin de obtener alimento, evitar ser arrastrados por las corrientes, y/o proporcionar una mayor comodidad y seguridad contra depredadores durante la observación y estudio del entorno (Vincent et al., 2011; Foster y Vincent, 2014; Francesca et al., 2019). En este contexto, *H. patagonicus* podría estar compensando los beneficios de la obtención de alimento y la sujeción a un sustrato que le proporcione mayor estabilidad y protección.

El comportamiento de preferencia y selección de distintos atributos del hábitat por los caballitos de mar tiene implicancias en los individuos y en las poblaciones, ya que está directa o indirectamente asociado con los recursos que necesitan para reproducirse y sobrevivir en los ambientes costeros de la bahía San Antonio. En este sentido, conocer la selección y preferencia por diferentes tipos de sustratos que componen el hábitat del caballito, permite

comprender la importancia del ambiente para esta especie, estimar los límites de distribución espacial de su población y crear modelos de distribución de hábitat. Como se mencionó en la introducción, los ambientes costeros de la bahía San Antonio se enfrentan a disturbios provocados tanto por factores estresantes de origen antrópico (Iribarne et al., 2004; Martinetto et al., 2010, 2011; Teichberg et al., 2010; Carbone et al., 2011; Becherucci et al., 2021) como por la introducción de especies exóticas (Pereyra et al., 2014; 2015). Estos factores podrían estar modificando el hábitat del caballito. Por lo tanto, conocer la preferencia de hábitat de esta especie resulta ser información esencial para proponer medidas y estrategias de conservación que permitan proteger y preservar los ambientes costeros y los hábitats esenciales para el caballito, promoviendo su supervivencia y contribuyendo también a la conservación de la biodiversidad de la bahía de San Antonio (Craing y Crowder, 2002; Rosenfeld et al., 2003, 2015; Fricke et al., 2015). Además, la consideración de estos aspectos es fundamental para la formulación de programas de restauración en caso de que la pérdida de los mismos, en la BSA, continúe en aumento. En este contexto, dado que esta tesis de grado ha proporcionado aportes significativos en la identificación de sustratos preferenciales para *H. patagonicus*, se considera pertinente recomendar la realización de un estudio exhaustivo de dichos sustratos. Esto permitiría su empleo como indicador de la conservación de los hábitats y como un desencadenante de acciones dirigidas a la restauración de los mismos.

## Conclusiones

En los ambientes costeros de la bahía de San Antonio el caballito de mar patagónico, *Hippocampus patagonicus*, utiliza las algas rojas *Ceramium rubrum* y pardas *Dictyota dichotoma*, las cuales son los sustratos más abundantes en su hábitat, como sustrato de sujeción mientras se encuentra en reposo o camuflado (comportamiento “sentarse y esperar”). Sin embargo, en condiciones controladas de acuario, el caballito de mar mostró preferencia por la ascidia *S. clava*. Aunque los sustratos biogénicos disponibles en el hábitat de *H. patagonicus* presentan variaciones en la densidad, riqueza y diversidad de presas disponibles, se observó que la preferencia de sustratos por el caballito de mar no estaría relacionada con la disponibilidad de presas potenciales, sino con la estructura de cada sustrato. Además, la presencia de la ascidia exótica *S. clava* en la bahía de San Antonio podría tener un efecto positivo sobre *H. patagonicus*, brindando nuevos sustratos para asirse y/o alimentarse.

En un contexto de incremento del impacto de factores estresantes de origen antrópico en los ecosistemas costeros, comprender las preferencias de hábitat para especies vulnerables y en peligro como los caballitos de mar, es fundamental para contribuir a la conservación y protección de la especie, así como de los ambientes de la bahía de San Antonio en los que se desarrolla. Los resultados de este trabajo remarcan la importancia de evaluar el impacto de la modificación de los ambientes costeros y su efecto sobre las especies más vulnerables.

## **Bibliografía**

**Alderete S, Esteves JL, Carbajal M, y Narvarte M (2009)** Informe de la evolución de la contaminación con plomo en la localidad de San Antonio Oeste, provincia de Río Negro y otros casos similares. Fundación Patagonia Natural, 1ra edición.

**Aliotta S, Schnack EJ, Isla FI, Lizasoain GO (2000)** Desarrollo secuencial de formas de fondo en un régimen macromareal. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 7:95–107.

**Alonso GM (1984)** Anfípodos gammaridos litorales del Mar Austral Argentino: (Crustacea amphipoda Gammaridea). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

**Ambo Rappe R, La Nafie YA, Marimba AA, Unsworth KF (2021)** Seagrass habitat characteristics of seahorses in Selaya Island, South Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux* 14(1):337-348.

**Arcángel AE (2019)** Interacción entre dos especies introducidas en un ambiente rocoso de la Bahía San Antonio (Río Negro): La ascidia *Styela clava* y la macroalga *Undaria pinnatifida*. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Nacional Del Comahue.

**Anton A, Geraldi NR, Lovelock CE, Apostolaki ET, Scott Bennett (2019)** Global ecological impacts of marine exotic species. *Nature Ecology and Evolution* 3, 787-800.

**Ayala Y, Martín A (2003)** Relaciones entre la comunidad de anfípodos y las macroalgas a las que están asociados, en una plataforma rocosa del litoral central de Venezuela. *Boletín Instituto Español de Oceanografía* 19(1-4) 171-182.

**Baeza Rojano E y Guerra Garcia JM (2013)** Life history under laboratory conditions of the caprellids (Crustacea: Amphipoda) from the South of the Iberian Peninsula: *Caprella equilibra* and *Caprella dilatata* (Caprellidae) and *Phtisica marina* (Phtisicidae). *Zoologica Baetica* 24: 155-186.

**Becherucci ME, Pereyra P, Narvarte M, Fanjun E, Iribarne O, Martinetto P (2021)** Tidal action and macroalgal photosynthetic activity prevent coastal acidification in a eutrophic system within a semi-desert region. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 256, 107374.

**Bonuccelli R, Malan J, Luna L.I, y Torres L (2004)** Contaminación por metales pesados derivados de la lixiviación de escorias de fundición San Antonio Oeste-Río Negro. IBPM—Serie Publicaciones, 3, 63-66.

**Borcherding J (2006)** Prey or depredator: 0+ perch (*Perca fluviatilis*) in the trade-off between food and shelter. *Environment Biology Fish* 77:87-96.

**Boschi EE y Cousseau MB (2004)** La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina. Publicaciones especiales INIDEP. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

**Boschi EE, Fischbach CE y Iorio MI (1992)** Catálogo ilustrado de crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina.

**Bremec C, Marecos A, Schejter L y Lastra M (2003)** Guía técnica para la identificación de invertebrados epibentónicos asociados a los bancos de vieira patagónica (*Zygochlemys patagónica*) en el Mar Argentino. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata, 28 pp.

**Brogger MI (2010)** Crecimiento, reproducción y alimentación del ofiuroido *Ophioplocus januarii* (Lütken, 1856) (Echinodermata: Ophiuroidea) en costas de Patagonia, Argentina. Tesis Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental.

**Burgueño Sandoval GM, Narvarte MA, Firstater FN (2021)** Epibiosis in sedimentary coastal: Effects of an introduced barnacle on a native mussel. *Marine Ecology* 42(5), e12674.

**Calcagno JA (2014).** Los Invertebrados Marinos. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. 1a ed.

**Carbone ME, Melo WS, Piccolo MC (2014)** Procesos ambientales que afectan la bahía San Antonio y su área de adyacencia (Prov. de Río Negro). *Huellas* 18, 132-144.

**Carbone ME, Piccolo MC y Perillo GME (2011)** Zonificación ambiental de la Reserva Natural Bahía San Antonio, Argentina: Aplicación del Índice de Calidad Ambiental. *Investigaciones geográficas* 56, 49-67.

**Carr MH (1991)** Habitat selection and recruitment of an assemblage of temperature zone reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 146,119-137.

**Castro ALC, De Farias Diniz A, Martins, IZ, Vendel, AL, De Oliveira TPR, De Lucena Rosa IM (2008).** Assessing diet composition of seahorses in the wild using a non-destructive method: *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae) as a study-case. *Neotropical Ichthyology* 6(4), 637–644.

**Corbera J y Sanz MC (2004)** Cumáceos y tanaidáceos. Asociación Española de Entomología- CIBIO- Uni. Autónoma de Barcelona. Chapter 25, 405-423.

**Correia M, Koldewey H, Andrade JP, Palma J (2015)** Effect of artificial holdfast units on seahorse density in the Ria Formosa lagoon, Portugal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 471 1-7.

**Correia M, Palma J, Koldewey H, Andrade JP (2013)** Can artificial hold-fast units work as a habitat restoration tool for long-snouted seahorse (*Hippocampus guttulatus* Cuvier)? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 448, 258-264.

**Cortez C. N, y Narosky T. (1997)** Cien caracoles argentinos. Editorial Albatros.

**Chiesa IL y Alonso GM (2014)** Anfípodos Gammaridea y Corophiidea. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, vol.3. 201 pp.

**Craig JK, Crowder LB (2002)** Factors influencing habitat selection in fishes with a review of marsh ecosystems. Springer, Concepts and controversies in tidal marsh ecology, 241-266.

**Duarte M, Gawryszewski FM, Ramineli S, Bessa E (2019)** Disruptive coloration and habitat use by seahorses. *Neotropical Ichthyology*, 17(4): e 190064.

**Fernandez do Carmo T (2019)** Estrutura populacional do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* em dois estuários do estado do Rio de Janeiro. Universidade Federal do estado do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

**Forcelli DO y Narosky T (2015)** Uruguayan seashells. Vázquez Mazzini Editores.

**Foster SJ, Vincent CJ (2004)** Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *Journal of Fish Biology* 65, 1-61.

**Fernandez Do Carmo T (2019)** Estructura populacional do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* em dois estuários do Rio de Janeiro. Universidade Federal do estado do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

**Francesca A, Corriero G, Mirto S, Pierri C, Lazic T, Gristina M (2019)** Trophic flexibility and prey selection of the wild long snouted seahorse *Hippocampus guttulatus* Cuvier, 1829 in three coastal habitats. Estuarine, Coastal and Shelf Science 234:1-10.

**Freitas C, Olsen EM, Knutsen H, Albretsen J, Moland E (2015)** Temperature-associated habitat selection in a cold-water marine fish. Journal of Animal Ecology. 85(3), 628-637.

**Fricke A, Kopprio GA, Alemany D, Gastaldi M, Narvarte M et al. (2015)** Changes in Coastal benthic algae succession trajectories and assemblages under contrasting Nutrient and grazer loads. Estuaries and Coasts 39(2), 462-477.

**Fucks EE, Schnack EJ, Charó M (2012)** Geological and geomorphological aspect of the North sector of San Matías Gulf, Río Negro, Argentina. Revista de la Sociedad Geológica de España 25: 1-2.

**Gastaldi M (2015)** Características biológicas y rol ecológico de la comunidad de esponjas de la Bahía San Antonio, Patagonia Argentina. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

**Giambiagi D (1920)** Introducción al estudio de los isópodos argentinos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

**Gerritsen HD, McGrath D, Lordan C, Harlay X (2010)** Differences in habitat selection of male and female megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*, Walbaum) to the west of Ireland. A

result of differences in life-history strategies between the sexes. *Journal of Sea Research* 64:487-493.

**Guerra Garcia JM y Thiel M (2001)** La fauna de caprélidos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de las especies. *Revista Chilena de Historia Natural* 74:873-883.

**González R, Dinghi P, Medina A, Maggioni M, Storero L, Gosztonyi A (2014)** Genetic evidence and new morphometric data as essential tools to identify the Patagonian seahorse *Hippocampus patagonicus* (Pisces, Syngnathidae). *Journal of Fish Biology* 84 (2): 459-474.

**Honda K, Nakamura Y, Nakaoka M, Uy WH, Fortes MD (2013)** Habitat Use by Fishes in Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangrove Habitats in the Philippines. *PloS ONE* 8(8): e65735.

**IFoP 2018** Macrofauna Bentónica de Chile. Instituto Fomento Pesquero <https://www.ifop.cl/macrofauna/coleccion-de-especies/coleccion-de-crustaceos/>

**Katsanevakis S, Wallentinus I, Zenetos A, Leppakoski E, Cinar ME (2014)** Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions* 9, 4: 391-423.

**Kitsos MS, Tzomos TH, Anagnostopoulou L, Koukouras A (2008)** Diet composition of the seahorses, *Hippocampus guttulatus* Cuvier, 1829 and *Hippocampus hippocampus* (L., 1758) (Teleostei, Syngnathidae) in the Aegean Sea. *Journal of Fish Biology* 72, 1259–1267.

**Lawson JM, Foster SJ, Lim ACO, Chong VC, Vincent ACJ (2014)** Novel life-history data for threatened seahorse provide insight into fishery effects. *Journal of Fish Biology* 85(1), 1-15.

**Lourie SA, Foster SJ, Cooper EWT, Vincent ACJ (2004)** A guide to the identification of Seahorses. Project and TRAFFIC North America. University of British Columbia and World Wildlife Fund, Washington DC. University of British Columbia and World Wildlife Fund.

**Lourie SA, Vincent ACJ and Hall H (1999)** Seahorse: An identification guide to the world's species and their conservation. London Project Seahorse.

**Malavasi S, Franco A, Riccato F, Valerio C, Torricelli P, Franzoi P (2007)** Habitat selection and spatial segregation in three pipefish species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75, 143-150.

**Malone TC and Newton A (2020)** The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers in Marine Science* 7, 270.

**Martinetto P, Daleo P, Escapa M, Alberti J, Isacch JP *et al.* (2010)** High abundance and diversity of consumers associated with eutrophic areas in a semi- desert macrotidal coastal ecosystem in Patagonia, Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 88, 357-364.

**Martinetto P, Teichberg M, Valiela I, Montemayor D, Iribarne O (2011)** Top-down and bottom-up regulation in a high nutrient-high herbivory coastal ecosystem. *Marine Ecology Progress Series* 432, 69-82.

**Masonjones HD, Rose E, Mc Rae B, Dixon DL (2010)** An examination of the population dynamics of Syngnathid fishes within Tampa Bay, Florida, USA. *Current Zoology* 56(1): 118-133.

**Mesquita Joanes F y Baltanás A (2015)** Clase Ostracoda: Orden Myodocopida. *Revista Ibero Diversidad Entomológica – SEA*, 72: 1-6.

**Mouzo FH, Paterlini CM (2017)** Geología submarina del golfo norpatagónico San Matías. Revista de la Asociación Geológica Argentina 74:553-569.

**Müller C, Erzini K (2017)** Interspecific differences in habitat selection of Syngnathids in the Ria Formosa lagoon, Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science 189, 235-242.

**Nogueira Fuertes R (2018)** Características tróficas de los signátidos de las Islas Cíes (Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia, NO España).

**Ochoa Fernández V M (2019)** Descrición dos hábitats mariños do litoral oriental das Illas Cíes (Parque Nacional das Illas Atlánticas, Galicia): Implicacións na presenza de peixes signátidos.

**Ortiz M, y Jimeno A (2001).** Guía ilustrada para la identificación de las familias y los géneros de los Anfípodos del suborden Gammaridea de la Península Ibérica. Graellsia, 57(2) 3-93.

**Palhares da Silveira L, Piuzana D, Pereira IM, Romarco de Oliveira ML, Barbosa dos Santos J (2016)** Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software Imagej. Espacios. 37 (31): 26.

**Pereira LF, Silveira RB, Albihoa V (2018)** Feeding habits of the seahorses *Hippocampus patagonicus* (Actinopterygii: Syngnathiformes: Syngnathidae) on the Southern coast of Brazil. Acta Ichthyologica et Piscatoria 48 (3): 267-271.

**Pereyra PJ, Arias M, González R, Narvarte M (2014)** Moving forward: the Japanese Kelp *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, 1983 expands in northern Patagonia, Argentina. BioInvasions Records 3(2): 65-70.

**Pereyra PJ, Narvarte M, Titián M, González R (2015)** The simultaneous introduction of the tunicate *Styela clava* (Herdman, 1881) and the macroalga *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, 1873, in northern Patagonia. *BioInvasions Records* 4(3): 179-184.

**Peréz-Schultheiss JP, Merino-Yunnissi C, Gutiérrez D (2022)** Claves para la identificación de las familias del orden Amphipoda (*sensu lato*) (Crustacea: Peracarida) presentes en Chile, con una lista actualizada de las especies. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.* 73:5-69.

**Perier MR (1994)** La fauna íctica en el litoral de la Bahía San Antonio (Golfo San Matías, Provincia de Río Negro). *Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.*

**Pettersson LB, Brönmark C (1993)** Trading off safety against food: State dependent habitat choice and foraging in crucian carp. *Oecologia* 95:353-357.

**Ravindra J, Thilina S (2010)** General ecology and habitat selectivity of freshwater fishes of the Rawan Oya, Kandy, Sri Lanka. *Sabaramuwa University Journal* 9(1), 11-43.

**Roche A, Cetra N, Maggioni M, Avaca S, Storero L, Firstater F, Narvarte MA (2020)** Caracterización de los moluscos bentónicos de la Bahía San Antonio. *Informe Técnico N°03-2020. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue.* 44 pp.

**Rodríguez EA (2020)** Macrofauna epibionte de la ascidia solitaria *Styela clava* (Herdman, 1881) en el Golfo San Matías. *Escuela de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue.*

**Rosa IL, Dias TL, Baum JK (2002)** Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). *Environmental Biology of Fishes* 64(4):378.

**Rosa IL, Oliveira TPR, Castro ALC, De Souza Moraes, Xavier JHA et al. (2007)** Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). *Neotropical Ichthyology* 5 (3):405-414.

**Ruiz Orta D (2017)** Comportamiento de sujeción al sustrato en juveniles tempranos del caballito de mar *Hippocampus ingens* (GIRARD, 1858). Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Sisal, Yucatán, México, 72 p.

Saad JF, Narvarte M.A, Abrameto M.A y Alder V.A (2019) Drivers of nano- and microplanktonic community structure in a Patagonian tidal flat ecosystem. *Journal of Plankton Research* 41(5):621-639.

**Salas CM (2018)** Evaluación del mejillín *Brachidontes rodriguezii* como modificador del hábitat en ambientes intermareales de sustrato móvil y efectos sobre la estructura comunitaria asociada. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba

**Rosenfeld Jordan (2003)** Assessing the Habitat Requirements of Stream Fishes: An Overview and evaluation of different approaches. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132:5 953-968.

**Scapin L, Cavraro F, Malavasi S, Riccato F, Zucchetta M, Franzoi P (2018)** Linking pipefishes and seahorses to seagrass meadows in the Venice lagoon: Implications for conservation. *Aquatic conservation: Marine and freshwater Ecosystems* 28 (2), 282-295.

**Scavia D and Bricker S (2006)** Coastal eutrophication assessment in the United States. *Biogeochemistry* 79, 187-208.

**Shannon CE, Weaver W (1964)** The Mathematical Theory of Communication. 2da ed. University of Illinois. United States of America.

**Souto VS (2015)** Invertebrados bentónicos en el Mar Argentino: estado actual de conocimiento, riqueza específica y patrones de distribución. Tesis. Universidad Nacional de la Palta, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

**Spivak ED, Farias NE, Ocampo EH, Lovrich GA y Luppi TA (2019)** Annotated catalogue and bibliography of marine and estuarine shrimps, lobsters, crabs and their allies (Crustacea: Decapoda) of Argentina and Uruguay (Southwestern Atlantic Ocean).

**Storero (2004)** Hábitos alimentarios y comportamiento trófico del caballito de mar (*Hippocampus sp*) en la Bahía San Antonio (Río Negro). Universidad Nacional de Córdoba.

**Storero LP, González RA (2008)** Feeding habits of the seahorse *Hippocampus patagonicus* in San Antonio Bay (Patagonia, Argentina). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 88(7) 1503–1508.

**Storero LP, Gonzales RA (2009)** Prey Selectivity and Trophic Behavior of the Patagonian Seahorse, *Hippocampus patagonicus*, in Captivity. Journal of the World Aquaculture Society 40(3): 394-401.

**Storero LP, Pereyra PJ (2022)** Novel interaction between an octopus and an introduced macroalgae. Marine and Freshwater Research 73(6), 866-871.

**Stump E (2013)** Habitat use and pipefishes (family Syngnathidae) in Biscayne National Park, a Marine Protected Area in South Florida, USA. B.Sc. Old Dominion University.

**Tablado A, Venerus LA (2000)** Catálogo de ejemplares tipo de la División Invertebrados del Museo Argentino de Ciencias Naturales I. Porífera, Cnidaria, Mesozoa, Platyhelminthes, Nemertinea, Rotifera, Nematomorpha, Nematoda, Bryozoa, Annelida, Crustacea y Echinodermata. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s 2(2):203-236.

**Ternes MLF, Gerhardinger LC, Schiavetti A (2016)** Seahorses in focus: local ecological knowledge of seahorse-watching operators in a tropical estuary. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 12:52.

**Teske PR, Lockyear JF, Hecht T, Kaiser H (2007)** Does the endangered Knysna seahorse, *Hippocampus capensis*, have a preference for aquatic vegetation type, cover or height? African Zoology 42(1): 23–30.

**Vincent ACJ, Foster SJ, Koldewey HJ (2011)** Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. Journal of Fish Biology 78(6) 1681-1724.

**Wesselmann M, Geraldi NR, Duarte CM, Garcia Orellana J, Díaz Rúa R (2021)** Seagrass (*Halophila stipulacea*) invasion enhances carbon sequestration in the Mediterranean Sea. Global Change Biology 27, 2592-2607.

**Williams NG (2011)** Caracterización ambiental del Golfo San Matías mediante sensores remotos y parámetros oceanográficos. Relación con la distribución y abundancia de los recursos biológicos de interés pesquero. Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche.

**Woodall LC, Otero Ferrer F, Correia M, Curtis JMR, Garrick Maidment N et al. (2018)** A synthesis of European seahorse taxonomy, population structure and habitat use as a basis for assessment, monitoring and conservation. Marine Biology 165:19.

**Zhang X, Vincent ACJ (2018)** Predicting distributions, habitat preferences and associated conservation implications for a genus of rare fishes, seahorses (*Hippocampus spp.*). Diversity and Distributions 00:1–13.

**Zhang X, Vincent ACJ (2019)** Using cumulative human- impact models to reveal global threat patterns for seahorses. Conservation Biology 0:1-12.