

**ESTRUCTURA POBLACIONAL EN RELACIÓN CON FACTORES
FÍSICOS Y MODELADO DEL CRECIMIENTO INDIVIDUAL DE
Chaetopleura isabellei (D'ORBIGNY, 1839) EN EL INTERMAREAL DE
PUNTA VERDE, RÍO NEGRO, ARGENTINA**

Autor: Rodríguez Pi, Vicente Tomás

Directora: Dra. Doldan, María del Socorro

Co-Director: Lic. Maggioni, Matías Simón

Licenciatura en Biología Marina

Escuela Superior de Ciencias Marinas

Universidad Nacional del Comahue

2023



AGRADECIMIENTOS

A mi **familia**, ya que sin ellos esto no hubiera sido posible. Quiero agradecer a mi **mamá** por apoyarme desde el primer momento y a mi **papá** porque me ayudó con todo lo que pudo a pesar de no estar de acuerdo con que me vaya tan lejos.

A **Cami** por estar ahí desde el principio y ser mi pilar durante estos últimos años.

A **Soco** y a **Mati** por aceptar trabajar conmigo en un grupo tan ajeno a lo que estaban acostumbrados y por todo lo que me enseñaron durante este largo proceso.

A **Andre**, **Sole** y **Lore** por ayudarme a dar mis primeros pasos como investigador.

A **Ro**, **Lupi**, **Jose**, **Diame**, **Eli**, **Naza** y todas las personas que me acompañaron a lo largo de estos años en San Antonio.

A **Eli**, **Luss**, **Luna** y **Nico** por las frías mañanas de muestreo que me inspiraron a hacer este trabajo.

A **Paula** y **Ceci** por su asesoramiento esencial para realizar esta tesina.

A la **Escuela Superior de Ciencias Marinas**.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Anatomía externa de un quitón.....	7
1.2. Anillos de crecimiento.....	9
1.3. Caso de estudio	11
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
2.3. Hipótesis y predicciones.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Sitio de estudio	17
3.2. Obtención de las muestras	18
3.3. Distribución espacial de <i>C. isabellei</i> en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su relación con factores físicos.....	21
3.4. Determinación de la periodicidad de los anillos de crecimiento de la concha de <i>C. isabellei</i>	22
3.5. Estructura demográfica de <i>C. isabellei</i> en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde	23
3.6. Crecimiento individual de <i>C. isabellei</i> en el mesolitoral inferior de Punta Verde....	24

4. RESULTADOS.....	25
4.1. Distribución espacial de <i>C. isabellei</i> en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su relación con factores físicos.....	25
4.2. Determinación de la periodicidad de los anillos de crecimiento de la concha de <i>C. isabellei</i>	30
4.3. Estructura demográfica de <i>C. isabellei</i> en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde	31
4.4. Crecimiento individual de <i>C. isabellei</i> en el mesolitoral inferior de Punta Verde	36
5. DISCUSIÓN	38
6. CONCLUSIONES	44
7. BIBLIOGRAFÍA	45

RESUMEN

El quitón *Chaetopleura isabellei* es una especie abundante en el intermareal del Océano Atlántico Sudoccidental, sin embargo la información disponible es escasa. El objetivo de esta tesina fue estudiar la estructura poblacional y el crecimiento individual del quitón *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde, Bahía San Antonio, Río Negro. Para ello se realizaron distintos muestreos entre abril 2021 y mayo 2022 con el fin de estudiar la relación entre la granulometría y el tiempo de emersión con la densidad de la especie en el mesolitoral inferior, determinar el periodo de formación de los anillos de crecimiento, conocer la estructura demográfica respecto a las tallas, pesos y edades, y estudiar el crecimiento individual. Los resultados indican que la densidad de la especie está relacionada con la granulometría, presentando mayores densidades en sitios con mayor tamaño de grano promedio. El tiempo de emersión no parece afectar la densidad de la especie de forma directa, pero podría tener efectos indirectos en su distribución. Los anillos de crecimiento presentan una periodicidad anual y se forman a inicios del verano. Existe una segregación vertical en cuanto a las tallas, pesos y edades: los individuos más jóvenes y los más longevos se encuentran en los niveles inferiores, mientras que en los niveles superiores los quitones presentan, en general, edades intermedias. La especie presenta una longevidad máxima de al menos 11 años. Los resultados de este trabajo brindan información sobre la población de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde y se presentan como un primer acercamiento al uso de anillos de crecimiento para la determinación de la edad en moluscos poliplacóforos en Argentina.

Palabras clave: *Chaetopleura isabellei*, anillos de crecimiento, estructura demográfica, distribución espacial, intermareal, Punta Verde.

ABSTRACT

The chiton *Chaetopleura isabellei* is a common species in the intertidal zone of the Southwestern Atlantic Ocean, however available information is scarce. The objective of this thesis was to study the population structure and individual growth of the chiton *C. isabellei* in the low-intertidal zone of Punta Verde in San Antonio Bay, Río Negro, Argentina. To achieve this, several samplings were carried out between April 2021 and May 2022 in order to study the relationship between grain size and emersion time with the species' density in the low-intertidal zone, determine the period of growth rings formation, understand the demographic structure in terms of sizes, weights, and ages, and study individual growth. Results indicate that the species density is related to granulometry, with higher densities in areas with larger mean grain size. Emersion time does not appear to directly affect the species density, but it could have indirect effects on its distribution. Growth rings have an annual periodicity and are formed at the beginning of summer. There is a vertical segregation by sizes, weights and ages: youngest and oldest chitons are found on lower levels, while in the upper levels, chitons generally exhibit intermediate ages. The species maximum longevity is at least 11 years. The results of this study provide information about the population of *C. isabellei* in the low-intertidal zone of Punta Verde and are presented as a first approach to the use of growth rings for age determination in polyplacophoran mollusks in Argentina.

Keywords: *Chaetopleura isabellei*, growth rings, demographic structure, spatial distribution, intertidal, Punta Verde.

1. INTRODUCCIÓN

Los organismos que habitan el intermareal (o mesolitoral) se encuentran expuestas a factores ambientales que pueden afectar su abundancia y distribución (Harper & Williams 2001, Jörger et al. 2008, Flores-Campaña et al. 2012). Entre las principales variables ambientales que condicionan la presencia de estos organismos se encuentran el tiempo de emersión (Smith & Otway 1997), la desecación (Otaíza & Santelices 1985; Smith & Otway 1997, Jörger et al. 2008), la intensidad del oleaje (Otaíza & Santelices 1985, Flores-Campaña et al. 2012, Valencia-Santana et al. 2015), las características del sustrato (Flores-Campaña et al. 2012, Valencia-Santana et al. 2015) y factores bióticos, como la disponibilidad de alimento y la depredación (Otaíza & Santelices 1985, Harper & Williams 2001). Todos estos factores, además, se ven sometidos a fluctuaciones en distintas escalas temporales (diarias, mensuales, anuales; Harper & Williams 2001, Kelaher & Cole 2005) que aumentan la variabilidad de los ambientes intermareales.

Para sortear la inestabilidad del ambiente intermareal los organismos presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas y/o etológicas (Harper & Williams 2001). Los quitones (Mollusca: Polyplacophora), en general, evitan la desecación y los depredadores buscando refugio en grietas o debajo de rocas durante el día, alimentándose durante la noche (Glynn 1970, Smith & Otway 1997, Jörger et al. 2008, Aguilera & Navarrete 2011). Su cuerpo deprimido dorsoventralmente, junto con la concha articulada, les permite utilizar refugios a los que otros moluscos, con conchas grandes y rígidas, no pueden acceder (Harper & Williams 2001). Algunas especies de quitones presentan una segregación espacial por tallas: los individuos de mayor talla se encuentran en sitios sometidos a condiciones ambientales más estresantes (i.e. mayor desecación o mayor intensidad del oleaje) y con una menor oferta de refugios, como plataformas de abrasión, mientras que los individuos de menor talla permanecen en zonas

protegidas, como pozas de marea o playas de canto rodado (sitios con una mayor oferta de refugios frente a la desecación y el oleaje) (Otaíza & Santelices 1985, Jörger et al. 2008, Flores-Campaña et al. 2012, Valencia-Santana et al. 2015). Por otro lado, se han descrito especies de quitones que muestran preferencias en la granulometría del sedimento, siendo más abundantes en clastos de un determinado rango de tamaños. Por ejemplo, *Chiton pelliserpentis*, *Ischnochiton maorianus*, *Amaurochiton glaucus*, *Onithochiton neglectus* y *Rhyssoplax* sp. presentan, en general, mayores densidades en clastos de mayor tamaño (Creese 1988), mientras que *I. striolatus* prefiere clastos de tamaño intermedio (Rodrigues & Absalao 2005).

1.1. Anatomía externa de un quitón

Los quitones presentan un cuerpo alargado y comprimido dorsoventralmente. En la zona dorsal se observa la concha dividida en 8 placas o valvas: placa I o cefálica, placas II a VII o intermedias y placa VIII o anal (Figura 1-B). Rodeando las placas se encuentra el cinturón del manto (Figura 1-A). Ventralmente se observan la cabeza y el pie, a los laterales del pie se reconocen un par de surcos paleales (donde se disponen las branquias), rodeando estas estructuras se encuentra el cinturón.

Las **placas intermedias** poseen una forma rectangular y se pueden dividir en tres regiones: i) el “área jugal” (Figura 1-C, 8), la cual abarca la zona media de la placa, desde el margen anterior al posterior de la placa; ii) un par de “áreas pleurales” (Figura 1-C, 9), adyacentes al área jugal; y iii) un par de “áreas laterales” (Figura 1-C, 6), separadas del área pleural por la “línea diagonal” (Figura 1-C, 7). El “área central” (Figura 1-C, 10) corresponde a la suma del área jugal y el área pleural. En la zona media-posterior se encuentra el “umbo” (Figura 1-C, 2), la zona más antigua de la placa. Las placas intermedias presentan un par de láminas denominadas “apófisis” (Figura 1-C, 1), las cuales permiten la articulación con la placa adyacente anterior. La **placa cefálica** es la más simple en cuanto a su morfología, presenta una

forma semicircular con el umbo en la zona media-posterior. La **placa anal**, de forma semicircular, presenta la zona más antigua de la valva en posición media, la cual se denomina “mucro” (Figura 1-C, 3). En el margen anterior se encuentran un par de apófisis. A partir del mucro surgen las líneas diagonales que definen dos áreas: i) el área anteromucral (Figura 1-C, 4), anterior al mucro; y el área postmucral (Figura 1-C, 5), posterior al mucro.

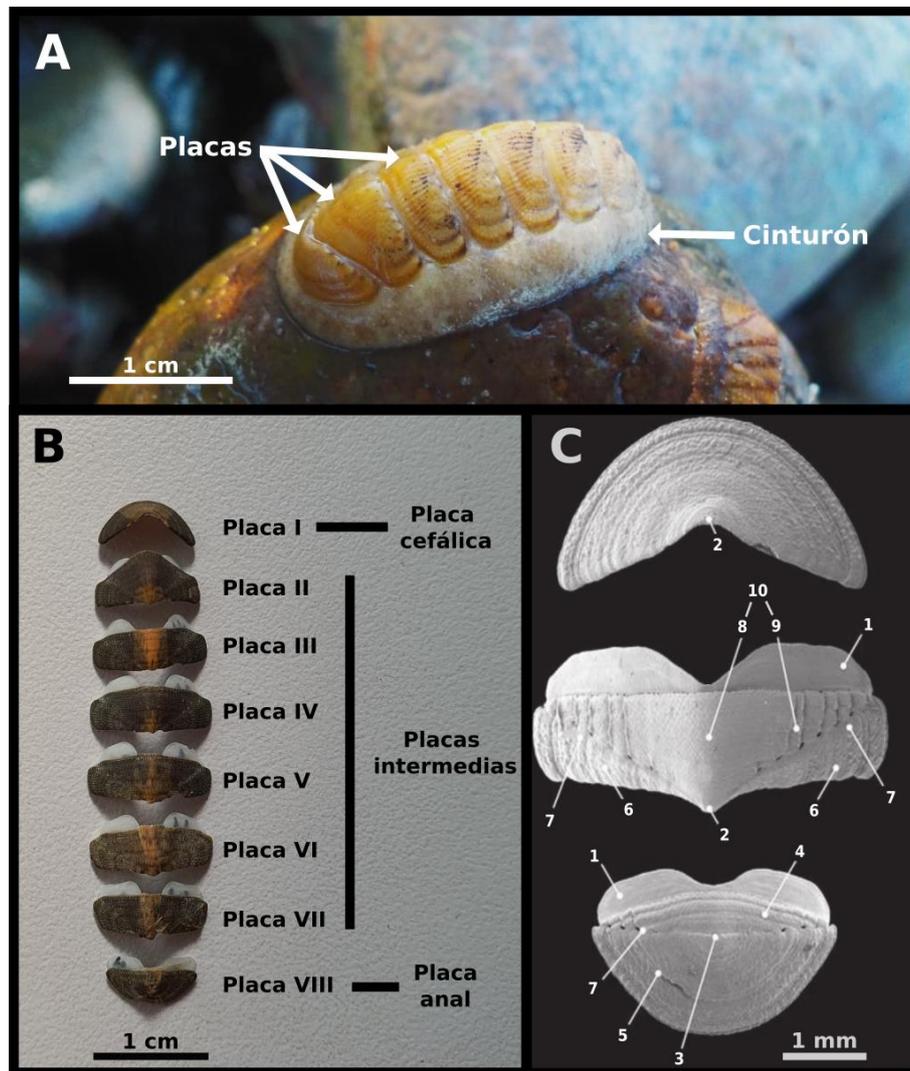


Figura 1. Terminología de las placas de la clase Polyplacophora. A: Anatomía externa de un quitón (*Chaetopleura isabellei*) en vista dorsal, fotografía tomada por Luss Salatino. B: Nomenclatura de las placas de un quitón (*C. isabellei*), fotografía tomada por Rocío Velasquez. C: Partes de las placas de un quitón (*Callochiton* sp.), modificado de Liuzzi

(2014). (1) apófisis, (2) umbo, (3) mucro, (4) área anteromucral, (5) área postmucral, (6) área lateral, (7) línea diagonal, (8) área jugal, (9) área pleural, (10) área central.

1.2. Anillos de crecimiento

Las variaciones diarias del ambiente, así como las estacionales o los ciclos anuales, quedan registradas en las estructuras esqueléticas de los organismos (e.g. conchas de moluscos, esqueletos de corales, otolitos de peces, etc.), ya que los cambios ambientales afectan el crecimiento de los individuos (i.e. el crecimiento es mayor o menor cuando las condiciones son favorables o desfavorables, respectivamente) y se reflejan en cambios en la mineralización de los esqueletos. Dichas variaciones forman marcas denominadas “anillos de crecimiento”, las cuales suelen utilizarse para determinar la edad de los individuos en una gran cantidad de organismos (Campana 2001). El periodo de formación de los anillos de crecimiento es variable, pero frecuentemente se encuentra relacionado con el ciclo anual de estaciones (Richardson 2001). Conocer la edad de los individuos es indispensable para estimar parámetros básicos de la estructura poblacional, tales como la longevidad, la proporción de edades y la tasa de crecimiento; información necesaria para entender la dinámica poblacional y con ello conocer su estado de conservación actual (Lord 2012). En el caso de los quitones, a diferencia de otros moluscos, el uso de anillos de crecimiento ha sido poco empleado como herramienta para determinar la edad de los individuos, siendo el corrimiento de modas el principal método utilizado en estos organismos (Tabla 1). Crozier (1918) y Baxter & Jones (1978) utilizaron los anillos externos de la superficie de las placas, mediante la observación directa, para determinar la edad de *Chiton tuberculatus* y *Lepidochitona cinereus*, respectivamente; por su parte Lord (2012) utilizó los anillos internos, mediante cortes de las placas, para determinar la edad de *Cryptochiton stelleri* y *Katharina tunicata* (Tabla 1).

Tabla 1. Metodologías utilizadas para la determinación de la edad en quitones. LT, largo incluyendo el cinturón del manto; LC, largo sin incluir el cinturón del manto; AT, ancho medido a la altura de la placa IV incluyendo el cinturón del manto; AC, ancho medido a la altura de la placa IV sin incluir el cinturón del manto.

Especie	Método	Autor
<i>Acanthochitona crinita</i>	Corrimiento de modas (LT)	Bode, 1989
<i>Acanthopleura gemmata</i>	Corrimiento de modas (AC)	El Soliman et al., 1996
<i>Acanthopleura granulata</i>	Corrimiento de modas (LT)	Glynn, 1970
<i>Acanthopleura spiniger</i>	Distribución de frecuencias de tallas (LT)	Emam et al., 1992
<i>Chiton articulatus</i>	Corrimiento de modas (LC)	Avila-Poveda et al., 2020
<i>Chiton tuberculatus</i>	Anillos de crecimiento	Crozier, 1918
<i>Chiton tuberculatus</i>	Corrimiento de modas (LT)	Glynn, 1970
<i>Cryptochiton stelleri</i>	Anillos de crecimiento	Lord, 2012
<i>Katharina tunicata</i>	Anillos de crecimiento	Lord, 2012
<i>Lepidochitona cinereus</i>	Anillos de crecimiento	Baxter y Jones, 1978
<i>Onithochiton quercinus</i>	Corrimiento de modas (AC)	Otway, 1994
<i>Plaxiphora albida</i>	Corrimiento de modas (AC)	Otway, 1994
<i>Plaxiphora aurata</i>	Corrimiento de modas (LT)	López-Gappa y Tablado, 1997

1.3. Caso de estudio

Chaetopleura isabellei (d'Orbigny, 1839) (Figura 2) es un quitón de talla mediana (hasta 34 mm de longitud; Brandani et al. 1974), se distribuye a lo largo de la costa del Océano Atlántico Sudoccidental desde los 23° S (Río de Janeiro, Brasil) hasta los 45° S (Punta Camarones, Argentina) (Kaas & Van Belle 1987, Castellanos 1988). Habita fondos rocosos o blandos con canto rodado, desde el mesolitoral hasta los 60 m de profundidad, siempre protegidos del impacto de las olas y al resguardo de la luz (Brandani et al. 1974, Kaas & Van Belle 1987, Zaixso 1996). Es una especie abundante en el Golfo San Matías (Río Negro, Argentina; Scarabino 1977, Güller & Zelaya 2017), particularmente en la Bahía San Antonio, donde su densidad promedio en el mesolitoral de Punta Verde es de 32,4 ind/m², pero llega a densidades máximas de 59 ind/m² (Roche et al. 2020). De alimentación aparentemente omnívora, se alimentan de microalgas y predan sobre ovicápsulas de *Zidona dufresnii* (Roche et al. 2011); se han encontrado además restos de briozoos y espículas de esponjas en su contenido estomacal (Brandani et al. 1974). Sus depredadores son generalistas, se mencionan a la gaviota cocinera *Larus dominicanus* (Yorio & Bertellotti 2002), el pez *Pinguipes brasilianus* (Galván et al. 2009), la estrella de mar *Anasterias antarctica* y el pulpo *Octopus tehuelchus* (Storero et al. 2020).



Figura 2. Diversidad en la coloración de los individuos de *Chaetopleura isabellei* en Punta Verde. Fotografías tomadas por Luss Salatino y Vicente Rodríguez Pi.

En relación a la morfología de las placas, *C. isabellei* presenta la placa cefálica (placa I) más grande que la placa anal (placa VIII; Figura 1-B); ésta última posee un mucro central y el área postmucral cóncava (Figura 1-C) (Kaas & Van Belle 1987, Castellanos 1988). Ambas placas presentan once dientes pectinados que se insertan en el cinturón (Kaas & Van Belle 1987). Las placas intermedias (placas II a VII; Figura 1-B) son anchas y cortas con áreas laterales nítidas (Castellanos 1988, Farinati 1995), siendo la placa II de mayor tamaño y de

forma subtriangular (Figura 1-B). Todas las placas presentan tubérculos dispuestos en hileras radiales, aunque en las áreas centrales de las placas intermedias las hileras son longitudinales y se hacen poco notorias en el área postmucral (Castellanos 1988, Farinati 1995). El cinturón está cubierto de espinas cortas y tupidas (Castellanos 1988). La coloración de los individuos es muy variable tanto en las placas como en el cinturón, con tonos marrones, verdosos, violáceos, etc. (Figura 2; Castellanos 1988).

Las placas presentan anillos de crecimiento que recorren toda su superficie de forma concéntrica (Castellanos 1988). Los anillos son zonas más delgadas de la placa que forman un surco y constituyen áreas traslúcidas (más notorio en el área jugal; Figura 3-A). Además, modifican el relieve de la valva otorgándole una apariencia “escalonada” que es más notoria en el margen posterior (observación personal; Figura 3-B). La coloración de los individuos afecta la apariencia de los anillos de crecimiento, provocando que sean más o menos conspicuos en quitones de tallas similares pero con distinta coloración (observación personal; Figura 4). Por otro lado, los primeros anillos de crecimiento son difíciles de observar en los individuos grandes, ya que estos se van desgastando a medida que los quitones crecen debido a la fricción con otras estructuras duras (como el canto rodado; Crozier 1918) y al aumento del grosor de las placas con la edad (Lord 2012). En algunos casos, especialmente en individuos chicos, se encuentran manchas de pigmentación oscura asociadas a los surcos en el área lateral; estas manchas pueden preceder o suceder al surco y su distribución no siempre es simétrica a ambos lados de las placas (observación personal; Figura 3-C). Algunos individuos de *C. isabellei* presentan malformaciones en la concha (individuos “teratológicos”), estas malformaciones van desde la fusión de dos valvas a la reducción del número total de placas (Anexo I).

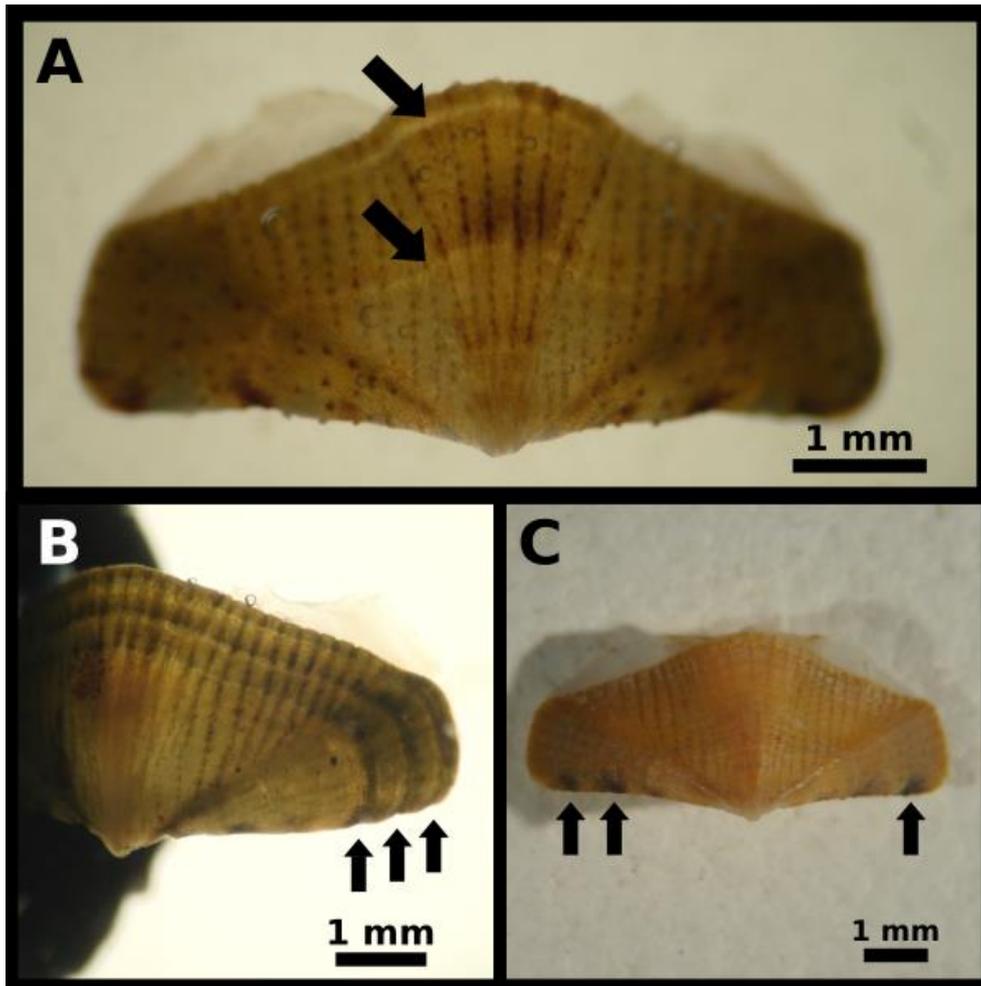


Figura 3. Anillos de crecimiento en las placas de *Chaetopleura isabellei*. A: Área traslúcida notoria en el área jugal. Las flechas señalan los anillos correspondientes a los años 2 y 3. B: Relieve formado por los anillos de crecimiento en el margen posterior de la placa, que otorgan la apariencia “escalonada”. C: Manchas de pigmentación en el área lateral, asociadas a los anillos de crecimiento; nótese la diferencia de coloración a ambos laterales de la placa.

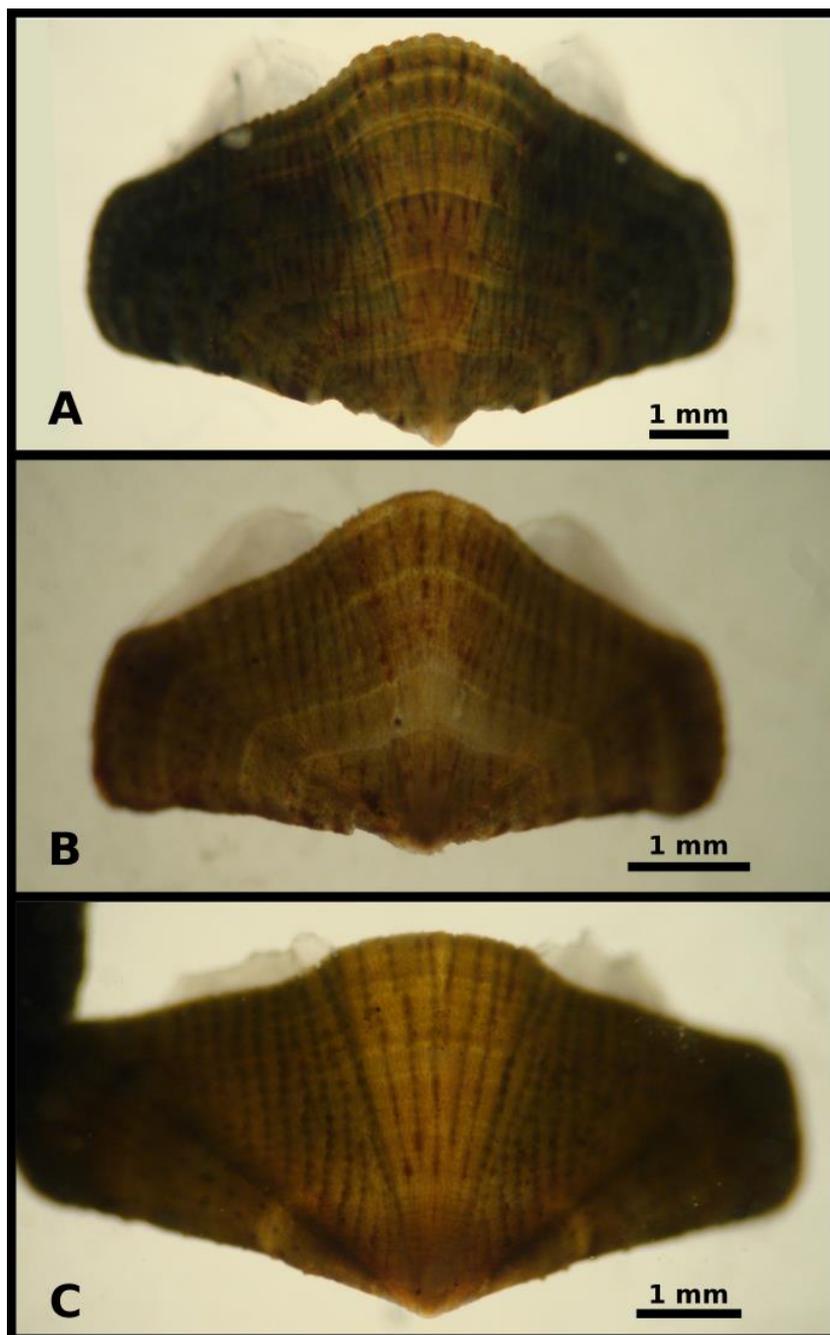


Figura 4. Variabilidad en la apariencia de los anillos de crecimiento en distintos individuos de *Chaetopleura isabellei*. A: ejemplar con anillos claros y conspicuos; B: ejemplar con zonas translúcidas muy marcadas; C: ejemplar con áreas translúcidas poco notorias.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Estudiar la estructura poblacional y el crecimiento individual del quitón *Chaetopleura isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde, Bahía San Antonio, Río Negro.

2.2. Objetivos específicos

- 1) Analizar la distribución espacial de *C. isabellei* en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su relación con factores ambientales tales como tiempo de emersión y la granulometría del sedimento.
- 2) Determinar la periodicidad con la que se forman los anillos de crecimiento en las placas de *C. isabellei*.
- 3) Describir la estructura demográfica de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde en relación a las tallas, los pesos y las edades de los individuos.
- 4) Modelar el crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde.

2.3. Hipótesis y predicciones

En el presente trabajo se evalúan las siguientes hipótesis:

- 1) Las variaciones en la densidad de la población de *C. isabellei* en Punta Verde se encuentran reguladas por factores físicos, particularmente por la granulometría del sedimento y el tiempo de emersión. En este contexto se predice que el nivel superior del mesolitoral inferior, con mayor grano de sedimento y mayor tiempo de emersión, presentará mayores densidades de quitones.

- 2) La depositación de carbonato de calcio en las placas de *C. isabellei* está relacionada con el ciclo anual de estaciones.
- 3) Existe una segregación vertical en relación a las tallas, pesos y edades de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde debido a las diferencias en la granulometría y el tiempo de emersión. En este contexto se espera encontrar una mayor abundancia de individuos adultos (de mayor talla y peso) en los niveles inferiores del intermareal, ya que presentan una menor oferta de refugios y superficie de ramoneo que los niveles superiores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

La Bahía San Antonio (40°44'51" S, 64°52'05" O) se encuentra al noroeste del Golfo San Matías, provincia de Río Negro, Argentina (Figura 5). Constituye un extenso bajío sometido al ritmo diario de exondación dado por un régimen macromareal semidiurno con una amplitud de marea máxima de 9 m, que provoca significativas corrientes y una alta tasa de renovación de las aguas (Escofet et al. 1978). La zona intermareal presenta un amplio rango de tamaños de grano, desde limo y arena (< 2 mm) hasta canto rodado (> 20 mm) (Salas et al. 2016). El intermareal de Punta Verde (Figura 5), se compone principalmente de canto rodado, cuyo tamaño de grano va disminuyendo hacia el submareal, donde predomina el sedimento fino (observación personal). Además, en el intermareal se encuentran parches del mejillín *Brachidontes rodriguezii*, coincidiendo con el límite superior de la distribución del quitón *Chaetopleura isabellei* (observación personal). Asimismo, estos parches han sido descritos como una zona importante para el reclutamiento de los quitones *C. isabellei* y *Plaxiphora aurata* en Mar del Plata, provincia de Buenos Aires (Penchaszadeh et al. 2007).

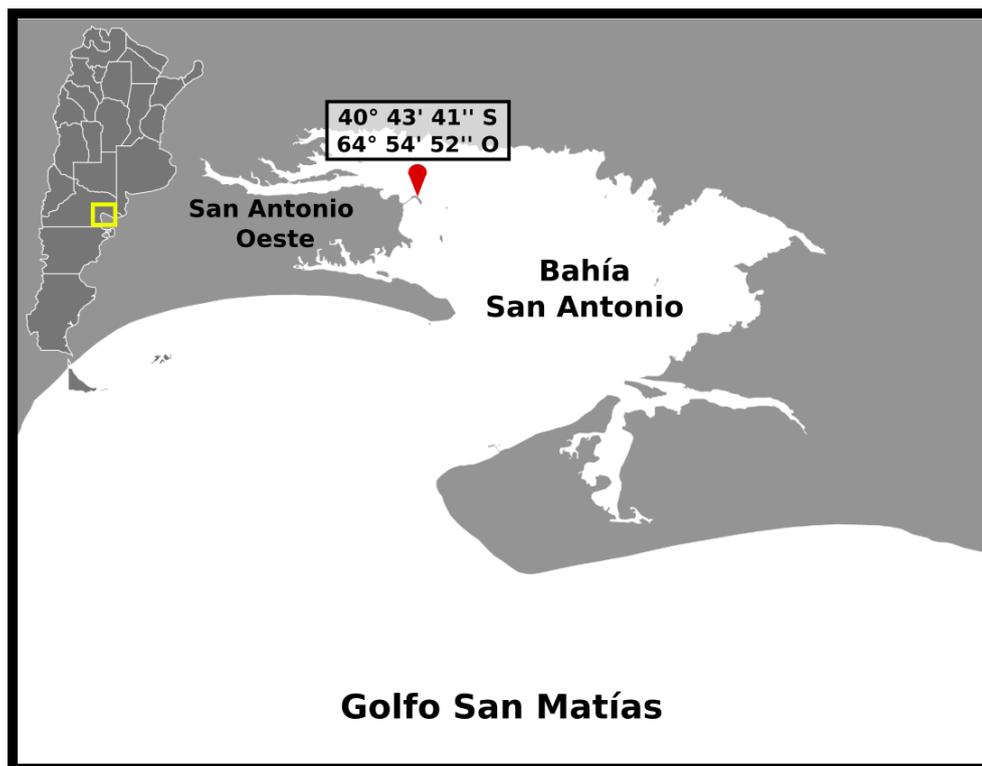


Figura 5. Área de estudio. El recuadro amarillo indica la Bahía San Antonio en el mapa de Argentina. El marcador rojo indica las coordenadas de Punta Verde. Imagen de Google Maps

®.

3.2. Obtención de las muestras

Las muestras utilizadas para la elaboración de este trabajo fueron obtenidas con distintas metodologías en función del objetivo a evaluar.

Las muestras para describir la estructura poblacional (objetivos 1 y 3) fueron recolectadas en abril de 2021, dado que la densidad de *C. isabellei* en Punta Verde es mayor en los meses de abril y mayo (Salatino et al., datos no publicados). Para el diseño de muestreo se definieron tres niveles en el mesolitoral inferior, separados entre sí por 5 m: uno ubicado un metro por arriba de la línea de marea baja de sicigia (nivel bajo), otro ubicado a un metro por debajo del área ocupada por el mejillín *Brachidontes rodriguezii* (nivel alto), y un tercer nivel ubicado entre los niveles anteriores (nivel medio). En cada nivel, se ubicaron 7 cuadrantes

(50x50 cm) con una separación de 5 m entre los mismos (N = 21), en los cuales se contaron y recolectaron todos los individuos de *C. isabellei*. Los quitones fueron trasladados a las instalaciones del Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos “Almirante Storni” (CIMAS) para su procesamiento.

Para el estudio de la composición granulométrica (objetivo 1) de cada nivel se realizó un nuevo muestreo en mayo de 2022, en el que se colocaron 6 cuadrantes (50x50 cm) separados por 5 m entre sí (N = 18) en los tres niveles previamente descritos. En cada cuadrante se contó la cantidad de individuos de *C. isabellei* y se recolectó la fracción de los primeros 5 cm de sedimento de un área (15x15 cm) adyacente a cada cuadrante en bolsas plásticas. Las muestras fueron trasladadas al CIMAS.

Para determinar el tiempo de emersión de cada nivel (objetivo 1) se extrajeron los datos de altura de mareas de un año de la página del Servicio de Hidrografía Naval (SHN, www.hidro.gov.ar) para la localidad de Puerto de San Antonio Este. Teniendo en cuenta la amplitud promedio anual de mareas según datos tomados del SHN, se seleccionaron ocho días con una amplitud de marea entre 6 y 7 m y se midió el tiempo de emersión de cada nivel. Para ello, los niveles fueron marcados con estacas y se registró el tiempo total de exposición al aire (Figura 6).

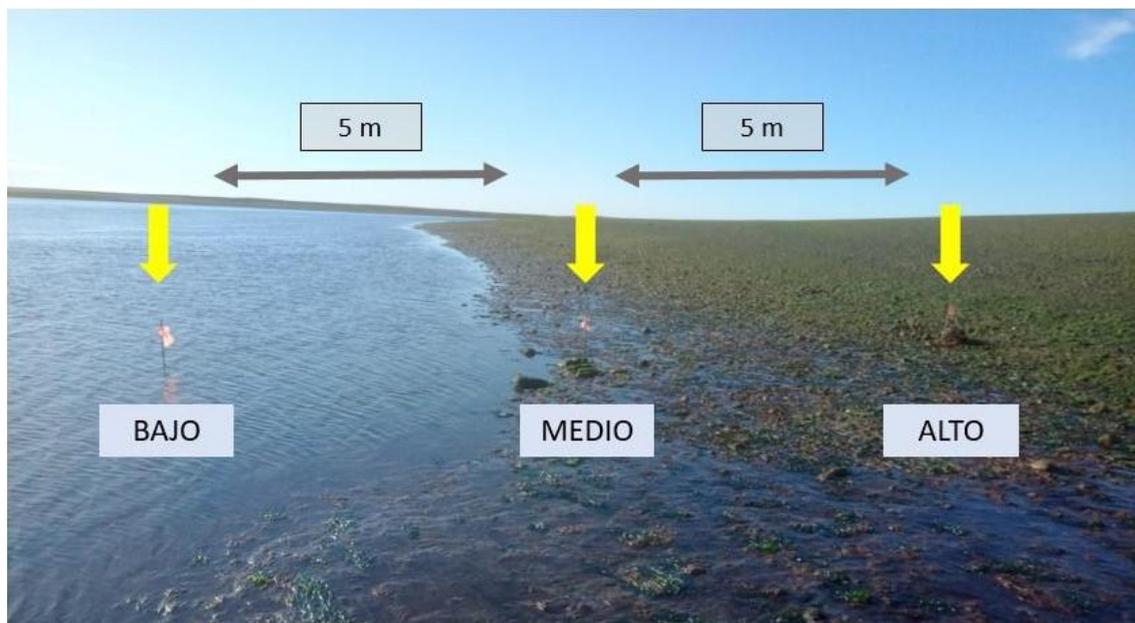


Figura 6. Niveles establecidos en el intermareal (bajo, medio y alto) para determinar su respectivo tiempo de emersión. Las flechas indican las estacas colocadas para las mediciones, separadas por una distancia de 5 m entre sí.

Para determinar el periodo de formación de los anillos de crecimiento (objetivo 2) se realizó un análisis de incremento de margen (MIA, por sus siglas en inglés) el cual consiste en analizar la evolución del tamaño promedio de la última banda de crecimiento (medida como la distancia entre el último anillo de crecimiento y el borde de la placa; Figura 7) a lo largo de un año. Con este método se espera que, si los anillos de crecimiento tienen una periodicidad anual, al graficar el tamaño promedio de la última banda de crecimiento en función del tiempo debe formar un patrón sinusoidal (Campana 2001). Sin embargo, el periodo de formación de los anillos de crecimiento puede variar entre individuos juveniles y adultos (Campana 2001). Teniendo esto en cuenta, se realizaron muestreos bimestrales en el mesolitoral inferior de Punta Verde (Figura 5) entre junio 2021 y abril 2022, en los que se recolectaron individuos de dos clases de talla: 10 ± 1 y 15 ± 1 mm de largo total ($n = 10$ de cada clase), las cuáles fueron

elegidas teniendo en cuenta que la talla de madurez sexual de *C. isabellei* en el intermareal de Mar del Plata es de 12 mm (Brandani et al. 1974).

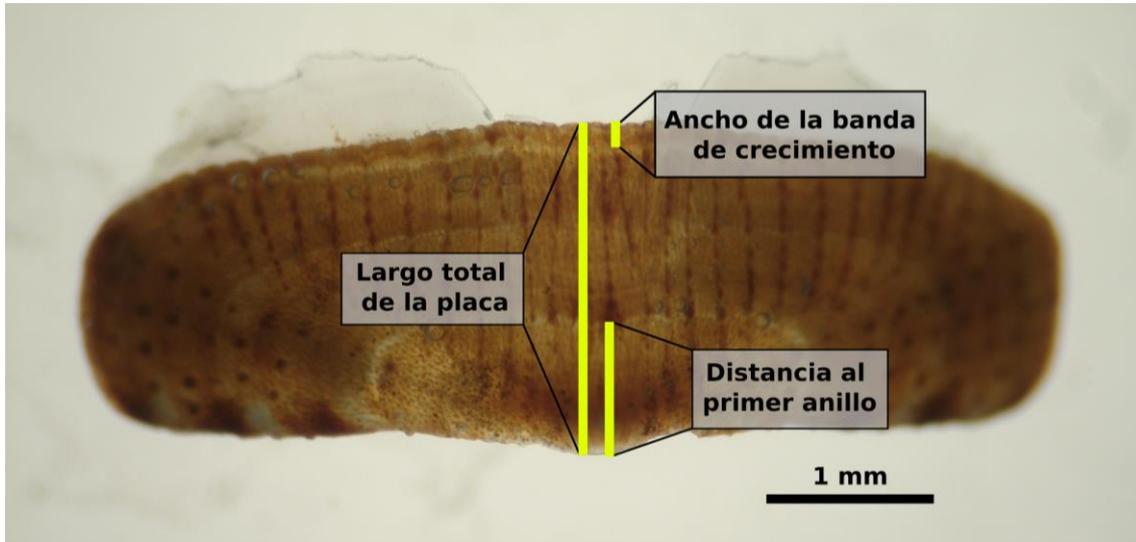


Figura 7. Medidas tomadas en las placas de *Chaetopleura isabellei*.

Para el estudio del crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde (objetivo 4) se separaron aproximadamente 100 individuos al azar de cada nivel muestreado durante abril de 2021; en el caso del nivel bajo del mesolitoral se trabajó con todos los quitones recolectados ($N = 30$) debido a su baja abundancia.

3.3. Distribución espacial de *C. isabellei* en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su relación con factores físicos

Se comparó la densidad entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su variación entre 2021 y 2022. Los datos fueron analizados con un ANOVA factorial, con los niveles del intermareal (alto, medio y bajo) y el año (2021 y 2022) como factores, siendo la densidad la variable respuesta. Se aplicó una transformación $\log(x+1)$ a los datos para cumplir con los supuestos del test (normalidad y homocedasticidad) y se utilizó la prueba de Tukey

como test post-hoc. Todos los análisis de esta tesina se realizaron con el software estadístico R (R Core Team 2023), salvo que se indique lo contrario.

En el laboratorio del CIMAS, las muestras de granulometría se colocaron en una estufa a 60°C durante 48 horas. Luego, cada muestra fue homogeneizada y se tomó una porción de 650 g para el tamizado, empleando un tamizador ZONYTEST en las instalaciones de la Escuela Superior de Ciencias Marinas. Los tamices utilizados fueron de 62, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 7.937 y 12.700 μm , el proceso de tamizado duró 10 minutos. Cada fracción obtenida fue pesada con una balanza analítica de 0,01 g de precisión, para el posterior cálculo de su composición granulométrica porcentual.

El análisis granulométrico se realizó mediante el software GRADISTAT 9.1 (Blott & Pye 2001). Para cada muestra, se obtuvo el valor medio de grano (Φ) siguiendo el método de Folk y Ward (1957). La escala de Φ es inversa, por lo que a medida que su valor disminuye, el tamaño de grano aumenta. Se comparó el perfil granulométrico entre niveles con un ANOVA y se realizó una correlación no paramétrica de Spearman entre la densidad de *C. isabellei* y la granulometría.

Se comparó la diferencia de tiempo de emersión entre niveles del mesolitoral inferior con un análisis de la varianza (ANOVA), los supuestos fueron revisados con un test de Shapiro-Wilk y un test de Levene. Se realizó una prueba de Tukey como test post-hoc.

3.4. Determinación de la periodicidad de los anillos de crecimiento de la concha de *C. isabellei*

En el laboratorio, se extrajeron las placas de los individuos recolectados y se seleccionó una placa intermedia de cada quitón (Figura 1-B), elegida en base al mejor estado general de la misma y la presencia de anillos más conspicuos. Las placas se observaron bajo lupa

estereoscópica, donde se registró el largo total de la placa y el ancho de la última banda de crecimiento (medido desde el margen de la placa hasta el último anillo de crecimiento; Figura 7). Se calculó la relación entre el ancho de la última banda de crecimiento y el largo total de la placa para tener en cuenta las diferencias morfológicas entre las placas.

3.5. Estructura demográfica de *C. isabellei* en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde

En el laboratorio se registraron las medidas morfométricas de los individuos con un calibre digital de 0,01 mm de precisión: largo total (LT, incluyendo el cinturón del manto), largo de la concha (LC, sin incluir el cinturón del manto), ancho total (AT, medido a la altura de la placa IV incluyendo el cinturón del manto) y ancho de la concha (AC, medido a la altura de la placa IV sin incluir el cinturón del manto) (Figura 8). Los individuos más chicos (< 10 mm de largo total) fueron fotografiados y medidos con el software ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>). También se registró el peso total (PT) de cada individuo con una balanza de 0,001 g de precisión.

La determinación de la edad se llevó a cabo, luego de probar diferentes metodologías (Anexo II), mediante la observación directa de los anillos de crecimiento en la placa II (ya que es la que presenta anillos más conspicuos), sumergida en agua con luz transmitida y a aumento constante. Para definir la presencia de un anillo de crecimiento se tuvieron en cuenta dos criterios: el relieve formado en el margen posterior de la placa (Figura 3-B) y la presencia de un surco traslúcido en el área jugal (Figura 3-A). Con el fin de considerar la pérdida de los primeros anillos de crecimiento en los quitones grandes, se observaron primero las placas de los individuos más pequeños de la población y se midió la distancia de cada anillo respecto al umbo, siguiendo el plano sagital del cuerpo (Figura 7); para luego corregir el cálculo de la edad en los individuos más grandes. Se realizaron dos lecturas por el mismo observador, en caso de

discrepancia, se realizó una tercera lectura; si ninguna de las tres mediciones coincidían, se descartó el dato para el análisis posterior.

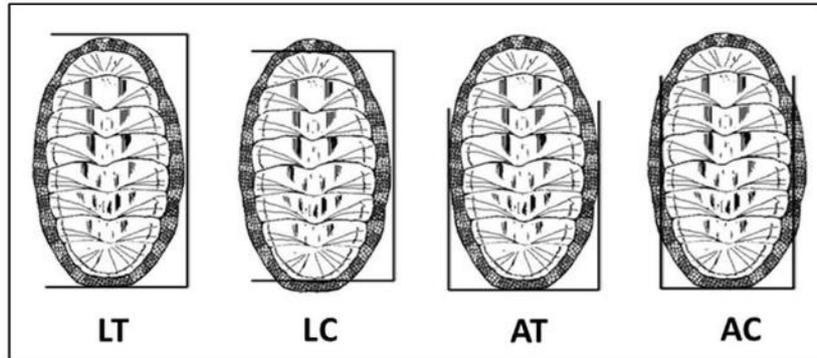


Figura 8. Medidas morfométricas en vista dorsal. (LT, largo total; LC, largo de la concha; AT, ancho total; AC, ancho de la concha). Tomado de Abadia-Chanona (2015).

Se analizaron las diferencias de las variables LT, LC, AT, AC, PT y Edad entre los tres niveles del intermareal (alto, medio y bajo). Para ello se realizó una comparación de distribuciones de datos con el test de Kolmogorov-Smirnov para cada una de las variables.

3.6. Crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde

La determinación de la edad de los individuos se llevó a cabo como se describe en la sección 3.5.

Se ajustó una curva polinómica para describir el crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde. La determinación del grado de polinomio más simple que explique la relación entre la edad y la talla se realizó siguiendo el método de James et al. (2021) a través de un ANOVA anidado, el cual compara cada polinomio con el polinomio de grado mayor; la hipótesis nula (H_0) es que el modelo simple es suficiente para explicar el

comportamiento de los datos, la hipótesis alternativa (Ha) es que se necesita un modelo más complejo.

4. RESULTADOS

4.1. Distribución espacial de *C. isabellei* en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde y su relación con factores físicos

La densidad promedio fue de $158,86 \pm 144,42$ ind/m² en 2021 y $119,56 \pm 85,05$ ind/m² en 2022. La densidad de quitones no mostró interacción entre factores (ANOVA factorial, $p > 0,05$; Tabla 2), ni diferencias significativas entre años (ANOVA factorial, $p > 0,05$; Tabla 2), pero sí entre niveles del intermareal (ANOVA factorial, $p < 0,05$; Tabla 2), siendo los tres niveles diferentes entre sí (test de Tukey, $p < 0,05$; Figura 9).

Tabla 2. Resultados del ANOVA factorial comparando la densidad de *Chaetopleura isabellei* entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo) y años (2021 y 2022).

	g.l.	Suma de Cuadrados	Media Cuadrática	F	Pr(>F)
Nivel	2	325303	162651	26,835	$1,2 \times 10^{-7}$
Año	1	14971	14971	2,470	0,126
Nivel:Año	2	14804	7402	1,221	0,308
Residuos	330	200022	6061		

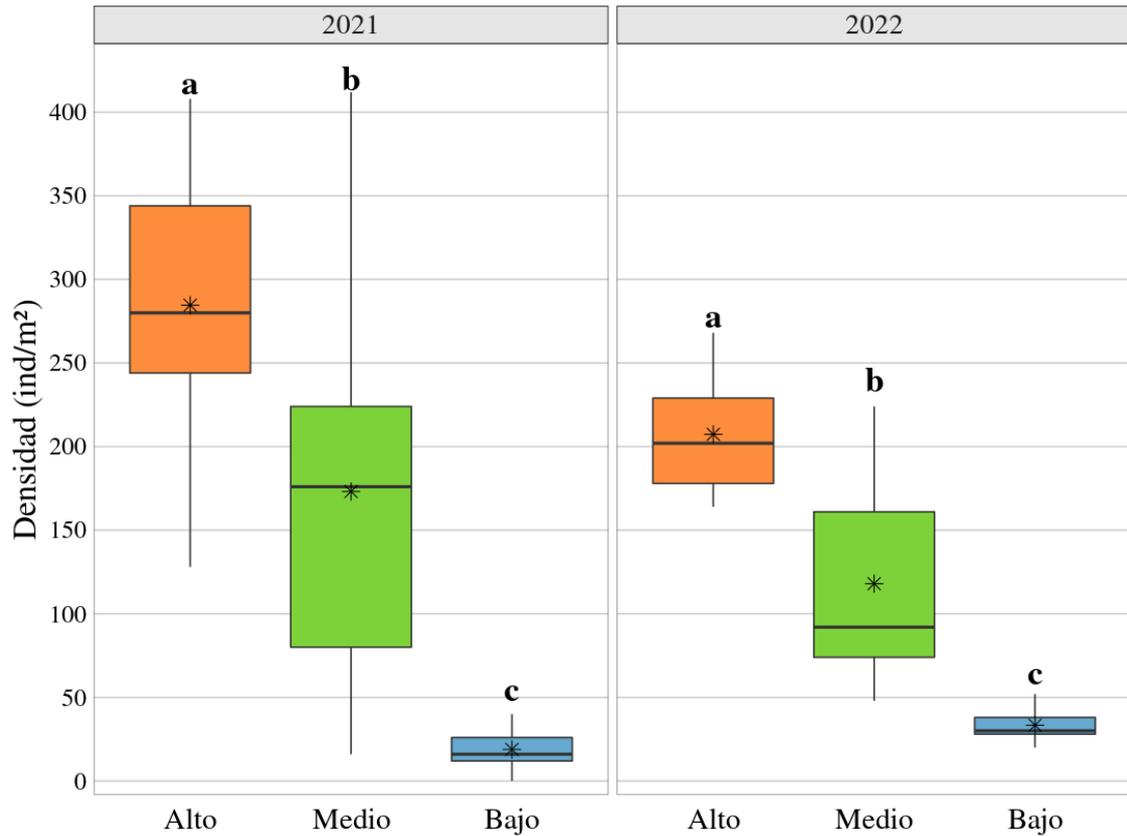


Figura 9. Densidad de *Chaetopleura isabellei* por año y nivel del intermareal. La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos y los asteriscos valores promedio. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Tukey; $p < 0,05$).

El análisis de la granulometría mostró diferencias significativas entre niveles (ANOVA, $p < 0,05$; Tabla 3). El nivel alto fue diferente tanto del nivel medio como del nivel bajo (test de Tukey, $p < 0,05$; Figura 10); sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los dos últimos (test de Tukey, $p > 0,05$; Figura 10). El nivel alto presentó un tamaño de grano promedio menor a -2Φ (i.e. mayor a 4 mm; Figura 10), clasificándose como “grava” (Figura 11). Los niveles medio y bajo presentaron un valor promedio de Φ ligeramente menor a -1 (i.e. mayor a 2 mm; Figura 10), clasificándose como “grava arenosa” o “grava” (Figura 11). Sin embargo, el

nivel bajo presenta un mayor intervalo de valores de Φ (i.e. mayor rango de tamaño de grano), presentando los valores de sedimento más fino (Figuras 10 y 11).

Tabla 3. Resultados del ANOVA comparando el tamaño medio de grano (Φ) entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo).

	g.l.	Suma de Cuadrados	Media Cuadrática	F	Pr(>F)
Nivel	2	3,100	1,5499	9,054	$2,64 \times 10^{-3}$
Residuos	15	2,568	0,1712		

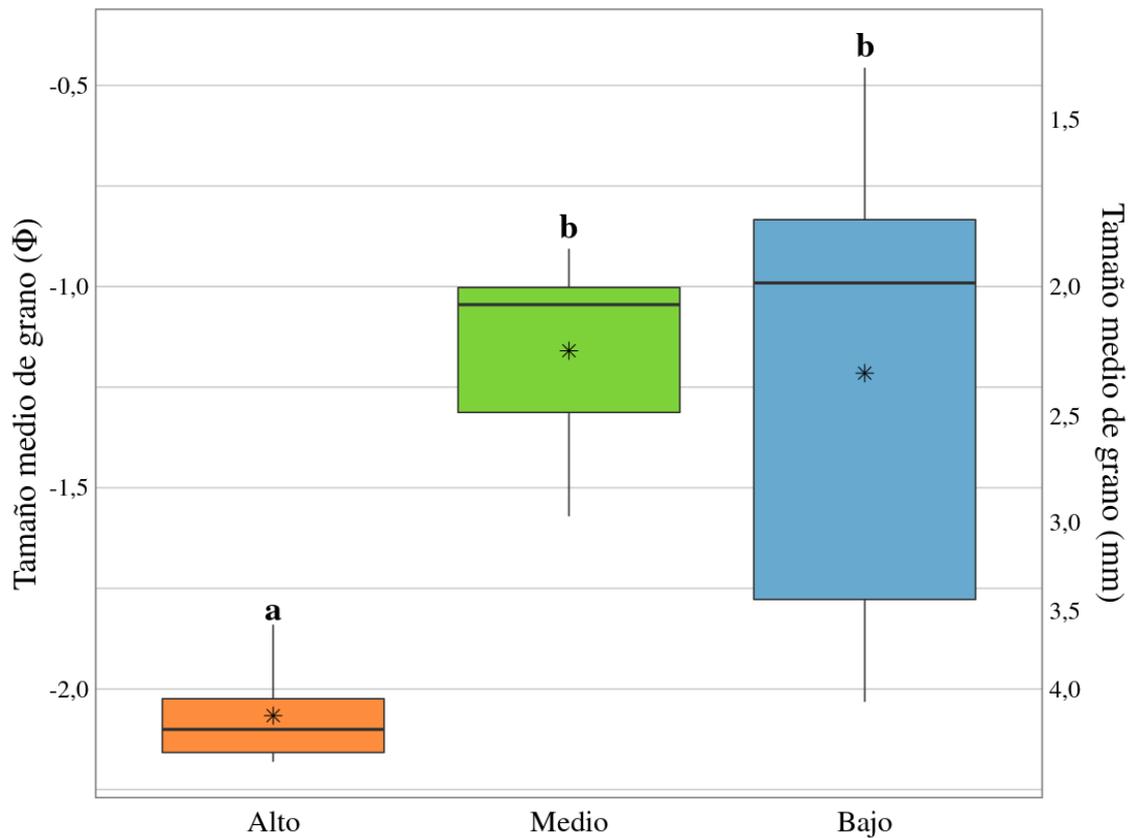


Figura 10. Tamaño de grano promedio (Φ) por nivel del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo) calculado con el método de Folk y Ward. En el eje secundario se muestra la equivalencia de la escala de Φ en milímetros. La línea en la caja representa la mediana, los

límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos y los asteriscos valores promedio.

Letras distintas indican diferencias significativas (test de Tukey; $p < 0,05$).

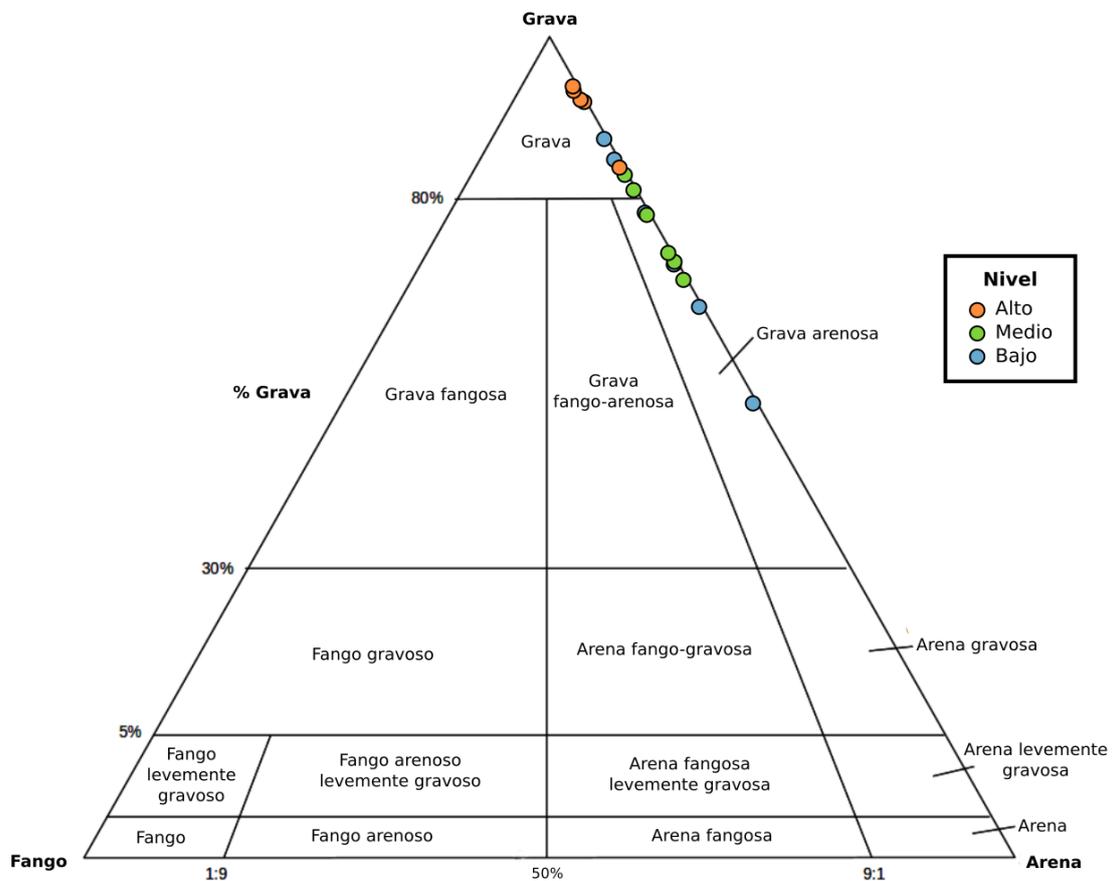


Figura 11. Diagrama de clasificación granulométrica de los tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo).

La correlación de Spearman entre la densidad (ind/m^2) y el tamaño medio de grano (Φ) fue significativa ($p < 0,05$) y negativa ($\rho = -0,53$). Por lo tanto, a medida que aumenta el tamaño de grano, también aumenta la densidad de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde (Figura 12).

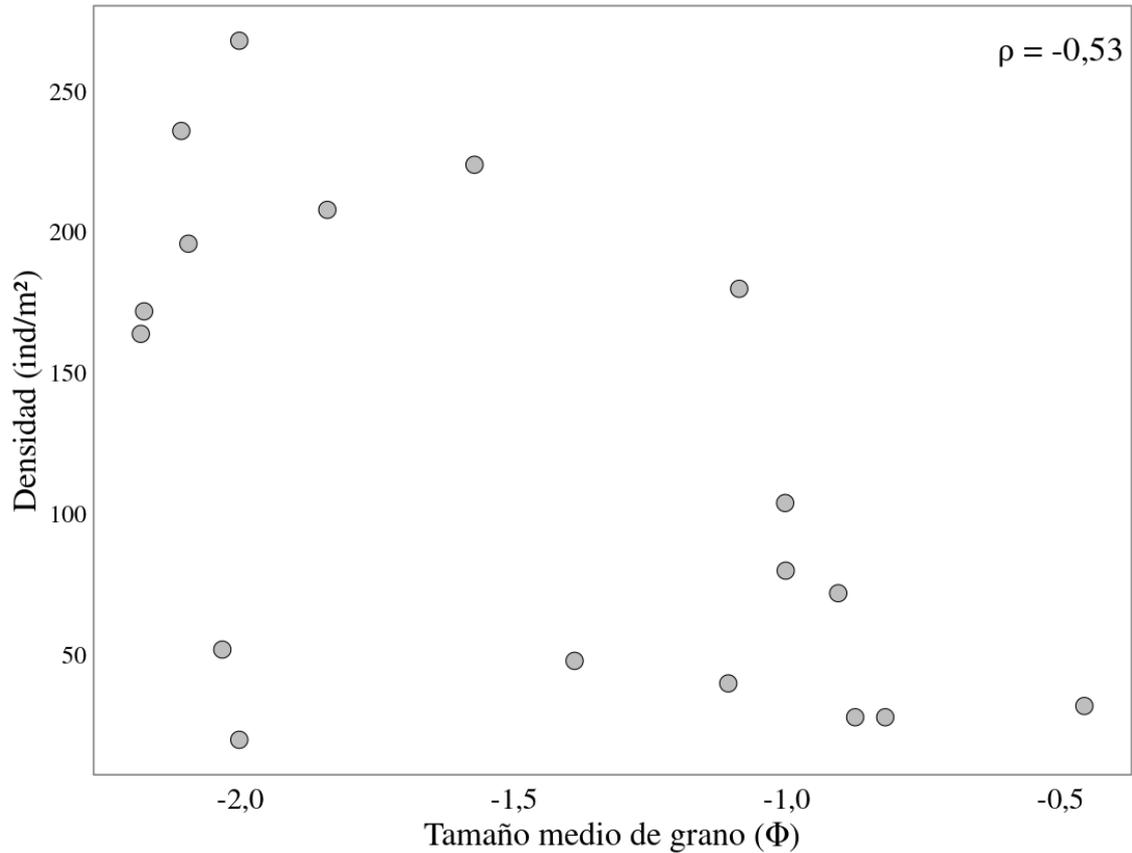


Figura 12. Correlación entre la densidad de individuos de *Chaetopleura isabellei* (ind/m²) y el tamaño medio de grano (Φ) en el mesolitoral inferior de Punta Verde.

El tiempo de emersión promedio para los niveles alto, medio y bajo fue de $202,25 \pm 18,84$, $158,25 \pm 25,83$ y $119,25 \pm 31,49$ minutos, respectivamente (Figura 13). Hubo diferencias significativas entre niveles (ANOVA, $p < 0,05$; Tabla 4) y todos los niveles fueron distintos entre sí (test de Tukey, $p < 0,05$; Figura 13).

Tabla 4. Resultados del ANOVA comparando el tiempo de emersión entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo).

	g.l.	Suma de Cuadrados	Media Cuadrática	F	Pr(>F)
Nivel	2	27589	13795	20,55	$1,14 \times 10^{-5}$
Residuos	21	14096	671		

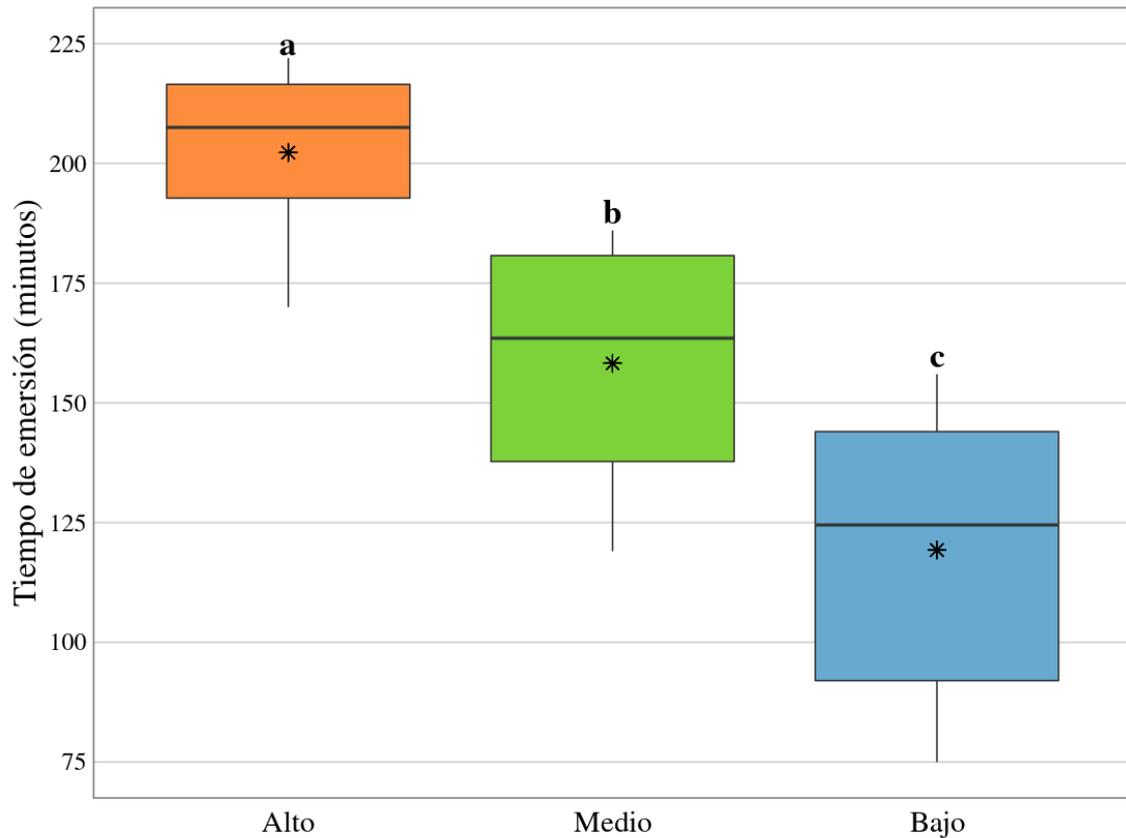


Figura 13. Tiempo de emersión por nivel del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo). La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos y los asteriscos valores promedio. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Tukey; $p < 0,05$).

4.2. Determinación de la periodicidad de los anillos de crecimiento de la concha de *C. isabellei*

El análisis bimestral del ancho de la última banda de crecimiento de las placas de *C. isabellei* mostró un patrón sinusoidal, lo que indica una periodicidad anual en la formación de los anillos de crecimiento (Figura 14). Los individuos presentaron una banda de menor tamaño en los meses cálidos, lo cual fue más evidente en la clase de talla 15 ± 1 mm LT (Figura 14). Según este patrón, el anillo de crecimiento se forma en el inicio del verano.

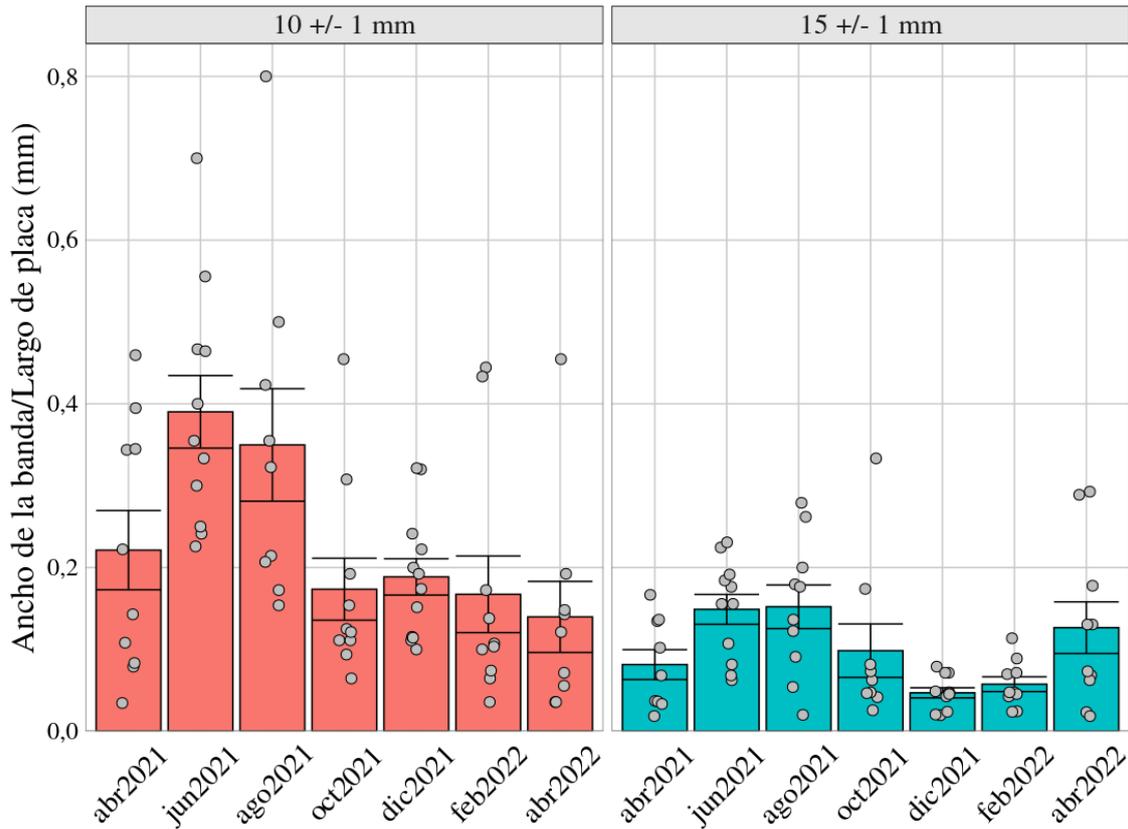


Figura 14. Valor promedio de la relación entre el ancho de la última banda de crecimiento y el largo de la placa de *Chaetopleura isabellei* entre las dos clases de tallas 10 ± 1 y 15 ± 1 mm LT en el mesolitoral inferior de Punta Verde. Los círculos representan los valores individuales y las barras el desvío estándar.

4.3. Estructura demográfica de *C. isabellei* en tres niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde

Se recolectó un total de 833 quitones. Debido a problemas logísticos en el procesamiento de las muestras, se obtuvieron las medidas morfométricas de los individuos de cuatro cuadrantes del nivel alto (todos los cuadrantes de los niveles medio y bajo fueron procesados) y los pesos individuales de cuatro cuadrantes de los niveles alto y medio.

Las tallas promedio (y los rangos) para la población de *C. isabellei* registradas en el presente estudio fueron de $13,75 \pm 5,76$ mm de LT (rango: 3,04 a 29,25 mm); $12,52 \pm 5,34$ mm

de LC (rango: 2,80 a 27,91 mm); $8,46 \pm 3,36$ mm de AT (rango: 2,09 a 17,13 mm) y $6,18 \pm 2,37$ mm de AC (rango: 1,69 a 13,07 mm). Se encontraron diferencias significativas entre niveles, siendo el nivel alto distinto a los niveles medio y bajo (test de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,05$; Figura 15), pero no hubo diferencias entre los dos últimos (test de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0,05$; Figura 15). La distribución de los datos fue unimodal en el nivel alto (moda: 15 mm LT) y bimodal en los niveles medio (modas: 7,5 y 22,5 mm LT) y bajo (modas: 7,5 y 20 mm LT) (Figura 15).

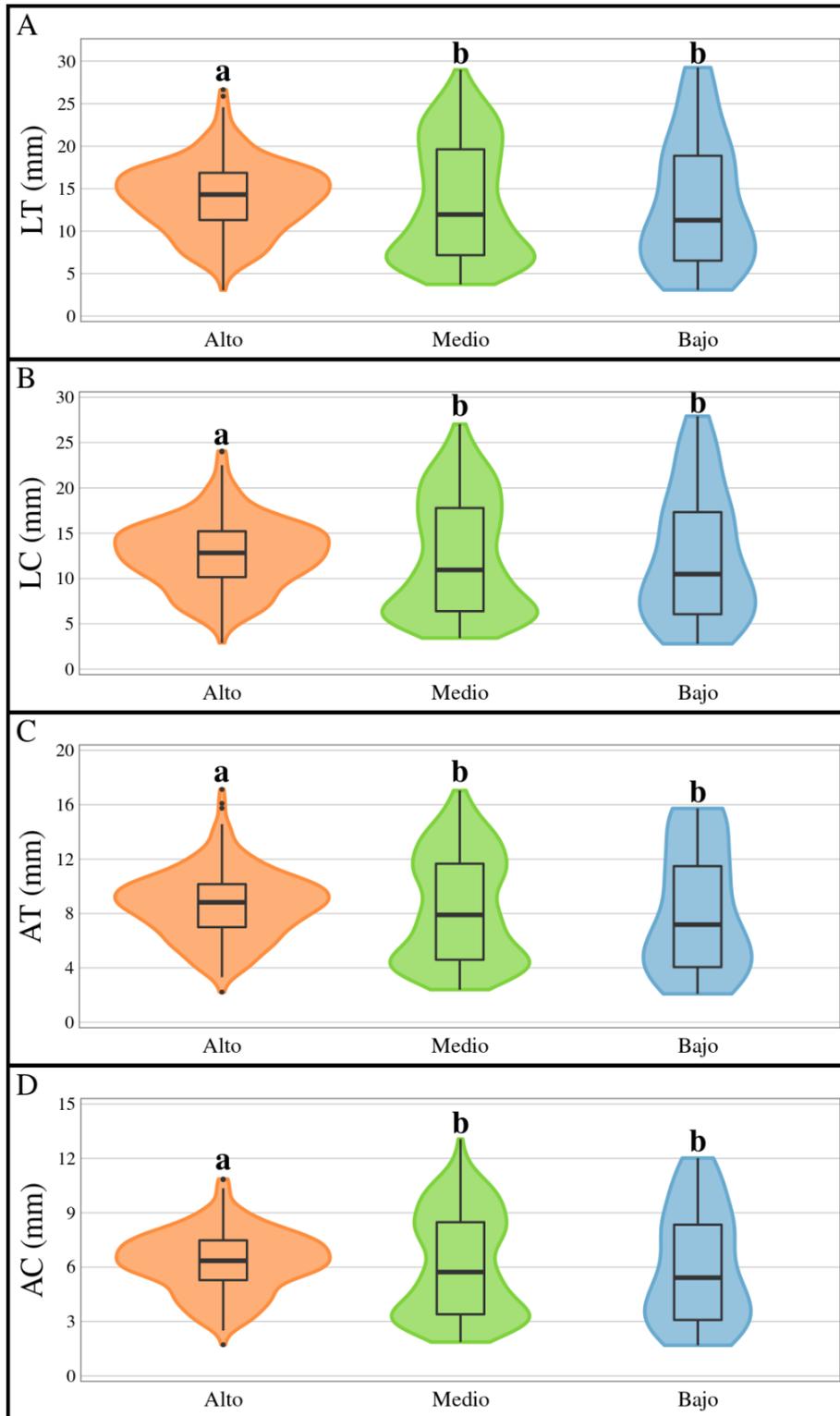


Figura 15. Medidas morfométricas de *Chaetopleura isabellei* por nivel del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo). A: largo total (LT); B: largo de la concha (LC); C: ancho total (AT); D: ancho de la concha (AC). El área representa la distribución de los

datos. La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$).

El peso total (PT) varió entre 0,001 y 1,360 g en el nivel alto, mientras que en el nivel medio el rango fue mayor (de 0,003 a 2,350 g). Sin embargo, el peso del 50% de los quitones se encontró entre 0,11 y 0,37 g para el nivel alto (mediana: 0,22 g) y entre 0,03 y 0,51 g para el nivel medio (mediana: 0,13 g), sólo 1 individuo superó los 1,50 g (Figura 16). Se encontraron diferencias significativas entre niveles (test de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,05$; Figura 16), encontrándose los quitones más pesados junto a una gran abundancia de quitones ligeros en el nivel medio, mientras que en el nivel alto los quitones presentan, en general, pesos intermedios.

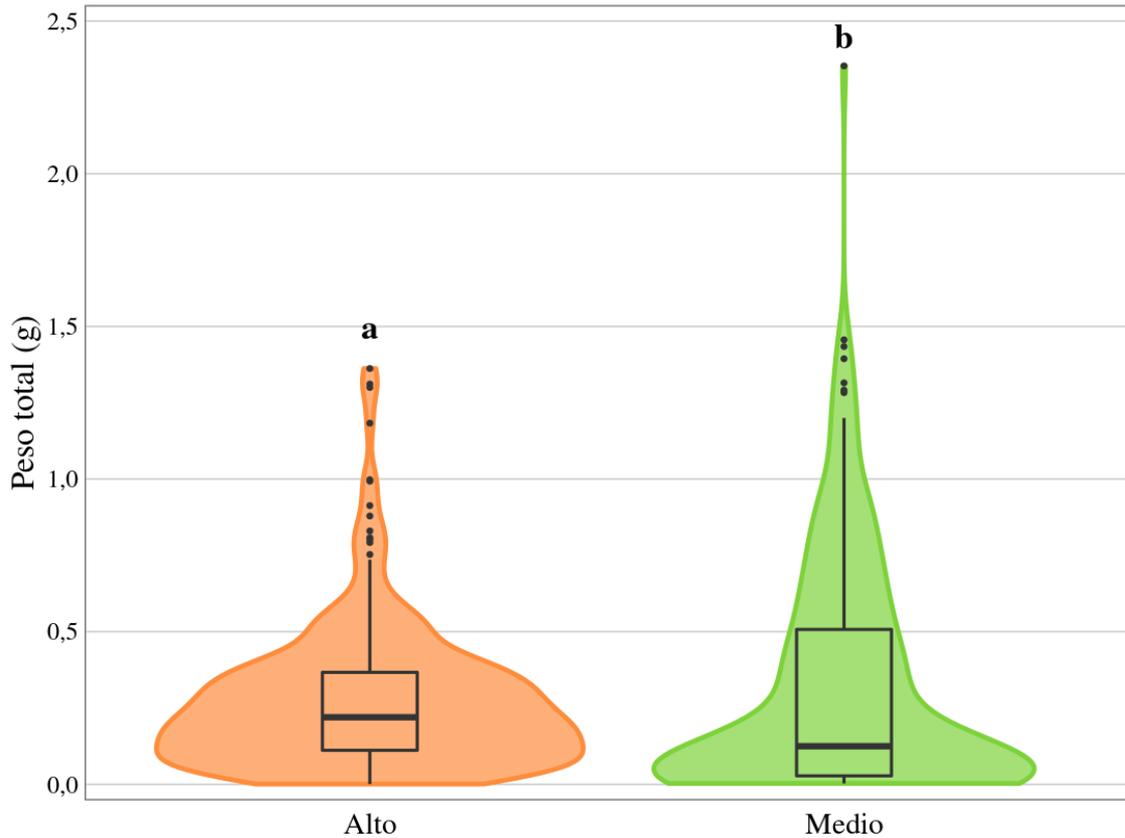


Figura 16. Peso total (PT) de *Chaetopleura isabellei* por nivel del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto y medio). El área representa la distribución de los datos. La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$).

El rango de edades encontrado fue de 0 a 11 años, el valor promedio de la población fue de 3,77 años. Se encontraron diferencias significativas entre niveles, el nivel alto presenta una distribución unimodal (moda: 3 años) y es distinto a los niveles medio y bajo (test de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,05$; Figura 17) que presentan distribuciones bimodales (modas: 2 y 6 años y 2 y 7 años, respectivamente), no hubo diferencias significativas entre los niveles medio y bajo (test de Kolmogorov-Smirnov, $p > 0,05$; Figura 17).

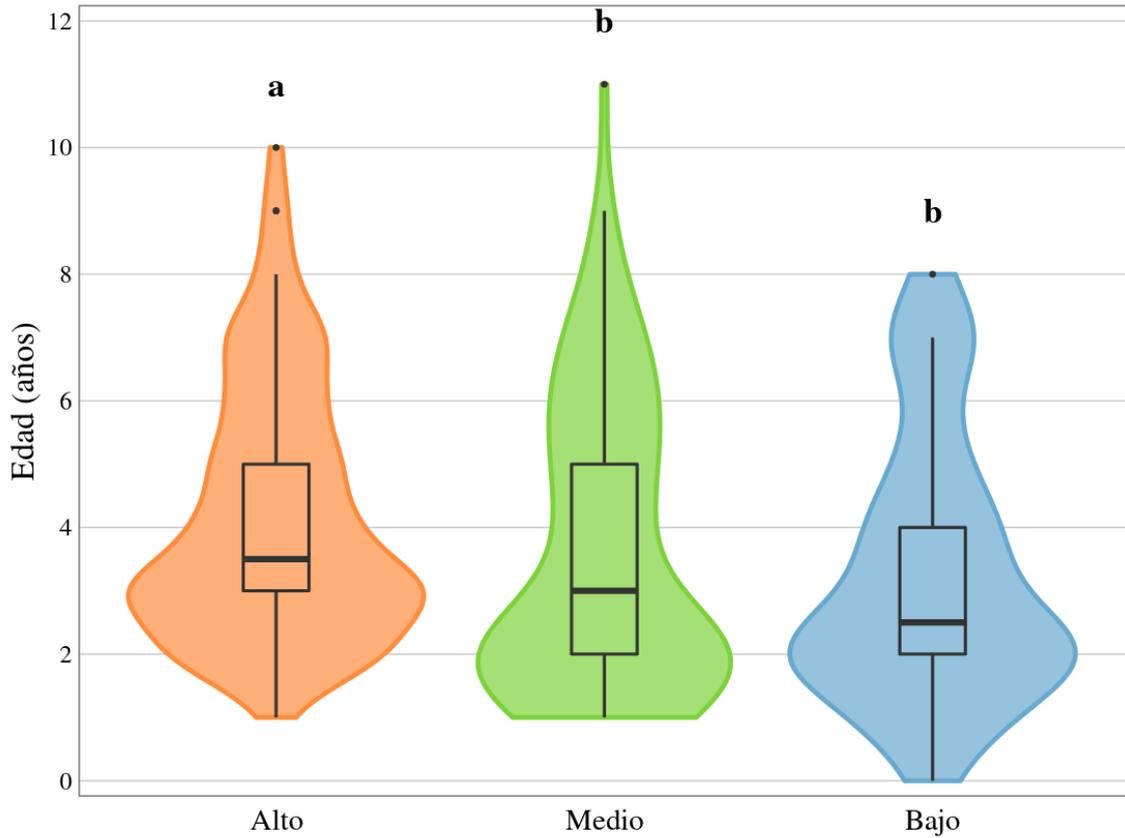


Figura 17. Edades de *Chaetopleura isabellei* por nivel del mesolitoral inferior de Punta Verde (alto, medio y bajo). El área representa la distribución de los datos. La línea en la caja representa la mediana, los límites de la caja el primer cuartil y el tercer cuartil, y los bigotes representan los valores mínimo y máximo. Los puntos representan valores atípicos. Letras distintas indican diferencias significativas (test de Kolmogorov-Smirnov; $p < 0,05$).

4.4. Crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde

El polinomio de segundo grado resultó el mejor modelo para describir el crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde (Tabla 5; Figura 18). Comparando los polinomios de primer y segundo grado se aceptó H_a (i.e. “se necesita un polinomio más complejo”) ($p < 0,05$; Tabla 5) y, comparando los polinomios de segundo y tercer grado se aceptó H_0 (i.e. “el polinomio más simple es suficiente para explicar el

comportamiento de los datos”) ($p > 0,05$; Tabla 5). Los parámetros del polinomio de segundo grado para la relación Largo total - Edad para la población en Punta Verde fueron $a = 0,15$; $b = 4,11$; $c = 1,06$ (Figura 18).

Tabla 5. Resultados del ANOVA anidado comparando el ajuste de modelos polinómicos de distinto grado para el crecimiento individual de *Chaetopleura isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde.

Polinomio	Residuos de la Suma de Cuadrados	g.l.	Suma de Cuadrados	F	Pr(>F)
Grado 1	1558,8	-	-	-	-
Grado 2	1407,1	1	151,62	25,22	$1,02 \times 10^{-6}$
Grado 3	1404,2	1	2,89	0,48	0,49
Grado 4	1400,7	1	3,55	0,59	0,44

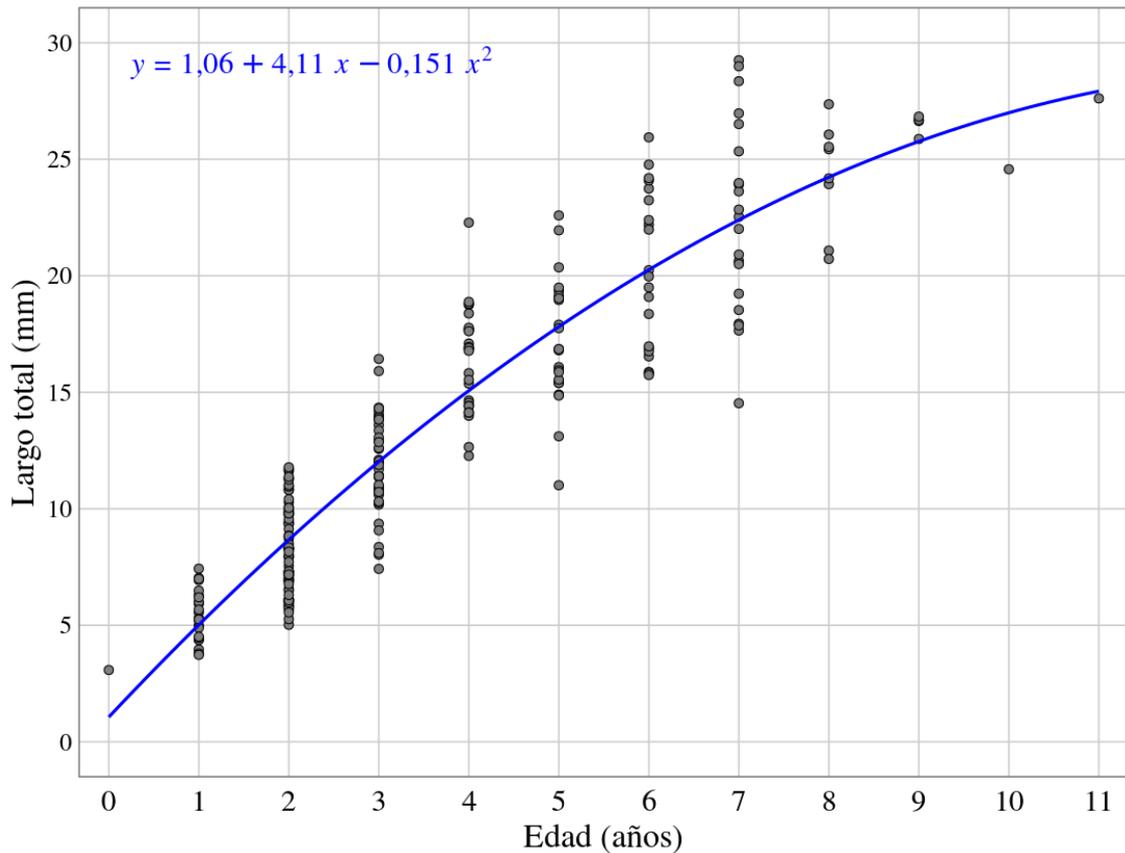


Figura 18. Ajuste del modelo de crecimiento polinomial para la relación Largo total - Edad de *Chaetopleura isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde. La línea azul corresponde con la curva polinómica de grado 2 que describe el crecimiento individual.

5. DISCUSIÓN

Los resultados de esta tesina permitieron cumplir el objetivo de estudiar la estructura poblacional y el crecimiento individual del quitón *Chaetopleura isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde, Río Negro, Argentina. Además, este trabajo se presenta como un primer acercamiento a la utilización de anillos de crecimiento en moluscos poliplacóforos de Argentina, los cuales son ampliamente utilizados en otros grupos de organismos (tales como bivalvos, gasterópodos o peces, entre otros) debido a que brindan mucha información acerca

del ciclo de vida y el ambiente en el que se desarrollan tales organismos (Campana 2001, Richardson 2001).

La densidad promedio de *C. isabellei* varió de manera significativa entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde, siendo mayor en el nivel alto, seguida del medio y luego del bajo, por lo que se confirma la primera predicción del presente trabajo. Sin embargo, Salatino et al. (datos no publicados) hallaron una densidad media de 59 y 6 ind/m² en los niveles alto y bajo del mesolitoral inferior de Punta Verde, respectivamente; mientras que Roche et al. (2011) reportaron densidades menores a 10 ind/m² en el submareal somero de Punta Verde. Siendo que la densidad de *C. isabellei* varía a pequeñas escalas espaciales (la distancia entre niveles fue de 5 m) es probable que estas diferencias se deban al sitio específico de muestreo y no a un aumento poblacional de la especie. Sin embargo, es necesario un seguimiento de la densidad poblacional de *C. isabellei* en el intermareal de Punta Verde para confirmar esta hipótesis.

En cuanto a la granulometría del sedimento, el nivel alto se caracterizó por tener el mayor tamaño de grano promedio, mientras que los niveles medio y bajo exhibieron un tamaño de grano similar. La densidad de *C. isabellei* presentó una correlación con la granulometría, evidenciándose que a mayor tamaño de grano mayor es la densidad de los quitones. Esto probablemente se deba a que la mayor oferta de refugios y superficie de ramoneo que ofrecen los clastos favorecen la abundancia de la especie. Por otro lado, es posible que el tamaño medio de grano no sea suficiente para entender la distribución de *C. isabellei* en el intermareal de Punta Verde, ya que la especie podría presentar preferencias por clastos de tamaños específicos, sin embargo esto debe evaluarse en futuros estudios.

Pese a que el tiempo de emersión fue distinto para cada nivel, siendo mayor en el alto, seguido del medio y luego del bajo, esta diferencia no influiría, al menos de manera directa, en

la densidad de *C. isabellei* debido a que rara vez se encuentran individuos expuestos, es decir, en la cara superior de los clastos (Brandani et al. 1974). Además, durante la bajamar en Punta Verde persiste una película de agua entre el sedimento, por lo que los quitones (refugiados debajo de los clastos) probablemente no queden expuestos a la desecación en ningún momento de la bajamar (observación personal). Sin embargo, es posible que el tiempo de emersión afecte la densidad de la especie de manera indirecta, ya sea influyendo en la densidad de depredadores, la densidad de competidores y/o en la abundancia de alimento para los quitones.

Si bien los factores ambientales analizados en este trabajo (la granulometría y el tiempo de emersión) explican las diferencias en la densidad de *C. isabellei* entre niveles del mesolitoral inferior de Punta Verde, posiblemente actúen en simultáneo con otros factores físicos, tales como la temperatura, la salinidad o la turbidez del agua, y factores bióticos como la competencia con otros moluscos ramoneadores, la competencia por espacio con otros organismos (macroalgas, esponjas, ascidias, etc.), la abundancia de depredadores o la disponibilidad de alimento. Por ejemplo, Aguilera y Navarrete (2007) encontraron que la dieta de *Chiton granosus* en el intermareal de Las Cruces (Chile) era variada, compuesta por varias especies de macroalgas, diatomeas, bacterias verde-azules e incluso cirripedios; sin embargo los ítems más abundantes fueron talos de algas calcáreas, diatomeas y, en menor medida, ulvales (*Ulva* spp.). Si *C. isabellei* presentase preferencias alimentarias similares, ésta podría afectar la distribución de la especie en el intermareal ya que existe un patrón diferencial en la distribución de algas en Punta Verde (observación personal).

Se validó la periodicidad anual en la formación de los anillos de crecimiento de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde, por lo que se acepta la segunda hipótesis de este trabajo. Este resultado permitió determinar la edad de los individuos de la población y modelar su crecimiento individual. Los resultados del análisis de incremento de margen (MIA)

demonstraron que los meses de verano representan la época con la menor tasa de crecimiento. Siendo que los períodos de estrés ambiental limitan o enlentecen el crecimiento de los organismos (Richardson 2001), es posible que las altas temperaturas y la elevada salinidad alcanzadas durante el verano en la Bahía San Antonio (hasta 22,73 °C y 36,71 ppt; Ocampo & Storero 2007) generen condiciones estresantes para la especie que reducen su tasa de crecimiento.

El patrón revelado por el MIA fue sinusoidal, con mayor ancho de banda promedio en los meses fríos y menor en los meses cálidos. Este patrón fue similar para las dos clases de talla analizadas, aunque está más definido para la clase 15 ± 1 mm LT (Figura 14). Dicha diferencia podría estar relacionada con la madurez sexual, establecida en 12 mm LT (Brandani et al. 1974), dado que la inversión energética en la gametogénesis durante la temporada reproductiva puede limitar el crecimiento de algunos organismos (Richardson 2001). Por ejemplo, *Chiton articulatus* presenta una disminución de los índices somáticos a medida que las gónadas se desarrollan durante la temporada reproductiva (Avila-Poveda 2013). Si bien la talla de madurez sexual de *C. isabellei* no fue analizada en este trabajo, la mayor abundancia de individuos juveniles de en Punta Verde durante los meses cálidos (Salatino et al., datos no publicados) indicaría que la temporada reproductiva ocurriría en el verano en la Bahía San Antonio. En este sentido, el estrés ambiental junto con la inversión energética en la reproducción, ralentizarían el crecimiento provocando la formación de los anillos de crecimiento. En cambio, los individuos de la clase de talla 10 ± 1 mm LT que no habrían alcanzado la madurez sexual, sólo se verían afectados por la estacionalidad ambiental, lo que generaría que los anillos de crecimiento se formen en algún momento de la temporada cálida y haya una mayor variación individual. Sin embargo, es necesario realizar un seguimiento del desarrollo gonadal para

confirmar la época reproductiva y la edad de madurez sexual de la especie en la Bahía San Antonio.

Se encontró una segregación vertical en las tallas, pesos y edades de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde. El nivel alto presentó distribuciones de datos unimodales para todas las variables analizadas, mientras que los niveles medio y bajo exhibieron distribuciones bimodales para las tallas y las edades. En cuanto al peso, si bien el nivel medio presentó una distribución de datos unimodal con predominancia de quitones muy ligeros (menores a 0,1 g), la abundancia de quitones pesados (mayores a 0,6 g) fue mayor a la presentada por el nivel alto. Es decir, en los niveles medio y bajo se encuentran dos grupos etarios de *C. isabellei*: uno compuesto por quitones juveniles y otro compuesto por quitones adultos; en el nivel alto se encuentra un único grupo etario formado por quitones de edades intermedias. Estas diferencias en la estructura poblacional coinciden con las diferencias en la granulometría de los niveles, sin embargo otros factores podrían estar actuando en simultáneo como ya se comentó anteriormente. Por lo expuesto previamente, se acepta parcialmente la tercera hipótesis del presente trabajo, ya que, si bien existe una segregación vertical en la población de *C. isabellei*, se esperaba encontrar los individuos adultos en los niveles inferiores y los juveniles en los superiores. Estos resultados se contradicen con lo hallado por Brandani et al. (1974) en el intermareal de Mar del Plata, ya que ellos no encontraron una segregación vertical en las tallas de *C. isabellei*.

El rango de tallas de *C. isabellei* encontrado en el presente estudio fue distinto al hallado por Brandani et al. (1974), siendo de 3,04 a 29,25 mm LT en la Bahía San Antonio y de 9,30 a 34,00 mm LT en Mar del Plata. La diferencia en la talla promedio (19,10 mm LT en Mar del Plata y 13,75 mm LT en la Bahía San Antonio) podría deberse a la ausencia de quitones chicos hallados por Brandani et al. (1974), ya que los quitones menores a 9,30 mm LT representan el

18,40% de los individuos de la población en el presente estudio. Por otra parte, Roche et al. (2011) y Salatino et al. (datos no publicados) reportaron quitones mayores a 30 mm LT en la Bahía San Antonio, los cuales no se hallaron durante el desarrollo de esta tesina. Por lo tanto, hasta llevar a cabo un estudio más exhaustivo, no es posible suponer que las diferencias en las tallas promedio se deban a un patrón latitudinal o a diferencias ambientales entre los sitios de estudio.

La edad de los individuos de *C. isabellei* estudiados en el presente trabajo se encontró entre 0 y 11 años, lo cual representa una especie longeva en este grupo de moluscos. Las especies de quitones con mayor longevidad encontradas son *Katharina tunicata* y *Cryptochiton stelleri* las cuales alcanzan edades de 17 y 40 años, respectivamente (Lord 2012). Crozier (1918) estimó la longevidad máxima de *Chiton tuberculatus* en 12 años, pero luego Glynn (1970) argumentó que la longevidad de *C. tuberculatus* habría sido sobreestimada. Especies con menor longevidad son *Plaxiphora aurata* (7 años; López-Gappa & Tablado 1997), *Onithochiton quercinus* y *Plaxiphora albida* (6 años; Otway 1994), *Acanthopleura gemmata* (6 años; El Soliman et al. 1996), *Lepidochitona cinereus* (5 años; Baxter & Jones 1978) y *Chaetopleura apiculata* (4 años; Grave 1932). La especie menos longeva encontrada en la bibliografía es *Acanthochitona crinita*, cuyo ciclo de vida es de alrededor de 1 año (Bode 1989). Si bien la longevidad estimada para *C. isabellei* en esta tesina es de 11 años cabe mencionar que la talla máxima encontrada (29,25 mm LT) es menor que la máxima registrada para la especie en Punta Verde (33,8 mm LT; Roche et al. 2011), por lo que es posible que la longevidad de la especie sea incluso mayor.

Debido a que el rango de tallas obtenidas en el presente estudio fue incompleto respecto al encontrado por otros autores (Brandani et al. 1974, Roche et al. 2011), se decidió ajustar una curva polinómica para describir el crecimiento individual de *C. isabellei* en el mesolitoral

inferior de Punta Verde. La elección de este tipo de modelo frente a otros más convencionales (von Bertalanffy, Gompertz, etc.) se debe a que el registro de tallas incompleto conlleva a que el cálculo de los parámetros para dichos modelos sea impreciso, por lo tanto la interpretación del modelo de crecimiento individual no se correspondería con el crecimiento real de la especie en la naturaleza. Por este motivo, y dado que ningún trabajo encontrado en la bibliografía utiliza curvas polinómicas para describir el crecimiento individual en quitones, no fue posible hacer una comparación de los resultados del presente estudio con otros autores.

6. CONCLUSIONES

Del presente trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La densidad de *Chaetopleura isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde está relacionada con la granulometría, presentando mayores densidades en sitios con mayor tamaño de grano promedio. El tiempo de emersión no parece afectar la densidad de la especie de forma directa, pero podría tener efectos indirectos en su distribución.
- El quitón *C. isabellei* presenta una periodicidad anual en la formación de anillos de crecimiento en el intermareal de Punta Verde, coincidiendo con los meses cálidos del verano.
- Se encontró una segregación vertical en cuanto a las tallas, pesos y edades de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde. Los individuos juveniles y los más longevos se encuentran mayoritariamente en los niveles medio y bajo, mientras que en el nivel alto se encuentran principalmente quitones de edades intermedias.
- La especie tiene una longevidad máxima de al menos 11 años en la Bahía San Antonio.

Pese a que *Chaetopleura isabellei* es una especie que se distribuye desde el sur de Brasil hasta la provincia de Chubut en Argentina, y es relativamente común en el Golfo San Matías y

en la Bahía San Antonio (Güller & Zelaya 2017, Roche et al. 2020), la información es escasa, encontrándose un único estudio dirigido a la especie en todo su rango de distribución (Brandani et al. 1974). Los resultados de este trabajo brindan información sobre la población de *C. isabellei* en el mesolitoral inferior de Punta Verde, San Antonio Oeste, Río Negro. Sin embargo, muchos aspectos básicos sobre la ecología de la especie aún quedan por estudiarse, como por ejemplo el espectro trófico, su relación con otras especies del intermareal, parámetros reproductivos, etc.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abadia-Chanona QY (2015) Maduración gonádica, ciclo reproductivo y talla de madurez sexual del Quitón *Chiton (Chiton) articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) de la costa rocosa de Puerto Ángel, Oaxaca, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México.

Aguilera MA, Navarrete SA (2007) Effects of *Chiton granosus* (Frembly, 1827) and other molluscan grazers on algal succession in wave exposed mid-intertidal rocky shores of central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 349 (1): 84-98.

Aguilera MA, Navarrete SA (2011) Distribution and activity patterns in an intertidal grazer assemblage: influence of temporal and spatial organization on interspecific associations. *Marine Ecology Progress Series* 431: 119-136.

Avila-Poveda OH (2013) Annual change in morphometry and in somatic and reproductive indices of *Chiton articulatus* adults (Polyplacophora: Chitonidae) from Oaxaca, Mexican Pacific. *American Malacological Bulletin* 31 (1): 65-74.

- Avila-Poveda OH, Rodriguez-Dominguez G, Ramirez-Perez JS, Perez-Gonzalez R (2020)** Plasticity in growth parameters of an intertidal rocky shore chiton (Polyplacophora: Chitonida) under pre-ENSO and ENSO events. *Journal of Molluscan Studies* 86 (1): 72-78.
- Baxter IM, Jones AM (1978)** Growth and population structure of *Lepidochitona cinereus* (Mollusca: Polyplacophora) infected with *Minchinia chitonis* (Protozoa: Sporozoa) at Easthaven, Scotland. *Marine biology* 46 (4): 305-313.
- Blott SJ, Pye K (2001)** GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237-1248.
- Bode A (1989)** Production of the intertidal chiton *Acanthochitona crinita* within a community of *Corallina elongata* (Rhodophyta). *Journal of Molluscan Studies* 55 (1): 37-44.
- Brandani A, Faedo JC, Penchaszadeh PE (1974)** Aspectos de la ecología de los quitones del litoral de Mar del Plata (Mollusca, Poliplacophora) con especial referencia a su epibiosis. *Ecología* 2 (1): 19-33.
- Campana SE (2001)** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of fish biology* 59 (2): 197-242.
- Castellanos ZJA (1988)** Los Placóforos. Catálogo descriptivo de la malacofauna marina magallánica. La Plata, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. 1: 40.
- Creese RG (1988)** Ecology of molluscan grazers and their interactions with marine algae in north-eastern New Zealand: a review. *New Zealand journal of marine and freshwater research* 22 (3): 427-444.
- Crozier WJ (1918)** Growth and duration of life of *Chiton tuberculatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 4 (11): 322-325.

Dell'Angelo B, Schwabe E (2010) Teratology in chitons (Mollusca, Polyplacophora): a brief summary. *Bolletino Malacologico* 46: 9-15.

El Soliman, Habib T, Almaraghy A, Hussein MA (1996) Population structure and growth curve of *Acanthopleura gemmata* (Mollusca: Polyplacophora) in the northwestern Red Sea. *Qatar University Science Journal* 16 (2): 307-314.

Emam WM, Ismail NS, Abou Gabal MN (1992) Age and growth of chiton *Acanthopleura spiniger* from the northwestern region of the Red Sea. *Indian Journal of Marine Sciences* 21 (4).

Escofet AM, Olivier SR, Orensanz JM, Scarabino Caravadossi VM (1978) Biocenología bentónica del Golfo de San Matías (Río Negro, Argentina): Metodología, experiencias y resultados del estudio ecológico de un gran espacio geográfico en América Latina (No. DOC 0083).

Farinati EA (1995) El género *Chaetopleura* Shuttleworth, 1853 (Mollusca, Polyplacophora) en sedimentos Holocenos de Bahía Blanca, Argentina. *Ameghiniana* 32 (3): 267-270.

Flores-Campaña LM, Arzola-González JF, de León-Herrera R (2012) Body size structure, biometric relationships and density of *Chiton albolineatus* (Mollusca: Polyplacophora) on the intertidal rocky zone of three islands of Mazatlan Bay, SE of the Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47 (2): 203-211.

Folk RL, Ward WC (1957) Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research* 27 (1): 3-26.

Galván DE, Botto F, Parma AM, Bandieri L, Mohamed N, Iribarne OO (2009) Food partitioning and spatial subsidy in shelter-limited fishes inhabiting patchy reefs of Patagonia. *Journal of Fish Biology* 75 (10): 2585-2605.

Glynn PW (1970) On the ecology of the Caribbean chitons *Acanthopleura granulata* Gmelin and *Chiton tuberculatus* Linné: Density, mortality, feeding, reproduction, and growth. *Smithsonian Contributions to Zoology* 66: 1-21.

Grave BH (1932) Embryology and life history of *Chaetopleura apiculata*. *Journal of Morphology* 54 (1): 153-160.

Güller M, Zelaya DG (2017) A hot-spot of biodiversity in Northern Patagonia, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 26 (14): 3329-3342.

Harper KD, Williams GA (2001) Variation in abundance and distribution of the chiton *Acanthopleura japonica* and associated molluscs on a seasonal, tropical, rocky shore. *Journal of Zoology* 253 (3): 293-300.

James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani R (2021) Moving Beyond Linearity. En: *An Introduction to Statistical Learning*. Springer Texts in Statistics, pp 289–326.

Jörger KM, Meyer R, Wehrtmann IS (2008) Species composition and vertical distribution of chitons (Mollusca: Polyplacophora) in a rocky intertidal zone of the Pacific coast of Costa Rica. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88 (4): 807-816.

Kaas P, Van Belle RA (1987) Monograph of Living Chitons (Mollusca: Polyplacophora). 3 Suborder Ischnochitonina, Ischnochitonidae: Chaetopleurinae, & Ischnochitoninae (pars) Additions to vols 1 & 2. Brill.

Kelaher BP, Cole VJ (2005) Variation in abundance and size-structure of populations of the small chiton, *Acanthochitona retrojecta*. *Journal of Molluscan Studies* 71 (2): 145-151.

Liuzzi MG (2014) Polyplacophora. En: *Los Invertebrados Marinos*. Fundación de historia natural Félix de Azara, pp 119-131.

- López-Gappa J, Tablado A (1997)** Growth and Production of an Intertidal Population of the Chiton *Plaxiphora aurata* (Spalowski, 1795). *Veliger* 40.
- Lord JP (2012)** Longevity and growth rates of the Gumboot Chiton, *Cryptochiton stelleri*, and the Black Leather Chiton, *Katharina tunicata*. *Malacologia*, 55 (1): 43-54.
- Ocampo RM, Storero L, et al. (2007)** Síntesis de datos físico-químicos del agua de mar obtenidos durante las campañas del Proyecto PID N° 371 en el Golfo San Matías y Bahía de San Antonio, durante el periodo 2004–2007. IBMP Informe técnico N° 11/2007, 20 pp.
- Otaíza RD, Santelices B (1985)** Vertical distribution of chitons (Mollusca: Polyplacophora) in the rocky intertidal zone of central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 86 (3): 229-240.
- Otway NM (1994)** Population ecology of the low-shore chitons *Onithochiton quercinus* and *Plaxiphora albida*. *Marine Biology* 121 (1): 105-116.
- Penchaszadeh PE, Scelzo MA, Palomo G, Cuevas M, Cledón M (2007)** A review of the intertidal rocky shore community at Mar del Plata (Argentina) characterized by the mussel *Brachidontes rodriguezii* (d'Orbigny, 1846). *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory* 8: 115-123.
- R Core Team (2023)** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Richardson CA (2001)** Molluscs as archives of environmental change. En: *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, pp 103–164.
- Roche A, Maggioni M, Narvarte M (2011)** Predation on egg capsules of *Zidona dufresnei* (Volutidae): ecological implications. *Marine Biology* 158 (12): 2787-2793.

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

Rodrigues LR, Absalao R (2005) Shell colour polymorphism in the chiton *Ischnochiton striolatus* (Gray, 1828) (Mollusca: Polyplacophora) and habitat heterogeneity. *Biological Journal of the Linnean Society* 85 (4): 543-548.

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 (7): 1449-1456.

Scarabino V (1977) Moluscos del golfo San Matías (provincia de Río Negro, República Argentina). Inventario y claves para su identificación. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 4 (31-32): 177-285.

Smith KA, Otway NM (1997) Spatial and temporal patterns of abundance and the effects of disturbance on under-boulder chitons. *Molluscan Research* 18 (1): 43-57.

Storero LP, Ocampo Reinaldo M, Narvarte M, Iribarne O, Botto F (2020) Trophic interactions and isotopic niche of octopuses and sea stars in North Patagonia. *Marine Biology* 167 (3): 1-10.

Valencia-Santana FJ, García-Ibáñez S, Flores-Rodríguez P, Flores-Garza R, Rojas-Herrera A (2015) Indicadores ecológicos de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) y *Chiton articulatus* (Sowerby, 1832) con relación al sustrato y oleaje en Acapulco, Guerrero. En: Sosa Ávalos R, Verduzco Zapata MG (ed) *Estudios acuícolas y marinos en el Pacífico mexicano*. Universidad de Colima, pp 251-268.

Yorio PM, Bertellotti NM (2002) Espectro trófico de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en tres áreas protegidas de Chubut, Argentina. *El Hornero* 17 (2): 91-95.

Zaixso HE (1996) Asociaciones de moluscos bentónicos submareales del Golfo San José y sur del Golfo San Matías (Chubut, Argentina). *Physis sección A*, 54 (126-127): 1-21.

Anexo I

Individuos teratológicos de *Chaetopleura isabellei*

Durante el desarrollo de esta tesina se encontraron algunos ejemplares teratológicos de *C. isabellei*, es decir individuos que presentan malformaciones en la concha y no presentan las ocho placas típicas de los quitones. Según Dell'Angelo & Schwabe (2010) estas malformaciones se clasifican en: hipomería (individuos que carecen totalmente de una o más placas), hipermería (individuos que presentan una o más placas extra), coalescencia (individuos con fusión parcial o total de dos o más placas) y separaciones (individuos que presentan fragmentación de una o más placas).

Un ejemplar coalescente fue recolectado en noviembre de 2020 (Figura 19-A y B), el cual presenta la fusión de dos placas intermedias; un ejemplar hipomérico fue recolectado el 1 de abril del 2021 (Figura 19-C), este quitón presenta 6 placas y una forma corporal más redondeada que otros individuos. Por último, el 28 de octubre del 2021 se encontró un ejemplar que no cumple estrictamente con una definición provista por Dell'Angelo & Schwabe (2010), quienes definen la “separación” como la división de una placa en dos mitades independientes dónde una de ellas presenta coalescencia con una placa adyacente y la otra mitad es independiente. Según esta definición los quitones con separación de placas no presentan una disminución en el número total de las mismas. Sin embargo, el último individuo teratológico encontrado en esta tesina presenta una placa con separación, donde la mitad izquierda se encuentra fusionada con la placa anterior, mientras que la mitad derecha se ha fusionado con la placa posterior (Figura 19-D a F). Por lo tanto, este quitón presenta una disminución en el número total de placas, con siete en lugar de ocho.

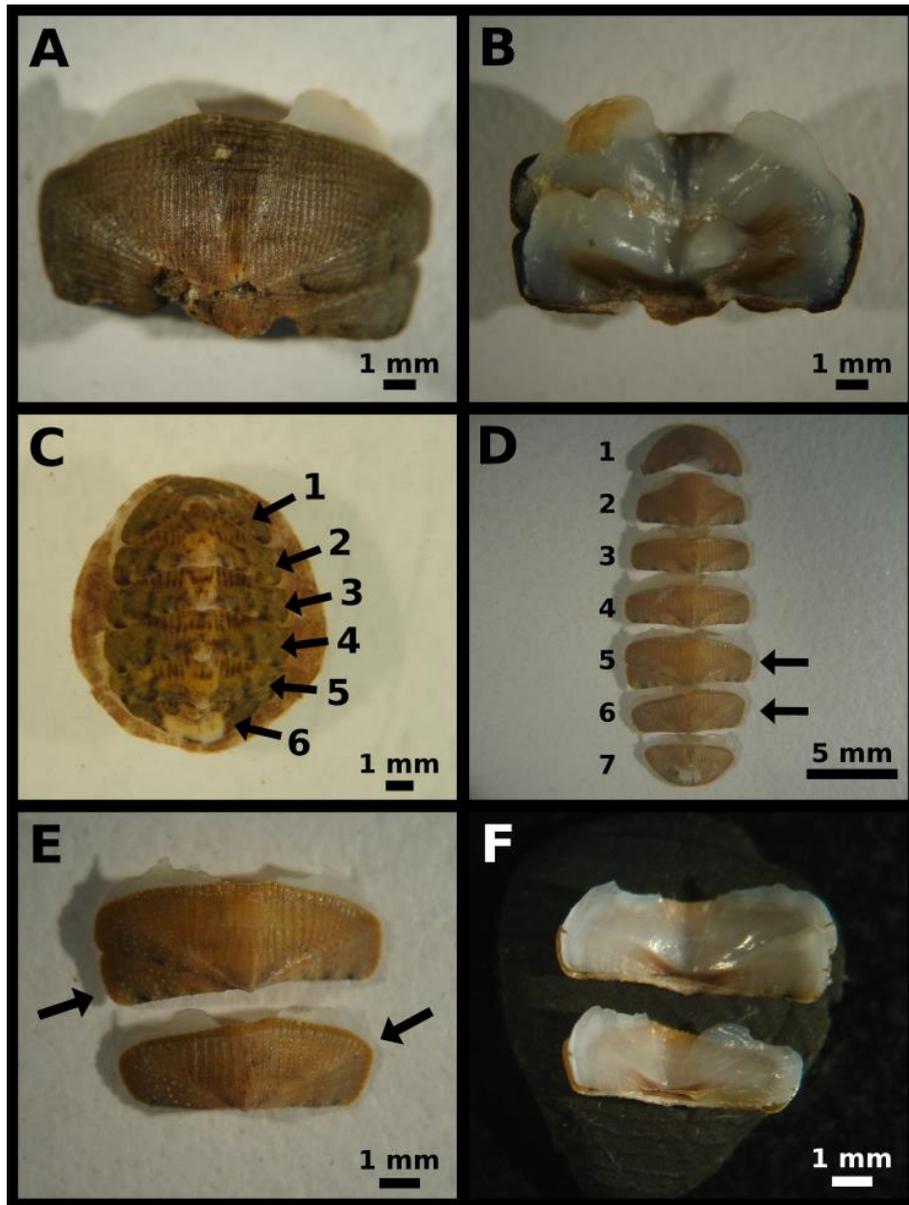


Figura 19. Individuos teratológicos de *Chaetopleura isabellei* hallados en el mesolitoral inferior de Punta Verde. A: Placas coalescentes, vista dorsal. B: Placas coalescentes, vista ventral. C: Individuo hipomérico. D: Individuo con separación y reducción en el número de placas, notar la asimetría en las placas 5 y 6. E: Detalle de las placas 5 y 6 del individuo con separación y reducción (D), vista dorsal. F: Detalle de las placas 5 y 6 del individuo con separación y reducción (D), vista ventral.

Anexo II

Metodologías evaluadas para la observación de anillos de crecimiento de *Chaetopleura isabellei*

Durante el desarrollo de esta tesina se evaluaron distintas metodologías para la observación de los anillos de crecimiento de *C. isabellei* con el fin de realzar la notoriedad de los mismos. En particular, se probaron, de forma exploratoria, tres metodologías para la lectura de anillos: i) cortar las placas para observar anillos internos; ii) quemar las placas en una mufla; iii) disolver las placas en ácido acético.

i) Se seleccionaron 10 placas intermedias de distintos individuos, las cuáles fueron desgastadas a lo largo del eje central de crecimiento con una biseladora manual Paraíso KL 165/2 con rueda diamantada. Las placas se pulieron con papel de lija de grano 4000 y se observó la superficie interna bajo lupa estereoscópica. No se observaron anillos de crecimiento en la superficie interna de las placas (Figura 20-A).

ii) Se colocaron 6 placas de distintos individuos en una mufla a 500°C durante 3 horas y luego se observaron las placas quemadas bajo lupa estereoscópica. No se observó una mejora en la notoriedad de los anillos (Figura 20-B).

iii) Se seleccionaron 10 placas intermedias de distintos individuos, las cuáles fueron sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 25 g Cl/l durante 1 hora y luego en ácido acético puro entre 15 y 30 minutos para su posterior observación bajo lupa estereoscópica. No se observó una mejora en la notoriedad de los anillos (Figura 20-C).

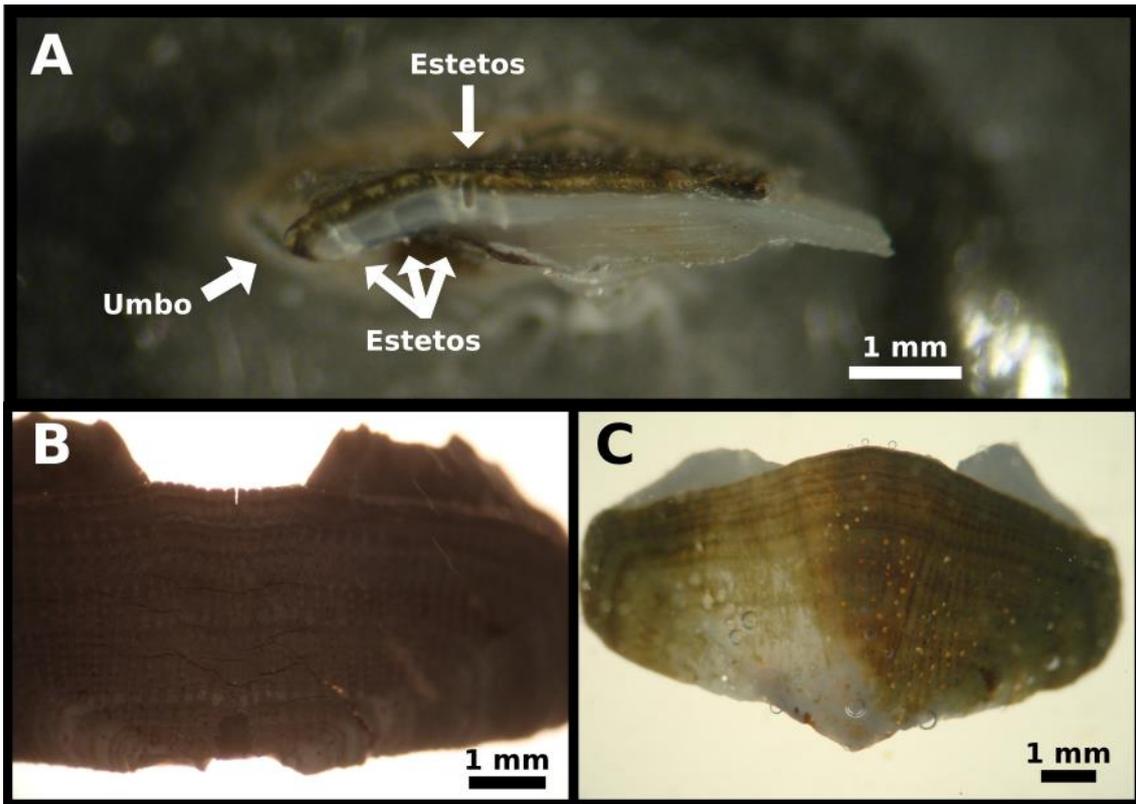


Figura 20. Resultados de las metodologías evaluadas para resaltar los anillos de crecimiento de las placas de *Chaetopleura isabellei*. A: Superficie interna de la placa en vista lateral, se observan estructuras sensoriales (estetos). B: Placa quemada en mufla. C: Placa desgastada con hipoclorito de sodio y ácido acético.