

DISTRIBUCIÓN Y EFECTOS DE LA EPIBIOSIS DEL CIRRIPIEDIO  
INTRODUCIDO *Balanus glandula* SOBRE EL MEJILLÍN *Brachidontes  
rodriguezii* EN LA BAHÍA DE SAN ANTONIO (GOLFO SAN MATÍAS,  
ARGENTINA).

**Burgueño Sandoval Giuliana Marianela**

**Director: Dr. Firstater Fausto Nahuel**

**Co-Directora: Dra. Narvarte Maite Andrea**

**Licenciatura en Biología Marina, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad  
Nacional del Comahue, 2017.**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a mi papá y a mi mamá por darme la oportunidad de poder realizar la carrera que tanto me gusta, por todo el apoyo y sostén que me dieron durante estos años.

A mis directores Dr. Fausto Firstater y Dra. Maite Narvarte por guiarme durante todo el proceso de la tesina, su acompañamiento, sus consejos, su ayuda y preocupación ya sea a la hora de realizar los muestreos y escribir la tesina o en los temas personales. Aprendí mucho de ellos tanto en lo profesional como en lo personal.

A Ceci Salas por sus consejos y ayuda en los primeros muestreos, contestar mis dudas y consultas durante todo el proceso de la tesina.

A mis hermanos por sus charlas en los momentos de distracción y su apoyo durante estos años.

A toda mi familia, siempre me brindaron su apoyo y creyeron en mí

A mis amigos por todo el apoyo y ayuda cuando las cosas estaban difíciles, por su preocupación por el avance de mi carrera y mi tesina y por todos los momentos compartidos durante estos años, las risas de todos los días, el acompañamiento y ayuda.

A Kelo por llevarme a muestrear cuando no conseguía con quien o como ir.

Al consejo interuniversitario por la Beca de estímulo a las vocaciones científicas con la cual pude realizar mi tesina.

A la Escuela Superior de Ciencias Marinas.

Nuevamente gracias a todos por que no solo me ayudaron en mi crecimiento académico sino también en mi crecimiento personal.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la distribución de *B. glandula* en función de los distintos tipos de sustratos (inerte, biogénico o mejillín) y el efecto que genera la epibiosis en la condición fisiológica y en la fuerza bisal de *B. rodriguezii* en un canal interno de la Bahía de San Antonio (42°45'S, 64°54'O). Se determinó que la biomasa de cirripedio en los distintos tipos de sustrato fue distinta entre los niveles del intermareal (superior, medio e inferior) y las estaciones del año. En primavera y otoño las diferencias fueron mayores y en invierno y verano fueron menores. La condición fisiológica del mejillín respecto de la epibiosis varía de positivo a negativo según la estación del año. En invierno en los tres niveles del intermareal los individuos con epibiosis tuvieron un menor índice de condición. En primavera hubo interacción entre la presencia de la epibiosis y el nivel del intermareal, el índice de condición de los individuos con epibiosis del nivel inferior fue mayor el de los individuos con epibiosis del nivel medio. En verano no hubo diferencias y en otoño sólo se observó efecto sobre la condición según el nivel del intermareal, con un mayor índice de condición los mejillines del nivel inferior. No se observaron cambios del índice de condición respecto de la presencia/ausencia de epibiosis natural o artificial en las estaciones de primavera y otoño se realizó la manipulación experimental Los mejillines con epibiosis se fijaron al sustrato con mayor fuerza que los que no. Se concluye que la distribución del cirripedio es distinta entre los niveles del intermareal de acuerdo a la proporción del sustrato disponible en cada nivel. La presión que ejerce el ambiente en los distintos niveles del intermareal y las distintas estaciones podrían jugar un papel fundamental en el efecto de la epibiosis ya que la condición varía según la estación y el nivel del intermareal en el que se encuentra y no al peso que ejerce la epibiosis sobre el mejillín. Al generar una mayor fuerza

de fricción en este tipo de ambientes, los basibiontes invierten energía generando una mayor fuerza de biso para evitar el desprendimiento.

**Palabras Claves: Epibiosis – Bahía San Antonio – Fuerza Bisal – Índice de Condición**

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the distribution of the barnacle *Balanus glandula* related to different substrates (inert, biogenic and mussels shells) and the effect produced by their epibiosis on the condition index and the byssal strength of the mussel *Brachidontes rodriguezii*. In San Antonio Bay (42° 45' S, 64° 54' W) the biomass of barnacles in the different substrates varied between the intertidal height and the seasons. In spring and autumn differences were greater than in winter and summer. The effect of the epibiosis on the condition index of mussels varied from positive to negative depending on the season. In winter at all intertidal heights, the individuals with epibiosis had a lower condition index. In spring the effect of epibiosis varied with intertidal height and the epibiosis, mussels without epibiosis at low intertidal had higher condition index than at mid intertidal. In summer there was no differences in condition index while in autumn the mussels from low intertidal had a higher condition index. In spring and autumn the experimental manipulation of natural and artificial epibiosis did not produced variation in the condition index of mussels. Moreover, the mussels with epibiosis had greater strength of byssal attachment that mussels without epibiosis. I conclude that the distribution of the barnacles on different substrate along the intertidal varies according to the proportion of the available settling substrate at each height. The varying pressure of the environment at the different intertidal heights and seasons could play a fundamental role in the effect of the epibiosis, since the condition index varies along the year and the intertidal and not with the weight of the epibiosis. Moreover, in a system with high hydrodynamic energy, the epibiosis would promote a greater byssal production in mussels, to prevent detachment.

**Key words: Epibiosis – San Antonio Bay – Byssal Strength – Condition Index**

## Índice

<b>I. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>1</b>
<b>II. RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>III. ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Sitio de Estudio.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Distribución y abundancia de mejillín y cirripedio.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Condición fisiológica del mejillín en relación con la presencia del cirripedio.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Experimentos en el campo.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.1 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre el índice de condición de mejillín... </b>	<b>14</b>
<b>2.4.2. Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre la fuerza bisal de mejillín.....</b>	<b>16</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Distribución y abundancia de mejillín y cirripedio.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Condición fisiológica del mejillín en relación con la presencia del cirripedio.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre el índice de condición de mejillín.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre la fuerza bisal de mejillín.....</b>	<b>24</b>
<b>4. DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>

**5. BIBLIOGRAFÍA.....28**

## 1.- INTRODUCCIÓN

La manera en que los organismos usan el espacio es uno de los temas centrales de la ecología de poblaciones y comunidades. Muchas comunidades se caracterizan por un número pequeño de taxones dominantes que definen las estructuras físicas del hábitat (e.g. selvas tropicales, pastizales y arrecifes de coral; Menge & Sutherland 1987, Angelini et al. 2011). En el caso de las costas rocosas, los bivalvos mitílidos suelen ser las especies dominantes del espacio (Stephenson & Stephenson 1972, Bertness et al. 2006) y han sido identificados como importantes ingenieros ecosistémicos, ya que al agregarse en bancos modifican la naturaleza y la complejidad del sustrato disponible para otras especies (e.g. Jones et al. 1994, Borthagaray & Carranza 2007). En este sentido, los mitílidos modulan la disponibilidad de recursos para otras especies y crean o modifican la estructura, complejidad y heterogeneidad ambiental, jugando un rol fundamental en la estructura de las comunidades asociadas (Pardo et al. 2006). Por otra parte, el principal estrés físico en los ambientes costeros es el producido por desecación y es el factor determinante en la modulación de los patrones de colonización de numerosas especies sésiles en los intermareales rocosos (Sánchez & Saixso 1995, Calcagno & Luquet 1997, Gedan et al. 2011).

La producción de valvas y la consecuente creación de hábitats por los mitílidos pueden afectar a otros organismos mediante: a) la provisión de sustrato para el asentamiento, b) la provisión de refugios para evitar la depredación o el estrés físico o fisiológico, y c) el control del transporte de partículas y solutos (Frechette et al. 1989, Gutiérrez et al. 2003, Borthagaray & Carranza 2007). Como proveedores de sustrato para el asentamiento de otras especies, los mitílidos han jugado un rol clave en el reclutamiento de especies invasoras alrededor del mundo (e.g. Méndez et al. 2013). Por su parte, varias especies de mitílidos han desarrollado mecanismos de defensa para evitar el asentamiento de la epibiota local (Bers & Wahl 2004,

Bers 2006). Sin embargo, el asentamiento de especies invasoras podría resultar facilitada ante la falta de defensas de la fauna nativa (Clark & Johnston 2009) y en consecuencia, las chances de invasión de nuevos hábitats se verían favorecidas.

El asentamiento de las larvas de los invertebrados marinos no es un proceso estocástico sino que muchas especies demuestran cierto grado de preferencia por algunas superficies más que por otras (Keough & Downes 1982). La elección de una superficie para el asentamiento es la respuesta a diversas señales físicas y químicas que pueden ser altamente específicas (Bers et al. 2006). Las larvas cypri de los cirripedios seleccionan activamente el sustrato, respondiendo a la presencia de conepecíficos –tanto reclutas como adultos-, de predadores y de un recubrimiento de biofilm epilítico (Jenkins 2005). Las valvas de mejillines cuentan con una microtopografía superficial que previene o minimiza el asentamiento de diversas especies (Wahl 1989; Bers et al. 2010). Sin embargo la escasez de sustrato disponible para el asentamiento, además de la abrasión o el daño en el perióstraco, pueden resultar en un intenso asentamiento de cirripedios sobre los mejillines (Wahl 1989; Bell et al. 2015; Gutiérrez & Palomo 2016).

Las propiedades de la superficie de los organismos marinos juegan un papel crucial en la mayoría de sus interacciones, tanto con la biota como con otros componentes del hábitat que los rodea. Estas propiedades, así como las funciones de esa superficie pueden verse sustancialmente modificadas por la presencia y las actividades de organismos epibiontes. Esto, a su vez puede conducir a la modulación de las interacciones entre el organismo huésped –basibionte- y su entorno, con consecuencias sobre su *fitness* relativo, y en última instancia, la estructura y funcionamiento del ensamble (Wahl 2008). La presencia de epibiontes puede dificultar la movilidad del basibionte, además de aumentar la fuerza de arrastre a la que se ve sometido. También puede modificar la presión de depredación sobre el

basibionte o la competencia por nutrientes. Sin embargo, la interacción epibiótica también puede ser positiva para el huésped, al aumentar el flujo energético, o al regular el estrés físico en los ambientes intermareales (Wahl 1989, Laudien & Wahl 2004). En el caso de los mejillines, el peso adicional producido por los organismos epibióticos, y el consecuente incremento de la demanda energética involucrada en la fijación, además de la alteración del flujo hidrodinámico que esta epibiosis produce, afectan negativamente las tasas de crecimiento y la biomasa, a la vez que aumenta la probabilidad de desalojo y de mortalidad (Dittman & Robles 1991; Thieltges 2005; O'Connor et al 2006; Thieltges & Buschbaum 2007).

En Argentina, las primeras descripciones de las costas rocosas intermareales del Atlántico sudoccidental identificaron un patrón de zonación inusual en las costas templadas debido a la ausencia de cirripedios (Ringuelet et al. 1962, Olivier et al. 1966, Penchaszadeh 1973). Las zonas rocosas estaban cubiertas por los mejillines *Brachidontes rodriguezii* y *Perumytilus purpuratus*. A fines de los 60's el cirripedio introducido *Balanus glandula* fue detectado en el puerto de Mar del Plata desde donde comenzó a hacerse dominante (Spivak & L'Hoste 1976, Bastida et al. 1980). Luego de más de 40 años en el Atlántico sudoccidental, *B. glandula* está ahora bien establecido entre los 37 y 53°S (Orensanz et al. 2002, Schwindt 2007). Las especies invasoras pueden causar cambios directos e indirectos en la biota nativa a través de diferentes mecanismos (competencia, depredación, facilitación, estructuración del hábitat invadido e hibridación con especies nativas) y a corto o largo plazo el resultado suele ser una alteración en la biodiversidad local (Ricciardi 2004, Stachowicz & Tilman 2005).

Los mitílidos de ambientes de sustrato arenoso han sido relativamente menos estudiados que los de sustrato rocoso. En estos ambientes, donde la disponibilidad de sustratos adecuados para otras especies es limitada, los mitílidos parecen jugar un rol clave para el asentamiento

de especies sésiles, ofreciendo nichos adecuados para colonizadores oportunistas, incluyendo especies no nativas que se asientan y establecen en las comunidades bentónicas (e.g. López Gappa et al. 1990). En la Bahía de San Antonio, no sólo el estrés por desecación juega un rol preponderante, sino que la movilidad de sustratos (canto rodado, guijarros) expone a los individuos de las especies intermareales al desafío de permanecer fijos frente a las fuertes corrientes de marea. Ambos factores de estrés serían de gran importancia en esta bahía por tratarse de un ambiente de intenso flujo de mareas (Aliotta et al. 2001). En este sitio, *Brachidontes rodriguezii* es la especie dominante en los canales internos donde prevalece el sustrato móvil y aquí parece jugar un rol preponderante en la estructuración del hábitat y estabilización de sustrato (Salas et al., datos no publicados). Los extensos bancos de este bivalvo han sido colonizados por el cirripedio *B. glandula* en una amplia franja del intermareal medio e inferior. Esta especie se encuentra tanto sobre sustrato inerte (fijo o móvil) como sobre los mejillines, formando en ambos casos grandes concentraciones, a modo de pequeños arrecifes. Estas agregaciones, al aumentar el peso y la fuerza de arrastre, podrían producir sobre el mejillín variaciones en su condición fisiológica a nivel individual.

El objetivo de esta tesina es evaluar la presencia de *B. glandula* en función de los distintos tipos de sustrato disponibles a lo largo del intermareal, y el efecto de la epibiosis de *B. glandula* (de aquí en adelante, la epibiosis) sobre el mejillín *B. rodriguezii*, en los canales internos de la Bahía de San Antonio. Por lo tanto en el presente trabajo se evalúan las siguientes hipótesis: 1) en un ambiente de sustrato móvil, el cirripedio *B. glandula* recluta de manera diferencial sobre los distintos tipos (inerte, biogénico y mejillín) de sustrato disponibles; 2) la asociación entre ambas especies (*B. glandula* y *B. rodriguezii*) genera un efecto negativo a nivel individual sobre el mejillín. En este contexto se predice que: a) en los canales internos de la bahía el cirripedio *B. glandula* se encuentra preferentemente sobre

individuos del mejillín *B. rodriguezii*. b) La asociación epibiótica entre *B. glandula* y *B. rodriguezii* produce un menor índice de condición en el mejillín. c) La presencia de *B. glandula* sobre *B. rodriguezii* resulta en una mayor fuerza bisal entre éste y el sustrato.

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Sitio de Estudio

La Bahía de San Antonio (40°45'S, 64°56'O; Fig. 1) se encuentra al noroeste del Golfo San Matías, y está sometida a un régimen de mareas semidiurno (de entre 6 m y 9 m de amplitud). Esta bahía, con una superficie total de ~80 km<sup>2</sup> (Daleo et al. 2006), constituye un ambiente hipersalino debido a la escasez de lluvias, la ausencia de aportes de agua dulce y la elevada tasa de evaporación (Piola & Scasso, 1988). Las características únicas respecto a su fisiografía y régimen hidrológico, conforman un ambiente costero de particular importancia como reserva de biodiversidad (González et al. 2003).

La zona intermareal alta se encuentra cubierta por un espartillar de *Spartina alterniflora* mientras que los niveles medio e inferior del intermareal se caracterizan por extensas planicies de marea surcadas por canales de marea (Daleo et al. 2006). Allí el mejillín *Brachidontes rodriguezii* se encuentra establecido sobre el sustrato, semienterrado, formando una sola capa y agregados en mejillinares de extensión variable. La densidad de estos mejillinares suele aumentar en un gradiente vertical desde el intermareal medio hacia el intermareal inferior (Salas et al. 2016). Por otra parte, el cirripedio *Balanus glandula* también se distribuye en el intermareal medio e inferior, donde se encuentra asentado sobre sustrato pedregoso o sobre las valvas de los mejillines, formando agregados compactos monoespecíficos de hasta 100 individuos y 4 cm de altura (Obs. Personal, Fig. 2). El sustrato dominante del intermareal está constituido por arena con contenido variable de guijarro y canto rodado (Pereyra et al. 2009), además de fragmentos de valvas de moluscos, conformando en general un ambiente de

sedimento móvil. El presente estudio se realizó en Punta Delgado ( $42^{\circ}45'S$ ,  $64^{\circ}54'O$ ), sobre el Canal del Indio, uno de los canales de mareas internos de la bahía (Fig. 1).



**Fig. 1. Localización del área de estudio en la Bahía de San Antonio.**



**Fig. 2. Mejillinar en el intermareal medio del Canal del Indio y detalle de un mejillín con epibiosis.**

## 2.2 Distribución y abundancia de mejillín y cirripedio

Durante el año 2015, con frecuencia estacional, se tomaron muestras para estimar las abundancias de mejillines y cirripedios. Las muestras fueron colectadas a lo largo de tres transectas paralelas a la línea de costa (en los niveles inferior, medio y superior del intermareal). Allí, a intervalos de 4 m, se colocaron cuadrantes de 10x10 cm (n= 12), y se colectó todo el contenido superficial (~ 1 cm de profundidad) de cada cuadrante. En el laboratorio, se pesó la biomasa de los cirripedios adheridos a mejillines, y de los cirripedios adheridos a otro tipo de sustrato. Asimismo el sustrato fue caracterizado de acuerdo a su naturaleza: biogénico (restos duros de organismos, como valvas o conchas de moluscos, caparazones de cangrejos, etc.) o roca (canto rodado u otro material inerte). Con el fin de explorar los posibles patrones de asentamiento del cirripedio con los tipos de sustrato se aplicó un Escalamiento Multidimensional no métrico (nMDS) sobre la base de las biomásas de los cirripedios, transformadas con raíz cuadrada. Por otra parte, se realizó un Análisis de Similitudes (ANOSIM) para determinar las diferencias en cuanto al tipo de sustrato utilizado para el asentamiento del cirripedio en los tres niveles del intermareal, y se calcularon los Porcentajes de Similitud- Contribución (SIMPER) de cada uno de los tres tipos de sustrato a las diferencias observadas.

## 2.3 Condición fisiológica del mejillín en relación con la presencia del cirripedio

Para evaluar el efecto de la presencia de epibiosis sobre el índice de condición del mejillín, se muestrearon al azar individuos con y sin epibiosis en los tres niveles del intermareal antes mencionados y con la misma frecuencia que en el muestreo anteriormente descrito. En laboratorio, previo a la medición de los mejillines, se les removió la epibiosis, a aquellos que la tuvieran. La remoción se efectuó raspando cuidadosamente la superficie de las valvas. Se midió el largo total de las valvas (mm) con calibre digital, se separaron las partes blandas y

se secaron en estufa por 48 h a 70°C y se registró el peso seco de las partes blandas con balanza de precisión (0,0000 g). Los índices de condición (IC) fueron calculados como  $IC = \text{peso seco de partes blandas} / \text{largo total de valvas} * 100$ . Se optó por calcular un IC basado en el largo de las valvas, y no sobre su peso, para evitar el error potencial introducido por el peso de pequeños restos de cirripedios que pudieran haber quedado adheridos. Para comparar los IC de mejillines con y sin epibiosis en las distintas alturas del intermareal para cada estación, se utilizaron ANOVAs de dos vías con la presencia/ausencia de epibiosis y la altura del intermareal (los tres niveles en el invierno y medio e inferior en el resto de las estaciones, dado que no se encontraron mejillines sin epibiosis en el nivel superior) como factores principales. Cuando se hallaron diferencias significativas éstas fueron identificadas con pruebas LSD de Fisher. Los supuestos de normalidad y homocedacea para el empleo de ANOVA se verificaron con gráficos q-q y *tests* de Levene respectivamente. Además, para cada estación en la que se registraron diferencias significativas se evaluó la relación entre el peso total registrado de cirripedios sobre los mejillines y los índices de condición mediante un análisis de correlación de Pearson.

## 2.4 Experimentos en el campo.

### 2.4.1 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre el índice de condición de mejillín

Para explorar los posibles efectos de la epibiosis sobre el índice de condición de los mejillines, se realizaron experimentos en el campo en primavera de 2015 y otoño de 2016. Los experimentos, con un arreglo en bloque, consistieron en comparar cuatro tratamientos: i) mejillines sin epibiosis, ii) mejillines con epibiosis, iii) mejillines con epibiosis removida y iv) mejillines sin epibiosis a los que se agregaron *mimics* de cirripedio de masilla epóxica, similares en peso y tamaño a los cirripedios naturales. Estos *mimics* artificiales tuvieron

características físicas similares a los organismos naturales, pero al no estar vivos, no exhibieron ninguna de las características biológicas (Kelaheer 2002), y, en este caso, permitió evaluar si el potencial efecto que tienen los cirripedios sobre el mejillín se debe sólo a su estructura o el peso que ejerce sobre los mejillines y no a una particularidad biológica. Los mejillines con y sin epibiosis se colectaron y se asignaron al azar, según correspondiera, a cada uno de los tratamientos (n = 14 réplicas). La remoción de epibiosis se realizó raspando la superficie de la valva hasta desprender todos los cirripedios. Los mejillines se fijaron, de a pares, con masilla epóxica a mallas plásticas flexibles, las que se aseguraron al sustrato mediante estacas metálicas (Fig. 3). Luego de 30 días (noviembre-diciembre en primavera y marzo-abril en otoño), se levantaron los experimentos. En el laboratorio se removió la epibiosis, se registró el largo total de las valvas de los mejillines y se registró el peso seco de las partes blandas como fue antes mencionado. Los IC calculados a partir de estos datos fueron analizados mediante ANOVAs en bloque. Los supuestos de normalidad y homocedacea fueron verificados como se describió en el punto 2.3.



**Fig. 3.** Arreglo del experimento de campo para evaluar el efecto de la epibiosis sobre el IC del mejillín y los tratamientos utilizados. **R:** Remoción de epibiosis. **CE:** Control con epibiosis. **CS:** Control sin epibiosis.

**M:** *Mimic* de epibiosis (ver detalles del diseño experimental en el texto),

#### 2.4.2. Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre la fuerza bisal de mejillín

Para verificar las posibles diferencias en la fuerza bisal de mejillines (fuerza requerida para desprender al mejillín del sustrato) con y sin epibiosis, en septiembre de 2016 se colectaron al azar 20 mejillines con y sin epibiosis, los que fueron incubados durante 15 días en acuario hasta que generasen nuevamente el biso en condiciones estándar sobre una placa plana de ladrillo (Fig. 4). Los mejillines sobre sus placas fueron colocados dentro de acuarios con dos individuos con epibiosis y sin epibiosis por acuario. Al finalizar la incubación los mejillines

fueron retirados y se midió la fuerza bisal de cada individuo con un dinamómetro. Cada mejillín se ató mediante una tanza al dinamómetro y se tiró del dinamómetro hasta lograr el desprendimiento del mejillín del sustrato, registrándose la fuerza máxima ejercida. Finalmente se compararon las fuerzas bisales de los mejillines con y sin epibiosis mediante un test U de Mann – Whitney.



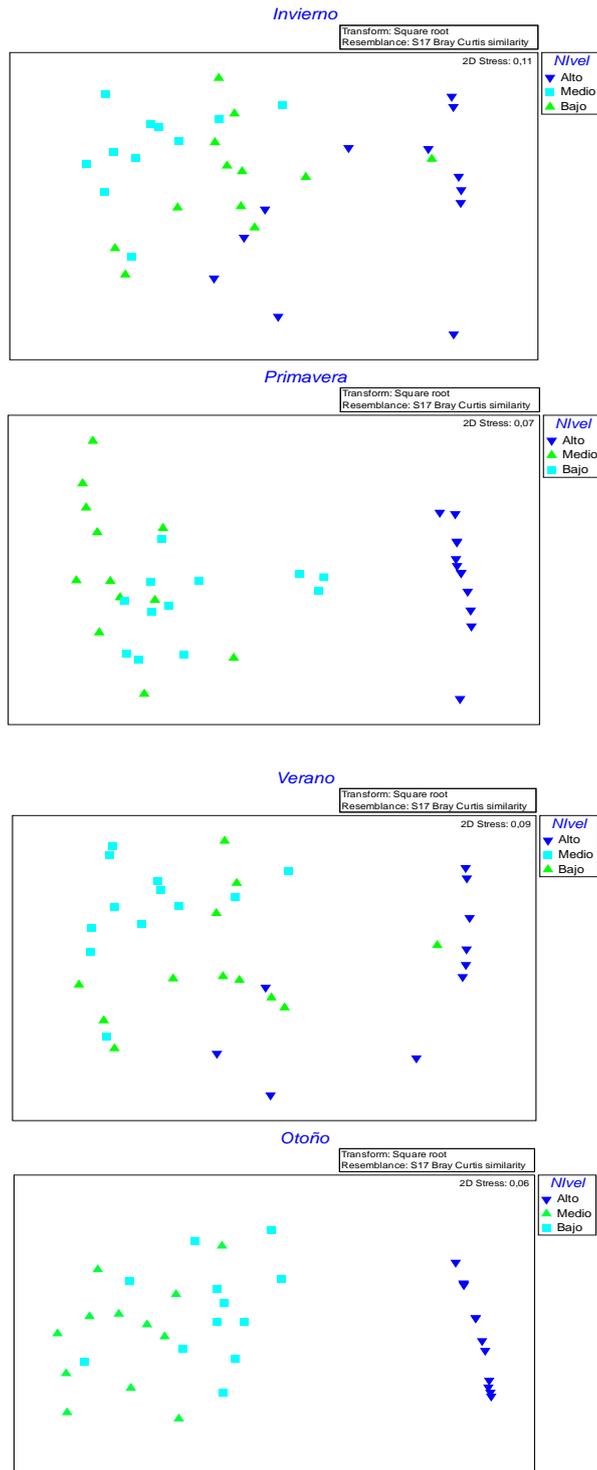
**Fig. 4.** Mejillines fijados a placas de ladrillo para evaluar el efecto de la epibiosis sobre la fuerza bisal de *B. rodriguezii*. Izq: con cirripedios, der: sin cirripedios.

### **3.- RESULTADOS**

#### **3.1 Distribución y abundancia de mejillín y cirripedio**

En todas las estaciones, la biomasa de los cirripedios adheridos a distintos tipos de sustrato mostró diferencias entre los niveles intermareales (Fig. 5). Mientras que en primavera y otoño estas diferencias fueron sustanciales (ANOSIM R global de 0,71 y 0,8 respectivamente,  $p=0,001$ ), en invierno y verano las diferencias fueron relativamente menores (ANOSIM R global= 0,39 y 0,49 respectivamente,  $p=0,001$ ). En todos los casos, las mayores diferencias se

registraron entre los niveles superior y medio (ANOSIM  $R= 1$  para la primavera y el otoño y  $R= 0,68$  y  $0,82$  para el invierno y verano respectivamente, todos con  $p= 0,001$ ). Los cirripedios asentados sobre mejillines fueron los que marcaron las diferencias entre estos niveles, contribuyendo con un  $46,2\%$ ,  $39,6\%$ ,  $46,9\%$  y  $47,2\%$  a las diferencias observadas en primavera, otoño, invierno y verano, respectivamente. Las contribuciones de los cirripedios asentados sobre roca y material biogénico a las diferencias entre niveles fueron menores y variables entre estaciones (SIMPER).

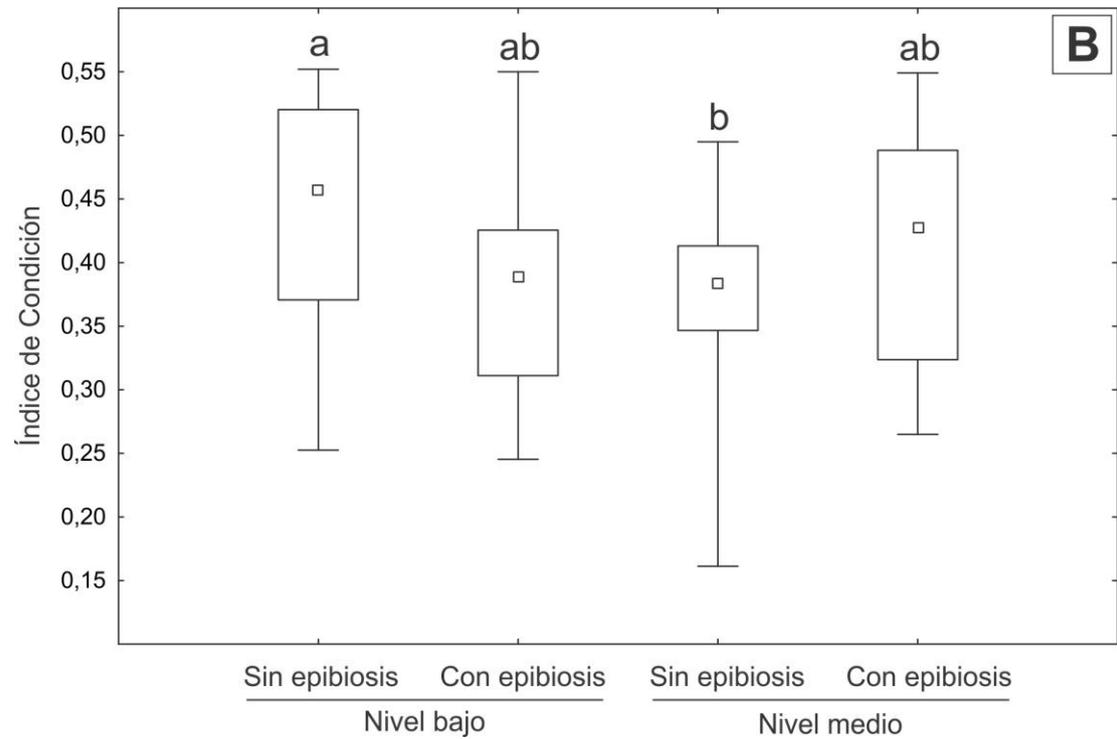
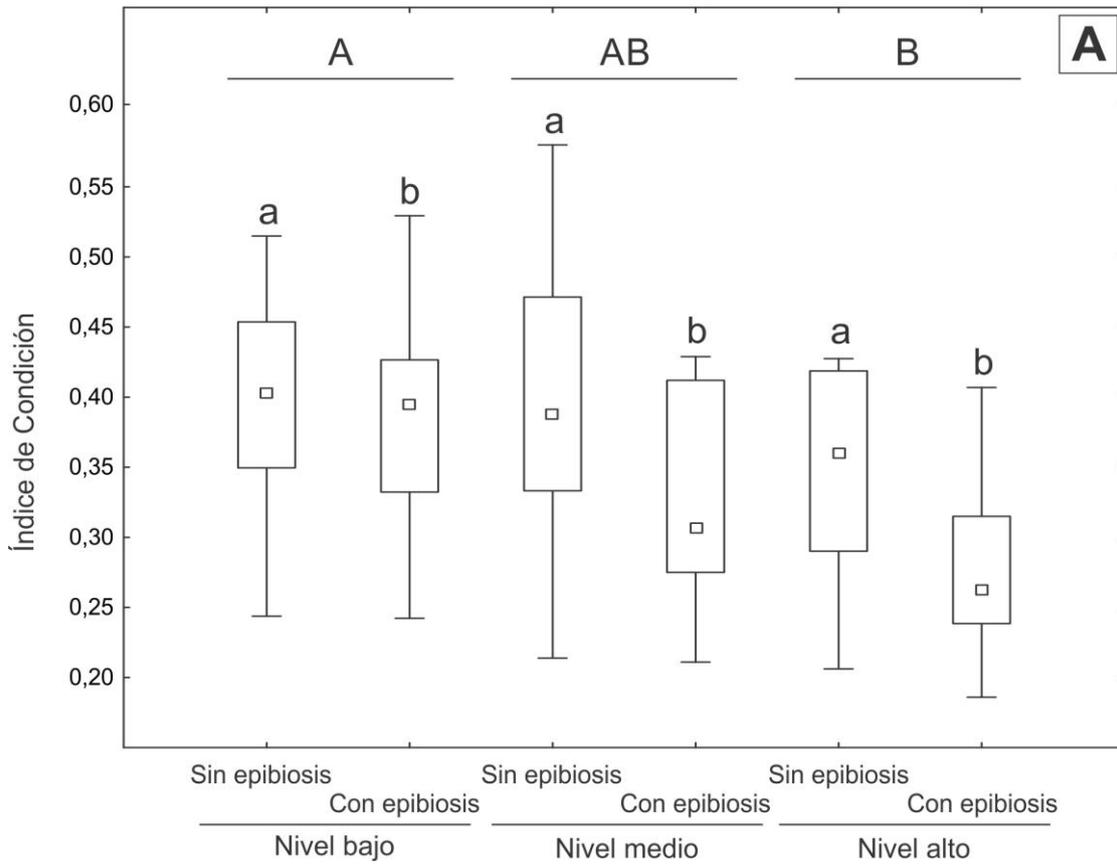


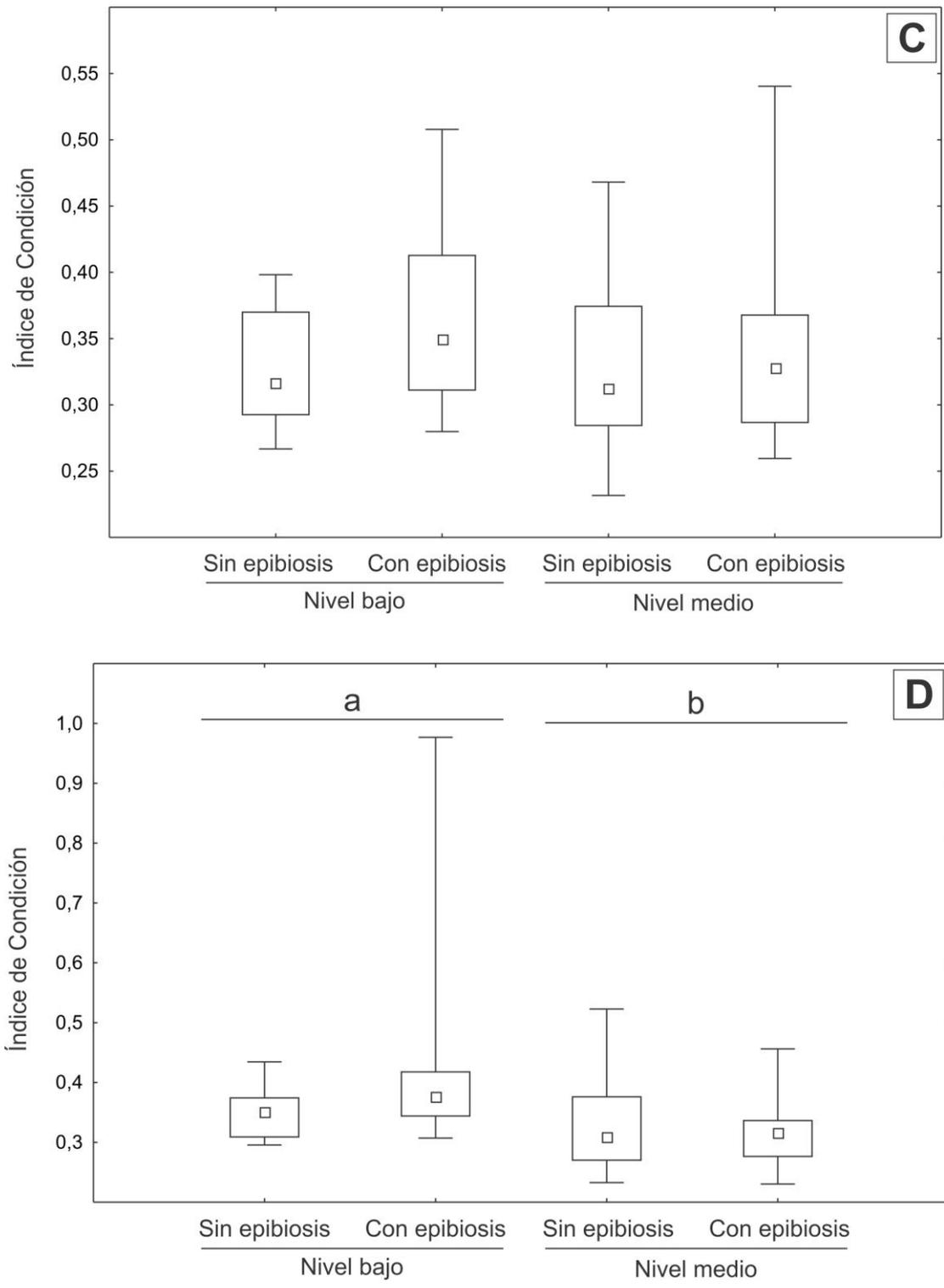
**Fig.5. nMDS basados en las biomásas de cirripdios asentados sobre mejillines, roca y material biogénico para las diferentes niveles del intermareal, por cada una de las estaciones.**

### 3.2 Condición fisiológica del mejillín en relación con la presencia de epibiosis

En los índices de condición (IC) del invierno se observaron diferencias respecto de la epibiosis y entre niveles del intermareal (ANOVA,  $F_{2, 66} = 7,09$ ;  $p = 0,01$  para la presencia de epibiosis;  $F_{1, 66} = 5,22$ ;  $p = 0,01$  para el nivel). Los mejillines del nivel inferior tuvieron un mayor IC que los mejillines del nivel superior, además, en todos los niveles del intermareal, los individuos que presentaron epibiosis tuvieron un menor IC que los que no los presentaban (LSD, Fig. 6.A). En la primavera se observó una interacción entre el nivel del intermareal y la presencia/ausencia de epibiosis (ANOVA,  $F_{1,44} = 4,15$ ;  $p = 0,047$ ). Los mejillines sin epibiosis del intermareal inferior tuvieron mayor IC que los mejillines sin epibiosis del intermareal medio (LSD, Fig. 6.B). En el verano no hubo ninguna diferencia en cuanto a los IC (ANOVA,  $F_{1,44} = 0,24$ ;  $p = 0,63$  para el verano; Fig. 6.C), mientras que en otoño sólo hubo efecto del nivel del intermareal sobre los IC (ANOVA,  $F_{1,44} = 7,04$ ;  $p = 0,01$ ), siendo mayores en el nivel inferior (LSD, Fig. 6.D).

En el invierno, en el nivel inferior se encontró una correlación positiva entre el peso de la epibiosis y el IC ( $r = 0,70$ ;  $p = 0,01$ ), mientras que en los niveles medio y superior, las correlaciones no fueron significativas ( $p > 0,05$ ). En cambio en la primavera hubo correlación negativa entre el peso de la epibiosis y el IC en el nivel medio pero ninguna correlación en el inferior ( $r = -0,70$ ;  $p_{\text{medio}} = 0,01$ ;  $p_{\text{inferior}} > 0,05$ ).

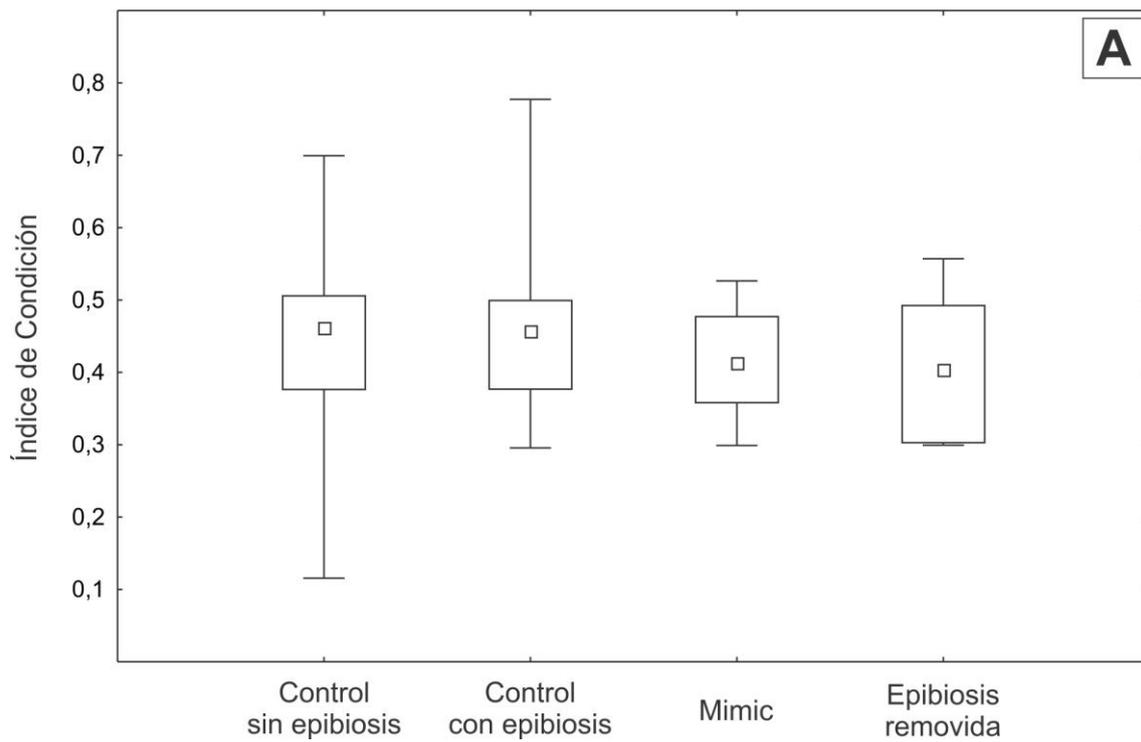


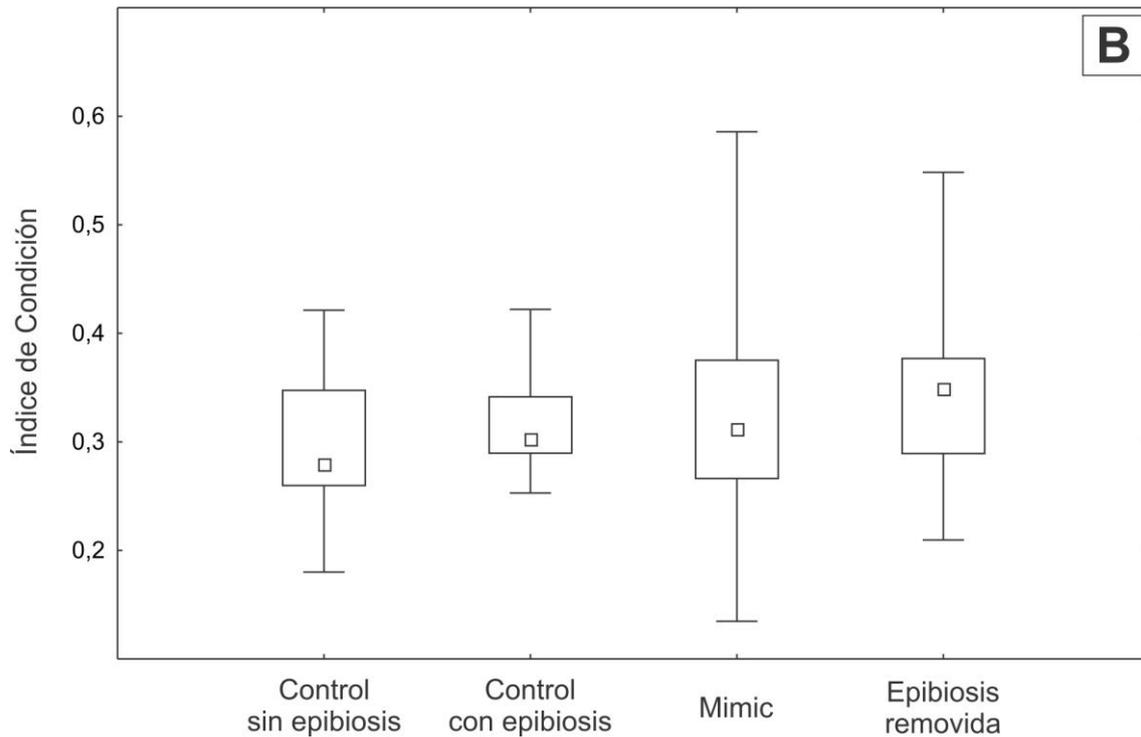


**Fig.6. Índice de condición de A: invierno, B: primavera, C: verano, D: otoño de *B. rodriguezii* en los distintos niveles del intermareal, con presencia y ausencia de epibiosis de *B. glandula*. (Mediana, percentiles 25%-75%, percentiles 1%-99%). Las diferentes letras denotan diferencias significativas (ANOVA, LSD de Fisher).**

### 3.3 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre el índice de condición de mejillín

En ninguno de los dos experimentos realizados (en primavera y en otoño) se observaron cambios en el IC respecto de la presencia de epibiosis (ANOVA,  $F_{3, 39} = 1,03$ ;  $p = 0,39$  para la primavera y  $F_{1, 39} = 0,62$ ;  $p = 0,6$  para el otoño; Fig.7).





**Fig. 7. Índices de condición de *B. rodriguezii* obtenidos a partir de la manipulación experimental de la epibiosis durante A: primavera, B: otoño. (Mediana, percentiles 25%-75%, percentiles 1%-99%).**

### 3.4 Efecto de la epibiosis de cirripedio sobre la fuerza bisal de mejillín

Los mejillines con epibiosis se fijaron al sustrato con mayor fuerza (hasta cinco veces superior) que aquéllos sin epibiosis ( $U= 3,07$ ;  $p= 0,002$ ). La fuerza promedio ( $\pm$  DE) fue de  $116 (\pm 68,03)$  g para los mejillines con epibiosis y de  $21 (\pm 13,45)$  g para aquellos sin epibiosis.

## 4.- DISCUSIÓN

En el presente trabajo se encontró que la distribución y abundancia de la epibiosis varía entre los distintos tipos de sustratos disponibles y en cada nivel del intermareal. Además se determinó que el efecto que genera la epibiosis sobre la condición fisiológica del mejillín

varía estacionalmente, pasando de positivo a negativo. Por otra parte, la condición fisiológica del mejillín parece no estar siempre relacionada con el peso de la epibiosis. La manipulación experimental de la epibiosis –adicionada o removida- no resultó en cambios observables en la condición fisiológica de los mejillines, aunque por otra parte se observó que los mejillines con epibiosis se encuentran adheridos al sustrato con mayor fuerza que aquéllos sin epibiosis.

De acuerdo a lo observado acerca de la distribución y abundancia de la epibiosis sobre los distintos tipos de sustratos en cada nivel del intermareal, y concordando con la predicción de que *B. glandula* se encuentra preferentemente sobre los individuos de *B. rodriguezii*, se acepta la primera hipótesis de este trabajo: en un ambiente de sustrato móvil, el cirripedio *B. glandula* recluta de manera diferencial sobre los distintos tipos de sustrato disponibles. En las costas de Sudáfrica se ha observado una clara preferencia de las larvas de cirripedio (*Chthamalus dentatus*) por la roca como sustrato en vez de las valvas de mejillones (Bells et al. 2015), sin embargo aquí *B. glandula* utiliza mayormente como sustrato a *B. rodriguezii* y no los demás sustratos disponibles como cantos rodados o material biogénico. Sin embargo Méndez et al. (2013) sugieren que la presencia de *B. glandula* en distintas marismas no depende de la presencia y/o disponibilidad de un sustrato en particular, y que la proporción de los sustratos presentes es distinta en cada nivel del intermareal. En la bahía de San Antonio en el nivel superior la biomasa de *B. glandula* se encuentra mayormente sobre canto rodado ya que este nivel está constituido mayormente por este tipo de sustrato, en cambio en los niveles medio e inferior están constituidos por los tres tipos de sustrato en distintas proporciones, encontrándose principalmente sobre *B. rodriguezii*, por lo tanto aprovecharían las valvas de los densos colchones de mejillinar que se encuentran en estos dos niveles en el sitio de estudio ( $\pm 145 \text{ ind/m}^2$  y  $\pm 2480 \text{ ind/m}^2$  en los niveles medio e inferior respectivamente. Salas et al.

2013). Por lo tanto podría decirse que *B. glandula* no tiene una preferencia de asentamiento, sino que lo hace de acuerdo a la disponibilidad de sustrato que ofrece el ambiente.

Por otro lado, la segunda hipótesis de esta tesina se rechaza parcialmente ya que los resultados no concuerdan con la segunda predicción propuesta, según la cual, la presencia de *B. glandula* afecta de manera negativa al índice de condición *B. rodriguezii*. Si bien la epibiosis trae ventajas y desventajas para el basibionte, en el caso de los moluscos la presencia de epibiosis sobre sus conchas podría reducir el crecimiento (Buschbaun & Reise 1999). Sin embargo, según Wahl (1989) la epibiosis por parte de organismos calcáreos también podría tener efectos positivos sobre el basibionte, al proteger contra los predadores, favorecer la retención de agua o evitar una rápida desecación. En este trabajo se observa que el IC fue afectado en la primavera y en el invierno pero de distinta manera, lo que podría deberse a las distintas condiciones ambientales en las diferentes estaciones. En invierno el IC fue menor para los individuos que presentaban epibiosis y los que estaban en los niveles medio e inferior, sin embargo, en la primavera se halló interacción entre la presencia de epibiosis y el nivel del intermareal, en esta estación los individuos sin epibiosis del nivel inferior presentaban un mayor IC que los individuos sin epibiosis del nivel medio. En cambio en verano no se observaron diferencias de ningún tipo. En este caso los epibiontes actuarían protegiendo al basibionte de la desecación, la exposición al sol y grandes cambios en la temperatura, por lo que no se observaría el efecto que produciría sobre el IC la presión del ambiente en los distintos niveles del intermareal. Por el contrario en otoño sólo se hallaron diferencias entre niveles del intermareal, por lo que el efecto que tiene la epibiosis podría ser despreciable en algunos casos respecto del efecto de las características físicas del ambiente.

Al manipular experimentalmente la epibiosis, no se registraron efectos sobre los índices de condición de los mejillines. Aquí, la variación del índice de condición podría deberse a otros

factores (e.g: flujo de corriente distinto creado por la estructura de la epibiosis). Sin embargo, hay que tener en cuenta que los mejillines en esta situación experimental están pegados con masilla epóxica al sustrato por lo que no necesitarían una gran fuerza bisal para evitar el desprendimiento, esto podría influir en la condición de los mejillines ya que la energía que utilizarían para generar el biso y anclarse al sustrato la utilizarían en otras funciones vitales (e.g: crecer, reproducirse, etc).

La epibiosis puede aumentar la fuerza de fricción en ambientes de gran velocidad de corriente, y provocar el desprendimiento del basibionte (Wahl 1989), por lo que las especies huésped deberían responder frente a la epibiosis generando una mayor fuerza de anclaje. Siendo la Bahía de San Antonio un ambiente dominado por un régimen macromareal con amplitudes medias de sicigias de 9 m y con predominio de corrientes de marea de reflujo con valores medios de 2m/seg, (Aliotta et al. 2001), los individuos tienen que mantenerse fijos, además de alimentarse, crecer, reproducirse, etc. En presencia de epibiosis los mejillines presentan mayor superficie y presentan mayor resistencia al flujo de marea, por lo que para evitar el desprendimiento necesitan una mayor fuerza bisal que los individuos que no poseen epibiosis. Este acondicionamiento de los mitílidos respecto de la presencia de epibiontes para mantenerse fijos al sustrato ya ha sido descrito por Buschbaum & Saier (2001), quienes determinaron que la fuerza del biso en mejillones intermareales es mayor en presencia de epibiosis, lo que prevendría el desprendimiento al encontrarse frente a fuertes corrientes.

Este trabajo pretende realizar un aporte al conocimiento de la ecología de las comunidades de fondos móviles, al evaluar la respuesta de una especie nativa, y formadora de hábitat, frente a la presencia de una especie introducida que lo utiliza como sustrato. El conocimiento de esta interacción y su dinámica estacional tiene implicancias en el diseño de estrategias de conservación y manejo de hábitats y de dispersión de especies invasoras.

## 5.- BIBLIOGRAFÍA

- Aliotta S, Schnack, E, Isla F, Lizasoain G (2001). Desarrollo secuencial de formas de fondo en un régimen macromareal. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 7: 95–107.
- Angelini C, Altieri AH, Silliman BR, Bertness MD (2011). Interactions among foundation species and their consequences for community organization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 61: 782–789.
- Bastida R, Trivi de Mandri M, Lichtschein de Bastida V, Stupak M (1980). Ecological aspects of marine fouling at the port of Mar del Plata (Argentina) V Congreso Internacional de Corrosión Marina e incrustaciones, *Biología Marina*: 299-320.
- Bell C, McQuaid CD, Porri F (2015). Barnacle settlement on rocky shores: Substratum preference and epibiosis on mussels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 473: 195-201.
- Bers A, Wahl M (2004) The influence of natural surface microtopographies on fouling. *Biofouling* 20: 43–51.
- Bers AV, Prendergast GS, Zürn CM, Hansson L, Head RM, Thomason JC (2006). A comparative study of the anti-settlement properties of mytilid shells. *Biology Letters* 2: 88–91.
- 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: 439–460.
- Borthagaray AI, Carranza A (2007). Mussels as ecosystem engineers: their contribution to species richness in a rocky littoral community. *Acta Oecologica* 31: 243-250.

- Buschbaum C, Reise K (1999). Effects of barnacle epibionts on the periwinkle *Littorina littorea* (L). *Helgoland Marine Research* 53:56-61.
- Buschbaum C, Saier B (2001). Growth of the mussel *Mytilus edulis* L. in the Wadden Sea affected by tidal emergence and barnacle epibionts. *Journal of Sea Research* 45: 27-36.
- Calcagno JA, Luquet CM (1997). Influence of desiccation tolerance in the ecology of *Balanus amphitrite* Darwin, 1854 (Crustacea: Cirripedia). *Nauplius* 5: 9–15.
- Clark GF, Johnston EL (2009). Propagule pressure and disturbance interact to overcome biotic resistance of marine invertebrate communities. *Oikos* 118: 1679–1686.
- 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.
- Dittman D, Robles C (1991). Effect of algal epiphytes on the mussel *Mytilus californianus*. *Ecology* 72: 286-296.
- Frechette M, Butman CA, Geyer WR (1989). The importance of boundary layer flows in supplying phytoplankton to the benthic suspension feeder, *Mytilus edulis*. *Limnology and Oceanography* 34: 19–36.
- Gedan KB, Bernhardt J, Bertness MD, Leslie HM (2011). Substrate size mediates thermal stress in the rocky intertidal. *Ecology* 92: 576–582.
- González R, Narvarte M, Perier M, Sawicky S, Filippo P, et al. (2003). Propuesta de gestión para el Área Natural Protegida Bahía de San Antonio, a partir de los conceptos y metodologías del Manejo Costero Integrado (MCI). IV Congreso Anual ASAEC (Asociación Argentina de Estudios Canadienses). Las Áreas Protegidas y la Gente.

- Gutiérrez, JL, Palomo, MG (2016). Increased algal fouling on mussels with barnacle epibionts: a fouling cascade. *Journal of Sea Research*, 112, 49-54.
- Jones CG, Lawton JH, Shachak M (1994). Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373–386.
- Kelaher BP (2002). Influence of physical characteristics of coralline turf on associated macrofaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 232: 141-148.
- Keough MJ, Downes BJ (1982). Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia* 54: 348-352.
- Laudien J, Wahl M (2004). Associational resistance of fouled blue mussels (*Mytilus edulis*) against starfish (*Asterias rubens*) predation: relative importance of structural and chemical properties of the epibionts. *Helgoland Marine Research* 58:162-167.
- López Gappa JJ, Tablado A, Magaldi NH (1990). Influence of sewage pollution on a rocky intertidal community dominated by the mytilid, *Brachidontes rodriguezii*. *Marine Ecology Progress Series* 63: 163–175.
- Mendez MM, Schwindt E, Bortolus A (2013). Patterns of substrata use by the invasive acorn barnacle *Balanus glandula* in Patagonian salt marshes. *Hydrobiologia* 700: 99–107.
- Menge BA, Sutherland JP (1987). Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment. *American Naturalist* 130: 730–757.
- O'Connor, NE, Crowe, TP, McGrath, D (2006). Effects of epibiotic algae on the survival, biomass and recruitment of mussels, *Mytilus* L.(Bivalvia: Mollusca). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 328: 265-276.

- Olivier SR, de Paternoster IK, Bastida R (1966a). Estudios biocenóticos de las costas del Chubut (Argentina). I: Zonación biocenológica de Puerto Pardelas (Golfo Nuevo). Boletín del Instituto de Biología Marina 10: 5–71.
- Olivier SR, Escofet A, Orensanz JM, Pezzani SE, Turro AM, Turro ME (1966b). Contribución al conocimiento de las comunidades bénticas de Mar del Plata. I: El litoral rocoso entre playa Grande y playa Chica. Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires 7: 185–206.
- Orensanz JM, Schwindt E, Pastorino G, Bortolus A, Casas G, et al. (2002). No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. Biological Invasions 4: 115–143.
- Penchaszadeh P (1973). Ecología de la comunidad del Mejillín (*Brachydontes rodriguezi*, D'Orb.) en el mediolitoral rocoso de Mar del Plata (Argentina): el proceso de recolonización. Physis A 32: 51–64.
- Pereyra PJ, Narvarte MA, Matrín PR (2009). Notes on oviposition and demography of a shallow water population of the edible snail *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: Volutidae) living in San Antonio Bay (northern Patagonia, Argentina). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 89: 1209–1214.
- Piola AR, Scasso LM (1988). Circulación en el Golfo San Matías. Geoacta 15: 33–51.
- Ricciardi A (2004). Assessing species invasions as a cause of extinction. Trends in Ecology and Evolution 19: 619.
- Ringuelet R, Amor A, Magaldi N, Pallares R (1962). Estudio ecológico de la fauna intercotidal de puerto Deseado en febrero de 1961 (Santa Cruz, Argentina). Physis 23: 35–53.

- Salas MC, Narvarte MA, Defeo O (2013). Caracterización general del mejillinar de *Brachidontes rodriguezii* (d'Orbigny, 1846) en el intermareal de sustrato móvil de la Bahía San Antonio (Río Negro). In Gordillo S, Burela S, Crespi A (eds) Resúmenes del Primer Congreso Argentino de Malacología, La Plata, Argentina 18-20 Septiembre. 161.
- Salas MC, Defeo O, Narvarte M (2016). Attachment features of mytilids in ecosystems with mobile substrate: *Brachidontes rodriguezii* in San Antonio Bay (Patagonia, Argentina). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96: 1449-1456
- Sánchez V, Zaixso H (1995). Secuencias de recolonización mesolitoral en una costa rocosa del Golfo de San José (Chubut, Argentina). *Naturalia Patagonica Ciencias Biológicas* 3: 57-83.
- Schwindt E (2007). The invasion of the acorn barnacle *Balanus glandula* in the south-western Atlantic 40 years later. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 1219-1225.
- Spivak ED, L'Hoste SG (1976). Presencia de cuatro especies de *Balanus* en la costa de la Provincia de Buenos Aires. Distribución y aspectos ecológicos. Edición impresa a cargo de los autores, Mar del Plata, 17 p.
- Stachowicz JJ, Tilman D (2005). Species invasions and the relationship between community saturation, diversity and ecosystem functioning. En: Sax DF, Stachowicz JJ, Gaines SD (eds) *Species invasions: insights into ecology evolution, and biogeography*. Sinauer (Sunderland, MA), 41-64.
- Stephenson TA, Stephenson A (1972). *Life Between Tide-Marks on Rocky Shores*. WH Freeman, USA, 425.

Thieltges DW (2005). Impact of an invader: epizootic American slipper limpet *Crepidula fornicata* reduces survival and growth in European mussels. *Marine Ecology Progress Series*, 286, 13-19.

Thieltges DW, Buschbaum C (2007). Mechanism of an epibiont burden: *Crepidula fornicata* increases byssus thread production by *Mytilus edulis*. *Journal of Molluscan Studies* 73: 75-77.

Wahl M (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series* 58: 175-189

Wahl M (2008). Ecological lever and interface ecology: epibiosis modulates the interactions between host and environment. *Biofouling* 24: 427-438.