

Tesis Doctoral

# Patrones y procesos de la dinámica poblacional de la ostra puelche, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842)

Doldan, María del Socorro

2013-09-27

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Doldan, María del Socorro. (2013-09-27). Patrones y procesos de la dinámica poblacional de la ostra puelche, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

Doldan, María del Socorro. "Patrones y procesos de la dinámica poblacional de la ostra puelche, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842)". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2013-09-27.

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

**Patrones y procesos de la dinámica poblacional de la  
ostra puelche, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842)**

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de  
Buenos Aires en el área CIENCIAS BIOLÓGICAS

María del Socorro Doldan

Directores de Tesis: Dr. Enrique Mario Morsan  
Dra. Marcela Susana Pascual  
Consejero de Estudios: Dr. Demetrio Boltovskoy

Lugar de Trabajo: Instituto de Biología Marina y Pesquera "Almirante Storni", San  
Antonio Oeste, Provincia de Río Negro.

Buenos Aires, 2013

## **Patrones y procesos de la dinámica poblacional de la ostra puelche, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842)**

### **Resumen**

La detección de los patrones y procesos ecológicos depende de la escala de análisis. Los bivalvos marinos conforman, por lo general, metapoblaciones, conformadas por poblacionales locales discontinuas conectadas entre sí mediante el flujo de larvas pelágicas. La existencia de estadios larvarios pelágicos es un rasgo de la historia de vida que puede generar patrones espaciales complejos que son modificados por procesos que operan a la escala de las poblaciones locales. Las fluctuaciones que experimentan las poblaciones pueden ser comprendidas analizando estos patrones y procesos poblacionales a la escala espacial en la que efectivamente ocurren *i) a macroescala*: abarcando la dinámica del conjunto de poblaciones locales discontinuas que conforman la metapoblación. Los procesos a esta escala comprenden el grado de conectividad entre los bancos; *ii) a mesoescala*: la escala de población local, dentro de una metapoblación; el énfasis radica en el cambio del tamaño poblacional en tiempo y espacio; *iii) a microescala*: es el área de influencia de cada individuo, donde tienen lugar procesos denso-dependientes.

El objetivo general de este trabajo fue estudiar los patrones y procesos poblacionales de la ostra puelche *Ostrea puelchana* bajo la perspectiva de tales escalas espaciales. Para ello, se abordaron aspectos de la historia de vida de las ostras, de la demografía de los bancos, y de la comunidad de la cual forman parte. Han sido estudiadas las fluctuaciones temporales y espaciales de los patrones de distribución de las densidades de ostras en cada banco, las tendencias geográficas de procesos como reclutamiento, portación de machos epibiontes y agregaciones en manojos, las estructuras demográficas (aparente y real), la composición de las comunidades bentónicas, y el efecto de interacciones interespecíficas, de los bancos de ostras del Golfo San Matías (GSM) y del Golfo San José (GSJ).

Históricamente, la distribución de la ostra plana nativa, *O. puelchana*, ha sido mencionada desde Santa Catarina, sur de Brasil, hasta el GSM. Sin embargo, estudios recientes han reportado su presencia en latitudes mayores, indicando una expansión de las poblaciones de *O. puelchana* hacia el sur durante las últimas décadas. El límite sur actual de la distribución de *O. puelchana* resultó ser el GSJ, donde esta especie conforma bancos de densidades bajas.

La reconstrucción de la presencia de *O. puelchana* en el GSM se realizó a partir de cuatro fuentes de información, que abarcan períodos muy distintos: el registro fósil en el Holoceno, documentación sobre yacimientos arqueológicos, documentación de las primeras campañas de exploración (iniciadas a finales de siglo XIX y primera mitad del siglo XX) y bases de datos de las prospecciones ecológico-pesqueras realizadas en la zona entre 1970-2006. La presencia de ostras subfósiles del Holoceno en los cordones arenosos de la costa de Puerto Lobos indica que el rango de distribución geográfica en el pasado pudo haber sido similar al actual. Los registros de fin de siglo XIX de esta especie en el GSM, permitieron conformar la persistencia espacial a largo plazo de los bancos. Esta persistencia ocurre a pesar de las fluctuaciones poblacionales, a causa de factores ambientales, biológicos, socio-económicos y antropogénicos. Los bancos de *O. puelchana* de la costa NO del GSM han experimentado una contracción en los últimos años, con reducción de su abundancia. Por el contrario, los bancos de la costa NE se han consolidando durante los últimos 20 años, experimentando una expansión a lo largo de toda la costa, desde Punta Villarino hasta Caleta de los Loros. La coherencia geográfica en la expansión de los bancos de ostras podría reflejar condiciones adecuadas generales para la supervivencia de las larvas a largo plazo, al menos en la costa NE. Los bancos de la costa NO mostraron un patrón de contracción a menor escala espacial que contrasta con esta coherencia geográfica de expansión de la metapoblación, lo cual indicaría la influencia de otros procesos.

Se realizaron prospecciones en cinco bancos del GSM (Banco Reparo, Las Grutas, El Sótano, Bajo Oliveira y Caleta de los Loros), y se analizaron muestras de los bancos de Sierra Grande, Puerto Lobos y de Playa Fracasso, del GSJ. En total, unas 5181 ostras fueron medidas y pesadas. A mesoescala, se observaron cambios en la estructura de los bancos de la costa NO, con disminución de la densidad, coincidentes con la reducción de su extensión. Sin embargo, algunos bancos muestran signos de recuperación. La estructura demográfica de *O. puelchana* tiene una dinámica que se adapta ante los cambios, como ha sido la epizootia por *Bonamia exitiosa* a mediados de 1990, entre otros. En la costa NE, pareciera continuar la tendencia de aumento y expansión de los bancos.

Se exploraron varias técnicas para la determinación de edad de esta especie: cortes delgados de valvas, moldes de acetato, marcado de valvas con calceína, radiografías, cátodoluminiscencia e isótopos estables. El empleo de la técnica de cátodoluminiscencia, combinada con el análisis de isótopos estables del oxígeno, resultó exitoso en la elucidación del patrón de depositación de la valva en esta

especie. La implementación combinada de estas técnicas resulta novedosa, ya que constituye la primera aplicación en moluscos marinos en nuestro país. *O. puelchana* es una especie sensible a los cambios estacionales de su ambiente, respondiendo a éstos con la depositación de líneas de calcita caliza, durante los meses cálidos (diciembre a marzo). La cantidad de líneas observadas dependió de la talla y de las condiciones ambientales locales de cada sitio, por lo cual no se puede atribuirles a estas líneas el carácter de marcadores esclerocronológicos.

Los componentes faunísticos de los bancos de *O. puelchana* fueron estudiados mediante técnicas uni y multivariadas, siguiendo tres perspectivas diferentes: i) analizar las probables diferencias en la composición y diversidad de las comunidades entre bancos con condiciones diferentes; ii) analizar las diferencias entre bancos de la diversidad de especies que utilizan a la ostra como sustrato, y analizar a ésta como probable organismo estructurador del ambiente. Los bancos de ostra puelche conforman sistemas biodiversos, constituyendo un ensamble único, sin diferencias entre bancos, caracterizado por una dominancia de unas pocas especies. *O. puelchana* resultó ser un importante sustrato de asentamiento de especies epibiontes. La conformación de manojos no incrementó la diversidad de epibiontes de manera significativa, con respecto a las ostras libres. La probabilidad de albergar epibiontes aumentaría con la edad, o sea, con el tiempo de exposición a este poblamiento.

Se analizó el efecto sobre *O. puelchana* de distintas interacciones interespecíficas a microescala. La presencia del cangrejo comensal *Tumidotheres maculatus* dentro de *O. puelchana*, cuya frecuencia varía entre bancos, redujo el índice de condición de las ostras hospedadoras. La infección por *Lithophaga patagonica* también varió entre bancos. Las ostras desencadenarían una reacción defensiva contra las perforaciones de *L. patagonica* que sería efectiva una vez que éstas alcanzan la superficie interior de la valva. Las densidades actuales de los quitones del género *Chaetopleura* sugieren que la regulación post-asentamiento que éstos ejercen sobre las poslarvas mediante el ramoneo opera en todos los bancos de ostras del GSM.

Los bancos de *O. puelchana* del GSM constituyen una metapoblación vinculada mediante deriva de larvas. La dinámica poblacional de *O. puelchana* es lenta, con una baja resiliencia, en la cual se requieren de al menos 20 años hasta la aparición de signos de recuperación *a posteriori* de un evento devastador como fue el que ocasionó la epizootia producida por *B. exitiosa* a mediados de 1990.

Este mismo lapso de tiempo es el que requirió el establecimiento de bancos en el GSJ.

# **Patterns and processes of the population dynamics of the puelche oyster, *Ostrea puelchana*, (D'Orbigny, 1842)**

## **Abstract**

The detection of ecological patterns and processes depends on the scale of analysis. Bivalve molluscs usually form metapopulations, formed by local population interconnected by flow pelagic larvae. The existence of pelagic larval stages is a feature of the life history that can generate complex spatial patterns that are modified by processes that operate at the scale of local populations. Fluctuations experienced by populations can be understood by analyzing these patterns and population processes to the spatial scale at which they do occur: *i) macroscale*: it encompasses the dynamics of the set of discrete local populations that make up the metapopulation. The processes at this scale include the degree of connectivity between beds, *ii) mesoscale*: the scale of the local population within a metapopulation; the emphasis focus on the change of population size in time and space; *iii) microscale*: is the area of influence of each individual, within which density-dependent processes occurs.

The aim of this work was to study the patterns and processes of the population of the puelche oyster *Ostrea puelchana* through the perspective of spatial scales. Different aspects of the life history of oysters, the demography of the oyster beds, and the oyster community were analyzed. Temporal and spatial fluctuations of the distribution patterns of oyster densities, the geographic trends of processes such as recruitment, dwarf-males carrying and cluster aggregation patterns, demographic structures (apparent and real), the benthic community composition, and the effect of interspecific interactions, have been studied in each oyster bed of San Matías Gulf (SMG) and San José Gulf (SJG).

Historically, the distribution of the native flat oyster, *Ostrea puelchana* has been mentioned from Santa Catarina, southern Brazil, to the SMG. However, recent studies have reported its presence at higher latitudes, indicating a southward expansion of the *O. puelchana* populations during the last decades. The current southern boundary distribution of *O. puelchana* is the SJG, where the species forms low densities beds.

Reconstruction of the occurrence of *O. puelchana* in SMG was made using four sources, each covering different periods: the fossil record from the Holocene, archaeological documentation, documentation of the early exploration surveys (from the late XIX century to the early XX) and the information from fishing and

scientific surveys conducted between 1970-2006. The occurrence of oysters subfossils from the Holocene at the sand ridges on the coast of Puerto Lobos indicates that the geographic distribution range in the past may have been similar to the current. The records of this species from the late century XIX in the SMG, helped establishing the long-term spatial persistence of beds. This persistence occurs despite the population fluctuations due to environmental, biological, socio-economic and anthropogenic factors. *O. puelchana* beds from the NW coast of the GSM experienced a contraction in recent years, with a reduction of the abundance. By contrast, the NE coast beds have strengthened over the last 20 years, showing an expansion along the coast, from Punta Villarino to Caleta de los Loros. Geographic consistency in the expansion of the oyster beds may reflect a general environment of suitable conditions for long-term larval survival (at least in the NE coast). On the contrary, beds of the NW coast showed a pattern of contraction at a lower spatial scale that contrasts with this geographical coherence of the metapopulation expansion, suggesting the influence of other processes.

Surveys were conducted in five SMG beds (Bank Reparó, Las Grutas, The Sótano, Bajo Oliveira and Caleta de los Loros), and samples from Sierra Grande, Puerto Lobos and Playa Fracasso (GSJ) beds were analyzed. Together, about 5181 oysters were measured and weighed. Changes in the structure of NW beds were observed at a mesoscale, with a decreasing trend in the density, together with the reduction of its extension. However, some bed showed signs of recovery. The demographic structure of *O. puelchana* has a plastic dynamic adaptable to changes, as the case of the Bonamia disease by *Bonamia exitiosa* in mid-1990, among others. In the NE coast, the trend of expansion of beds seems to continue.

We explored several techniques for age determination of this species: thin sections of shell, acetate peels, shell calcein marking, x-rays, cathodoluminescence and stable isotopes. The use of cathodoluminescence technique, combined with the analysis of stable isotopes of oxygen, was successful in elucidating the depositional pattern of the shell in this species. The combined implementation of these techniques is a novelty, as it is the first case in application in marine molluscs in our country. *O. puelchana* senses the seasonal changes of the environment, responding to them with the deposition of a chalky calcite band, during the warmer months (from December to March). The number of bands observed depended on the oyster size and local



environmental conditions of each bed, so we cannot consider these bands the as sclerochronological markers.

The faunal components of *O. puelchana* beds were studied by univariate and multivariate techniques, using three different perspectives: i) analyzing the differences in the community composition and diversity between beds with different environmental conditions, ii) analyzing the differences in the diversity of species that use the oyster as a substrate between beds, and evaluating if *O. puelchana* is an environment structuring organism. The puelche oyster beds form a single diverse system, showing no differences between beds. Beds are dominated by a few species. *O. puelchana* proved to be an important substrate for settlement of epibionts species. *Clusters* did not increase significantly the epibionts diversity. The probability of harboring epibionts increases with age, or with the time of exposure to them.

The effect of interspecific interactions on *O. puelchana* at microscale was studied. The presence of commensal *Tumidotheres maculatus* within oysters, varied between beds. This crab reduced the condition index of the oysters. *Lithophaga patagonica* infection also differed between beds. Oysters trigger a defensive reaction against *Lithophaga patagonica* which is effective once they reach the inner surface of the shell. Current densities of chitons of the genus *Chaetopleura* suggest that the post-settlement regulation that they have over the postlarvae operates in all GSM beds oyster.

*O. puelchana* beds form a metapopulation linked by larval drift. The population dynamics of *O. puelchana* is slow, with low resilience, which requires at least 20 years before the first signs of recovery appear, as it occurred after a drastic event caused by *B. exitiosa* disease in mid-1990. This same time period was required for the establishment of beds in the GSJ.

## *Agradecimientos*

A mi familia por entender mis elecciones, mis ausencias. A Pacho, por acompañarme en todo, ser mi compañero de vida, un motor contagioso de energía que sostiene todo, especialmente en la recta final de esta tesis. A Dante, hijito bonito, principito de mi vida. A quien viene llegando. A mi papá y a mi hermana por entender mi elección de vida, y estar siempre, siempre.

A mis directores Dr. Enrique M. Morsan y Dra. Marcela S. Pascual; en especial a Quique, por la paciencia, por compartir la experiencia.

A la Dra. Ana Parma, a la Dra. Marina A. Kroeck y al Dr. Enrique M. Morsan por subsidiar con sus proyectos de investigación las campañas, la logística y los reactivos que hicieron posible la realización de esta tesis.

Al Dr. Lobo Orenzanz y al Téc. Norberto Garín por facilitarme el valioso material de las campañas de los años 1970.

Al IBMP-UNCo y a la Dra. Marina Kroeck por permitirme procesar muestras en el Laboratorio de Histología e Histopatología de Moluscos Bivalvos.

A la Dra. Marcela S. Pascual por permitirme usar las instalaciones del Criadero de Especies Patagónicas CRIAR, de Las Grutas. Al personal, Nancy, Eduardo, Juan, Luis, Fabio, Myriam, por el asesoramiento y ayuda con la confección de linternas, acondicionamiento de las ostras y la buena onda. Un especial agradecimiento a Cecilia Castaños por tener siempre un consejo a mano, y los delirios compartidos.

A la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco por permitirme utilizar el microscopio epifluorescente en el Centro Nacional Patagónico de la ciudad de Puerto Madryn, en especial al Sr. Sergio Saba, al Téc. Norberto Garin y a la Dra. Ana Parma.

Al Dr. Marko Hermann y al Dr. Martín Brögger por sus recomendaciones para la experiencia con calceína. En especial a Tincho por la ayuda con las fotos, bibliografía y sus buenos consejos.

A la Dra. Florencia Ruggiero por su asistencia en la toma de las radiografías. A Aluar y especialmente al Sr. Jaime Groizard por las pruebas del SEM. A Leo López por las pruebas de "Ostrini" con el equipo de tomografía.

Al Dr. Marc de Ráfelis del Laboratorio Biominéralisations et Environnements Sédimentaires de la Maître de Conférences Université Pierre et Marie Curie, de París, Francia por los análisis de cátodoluminiscencia e isótopos estables (que abrieron una luz en el camino!).

A la Dra. Tamara Rubilar y a la Dra. Ma. Soledad Avaca, por su asistencia con los análisis multivariados. A la Dra. Paula Zaidman, por su ayuda estadística.

A Sebastián Oyanguren y Maite Saldaño, por su ayuda con la obtención de los ejemplares de *Lithophaga patagonica*. A la Lic. María Bagur por la buena onda.

Al Lic. Alejandro Tablado del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" por su asistencia con el material de *Ostrea puelchana* de la colección de Invertebrados del museo.

Al Departamento de Mareas del Servicio de Hidrografía Naval por responder las consultas electrónicas.

A la ESCIMAR-UNCo, en especial a Paul Osovnikar por las impresiones a color.

A Marina por sus consejos, y a mi hermana académica Paula Zaidman, por las charlas de oficina. A Erica Oehrens, mi gran compañera de muestreos. Gracias Pau y Eri por toda la ayuda!

Al personal del IBMP-UNCo, compañeros de trabajo, Analía, Marcela W., Maite, Raúl, Kelo, Paul, Raquel, Edgardo, Marina, Marilú, Mati S., Gimena, Vero, Mati G., Víctor, Sabina, por las charlas de pasillo y mates compartidos. En especial a Sandro, Néstor y Ruly por bajar y subirme las ostras, y a Silverio, por ayudarme a conseguir la bibliografía. A Pato y a Grá por apurarme con los cortes. Y a Lucre-Lucchetti, por el mate cocido mimado de cada día.

A mis amigas Loni, Nat y Leli, por la amistad tan sólida y estructurante que la distancia física no perturbó. A Ale y Norix, por sus consejos de siempre.

A mis amigos del grupo del IBMP y anexos: Ale, Alonso, Alexis, Andre, Ceci, Eri, Fede, Ger, Guille, Lore y su energía contagiosa, Lucilín, Mai, Mati O., Mati M., Mateo, Marian, Maxi, Pau y Sole (gracias por la herramienta y la palabra!), por los encuentros y festejos compartidos.

Al Estado Argentino, por la formación primaria, secundaria y universitaria, gratuita y de excelente calidad. A la Agencia de Promoción Científica y al CONICET por haberme otorgado la beca de postgrado con el que me fue posible realizar esta tesis doctoral.

A todos los que, de alguna manera u otra, me apoyaron en este proyecto.

*A mamá, a papá que está para verlo,*

*a Pili*

*y muy en especial, a Pacho y a Dante*

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Capítulo 1 - Introducción General</b>	<b>1</b>
1.1. Patrones y procesos	1
1.2. Las ostras como caso de estudio	2
1.3. Antecedentes	8
1.4. Objetivos e hipótesis	9
1.5. Área de estudio	11
1.6. Referencias	16
<b>Capítulo 2 - Reconstrucción de los cambios históricos en los patrones de distribución de los bancos de <i>Ostrea puelchana</i> en el Golfo San Matías</b>	<b>22</b>
2.1. Introducción	22
2.2. Antecedentes	24
2.3. Metodología	26
2.4. Resultados	29
2.4.1. Registros paleoecológicos de <i>O. puelchana</i>	29
2.4.2. Los registros arqueológicos	29
2.4.3. Registros de la presencia de <i>O. puelchana</i> en el GSM durante los siglos XIX-XX	30
2.4.4. Las prospecciones cuantitativas de 1970-2006	34
2.5. Discusión	42
2.6. Referencias	46
<b>Capítulo 3 - Estructura espacial de los bancos de <i>O. puelchana</i></b>	<b>52</b>
3.1. Introducción	52
3.2. Antecedentes	53
3.3. Metodología	54
3.3.1. Procedimiento de la prospección general de los bancos	54
3.3.2. Procedimiento de muestreo en laboratorio	55
3.3.3. Tratamiento de la información	56
3.4. Resultados	58
3.4.1. Datos de prospecciones	58

3.4.2	Análisis de patrones a macroescala	58
3.4.3.	Análisis de patrones a mesoescala	66
3.5.	Discusión	72
3.6.	Referencias	78

#### **Capítulo 4 - Estructura demográfica de los bancos de *Ostrea puelchana* 81**

4.1.	Introducción	81
4.2.	Antecedentes	82
4.3.	Metodología	82
4.3.1.	Obtención de muestras	82
4.3.2.	Procedimiento de muestreo en laboratorio	83
4.3.3.	Tratamiento de la información	83
4.4.	Resultados	84
4.4.1.	Estructura demográfica poblacional	84
4.4.2.	Tipo de agregación	94
4.4.3.	Portación de machos epibiontes	95
4.4.4.	Reclutamiento	99
4.5.	Discusión	101
4.6.	Referencias	103

#### **Capítulo 5 – Estimación de edad 106**

5.1.	Introducción	106
5.2.	Antecedentes	108
5.2.1.	Secciones delgadas	108
5.2.2.	Radiografías	109
5.2.3.	Improntas en acetato de celulosa ( <i>acetate peels</i> )	109
5.2.4.	Marcadores fluorescentes	111
5.2.5.	Cátodoluminiscencia	112
5.2.6.	Isótopos estables	112
5.3.	Metodología	114
5.3.1.	Secciones delgadas	114
5.3.2.	Improntas en acetato de celulosa ( <i>acetate peels</i> )	115
5.3.3.	Radiografías	116
5.3.4.	Marcadores fluorescentes	116

5.3.5. Cátodoluminiscencia	119
5.3.6. Isótopos estables	120
5.4. Resultados	120
5.4.1. Secciones delgadas	120
5.4.2. Improntas en acetato de celulosa ( <i>acetate peels</i> )	125
5.4.3. Radiografías	127
5.4.4. Marcadores fluorescentes	129
5.4.5. Cátodoluminiscencia	133
5.4.6. Isótopos estables	136
5.4.7. Síntesis de resultados	137
5.5. Discusión	139
5.6. Referencias	144

**Capítulo 6 - Composición de la comunidad bentónica de los bancos de *Ostrea puelchana* 149**

6.1. Introducción	149
6.2. Metodología	151
6.2.1. Macrofauna bentónica asociada a los bancos de <i>O. puelchana</i>	151
6.2.2. Fauna epibionte y relacionada a <i>O. puelchana</i>	152
6.2.3. Relaciones interespecíficas	152
6.2.4. Análisis de la información	153
6.3. Resultados	155
6.3.1. Macrofauna bentónica asociada a los bancos de <i>O. puelchana</i>	155
6.3.2. Fauna epibionte y relacionada a <i>O. puelchana</i>	163
6.3.3. Relaciones interespecíficas	166
6.4. Discusión	170
6.5. Referencias	174

**Capítulo 7 – Conclusiones y consideraciones finales 178**

**Apéndice 182**

## **Capítulo 1. Introducción general**

### **1.1. Patrones y procesos**

La dinámica de una población natural es el resultado del balance entre los procesos de crecimiento individual, mortalidad y reclutamiento, y de la variabilidad de éstos en el tiempo y el espacio. Una población, en consecuencia, está constituida por un conjunto de cohortes cuya estructura estará determinada por las interacciones biológicas y los factores ambientales (Brey & Gage, 1997).

Un patrón se define como el conjunto de elementos, rasgos u otras propiedades que caracterizan a un sistema, que se podría repetir a lo largo del tiempo, por lo que puede ser tomado como modelo o punto de referencia contra el cual realizar comparaciones. El estudio de los patrones consiste en la detección de un orden en la naturaleza, mientras que el estudio de los mecanismos que generan y mantienen ese orden se refiere a los procesos. Los patrones son resultado de los procesos (Chapleau *et al.*, 1988).

La detección de los patrones y procesos ecológicos depende de la escala de análisis. Los estudios en una escala fina revelan un mayor detalle sobre los mecanismos biológicos que subyacen a los patrones mientras que, comúnmente, las generalizaciones emergen a escalas más extensas (Wiens, 1989). Una vez que se identifica/n la(s) escala(s) en la(s) que se observan diferencias significativas en los patrones de distribución de la abundancia, es preciso comprender o describir los procesos ecológicos que los influyen. El análisis de los patrones espaciales es la base esencial para la comprensión o identificación de las escalas en las que los organismos interactúan entre sí o con el medio ambiente (Underwood & Chapman, 1996).

Para la mayoría de las especies intermareales sésiles o semi-sésiles con larvas pelágicas, las variaciones en los diferentes procesos (por ejemplo, en el reclutamiento y en la mortalidad) darán lugar a variaciones en la abundancia a una escala de kilómetros. En el caso de las especies sésiles, el reclutamiento y la mortalidad también podrían afectar la variabilidad espacial en la escala de metros (Underwood & Chapman, 1996).

Dada la importancia ecológica de las variaciones espaciales de la densidad, resulta esencial cuantificar los tipos de patrones presentes. La identificación de los procesos que determinan esos patrones y el modo en que éstos influyen los procesos es igualmente importante (Thrush, 1991).



Los moluscos bivalvos conforman, por lo general, las comúnmente denominadas metapoblaciones, conformadas por poblaciones locales discontinuas conectadas entre sí mediante el flujo de larvas pelágicas. La existencia de estadios larvarios pelágicos es un rasgo de la historia de vida que puede generar patrones espaciales complejos que son modificados por procesos que operan a la escala de las poblaciones locales. Las fluctuaciones que experimentan las poblaciones pueden ser comprendidas analizando estos patrones y procesos poblacionales a la escala espacial en la que efectivamente ocurren (Orensanz & Jamieson, 1998; Orensanz *et al.*, 2006).

- *Macroescala*: abarca la dinámica del conjunto de poblaciones locales discontinuas que conforman una metapoblación, que están espacialmente conectadas mediante larvas pelágicas y que actúan como fuente o sumidero de éstas. Los procesos a esta escala comprenden el grado de conectividad entre los bancos. Esta conexión puede variar desde un modelo ideal, donde las larvas de diferentes componentes conforman un pool (máxima conexión), hasta un extremo constituido por un conjunto de poblaciones cerradas autosustentadas (mínima conexión). Los patrones de conexión nunca son simétricos o aleatorios.
- *Mesoescala*: corresponde a los procesos que operan a la escala de población local, dentro de una metapoblación. Típicamente, es a la escala de bancos, en los cuales el énfasis radica en el cambio del tamaño poblacional en tiempo y espacio donde los reclutamientos sucesivos generan contracción y expansión de la población e incluyen la variación de los parámetros determinada por gradientes ambientales.
- *Microescala*: área de influencia de cada individuo, dentro de la cual las interacciones de éste con el ambiente y con otros individuos son efectivas. A esta escala tienen lugar procesos denso-dependientes en el vecindario de los individuos que componen una población local y por lo tanto es una escala operativa para los procesos de interacción entre individuos que controlan el reclutamiento y el crecimiento individual, entre otros.

## **1.2. Las ostras como caso de estudio**

La ostra puelche, también llamada ostra indígena u ostra patagónica, es una ostra plana de la Familia Ostreidae, Subfamilia Ostreinae (Stenzel, 1971).

En el registro fósil, aparece en depósitos marinos del Pleistoceno (Castellanos, 1957), y se la encuentra en el Belgranense y el Querandinense (Castellanos, 1967).

La presencia de esta especie en el litoral argentino fue mencionada inicialmente por D´Orbigny (1842) quien, como señala Parodiz (1948), comete un error en la figura original, la cual corresponde a *O. arborea*. Valette (1929) reincide en un error en la identificación de la especie, refiriéndose a *O. puelchana* como *O. spreta* y viceversa (Castellanos, 1957). *O. spreta* (= *equestris* = *stentina* = *aupouria*; Shilts *et al.*, 2006) es una especie morfológicamente similar a *O. puelchana*, pero sin valor comercial, que convive con la ostra puelche en el Golfo San Matías (GSM). *O. stentina* (nomenclatura actual), es una pequeña ostra de coloración rosada a púrpura, con una talla máxima de 50 mm (Galtsoff & Merrill, 1962; Castellanos, 1957; Castellanos, 1967). Los tipos extremos de estas especies son fácilmente reconocibles, aunque la identificación de los ejemplares jóvenes puede dificultarse. Los caracteres morfológicos distintivos de ambas especies basados en la conquiología se encuentran comparados en Parodiz (1948), y un resumen de ellos figura en Castellanos (1957).

#### *Distribución geográfica*

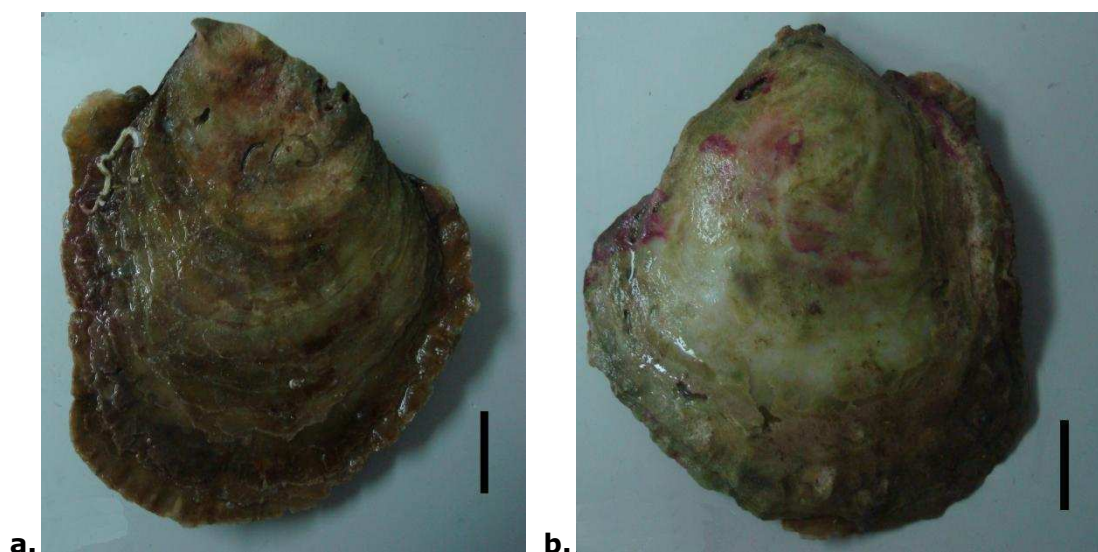
Históricamente, la distribución de la ostra plana nativa ha sido mencionada desde Santa Catarina, sur de Brasil, hasta el Golfo San Matías (GSM), Argentina (Pascual *et al.*, 2001). De manera reiterada se ha indicado que solamente en el límite austral de su distribución esta especie forma agregaciones importantes (Valette, 1929; Olivier *et al.*, 1971; Pascual & Bocca, 1988; Kroeck *et al.*, 2008; Pascual *et al.*, 2001). Sin embargo, estudios recientes han informado su presencia en latitudes mayores (42° S, Cremonte, *et al.*, 2005; Ciocco, 2006; Orensanz, comunicación personal).

Los individuos se encuentran en los bancos de mejillones y otras almejas (Castellanos, 1967), a profundidades de entre 2 y 20 m (Pascual *et al.*, 2001).

#### *Morfología externa*

Las valvas son sólidas, lamelosas, subnacaradas, de forma más o menos circular o subcuadrada. La valva derecha plana y lamelosa, sin pliegues radiales o apenas insinuados. La valva izquierdo es lamelosa, con lamelas irregulares, convexa y con costillas longitudinales irregulares e interrumpidas. Los umbos son desiguales, desfigurados por la edad y curvados hacia adentro. Las áreas laterales al ligamento son triangulares. El resilium ocupa la fosa mediana, que es triangular, corta y ancha. Presenta crenulaciones laterales (de 10 a 15), en forma de foseas en la valva izquierda y dentículos en la derecha. El color externo es blanco verdoso, o blanco rosado con tonos amarillentos. El interior es nacarado (Castellanos, 1967).

(Figura 1.1). La talla máxima registrada en esta especie es de 120 mm, aunque se han registrado individuos de hasta 140 mm (Pascual, 1993).



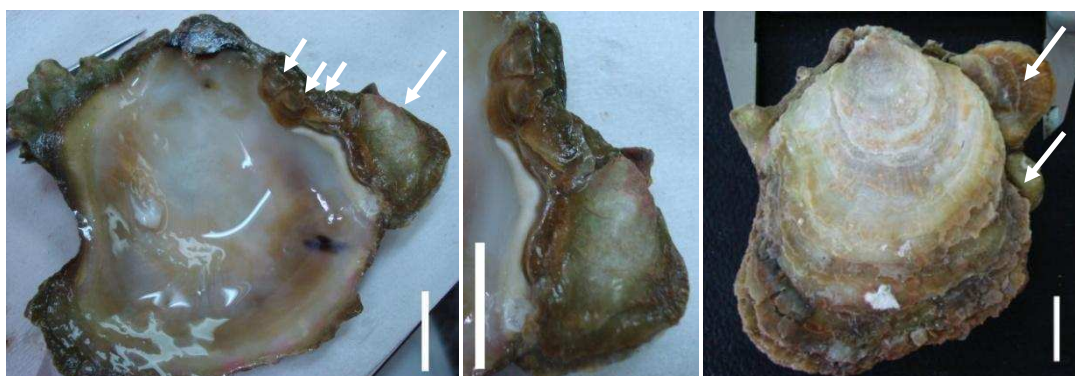
**Figura 1.1.** Aspecto general de un ejemplar de *Ostrea puelchana*. **a.** vista valva plana (derecha). **b.** vista valva cóncava (izquierda). Barras: 20 mm.

### *Biología reproductiva*

El patrón reproductivo de la ostra puelche se ajusta al patrón general de las ostras planas ya que los individuos son hermafroditas protándricos alternantes, y larvíparos. Esta especie presenta un mecanismo único entre los ostreidos (Calvo & Morriconi, 1978; Pascual et al. 1989): las ostras mayores a 55 mm pueden portar ostras asentadas sobre el borde anterior de su valva cóncava (*zócalo*, Figura 1.2). Estos pequeños epibiontes se comportan como machos funcionales durante la estación reproductiva (Calvo & Morriconi, 1978) y presentan crecimiento retardado en comparación con sus congéneres libres, a consecuencia de un efecto inhibitorio por parte de la ostra que los porta (Pascual et al., 1989). Estos individuos, sólo con la muerte de la ostra portadora, o al desprenderse por acción mecánica retoman su tasa normal de crecimiento (Pascual, 1993; Pascual et al., 1989) (Figura 1.2).

La larva velíger, es incubada durante 6-7 días (Pascual & Zampatti, 1995). El período de incubación se inicia entre mediados de noviembre y principios de enero, cuando la temperatura del agua supera los 16°C (16°-20°C, Castaños et al., 2005). La fertilidad individual, medida en cantidad de larvas incubadas, fue estimada entre 447.500 - 3.790.000 larvas/individuo, y no estuvo correlacionada con la talla (rango de tallas 60-115 mm) (Castaños et al., 2005). El tiempo de vida planctónica de la larva depende de la temperatura, variando entre 17 días (23°-25°C) y 20 días (19°-20°C) (datos de larvas en cultivo, Pascual & Zampatti, 1995). Durante el

período de incubación, la ostra incubadora no se alimenta; su tasa de filtración se reduce al mínimo (Pascual, comunicación personal).



**Figura 1.2.** Portación en *Ostrea puelchana*. **a.** Ostra con cuatro machos epibiontes en zócalo. **b.** detalle de los machos epibiontes. **c.** ostra con dos machos epibiontes; el más grande presenta un borde nuevo, recuperando su crecimiento normal. Barras = 20 mm.

La larva de *O. puelchana* tiene requerimientos específicos de sedimento. Pascual & Zampatti (1995) demostraron que las larvas de la ostra puelche se asientan sobre sustratos duros, pero preferentemente sobre las valvas de ostras vivas. Más aún, existe un asentamiento larvario diferencial entre la ostra viva como un todo y el zócalo. El asentamiento en el zócalo no ocurre sino hasta que la ostra haya superado los 50 mm de alto, lo que indicaría que posiblemente esté vinculado al inicio de la fase femenina. El asentamiento sobre esa expansión de la valva cóncava respondería a un efecto de atracción por parte de la ostra distinto al del resto de la valva. Esto sugiere que las ostras funcionan como sustratos "activos", mediando una interacción química entre la larva y el adulto para el asentamiento, de naturaleza diferente en el zócalo y el resto de la valva (Pascual, 2000).

### *Ecología*

El concepto de "banco", es un término utilizado para describir las poblaciones de mariscos y peces de importancia pesquera y las de sus especies acompañantes. (Zaixso, 2004). Bancos con densidades de hasta 22 ostras/m<sup>2</sup> sólo han sido registrados en las costas NO del GSM (Pascual *et al.*, 2001).

Los bancos de *Ostrea puelchana* están conformados por las ostras adultas (ostras mayores a 20 mm de largo, distancia entre el umbo y el borde opuesto), las postlarvas o reclutas (ostras menores a 20 mm de largo) y los machos epibiontes (ostras asentadas en el zócalo izquierdo de la valva cóncava). Las ostras adultas que portan machos epibiontes (ostras *portadoras*) coexisten con otras formas de agregación, como ostras solitarias o en manojos. Los manojos están generalmente conformados por varias ostras jóvenes cementadas entre sí como resultado de

asentamientos sucesivos sobre una ostra "fundadora". La frecuencia con que aparece este tipo de manojos difiere entre bancos (Pascual *et al.*, 2001). Esto genera distintos niveles de interacción entre individuos que, como consecuencia, resulta en diferencias en las tasas de crecimiento (Pascual *et al.*, 1989), entre otras. Los manojos pueden ser multiespecíficos, presentando individuos de *O. stentina*, *Aequipecten tehuelchus*, *Pododesmus rudis* y *P. leloiri* (Castellanos, 1957). La posición de vida habitual de las ostras aisladas es con la cara plana apoyada en el fondo (Figura 1.3), posición hidrodinámicamente estable, facilitando el pasaje de agua y minimizando el riesgo de arrastre por corrientes. Esta posición (89,8% de incidencia en BR; 61% en LG; Pascual *et al.*, 2001), es esperable en ambientes de aguas someras y alta energía. Existe además una adaptación al enterramiento de los individuos, que son capaces de vivir en esas condiciones por periodos prolongados. El tiempo de permanencia en el estado de enterramiento condiciona el reclutamiento y/o la supervivencia de las poslarvas asentadas sobre las valvas (Pascual 1993), siendo por lo tanto un factor ambiental modelador de la estructura demográfica en bancos sometidos a una intensa dinámica sedimentaria de los fondos.



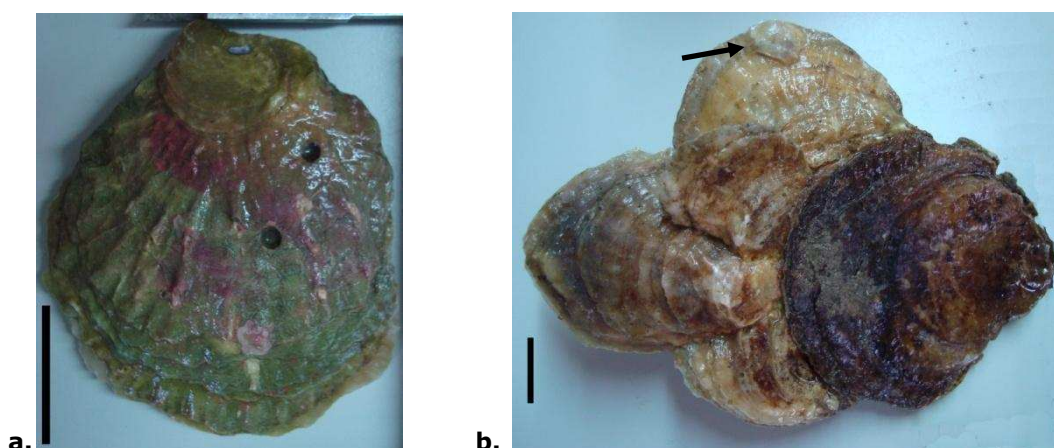
**Figura 1.3.** Ostra puelche en el banco de Banco Reparó. Nótese la posición de vida, con la cara plana apoyada en el fondo.

Las ostras son organismos suspensívoros, cuyos órganos filtradores son las branquias, el manto y los palpos labiales. La alimentación consiste en partículas menores a 160  $\mu\text{m}$ , y radica casi exclusivamente de algas (93,95%), entre las cuales *Thalassiosira* es la más frecuente, y *Coscinodiscus* y *Pleurosigma* constituyen una porción importante. Dinoflagelados, foraminíferos y restos de crustáceos completan la dieta (Penchaszadeh, 1974). El bacterioplancton y la materia orgánica

disuelta también contribuyen a la dieta de los bivalvos, aunque su cuantificación es difícil.

Las distribuciones de tallas que describen a las poblaciones de la ostra puelche *Ostrea puelchana* son, por lo general, unimodales, conformadas por las ostras adultas (Pascual, 1993). Una característica poblacional peculiar de esta especie es la distinción entre la estructura demográfica *aparente*, que efectivamente es unimodal y corresponde a los reclutas y las ostras adultas, y la estructura demográfica *real* bimodal, que incluye a las pequeñas ostras epibiontes portadas por las ostras adultas (Pascual, 1993).

Cuando el individuo muere, sus valvas vacías suelen permanecer unidas por el ligamento por un período de tiempo, y pueden ser utilizadas como prueba de la mortalidad *in situ*. Cranfield *et al.* (2005) acuñaron el término *cluckers* para estas valvas aún articuladas, y le calcularon un tiempo de subsistencia de hasta tres años.



**Figura 1.4.** Tipos de agregaciones en *O. puelchana*. **a.** Ostra libre.  
**b.** ostras en manajo; la flecha indica un recluta. Barras = 20 mm.

#### *Epibiosis, comensalismo y parasitismo*

Las ostras presentan organismos epibiontes en sus valvas, como Cirratulidae y colonias de briozoos queilostomados (Romero *et al.*, 2011), así como crustáceos del género *Balanus*, y ascidias. Las valvas suelen además presentar infección por organismos perforantes, como esponjas (*Cliona celata*), foraminíferos, poliquetos representantes de la familia Spionidae o mitílicos (*Lithophaga patagonica*) (Castellanos, 1957; Pascual, 2001; Mauna *et al.*, 2005; Diez *et al.*, 2011; Romero *et al.*, 2011; Bagur *et al.*, en prensa). Los grados de infección por esponjas y mitílicos perforantes pueden ser tan intensos, que provoca que las valvas de la ostra se tornen frágiles y quebradizas (Castellanos, 1957). Por otro lado, la

ocurrencia del cangrejo pinotérico *Tumidotheres maculatus* ha sido registrada en la cavidad paleal de la ostra puelche. La incidencia de esta relación comensal varió entre bancos, siendo más frecuentes en El Sótano y Caleta de los Loros (Doldan *et al.*, 2012).

Las ostras de los bancos de la franja costera NO del GSM han sido afectadas por el protozoo patógeno *Bonamia exitiosa* (Kroeck & Montes, 2005; Kroeck *et al.*, 2008; Kroeck, 2010). Este patógeno fue el causante de una epizootia que se expandió desde el sitio de cultivo, en la Bahía de San Antonio, hacia los bancos naturales cercanos a la bahía.

### **1.3. Antecedentes**

Hasta el presente se han completado estudios sobre la biología y ecología reproductiva de esta especie (Calvo & Morriconi, 1978; Fernández Castro & Lucas, 1987; Morriconi & Calvo, 1979; Morriconi & Calvo, 1980; Pascual, 1993, 1997; Pascual *et al.*, 1989; Castaños *et al.*, 2005; Castaños, C., datos no publicados), de evaluación y descripción de las poblaciones naturales (Pascual, 1993; Pascual *et al.*, 2001); sobre ensayos de cultivo en el medio natural (Fernández Castro & Bodoy, 1987; Pascual & Bocca, 1988; Pascual & Zampatti, 1999; Castaños *et al.*, 2005); aspectos del reclutamiento en bancos naturales y sobre colectores artificiales (Pascual & Bocca, 1988; Pascual & Zampatti, 1995; Pascual, 2000), aspectos taxonómicos y de filogenia (Shilts *et al.*, 2006) y status de conservación (Carranza *et al.*, 2009).

Los primeros antecedentes sobre la presencia de bancos de ostra en la zona de influencia de la Bahía de San Antonio, Provincia del Río Negro, constan en documentos de fines de siglo XIX de los exploradores en la Patagonia. La primer prospección de los bancos fue realizada en 1925 por el remolcador "Tehuelche" del entonces Ministerio de Marina (Valette, 1929). Entre 1970 y 2006 se sucedieron varias campañas de prospección de recursos bentónicos, dirigidas especialmente a la evaluación de las poblaciones de vieira tehuelche (*Aequipecten tehuelchus*), que en algunos casos incluyeron estaciones proyectadas para evaluar los bancos de ostras. Si bien la información recolectada referida a *O. puelchana* no se ha unificado en una serie de tiempo, su distribución, abundancia y composición poblacional de ese período se halla bien documentada (Olivier *et al.*, 1971; Pascual, 1993; Pascual *et al.*, 2001).

Las observaciones realizadas por Valette (1929) y estudios realizados en 1996 (Morsan, datos no publicados), demuestran una estructura espacial que persiste durante varias décadas. Sin embargo, modificaciones en la distribución espacial de

las poblaciones de la ostra puelche han sido observadas recientemente. Entre éstas, las más significativas son la desaparición de algunos bancos en el noroeste del GSM hacia fines de los 1990s, y la aparición de bancos en Puerto Lobos (42° S) y en el Golfo San José (GSJ, 42° 25' S), reportada por pescadores marisqueros y estudios de investigación (Cremonte *et al.* 2005; Ciocco, 2001, 2006). Relevamientos extensivos de recursos bentónicos conducidos durante las décadas de 1970 y 1980 en esas costas no revelaron la presencia de estas poblaciones (Olivier *et al.*, 1974; Orensanz, comunicación personal). Para el caso de la reducción de bancos "históricos" se ha hipotetizado (i) una eventual infección por bonamiosis (Kroeck, 2005; Kroeck *et al.*, 2008), (ii) pesca clandestina y (iii) deterioro ambiental por factores antropogénicos (por ejemplo, el empleo de rastra y el dragado del canal hacia el Puerto del Este).

La estimación de la edad de individuos de esta especie siempre ha sido un desafío; sin embargo, existen antecedentes de aplicación de técnicas de análisis de los anillos internos, con éxito en otros ostreidos (Richardson *et al.*, 1993; Harding & Mann, 2006). A juzgar por caracteres externos como el grosor de la valva y la presencia de epibiontes perforantes se ha inferido que esta especie es longeva y de crecimiento lento (Pascual *et al.*, 2001). No obstante, el tamaño de ostras asentadas en condiciones naturales sobre vieiras de edad conocida (cohorte de 1999) sugiere un crecimiento rápido (Morsan, comunicación personal).

La elucidación de la dinámica de las poblaciones de ostra puelche se vería significativamente facilitada si fuese posible determinar la edad de los individuos. Ello permitiría conocer la estructura demográfica a partir de la distribución de frecuencias de edades de las ostras y de los machos epibiontes, así como investigar diferencias en el crecimiento entre individuos libres y agregados en manojos. Asimismo, se lograría conocer y entender mucho más la dinámica de crecimiento de las ostras epibiontes cuyo crecimiento estaría "inhibido" por efecto supuestamente químico de la ostra portadora. Este tipo de información permitiría comparar la estructura de poblaciones diferentes y evaluar la variabilidad inter-poblacional de los procesos de interés (crecimiento, feminización, mortalidad, reclutamiento, efectos de atracción para el asentamiento). Esa variabilidad es muy importante desde el punto de vista de la conservación y el manejo de este recurso en vista de cambios importantes ocurridos durante los últimos 20 años.

#### **1.4. Objetivos e hipótesis**



El objetivo general de este trabajo fue estudiar los patrones y procesos poblacionales de la ostra puelche *Ostrea puelchana* a diferentes escalas espaciales. Dentro de este marco, los objetivos específicos fueron:

#### *a macroescala*

- Explorar el grado de persistencia espacial de los bancos a partir del registro histórico de los mismos en el GSM, determinando los patrones de fluctuación espacial y su correspondencia con factores ambientales, biológicos, socio-económicos y antropogénicos.
- Analizar el patrón espacial de los principales bancos de este bivalvo en el GSM.
- Analizar las similitudes en la composición de las comunidades macrobentónicas de los bancos de *O. puelchana* del GSM y describir la composición de la comunidad, identificando los grupos funcionales con los cuales convive.
- Analizar las similitudes en la composición de la fauna epibionte de *O. puelchana* entre los bancos del GSM.
- Examinar cómo distintas interacciones biológicas interespecíficas (depredación por *Chaetopleura* sp., parasitismo por *Lithophaga patagonica*, comensalismo de *Tumidothères maculatus*) afectan a la población de *O. puelchana*.

#### *a mesoescala*

- Analizar la extensión y el patrón espacial de los principales bancos de este bivalvo, y estimar la distribución de la abundancia de las poblaciones actuales del Golfo San Matías.
- Conocer la estructura demográfica de los componentes metapoblacionales (bancos) de los GSM y GSJ.

#### *a microescala*

- Explorar técnicas para la determinación de la edad de los individuos, basadas en las marcas de la valva, y validar su periodicidad.
- Analizar la composición de la comunidad bentónica, de acuerdo al tipo agregación de las ostras.
- Examinar cómo distintas interacciones biológicas interespecíficas (parasitismo por *Lithophaga patagonica*, comensalismo de *Tumidothères maculatus*) afectan la población de *Ostrea puelchana*.

### **Hipótesis de trabajo**

- Los bancos de *O. puelchana* del Golfo San Matías constituyen una metapoblación vinculada mediante larvas.

- La reducción de bancos históricos de la ostra puelche del Golfo San Matías se atribuye a factores naturales (infección por *Bonamia exitiosa*) y antropogénicos (pesca clandestina y deterioro ambiental)
- En el banco de Las Grutas, la disponibilidad larvaria es mayor que en el banco de Banco Reparó, en función de una mayor conectividad con los demás bancos, mediante larvas transportadas por las corrientes.
- En el banco de Banco Reparó, el efecto en la mortalidad por parte de los quitones *Chaetopleura isabellei* es mayor que en otros bancos, debido a una mayor densidad de esta especie.
- La mortandad masiva de ostras en sistemas de cultivos y bancos naturales aledaños a la Bahía de San Antonio a causa del parásito *Bonamia exitiosa*, sumado al alto impacto de la pesca clandestina, podría haber alterado la estructura demográfica de los mismos.
- Los bancos de El Sótano y Bajo Oliveira están compuestos por ostras jóvenes, individuos que recolonizaron un área en proceso de recuperación ante la reducción poblacional de las dos décadas anteriores.
- La epibiosis no otorga beneficios para *Ostrea puelchana*.
- Las ostras, libres o en manojos pueden ser consideradas como modificadores del ecosistema, incrementando su diversidad.
- Las líneas de crecimiento de las valvas son de depositación anual.

### **1.5. Área de estudio**

#### *Golfo de San Matías*

El Golfo de San Matías (GSM, Figuras 1.5 y 1.7) (40° 50' a 42° 15'S, 63° 5' a 65° 10'O, Figura 1.5) es una cuenca semi-cerrada, parcialmente comunicada con el mar abierto a través de una apertura somera (Rivas & Beier, 1990). La circulación general del golfo presenta un patrón particular. Con excepción de los meses de invierno, la circulación está completamente inducida por la marea. En primavera-verano, la circulación general está dominada por un intenso giro ciclónico (sentido horario), compuesto por dos giros de recirculación, y dos giros menores anticiclónicos (en sentido antihorario) en la costa sudoeste y al norte de la Península Valdés (Figura 1.5). Como resultado de esta circulación cerrada, el golfo se halla prácticamente aislado de la plataforma externa. De marzo a septiembre, con la erosión de la estratificación, los dos subgiros ciclónicos se reducen y unen y, simultáneamente, el sector oeste del golfo es ocupado por un giro anticiclónico (Tonini, 2010). Durante los meses cálidos se produce la formación de un frente termohalino a la altura de los 41°50´S, el cual divide al GSM en dos masas de agua

con características diferentes: agua relativamente fría, similar a las aguas de la plataforma al sur del frente y, al norte del mismo, aguas cálidas con mayor salinidad y productividad primaria y secundaria (Piola & Scasso, 1988) (Figura 1.5). La diferencia térmica entre las masas de agua varía entre 2,5° y 3°C en verano, y se hace despreciable durante los meses invernales, cuando desaparece el frente (Gagliardini & Rivas, 2004). La diferencia de salinidad superficial a ambos lados del frente es mínima en febrero (<0,1) y máxima en noviembre, cuando alcanza 0,5 aproximadamente (Piola & Scasso, 1988). La salinidad en la masa de agua del sector norte del GSM alcanza valores de 34,1 (Piola & Scasso, 1988). No existen cursos de agua estables que desemboquen en los golfos.

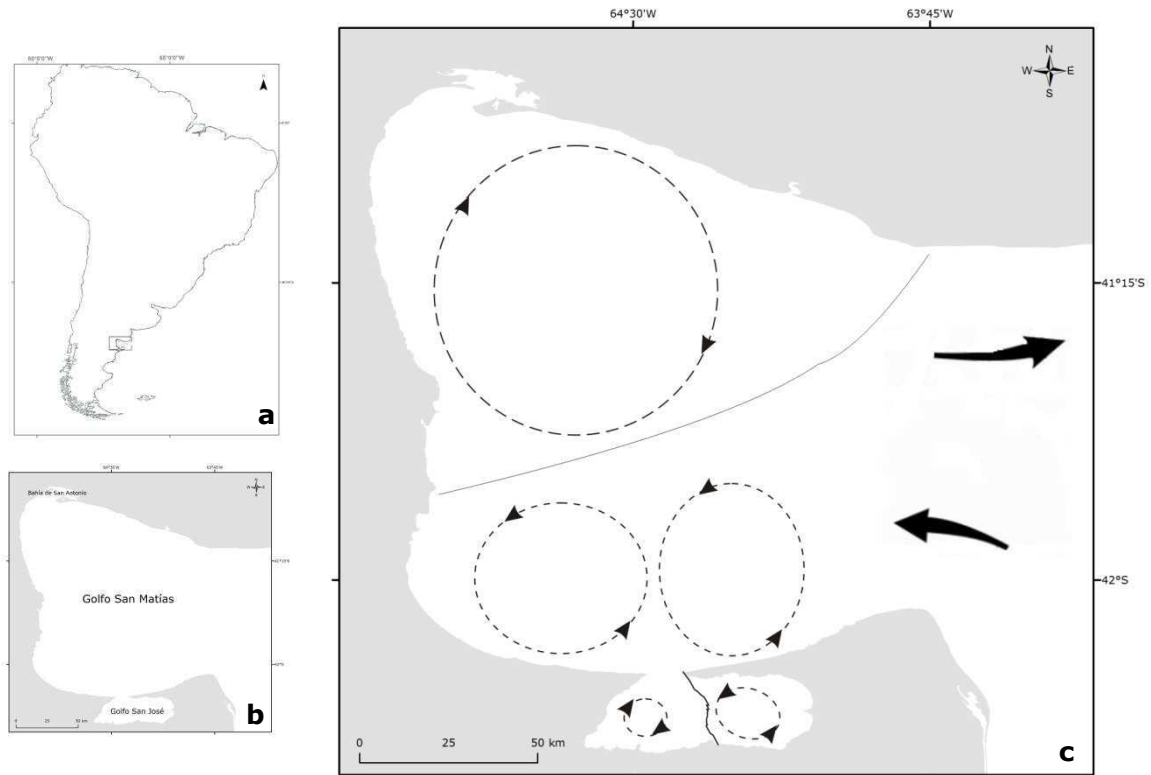
Las playas presentan un ancho que varía entre aproximadamente 100 y 500 m, con pendientes que oscilan entre 1 y 13%. Generalmente están constituidas por una acumulación de rodados bien seleccionados de mayor a menor en dirección a la línea de costa. Frecuentemente se observa una plataforma de abrasión marina al pie de los acantilados. La abrasión de la ola condicionada por la estructura de estos afloramientos determina diferentes esquemas erosivos (Boltovskoy, 2008). El sedimento del intermareal está dominado por arena que gradualmente se mezcla con conchilla, grava y lodo, a medida que aumenta la profundidad. Los fondos lodosos predominan más allá de 50 m de profundidad (Escofet *et al.*, 1977).

#### *Costa noreste (NE) del Golfo San Matías*

En el sector NE, fondos de arena y arcillita se extienden en aguas poco profundas (Escofet *et al.*, 1977). Caleta de los Loros (CLL, Figura 1.7) es una depresión cubierta de sedimentos arenosos que se interna unos 3 km en el continente y se abre al mar durante las pleamares en un frente de aproximadamente 2.5 km. Tiene playas de escasa pendiente, con gran extensión en baja marea (Escofet *et al.*, 1977; Boltovskoy, 2008).

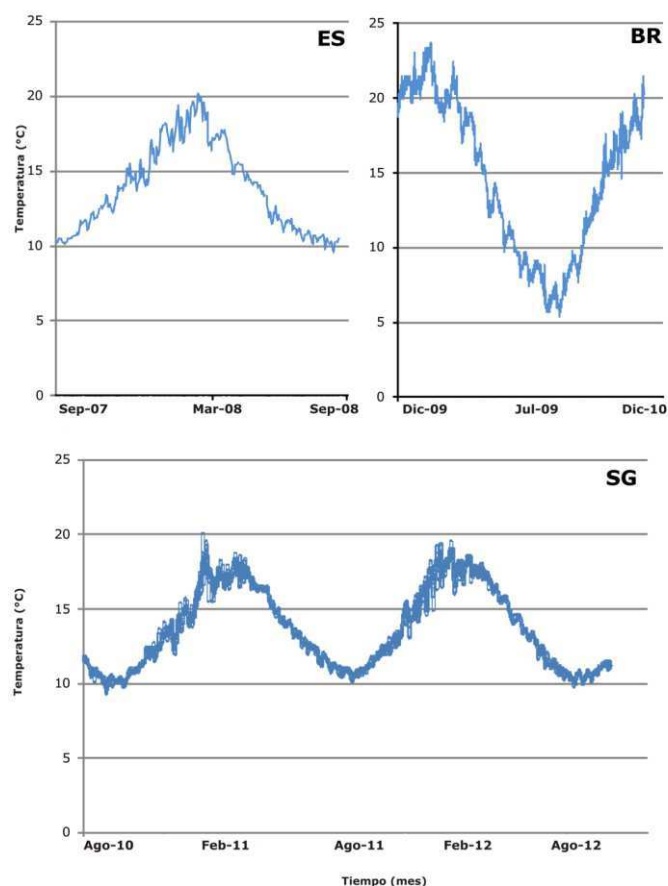
#### *Costa noroeste (NO) del Golfo San Matías*

En la costa NO, las aguas de las costas NO y NE están separadas físicamente por cordones arenosos localizados en la boca de la Bahía de San Antonio (Figura 1.5) y son influenciadas por las corrientes de marea (Lanfredi & Pousa, 1988). Allí, una corriente costera que gira hacia la derecha, impulsada principalmente por las mareas, restringe el intercambio de aguas con la circulación global (Lanfredi & Pousa, 1988).



**Figura 1.5.** **a.** Mapa de Sudamérica. El recuadro corresponde a los golfos norpatagónicos. **b.** Golfo de San Matías y Golfo de San José. Ubicación de la Bahía de San Antonio. **c.** Posición de los frentes termohalinos (líneas grises) y giros de circulación de las masas de agua (líneas punteadas) en los golfos San Matías y San José. Las flechas sugieren la circulación estimada.

En la boca Bahía de San Antonio, se localiza el Banco Reparó (BR, Figura 1.7), donde el fondo es arenoso, parcialmente cubierto por cantos rodados y valvas de moluscos. La bahía presenta un régimen de circulación con un patrón particular, caracterizado por una baja tasa de renovación del agua (Mazio & Vara, 1983). La escasez de lluvias, la ausencia de aportes de agua dulce naturales y la elevada tasa de evaporación, determinan salinidades altas (Rivas & Beber, 1990). La profundidad varía entre 2 y 4 m en bajamar. Las amplitudes de marea son extensas: amplitud media SAE: 6,46m; amplitud máxima: 9,38 m; amplitud media CLL: 6,04 m (SHN). La corriente velocidad del agua es de 0,5-1 nudos (Morriconi & Calvo, 1989). La amplitud de temperaturas es mayor que en otros sitios (Figura 1.6)



**Figura 1.6.** Ciclo anual de temperaturas en El Sótano (ES, septiembre 2007-septiembre 2008), en Banco Reparo (BR, diciembre 2009-diciembre 2010) y en Sierra Grande (SG, agosto 2010-agosto 2012).

La zona de Las Grutas (LG, Figura 1.7) es un sitio localizado en aguas abiertas del golfo y está caracterizado por fondos de arena gruesa y conchilla, con afloramientos de sedimento limo-loessoide (tosca). Estos afloramientos generan una topología irregular, con depresiones de 0,2 a 0,5 m que se hallan rellenas de arena, que forman canaletas (Morriconi & Calvo, 1989; Pascual, 1993). Las corrientes de marea son de 20 - 30  $m \cdot s^{-1}$  (Pascual et al., 2001). La temperatura del agua fluctúa entre 8°C (agosto) y 21°C (enero), y la salinidad entre 34-35.

La zona de Bajo Oliveira (BO, Figura 1.7) presenta fondos predominantemente arenosos y planos, cubiertos por conchillas, canto rodado y valvas de diversos moluscos.

La zona del El Sótano (ES, Figura 1.7), ubicada entre 40° 56´ S y 41° S, tiene una circulación de agua restringida. La conjugación de este factor con la escasa pendiente en las zonas poco profundas, y la amplitud de mareas (7,3 m promedio; 9,2 m en mareas de sicigia) resultan en una gran amplitud térmica entre verano e invierno. La temperatura de fondo, describe un ciclo anual con una temperatura

máxima de 20°C (febrero) y mínima de 9°C (agosto), y un promedio anual de 13,8°C (Figura 1.6, Zaidman, 2013). El sedimento predominante es arenoso en áreas cercanas a la línea de costa, y gradualmente mezclado con fragmentos de valva, grava y limo hacia profundidades mayores. (Escofet *et al.*, 1977; Morsan *et al.*; 2010). La salinidad es ligeramente superior a 34 a lo largo de todo el año.

#### *Costa oeste (O)-suroeste (SO) del Golfo San Matías*

El área sur del GSM está más influenciada por el ingreso de agua desde la Plataforma Continental (Carreto *et al.*, 1974). Esta zona se caracteriza por presentar temperaturas que fluctúan entre 10°-20°C (Figura 1.6), altas concentraciones de clorofila-a y nutrientes, por carecer de estratificación en la columna de agua y por poseer menor profundidad relativa (Williams, 2011). Fondos rocosos y parches de arena y rocas se extienden en la costa O, a la altura de Sierra Grande (SG, Figura 1.7), mientras que fondos de arena se extienden desde al SO (Escofet *et al.*, 1977).

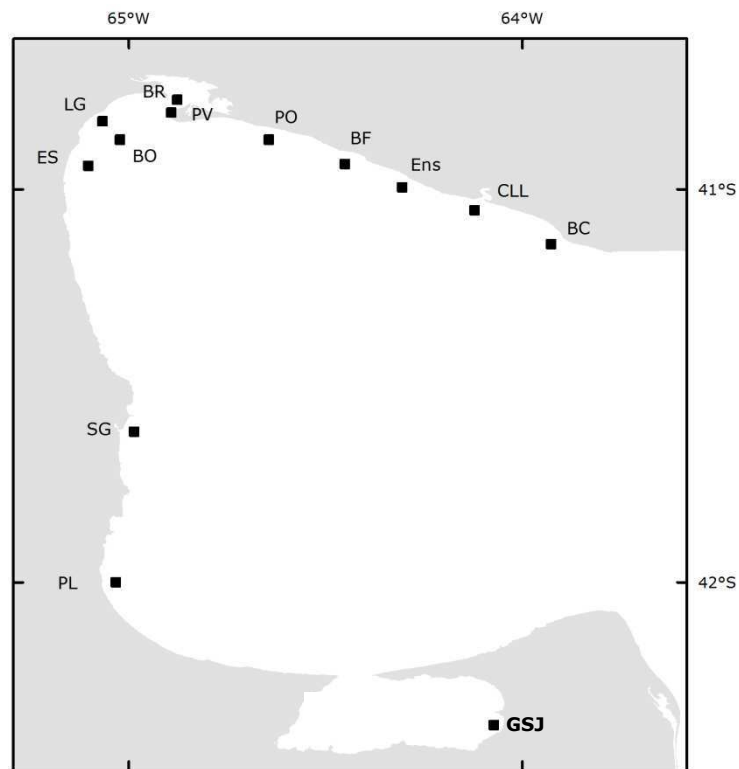
La costa de Puerto Lobos (PL, Figura 1.7) está constituida por una playa de arena de tipo disipativa, de suave pendiente, orientada y expuesta al O. En esta zona la temperatura de superficie tiene un rango entre 18,2°C (febrero) y 10,8°C (agosto) (Zaidman, 2013). El sedimento submareal está formado principalmente por arena (Márquez & Van Der Molen, 2011).

#### *Golfo San José*

El Golfo San José (GSJ) (42° 20´S; 64° 20´O, Figura 1.5 y 1.6) también presenta patrones particulares de circulación: turbulencias, un fuerte flujo de agua saliente y remolinos de diferente tipo con cada marea (Amoroso, 2004). El agua que ingresa al GSJ circula principalmente en los sectores oeste y noreste del golfo. En la zona este, el agua se encuentra más estancada y su temperatura está regulada principalmente por los intercambios de calor con la atmósfera. Durante la mayor parte del año se presenta un frente térmico que separa al golfo en dos masas de agua (Gagliardini *et al.*, 2004). La formación de este frente está estrechamente relacionada con el patrón de circulación y la topografía. El patrón superficial de temperatura se invierte a ambos lados del frente a lo largo del año: durante el verano la masa de agua del sector este es más cálida que la del oeste, mientras que en el invierno el sector oeste es el más cálido (Gagliardini *et al.*, 2004).

La temperatura superficial del agua varía entre 9,8°C en invierno y 16,5°C en verano, y la salinidad presenta escasas variaciones siendo, en promedio, de 33,9 (Pastor de Ward, 2000). El GSJ se caracteriza por su alta productividad debido a los nutrientes que ingresan al golfo desde el Sistema Frontal de Valdés (Amoroso &

Gagliardini, 2010). El sedimento está conformado por arena muy fina y limo (Márquez & Van Der Molen, 2011). A partir de 35 m, el fondo es una planicie lodosa (Orensanz, 1986).



**Figura 1.7.** Mapa de los golfos San Matías y San José en el cual se indican los sitios de muestreo (CCL: Caleta de Los Loros; BR: Banco Reparó; LG: Las Grutas; BO: Bajo Oliveira; ES: El Sótano; SG: Sierra Grande; PL: Puerto Lobos y Golfo San José), y otras costas del NE del Golfo San Matías (PV: Punta Villarino; PO: Playa Orenge; BF: Barranca Final; Ens: Ensenada; BC: Bahía Creek).

## 1.6. Referencias

Amoroso, R. O. 2004. Heterogeneidad espacial en la dinámica de la metapoblación de vieira tehuelche (*Aequipecten tehuelchus*) del Golfo San José. Tesis de Grado. UNPSJB, Pto. Madryn.

Amoroso, R. & D. A. Gagliardini. 2010. Inferring Complex Hydrographic Processes Using Remote: Turbulent Fluxes in the Patagonian Gulfs and Implications for Scallop Metapopulation Dynamics. *Journal of Coastal Research* 26 (2):320-332.

Bagur, M.; Richardson, C.A.; Gutiérrez, J.L.; Arribas, L.P.; Doldan, M.S. & M.G. Palomo. 2013. Age, growth and mortality in four populations of the boring bivalve *Lithophaga patagonica* from Argentina. *Journal of Sea Research* (en prensa).

- Brey, T. & J. Gage. 1997. Interactions of growth and mortality in benthic invertebrates populations: empirical evidence for a mortality-growth continuum. Arch. Fish. Mar. Res. 45: 45-49.
- Boltovskoy, D. 2008. San Antonio En: Boltovskoy, D. (Ed.) 2008. Atlas de sensibilidad ambiental de la Costa y el Mar Argentino. Cartas de Sensibilidad Ecológica. //atlas.ambiente.gov.ar
- Calvo, J. & E.R. Morriconi. 1978. Epibiontía et protandria chez *Ostrea puelchana*. Haliotis 9: 85-88.
- Carranza, A.; Defeo, O. & M. Beck. 2009. Diversity, conservation status and threats to native oysters (Ostreidae) around the Atlantic and Caribbean coasts of South America. Aquatic. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 19:344-353.
- Carreto, J. I.; Casal, A. B.; Hinojal, A.; Laborde, M. A. & C. A. Verona. 1974. Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del Golfo San Matías II. CIC Provincia de Buenos Aires Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata.
- Castañón, C.; Pascual, M.S.; Agulleiro, I.; Zampatti, E. & M. Elvira. 2005. Brooding pattern and larval production in wild stocks of the puelche oyster, *Ostrea puelchana* D´Orbigny. Journal of Shellfish Research, Vol. 24, 1:191-196.
- Castellanos, Z. 1957. Contribución al conocimiento de las ostras del litoral Argentino (*O.puelchana* y *O.spretta*). Min.Agric.Gan.Nac., Argentina. 52 pp.
- Castellanos, Z. 1967. Catálogo de moluscos marinos bonaerenses. Anales CIC. Vol. III, La Plata, Argentina. 390 pp.
- Chapleau, F.; Johansen P.H. & M. Williamson. 1988. The distinction between patterns and process in evolutionary biology: the use and abuse of the term 'strategy'. Oikos, Vol. 53, 1:136-138.
- Ciocco, N.F. 2001. Relevamiento de bancos de moluscos bivalvos de interés marisquero en el Golfo San José. Inf. Téc. N° 11, LAPEMAR-CENPAT, 68 p.
- Ciocco, N.F. 2006. Relevamiento de bancos de bivalvos de interés marisquero en la porción sur del Golfo San Matías. Inf. Téc. N° 18 del LAPEMAR, Laboratorio de Peces y Mariscos de Interés Comercial (CENPAT), 38 p.
- Cranfield, H.J.; Dunn, A.; Doonan, I.J. & K.P. Michael. 2005. *Bonamia exitiosa* epizootic in *Ostrea chilensis* from Foveaux Strait, southern New Zealand between 1986 and 1992. ICES Journal of Marine Science, 62:3-13.
- Cremonte, F.; Figueras A. & E. M. Burreson. 2005. A histopathological survey of some commercially exploited bivalve molluscs in northern Patagonia, Argentina. Aquaculture. Vol. 249, 1-4: 23-33.



- Diez, M.E.; Cremonte, F. & J.M. Orensanz. 2011. Poliquetos perforadores en moluscos explotados comercialmente en los golfos nordpatagónicos, Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Malacología. Puerto Madryn – Argentina
- Doldan, M.S.; Oehrens Kissner, E.M., Morsan, E., Zaidman, P. & M. Kroeck. 2012. *Ostrea puelchana* d'Orbigny 1842 new host of *Tumidotheres maculatus* (Say, 1818) in Northern Patagonia, Argentina. Lat. Am. J. Aquat. Res., 40[1]: 224 - 228.
- Escofet, A.M.; Orensanz, J.M.; Olivier, S.R. & V. Scarabino. 1977. Biocenología bentónica del Golfo San Matías (Río Negro, Argentina): Metodología, experiencias y resultados del estudio ecológico de un gran espacio geográfico en América Latina. En: Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nac. Autón. México. 59-82. 5(1):
- Fernández Castro, N. & A. Bodoy. 1987. Growth of the oyster, *Ostrea puelchana* (D'Orbigny), at two sites of potential cultivation in Argentina. Aquaculture 65: 127-140.
- Fernández Castro, N. & A. Lucas. 1987. Variability in the frequency of male neoteny in *Ostrea puelchana* (Mollusca: Bivalvia). Mar. Biol., Vol. 96: 359 - 365.
- Galtsoff, P.S. & A.S. Merrill. 1962. Notes on shell morphology, growth and distribution of *Ostrea equestris* Say. Bulletin Of Marine Science of the Gulf and Caribbean. 234-244.
- Gagliardini, D. A.; Amoroso, R.O. & O. P. Dell' Arciprete. 2004. Detection of small-scale coastal oceanographic processes through LANDSAT-TM/ETM+ Images: implications for the study of biological processes along the Patagonian coasts of Argentina. Gayana 68:194-200.
- Gagliardini, D. A. & A. L. Rivas. 2004. Environmental characteristics of San Matías Gulf obtained from Landsat-Tm and ETM+ data. Gayana 68(2):186-193.
- Harding, J. & R. Mann. 2006. Age and growth of wild Suminoe (*Crassostrea ariakeinsis* Fugita 1913) and Pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China. Journal of Shellfish Research, Vol. 25, 1:73-82.
- Kroeck, M.A. 2005. *Bonamia* sp. (Protozoa, Haplosporidia) parásito de *Ostrea puelchana* D'Orbigny, (Mollusca, Bivalvia) en el Golfo San Matías (Patagonia, Argentina): Histopatología, identificación e infección. Tesis Doctoral. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue. 154 pp.
- Kroeck, M.A. 2010. Gross signs and histopathology of *Ostrea puelchana* infected by a *Bonamia exitiosa*-like parasite (Haplosporidia). Diseases of aquatic organisms, 89(3), 229-236.

- Kroeck, M.; Morsan E.M. & L. Semenas. 2008. Epidemiological study of *Bonamia* sp. in the native fan oyster, *Ostrea puelchana*, from San Matias Gulf (NW Patagonia, Argentina). *Aquaculture* 276: 5 -13.
- Lanfredi, N.W. & J.L. Pousa. 1988. Mediciones de corrientes, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro. 13 pp. *Informe Inédito, Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alte. Storni"*.
- Márquez, F. & S. Van Der Molen. 2011. Intraspecific shell-shape variation in the razor clam *Ensis macha* along the Patagonian coast. *Journal of Molluscan Studies* 77:123-128.
- Mauna, C.; Casadío, S.; Parras, A. & M. Pascual. 2005. Abundance and distribution of *Lithophaga* (Mytilidae) in extant and fossil oysters: taphonomic and paleobiological implications. *Ameghiniana Rev. Asoc. Paleont. Arg.* 42 (2): 395-405.
- Mazio, C. A. & C. D. Vara. 1983. Las mareas del golfo San Matías. Servicio de Hidrografía Naval (Argentina).
- Morsan, E.M.; Zaidman, P.C.; Ocampo Reinaldo, M. & N. Ciocco. 2010. Population structure, distribution and harvesting of southern geoduck, *Panopea abbreviata*, in San Matías Gulf (Patagonia, Argentina). *Scientia Marina* 74(4):763-772.
- Morriconi, E.R. & J. Calvo. 1979. Ciclo reproductivo y alternancia de sexos en *Ostrea puelchana*. *Physis* 38, 1-17.
- Morriconi, E.R. & J. Calvo. 1980. Fertilidad y periodicidad en el desove en *Ostrea puelchana*. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. Vol. 2 (2):57-62.
- Morriconi, E.R. & J. Calvo. 1989. Alternative reproductive strategies of *Ostrea puelchana*. *Hydrobiologia* 185: 195-203.
- Olivier, S.R.; Marziale, R.O. & R. Capítoli, 1971. Recursos malacológicos del Golfo San Matías con algunas observaciones realizadas en la campaña exploratoria "SAO-I-71". FAO. Contrib. N°162 del Inst. Biol Mar. 21 p.
- Olivier, S. R.; Orensanz, J.M.; Capítoli, R. & L.A. Quesada Allué. 1974. Estado actual de las poblaciones de vieiras, *Chlamys tehuelcha*, en las costas norte y sur del Golfo San José, Provincia del Chubut. Serie: Informes Científicos. 2. 20 p.
- Orensanz, J.M. 1986. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. 195-227. En: Jamieson, G.S. & N. Bourne (Eds.). North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. Can. Spec Publ. Fish. Aquat. Sci. 92.
- Orensanz, J.M. & G. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management. En: G.S.JAMIESON & A. CAMPBELL (Eds.)

- Proceeding of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management. Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. 125: 441 - 459.
- Orensanz, J.M.; Parma, A.M.; Turk, T. & J. Valero. 2006. Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. En: SHUMWAY, S. (Ed.) Scallop: Biology, Ecology & Aquaculture. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Publishers. Amsterdam: 1460 pp.
- Parodiz, J.J. 1948. Sobre "Ostrea" actuales y pleistocenas de Argentina y su ecología. Com. Mus. Arg. Cs. N.B. Rivadavia. Serie Zool. n°6 BsAs. 37 p.
- Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.
- Pascual, M.S. 1997. Carriage of dwarf males by female puelche oysters: the role of chitons. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 212: 173–185.
- Pascual, M.S. 2000. Dwarf males in the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orb.): differential mortality or selective settlement? J. Shell. Res. 19, 815–820.
- Pascual, M.S. & A.H. Bocca. 1988. Cultivo experimental de la ostra puelche, *Ostrea puelchana* D'Orb., en el Golfo San Matías, Argentina. En: Verreth, J.; M. Carrillo; S. Zanuy & E.A. Huisman (Eds.). Aquaculture research in Latin America. 329-345. Pudoc Wageningen, The Netherlands. 451 p.
- Pascual, M.S.; Iribarne, O.O.; E. Zampatti & A.H. Bocca. 1989. Female-Male interaction in the breeding system of the puelche oyster *Ostrea puelchana* d'Orbigny. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 132: 209–219.
- Pascual, M.S. & E. Zampatti. 1995. Evidence of a chemically mediated adult-larval interaction triggers settlement in *Ostrea puelchana*: applications in hatchery production. Aquaculture 133: 33–44.
- Pascual M.S. & E. Zampatti. 1999. El Cultivo de Moluscos Bivalvos. En: Boschi, E. (Ed.) Los Recursos Pesqueros del Mar Argentino. Tomo II. INIDEP. Mar del Plata, Argentina. 167-193.
- Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. J. Shell. Res. 20, 1003–1010.
- Pastor de Ward, C. T. 2000. Polychaete assemblages in the San José Gulf (Chubut, Argentina), in relation to abiotic and biotic factors. Marine Ecology 21:175-190.
- Penchaszadeh, P. E. 1974. Ecología del mejillón *Mytilus platensis* d'Orb. De bancos circalitorales. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Piola, A.R. & L.M. Scasso. 1988. Circulación en el Golfo San Matías. *Geoacta*, 15(1), 33-51.

- Richardson, C. A.; Collis, S. A.; Ekaratne, K.; Dare, P. & D. Key. 1993. The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines. ICES Journal of Marine Science 50: 493-500.
- Rivas, A & E. Beier. 1990. Temperature and salinity fields in the Northpatagonic Gulfs. *Oceanologica acta* 13 (1), 15-20.
- Romero, M.V.; Bremec, C. & Casadío, S. 2011. La ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny, 1841) del Golfo San Matías (Patagonia, Argentina): un sustrato con alta diversidad de epibiontes. VIII Congreso Latinoamericano de Malacología. Puerto Madryn – Argentina
- Shilts, M.H.; Pascual, M.S. & D.Ó Foighil. 2007. Systematic, taxonomic and biogeographic relationships of Argentine flat oysters. Mol. Phylogenet. Evol., Vol. 44, 1: 467-473.
- Stenzel, H.B. 1971. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part N. Mollusca 6. Bivalvia. Oysters. Vol. 3: N953-N1224.
- Thrush, S.F. 1991, Spatial Patterns in Soft-bottom Communities. Trends in Ecology and Evolution. Vol.6, 3: 75-79.
- Tonini, M. H. 2010. Modelado numérico del ecosistema de los golfos norpatagónicos. Universidad Nacional del Sur. Tesis de Doctoral. 264 p.
- Underwood, A. J. & M. G. Chapman. 1996. Scales of Spatial Patterns of Distribution of Intertidal Invertebrates. *Oecologia*, Vol. 107, 2: 212-224.
- Valette, L.H. 1929. Resultados Experimentales en Ostricultura. Dirección de Ganadería. Ministerio de Agricultura, Argentina. 29 pp.
- Wiens, J.A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*, Vol.3, 4: 385-397.
- Williams, G. N. 2011. Caracterización ambiental del Golfo San Matías mediante sensores remotos y parámetros oceanográficos. Relación con la distribución y abundancia de los recursos biológicos de interés pesquero. Tesis de doctorado. Centro Regional Universitario Bariloche Universidad Nacional del Comahue, Bariloche.
- Zaixso, H. E. 2004. Bancos de Cholga *Aulacomya atra atra* (Molina) (Bivalvia: Mytilidae) del Golfo San José (Chubut, Argentina): Diversidad y relaciones con facies afines. *Revista de biología marina y oceanografía* 39(2):63-78.
- Zaidman, P.C. 2013. Dinámica de la metapoblación de almeja panoepa *Panopea abbreviata* en los Golfos Norpatagónicos Tesis de doctorado. Centro Regional Universitario Bariloche Universidad Nacional del Comahue, Bariloche.

## **Capítulo 2. Reconstrucción de los cambios históricos en los patrones de distribución de los bancos de *Ostrea puelchana* en el Golfo San Matías**

### **2.1 Introducción**

Muchas poblaciones de invertebrados bentónicos marinos constituyen metapoblaciones meroplanctónicas, en las que las subpoblaciones de organismos adultos sedentarios están conectadas entre sí a través de la dispersión larvaria. Una metapoblación puede ser relativamente estable, mientras que las subpoblaciones que la componen fluctúan espasmódicamente o de manera irregular desfasadas una de otra, debido a pulsos locales de mortalidad y recuperación (Orensanz *et al.*, 1991). Por lo tanto, la estabilidad del sistema depende de la escala espacial de observación.

En el caso de los bivalvos, en la observación a gran escala se revelan subpoblaciones espacialmente disjuntas conectadas entre sí a través de la dispersión larvaria. Los procesos a esta escala comprenden el grado de conectividad entre estas subpoblaciones, la cual puede variar entre un modelo ideal, donde las larvas de diferentes componentes conforman un pool (máxima conexión), hasta un extremo constituido por un conjunto de poblaciones cerradas autosustentadas (mínima conexión). Los patrones de conexión nunca son simétricos o aleatorios (Orensanz & Jamieson, 1998; Orensanz *et al.*, 2006). La escala intermedia es el dominio de las subpoblaciones, que se caracteriza por la contracción-expansión mediada, principalmente, por la advección de las larvas. Los cambios en la extensión ocupada por una subpoblación involucra a más de una generación y pueden ser lentos y caóticos. Estas fluctuaciones pueden ser *cíclicas*, cuando las poblaciones muestran repeticiones de una alternancia de períodos de gran abundancia y períodos de baja abundancia; *irregulares*, en que las poblaciones fluctúan considerablemente de un año a otro sin ningún patrón claro; o *espasmódicas* cuando las poblaciones muestran pulsos irregulares de gran abundancia seguidos por períodos de escasez o colapsos (Caddy & Gulland, 1983).

Contrariamente a los patrones de fluctuación, las poblaciones naturales de ostras han disminuido severamente en todo el mundo, a causa de la sobreexplotación, de la destrucción del hábitat, o por enfermedades (Schulte *et al.*, 2009). Por ejemplo, la explotación comercial de *Crassostrea virginica* en Chesapeake Bay ha disminuido desde 1884 (Rothschild *et al.*, 1994) debido a la sobrepesca (Gouletquer *et al.*,

1994). El colapso de las pesquerías de *Saccostrea glomerata* y ostra plana *Ostrea angasi* en Australia (Nell, 2001), de *O. edulis* en el Mar de Wadden (Wolff, 2005), y de *Ostreolla conchaphila* en el oeste de América del Norte (Kirby, 2004) son otros ejemplos de sobreexplotación. La degradación del hábitat por efecto de la pesca podría predisponer a un aumento en la hipoxia, a brotes de enfermedades parasitarias, y a otros síntomas de deterioro ambiental. En Foveaux, Nueva Zelanda, la pesca con rastra sobre la ostra *Tiostrea chilensis* se mantuvo durante 130 años (Cranfield *et al.*, 1999). La continua explotación de estas poblaciones redujo posteriormente la densidad de ostras a niveles bajos y expuso a la población a una infección producida por el parásito haplosporídeo *Bonamia exitiosa* entre 1986 y 1992 que provocó el cierre de la pesquería, hasta que la población se recuperó en 1995 (Cranfield *et al.*, 2005).

Las fluctuaciones de las poblaciones de ostras nativas del Atlántico Sur están menos documentadas. Existe, sin embargo, una preocupación creciente al respecto, debido a que a lo largo de toda la costa de Sudamérica, las ostras están siguiendo la misma tendencia que en el resto del mundo (Carranza *et al.*, 2008). Unas diez especies de ostras del Mar Caribe y del Océano Atlántico fueron clasificadas en función de su valor biológico, ecológico y socioeconómico para determinar el estado de conservación de sus poblaciones, dentro de los diez ecorregiones distintas. Entre ellas, en el región de los golfos norpatagónicos, la ostra puelche *Ostrea puelchana*, recibió la máxima prioridad para acciones de conservación inmediata debido a la reducción de uno de los bancos más importantes en el Golfo San Matías (Carranza *et al.*, 2008). Se ha indicado que esta especie sólo forma agregaciones importantes en esa zona (Valette, 1929; Olivier *et al.*, 1971; Pascual & Bocca, 1988; Kroeck *et al.*, 2008; Pascual *et al.*, 2001). La pesca con rastra en la pesquería de vieira, la extracción clandestina y las enfermedades han sido identificadas como causas principales de esta reducción (Carranza *et al.*, 2008). A pesar de esta tendencia negativa en las poblaciones del norte del GSM, existen citas orales recientes sobre la presencia de las ostras al sur del GSM y en el interior del Golfo San José (GSJ; Orensanz, comunicación personal), sitios distanciados del límite histórico de distribución geográfica (Castellanos 1957; Pascual *et al.*, 2001).

El objetivo de este capítulo es el de explorar el grado de persistencia espacial a macroescala de los bancos de *Ostrea puelchana* a partir del registro histórico de los mismos en el Golfo San Matías, determinando los patrones de fluctuación espacial y temporal, y su correspondencia con factores ambientales, biológicos, socio-económicos y antropogénicos. Se analizan las posibles causas que podrían haber afectado a las subpoblaciones en cada costa, y las escalas temporales y espaciales

en que estas fluctuaciones tuvieron lugar.

## 2.2. Antecedentes

### *Las actividades pesqueras*

Históricamente, las actividades pesqueras del Golfo San Matías (GSM) se llevaron a cabo en las costas noroeste (NO) y noreste (NE). La costa NO comprende dos sectores contiguos separados por un pequeño conjunto de islas que emergen durante la bajamar: Bajo Oliveira (BO) y El Sótano (ES) (Figura 1.7). La costa del NE del golfo es continua, alternando playas, acantilados y una marisma, los cuales definen sectores denominados: Playa Orengo (PO), Barranca Final (BF), Ensenada (Ens), Caleta de los Loros (CLL) y Bahía Creek (BC). Las principales especies blanco han sido la vieira tehuelche (*Aequipecten tehuelcha*) y mejillón (*Mytilus edulis platensis*). El esfuerzo pesquero varió durante el periodo de pesca de acuerdo a la abundancia de los bancos de estas especies en ambas costas (Morsan, 2009).

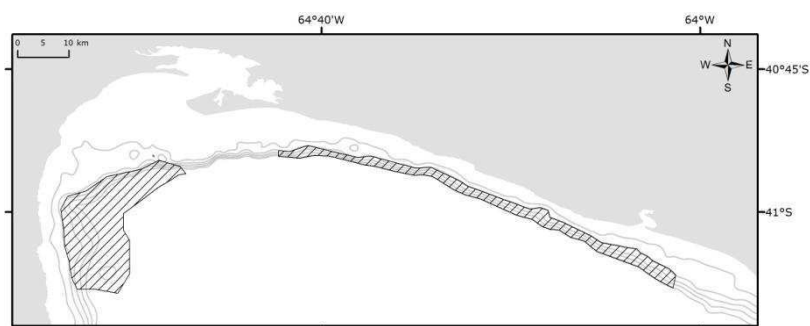
Los bancos naturales de ostras del NO se extendieron siempre en áreas cercanas a la zona principal de pesca. Sin embargo, no existen registros de capturas de ostra, excepto unas 71 tn extraídas en el puerto de San Antonio entre 1937-1945 (Carcelles, 1947), 14 tn capturadas como fauna acompañante en la pesquería de pequeña escala de mejillón durante 1985 (Morsan *et al.*, 1986) y 0,8 tn capturadas como pesca experimental entre 2001-2006 (Romero *et al.*, 2007). Con el fin de promover la industria de cultivo de ostras, en 1975 los bancos naturales de Río Negro fueron protegidos mediante la prohibición de extracción de ostras.

Los artes de pesca utilizados fueron dos: rastra y buceo. La primera, fue introducida en Argentina en 1928 y se utilizó desde el comienzo de las actividades pesqueras hasta 1993. Ésta consistía de un armazón frontal constituido por un caño central que unía dos planchas laterales de hierro, a la cual se fijaba cadenas conformando un marco de 0,5 m de alto y 2,5 m de ancho. En la parte posterior portaba un bolsa de alambre (Morsan, 2009). La captura se componía de vieiras (30-40%), otros invertebrados bentónicos, y valvas de moluscos. La rastra no era selectiva y su eficiencia fue estimada en 11-16% y 15-21% (Iribarne *et al.*, 1991). A partir del año 2000, como parte de la ordenación de las pesquerías de bivalvos y la incorporación de la flota artesanal, se modificó obligatoriamente el diseño de la rastra, permitiéndose un ancho máximo de boca de 1,8 m y 40 kg de peso.

Las maniobras de pesca implicaron la remoción de toneladas de organismos, restos de ellos y material inorgánico que fue embolsado junto a las especies objetivo. La eliminación del sustrato por parte del empleo de rastra pudo haber afectado al ecosistema bentónico y al sustrato disponible para el asentamiento de larvas

(Morsan, 2009). La remoción de miles de toneladas de valvas del fondo del mar sería responsable de la ausencia de reclutamiento de la vieira en la GSM, y podría haber tenido efectos similares en otras poblaciones de bivalvos.

Las operaciones de pesca con rastra se llevaron a cabo en varias zonas de la costa NE y NO de GSM, con intensidad variable (desde 1969 a 2010), conformando una pesquería intermitente. Los bancos del NO (ES y BO) fueron intensamente pescados durante el primer pulso de pesca de vieira (1969 - 1972). Si bien no hay datos de esfuerzo pesquero para este período, se estimó que de una captura de 27.270 tn, sólo 7.300 tn correspondieron a vieira tehuelche (Morsan, 2009). Durante el segundo pulso (1983-1985), la captura se estimó en 4.714 tn y los desembarcos de vieiras y mejillones para ese período fueron de 2.664 t (56,5%). Desde el año 2000, la pesquería de vieira abrió cuatro años consecutivos por temporadas de dos meses, y bajo un esquema artesanal. Los descartes a bordo fueron obligatorios. Por el contrario, en el período 1984-1994 la pesca en el sector NE fue alternando entre mejillón y vieira como especies objetivos. Desde 1983 se cuantificó la composición de las capturas. En ocasiones, las ostras han sido capturadas, pero no se registran desembarques de las mismas. Las distribuciones espaciales de las ostras y las especies comerciales no se superpondrían dado que los bancos de vieira y mejillón son más profundos que los de ostra (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Áreas de actividad pesquera (área rayada) durante los pulsos de extracción de mejillón y vieira en el Golfo San Matías, Argentina.

### *El estudio histopatológico*

A mediados de 1996, se registró una mortalidad del 95% en cultivos de ostra puelche ubicados en el interior de la Bahía de San Antonio. El parásito protozoario *Bonamia exitiosa* (Phylum Haplosporidia) fue identificado como la causa de esa mortalidad masiva (Kroeck & Montes, 2005, Kroeck, 2010), a partir de la observación microscópica directa del parásito en los tejidos. *B. exitiosa* ha provocado mortalidades en bancos naturales y en áreas de cultivo a lo largo de todo el mundo (Bannister & Key 1982; Van Banning 1982; Polanco *et al.* 1984),



aunque ésta fue la primera notificación de la presencia de *Bonamia* en el Atlántico Sur. Los bancos naturales de ostra situados cerca de Bahía de San Antonio también fueron afectados (Kroeck *et al.*, 2008).

La secuencia cronológica de la prevalencia de *B. exitiosa* mostró un patrón fluctuante en los bancos, con un pico de infección de más del 50% en 1997, seguido por una tendencia decreciente hasta el 2000 (8,7%), y un nuevo incremento (15,3%) para 2001 (Kroeck *et al.*, 2008). La máxima prevalencia (63,3%) se registró en el cultivo, un año después de la mortalidad masiva, y los valores máximos en los bancos naturales se encontraron en Banco Reparó (BR) y Las Grutas (LG), dos bancos pequeños situados en las proximidades de la Bahía de San Antonio. Las corrientes costeras en torno a la Bahía de San Antonio están dominadas por el régimen de mareas, debido a que éstas llenan y vacían la bahía dos veces al día, produciendo una fuerte corriente. Debido a la presencia de bancos de arena en la boca de la bahía, el flujo se orienta en dirección SO. Por otro lado, en el banco de Playa Orengo (PO), situado en la costa NE lejos de la zona de cultivo, y separado de la influencia del flujo de agua de la bahía por bancos de arena, se registró una prevalencia baja. La prevalencia de la infección por *B. exitiosa* en 1996-2001 fue descrito por Kroeck *et al.* (2008) como un foco de infección situado en el área de cultivo que se propagó a través de los bancos de ostras situados alrededor de la bahía. El patrón espacial de la prevalencia mostró que la evolución de la infección siguió casi el mismo patrón en todos los bancos naturales, pero con diferencias entre las costas situadas a ambos lados de la Bahía de San Antonio.

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. Reconstrucción de la presencia de *O. puelchana* en el Golfo San Matías**

La reconstrucción de la presencia de *O. puelchana* en el GSM se realizó a partir de cuatro fuentes de información, que abarcan períodos muy distintos: el registro fósil en el Holoceno de ejemplares de esta especie; documentación sobre yacimientos arqueológicos donde se registre a *O. puelchana*; documentación de las primeras campañas de exploración, iniciadas a finales de siglo XIX y primera mitad del siglo XX y; bases de datos de las prospecciones ecológico-pesqueras realizadas en la zona entre 1970-2006.

### *Registros paleoecológicos y arqueológicos*

La búsqueda de registros paleoecológicos y arqueológicos se efectuó mediante la exploración en la bibliografía y la consulta a especialistas. Los yacimientos paleoecológicos de *O. puelchana* de Caleta de los Loros y Punta Villarino fueron visitados en diciembre de 2011 para la verificación de la presencia de esta especie como fósil constituyente de las terrazas. Además, se visitaron los depósitos arqueológicos de conchillas de la costa N del GSM para la confirmación de la presencia de esta especie como parte de la fauna utilizada como sustento por los primeros pobladores de la costa.

### *Registros de *O. puelchana* en las primeras exploraciones*

Se realizó una investigación bibliográfica sobre los registros de las primeras expediciones a la Patagonia, explorando los datos de archivo de documentos depositados en bibliotecas (Biblioteca Nacional, Biblioteca del Centro Naval, Biblioteca Sociedad Científica Argentina, Biblioteca del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Biblioteca Leloir de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires). Además, la colección de ostras del Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN) fue revisada para extraer información sobre las notas de las expediciones y confirmar la especie en cada una. La información fragmentada de libros, informes, colecciones y mapas fue compilada, y se extrajeron las descripciones relacionadas con la ocurrencia de ostras y la ubicación y características de los bancos naturales.

### *Registros ecológicos y pesqueros*

Durante el período 1969 - 1971 la pesquería de vieira (*Aequipecten tehuelchus*) tuvo un auge seguido de una rápida disminución. Varios estudios ecológicos y pesqueros se llevaron a cabo durante el período 1971-1985 en la costa NO del GSM para evaluar la recuperación de la población de vieira con un registro cualitativo del componente faunístico del bentos. Por otro lado, entre 1986 y 2006 se realizaron varias campañas en el GSM que recolectaron, entre otra información, datos cuantitativos sobre la ocurrencia y abundancia relativa de *O. puelchana*.

La información referente a la ostra puelche de esos relevamientos, proveniente de documentos originales recogidos a bordo, planillas de datos e informes técnicos fue reunida en una base de datos. Los mapas y la información en formato papel fueron digitalizados y cargados a planillas de cálculo.

En las prospecciones realizadas en 1986-1990, y 1996-1997 por la embarcación Capitán Cánepa (Tabla 1), las estaciones de muestreo fueron asignadas regularmente, realizando un lance (unidad de muestreo) por cada estación. Las

estaciones de muestreo fueron ubicadas entre los 10 y 25 m de profundidad en la costa NO, y entre los 10 y 40 m en la costa NE. Las estaciones más costeras de la costa NO fueron planificadas para que coincidieran con el área del banco de ostras (año 1987; diseño repetido en 1996-1997). Los lances tuvieron una duración de 5-10 minutos de arrastre, con una velocidad de 3,15 nudos. El área media barrida por cada lance varió entre 365,2 m<sup>2</sup> y 2343,2 m<sup>2</sup>. La captura fue volcada sobre la cubierta y cuantificada en número de cajones. Posteriormente se tomó una submuestra en la cual se cuantificaron las especies capturadas, expandiendo los resultados a la captura del lance, para estimar la abundancia en la estación de muestreo. De ese modo, la abundancia para cada especie se estimó según:  $D_h = (N_h / a_h) 1000$ , donde  $D_h$  es la densidad en la estación de muestreo  $h$ ,  $N_h$  es el número de ejemplares capturados de la especie y  $a_h$  es el área barrida en m<sup>2</sup>, estimada a partir del tiempo de arrastre, el ancho de la rastra, y la velocidad del barco. Los ejemplares de ostras fueron medidos discriminado por estación de muestreo. De manera adicional, se cuantificó el número de *cluckers* de ostra en cada estación de muestreo. Las densidades de cada estación fueron corregidas a partir de la eficiencia de la rastra empleada en el muestreo (15%; Iribarne et al., 1991), agrupadas por banco y analizadas en conjunto en aquellos años donde las áreas de estudio fueron de similar extensión. Todos los datos de las campañas fueron cargados en la base de datos para, posteriormente analizar los referidos a *O. puelchana*. Las posiciones de las estaciones de muestreo y las densidades correspondientes a la ostra puelche fueron graficadas mediante el software ArcGis. De manera paralela, se diseñó un software de sistemas de información geográfica (SIG) de acceso libre en conjunto con el Grupo de Investigación en Ingeniería de Software del Comahue (GIISCo). El GIISCo desarrolló la plataforma SIG disponible en internet en la cual se incorporó la información biológica para la visualización geográfica de los datos (Apéndice).

Las estructuras demográficas de los bancos de ES, BO (costa NO) y de la costa NE, para los años 1987 y 1997 se caracterizaron mediante la elaboración de distribuciones de frecuencia de tallas (DFT). Las DFT de BO y NE de 1987 y 1997 fueron comparadas de a pares entre sitios con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Esta comparación no fue posible realizar para ES ya que las muestras de 1998 fueron obtenidas mediante otro tipo de muestreo (buceo autónomo).

Los resultados de las prospecciones de 1985-1986 sobre los bancos de BR y LG son tratados en los Capítulos 3 y 4, debido a que el diseño de muestreo fue diferente al de las demás campañas de investigación, y las áreas prospectadas son de menores dimensiones.

## **2.4. Resultados**

### **2.4.1. Registros paleoecológicos de *O. puelchana***

Ejemplares de *O. puelchana* fueron registrados en las terrazas del Pleistoceno en torno a bahías que fueron inundadas en varias ocasiones por las ingresiones marinas. En la Bahía de San Antonio y sitios de la costa NE como Caleta de los Loros, las ingresiones formaron cordones arenosos, mientras que el viento y el oleaje moldearon barreras litorales. Durante el Holoceno se retrajo el nivel del mar, emergiendo planicies de abrasión, marismas y extensos bancos de arena que flanquean un canal de flujo principal (Rutter, 1990). La datación mediante radiocarbono de esta formación del Pleistoceno, que contiene una mezcla de valvas de moluscos (ostras, entre otros) se estableció en más de 40.000 años antes del presente (aap) (Hidalgo *et al.*, 1980). En la costa O del GSM no existen afloramientos de fósiles de moluscos, con la excepción de Puerto Lobos, donde se extienden seis cordones paralelos a la línea de costa. Los dos cordones litorales contienen valvas de *O. puelchana* (Pastorino *et al.*, 1989) y fueron datados por Bayarky y Codignotto (1982) entre 3300-750 aap.

La presencia de *O. puelchana* fue verificada en estos yacimientos paleontológicos en una visita al sitio. Desde su primera descripción, la presencia de esta especie en el litoral argentino fue confusa. D´Orbigny (1842) clasificó a la especie actual como "*Ostrea puelchana*", incluyendo una ilustración incorrecta en su descripción. En un estudio sobre moluscos fósiles del terciario de Paraná, se cita una *O. puelchana* basada en ejemplares de *O. arborea* similares al que por error figuró D´Orbigny (Parodiz, 1948). La presencia de otras especies en los registros paleontológicos con similitudes morfológicas conllevó a los científicos a confundir ambas especies y, muchas veces, a aceptarlas como una especie única. *O. spreta* tampoco ha sido diferenciada de la comúnmente denominada *O. parasítica*, nombre erróneo de la forma más abundante de la edad pampeana, *O. arborea* Chem. (Parodiz, 1948).

### **2.4.2. Los registros arqueológicos**

Los indicios sobre ocupaciones humanas de la costa del GSM datan de mediados del Holoceno (5.000 aap). La explotación de los recursos costeros para la alimentación y materiales se limitaban a pequeñas sociedades nómades aborígenes. Los estudios arqueológicos en la costa del GSM describen un gran número de yacimientos prehistóricos de valvas o *concheros* a lo largo de la costa, con mezcla de elementos de diferentes tiempos y modificados por la erosión del viento (Bórmida & Etcheverry, 1966). En las costas N y O del GSM se encontraron más de 50 *loci* arqueológicos a lo largo de 350 kilómetros. Uno de los resultados más

sobresalientes de estos *concheros* fue la evidencia de la explotación de los recursos marinos en aguas poco profundas, que se inició durante el Holoceno Medio, especialmente de mitílidos (*Mytilus platensis* y *Aulacomya atra*) y almejas (*Amiantis purpurata*) (Favier-Dubois & Kokot, 2011). Sin embargo, los registros no citan a *O. puelchana* como recurso utilizado por los aborígenes para alimento. Los estudios arqueológicos en GSJ convergen al mismo resultado: *O. puelchana* no fue utilizada como recurso (Gómez Otero, comunicación personal).

Mediante una visita a los sitios con *cocheros* que habían sido previamente datados, se corroboró *in situ* la presencia de valvas de ostras en lugares de la misma edad que los depósitos, pero que no eran parte de ellos, ni presentaban los residuos carbonados propios de la cocción.

### **2.4.3. Registros de la presencia de *O. puelchana* en el GSM durante los siglos XIX-XX**

La ostra indígena *O. puelchana* fue señalada inicialmente por el naturalista francés Alcides D´Orbigny en 1842 para Bahía San Blas (Carcelles & Pozzi, 1933).

Los registros históricos de documentos y mapas de los exploradores que llegaron al GSM a finales del siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX describen, entre otros aspectos, la geografía, el medio ambiente y la composición faunística de la zona. El interés por explorar la costa patagónica comenzó en el último cuarto del siglo XIX con la incorporación de la Patagonia argentina al Territorio Nacional, como resultado de las disputas fronterizas con Chile. Hasta entonces, se consideraba a esa zona como inhabitable, con suelo estéril (García, 2009).

Un total de seis documentos del período 1883-1946, registran la presencia de bancos de ostras en el N de GSM (Tabla 2.4.1). Algunos de ellos son informes de expediciones a la zona.

*Página siguiente:* **Tabla 2.4.1.** Prospecciones realizadas en el Golfo San Matías y en el Golfo San José, en relación a *O. puelchana*.

Año	Referencia	Prospección/ Embarcación	Arte de pesca	Nº de estaciones de muestreo	NO				NE				SO		Rango de profundidad	Mapa
					BR	LG	ES	BO	PO	BF	En	CLL	BC	PL		
1884	Eyroa, C.E., 1884	Vigilante		-	x											
1899	Lahille, F. , 1899	Azopardo	red de arrastre	-	x						x	x				x
1925	Valette, L.H., 1929	Tehuelche		44	x		x								9-30	x
1933	Carcelles, A. & A. Pozzi, 1933	Gob. Valentín Vergara		-	x		x	x								
1970	Olivier <i>et al.</i> , 1970	Prospecciones vieira					x	x							18	
1971	Olivier <i>et al.</i> , 1971; Scarabino, 1977	SAO I	rastra	33	x	x	x	x	x	x	x	x			12,5 - 41	x
1971	Scarabino, 1977	SAO II	rastra	35			x	x	x	x	x		x		13 - 159	x
1972	Scarabino, 1977	SAO III	rastra	48	x	x	x	x	x	x	x					x
1973	Olivier <i>et al.</i> , 1973	SAO IV - SAO V	rastra Picard	45	x	x		x							5 - 43	x
1975	Vacas <i>et al.</i> , 1975; Marziale <i>et al.</i> ; 1975	Neptunia I	rastra	40			x	x							9-42	x
1977	Escofet <i>et al.</i> , 1977	Desolación	rastra								x					
1980	Planillas de datos	Santa Ana	rastra	39			x	x							13-35	
1984	Zaixso <i>et al.</i> , 1998	El Austral	rastra van Veen	120										x	0-185	x
1985	Pascual, M.S., 1993	Gomón IBMP	buceo	25	x	x									0,5-3	X
1986	Pascual, M.S., 1993	Capitán Cánepa I	rastra	136			x	x	x	x		x			8-70	x
1987	Pascual, M.S., 1993	Capitán Cánepa II	rastra	214			x	x	x	x		x			5-20	x
1990	Planillas de datos	Capitán Cánepa V	rastra	146				x	x	x		x			12-95	x
1991	Esteves <i>et al.</i> , 1991	Austral	rastra	135								x	x		10-50	x
1996	Morsan, E.M., 2009	Capitán Cánepa VI	rastra	167			x	x	x	x		x			10-87	x
1997	Morsan, E.M., 2009	Capitán Cánepa VII	rastra	145			x	x	x	x		x			10-65	x
1998	Morsan, E.M., 2009	Cota Cero	buceo	48			x								2-23	x
2000	Morsan, E.M., 2000	Virginia	rastra	90			x	x							4-60	
2001	Ciocco, N.F., 2001	CENPAT II	buceo	31									x	x	4-27	x
2002	Cremonete <i>et al.</i> , 2005	CENPAT II	buceo	1										x		
2002	Morsan <i>et al.</i> , 2002	Holberg	red	136			x		x	x	x	x	x		5-160	
2006	Narvarte <i>et al.</i> , 2012; Planillas de datos	Nadia Belén	rastra 1,8 m	255			x	x	x	x		x			14-30	x
2006	Ciocco, N.F., 2006	CENPAT II	buceo	148										x	4-27	x

La colección de valvas de *O. puelchana* del MACN incluye 26 registros recolectados en Uruguay y Argentina entre 1915 y 1959. Una revisión macroscópica de las características morfológicas externas de los especímenes permitió corregir un registro de *O. stentina*, originalmente clasificado como *O. puelchana*, y sumar tres registros, anteriormente clasificados como *Ostrea* sp. Del total de 12 registros del GSM, seis de ellos provienen de la zona de San Antonio Oeste y uno de Punta Villarino, en San Antonio Este; el resto no especifica la localidad donde fue recolectado. Dos registros proceden del GSJ. Los registros que conservaron fecha y localidad de muestreo se presentan en la Tabla 2.4.2.

**Tabla 2.4.2.** Los registros de la colección de ejemplares de *O. puelchana* del MACN. Se presentan aquellos registros que conservaron fecha y localidad de muestreo. (\*) Ejemplares clasificados como *O. puelchana* mediante observación macroscópica.

Año	Especie/ Género	Colector	Localidad
1915	<i>Ostrea</i> *	Doello-Jurado, Martín	GSJ, Mar Argentino
1918	<i>Ostrea</i> *	"Alf. Mackinlay" A.R.A.	Punta Villarino, San Antonio Este
1925	<i>Ostrea puelchana</i>	Valette, Luciano	Puerto San Antonio Oeste
1933	<i>Ostrea puelchana</i>	Carcelles, A.; Pozzi, A. & R. Sorcarburu	GSM, Chubut
1939	<i>Ostrea puelchana</i>	Migoya, J. & J.J. Parodiz "Bahía Blanca" A.R.A.	San Antonio Oeste
1940	<i>Ostrea puelchana</i>	Pozzi, A. & R. Mata - Tte. Nav. "Bahía Blanca" A.R.A.	GSJ, Chubut
1959	<i>Ostrea puelchana</i>	Pozzi, A.	GSM, Río Negro
1959	<i>Ostrea puelchana</i>	Pinto, Alberto	GSM, Río Negro

Los documentos elaborados por Saldanha (1883) describen la fauna patagónica (aves, mamíferos e invertebrados) a partir de observaciones hechas durante la exploración de la corbeta brasileña "Parnahiba" a la costa patagónica. En relación a los invertebrados del GSM, Saldanha escribió:

*"ninguna especie del género Ostrea, como otras que llevo dicho, parece encontrar hoy condiciones de existencia, tanto en las aguas del Estrecho como las que bañan las actuales costas de la Patagonia"* (Eyroa, 1884).

Basado en sus propios registros, Eyroa, corrigió las descripciones de Saldanha en relación a las ostras en Patagonia. Él registró ostras en los alrededores del Puerto de San Antonio, y en otros sitios situados más al norte, como Bahía Blanca:

*"La diversidad y cantidad de moluscos y conchas que tienen este puerto (puerto natural en el interior de la Bahía de San Antonio), podría ser inmenso. Así lo demuestran los numerosos montículos de conchas vacías que se agolpaban en el interior de la bahía. Hemos encontrado ostras vivas y caracoles, tanto abundante en bancos situados en la parte central del puerto"* (Eyroa, 1884).

La presencia de ostras en las proximidades de la Bahía de San Antonio fue confirmada por la exploración de Lahille en 1889 (Figura 2.4.1), quien además propuso a este lugar, a Bahía Rosas y a Bahía (Caleta) de los Loros, para promoción del cultivo de ostras en base a ostras nativas, pero no proporcionó la localización de los bancos de ostras naturales (Olivier *et al.*, 1971).

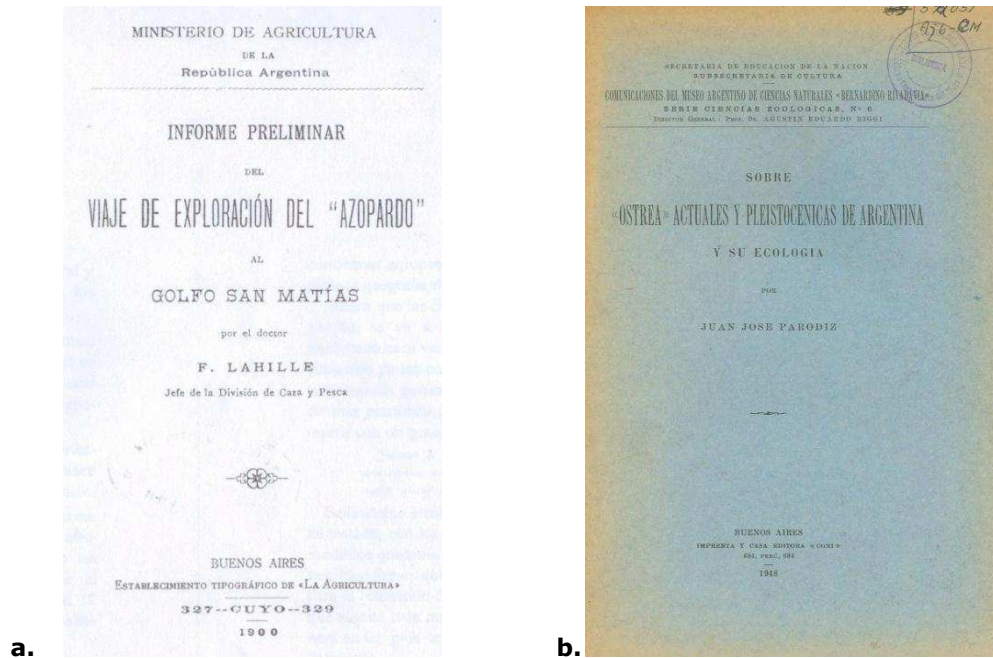
El primer mapa de distribución de *O. puelchana* data de 1925, como resultado de un estudio dirigido a evaluar la población de ostras de los bancos naturales hasta ese momento registrados del GSM (Valette, 1929; Tabla 2.4.1.; Figura 2.4.2). En esta prospección, se realizaron varios lances en el NO del GSM registrándose la presencia de ostras en las zonas de los actuales bancos de LG, ES y BO, Villarino, entre los 9 y los 30 metros, en fondos de conchilla triturada y pedregullo.

En 1933 se realizó una nueva expedición a la región, dirigida a *fixar* (localizar) los bancos de la ostra indígena, *O. puelchana*, del NO del GSM, dispuesta por el Ministerio de Agricultura (Carcelles & Pozzi, 1933). En ella, se obtuvieron 25.000 ejemplares de ostras, principalmente juveniles. Parodiz (1948) se refiere a los bancos de ostras del GSM como su "natural hábitat", y corrige la confusión en relación a la nomenclatura de la ostra puelche (Figura 2.4.1).

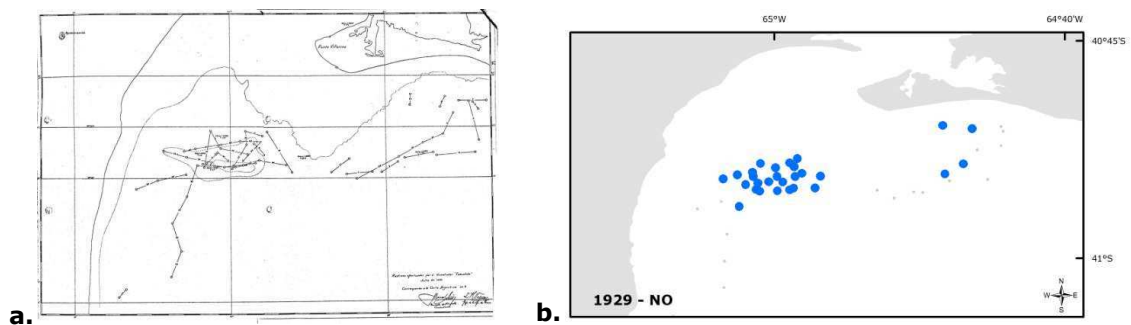
El primer registro sobre las capturas de la ostra puelche u ostra argentina es documentado por Carcelles (1946), en el cual establece que "entre los años 1937 a 1945, menos en 1938 y 1944, se recogieron 71.070 kg de ostras"; posteriormente su comercialización fue vedada, reduciéndose sólo al consumo local (Olivier *et al.*, 1971). En esos años la extracción de la ostra indígena estaba controlada por el Gobierno de la Nación, organismo que siempre tuvo una posición proteccionista con este recurso (Carcelles, 1947). Este autor clasifica además a la ostra argentina como fauna perteneciente a la Provincia Argentina, cuya distribución geográfica no alcanzaba los 42° S. De manera coincidente, en el Catálogo de los Moluscos Marinos de la Provincia Magallánica (Carcelles & Williamson, 1951) en el cual se revisó y recopiló toda información sobre el conjunto faunístico malacológico que se distribuye desde el Golfo Nuevo (42° 40' S) hasta Tierra del Fuego, no se menciona



a *O. puelchana* entre la fauna de la Provincia Magallánica. Sin embargo, en la colección de valvas del MACN, tres registros indican la presencia de esta especie en la costa del GSM (Chubut) y en el GSJ (Tabla 2.4.1).



**Figura 2.4.1.** Portadas de los informes de Lahille (1900) y de Parodiz (1948) que documentan la presencia de *O. puelchana* en el Golfo San Matías.



**Figura 2.4.2.** Reconstrucción de la posición de las estaciones de muestreo de Valette en 1929 (a). Se tomó el punto medio del lance como referencia de la presencia de ostras (b). Círculos celestes: lances con presencia de ostras; círculos grises: lances con ausencia de ostras.

#### 2.4.4. Las prospecciones cuantitativas de 1970-2006

*Período 1970-1980*

*O. puelchana* se registró en nueve prospecciones realizadas en el período 1970-1980 en el GSM (Tabla 2.4.1).

En las prospecciones sobre los fondos de vieira tehuelche *Aequipecten (Chlamys) tehuelchus*, organismo dominante de la comunidad de fondos arenosos de costeros del GSM, la ostra puelche fue registrada, representando el 2,4 % de la fauna acompañante en esas campañas (Olivier et al., 1970).

El rango de distribución de la ostra puelche en la costa NE del GSM se extendió desde Villarino a CLL, aunque de manera dispersa, con algunas agregaciones más constantes en la zona de PO-BF y en CLL. Por el contrario, en la costa NO, se distribuyó de manera continua desde LG hasta el sur de ES, entre los 9 y 20 m de profundidad (Figura 2.4.3). La presencia de la ostra en ES y en el BO resultó frecuente (Figura 2.4.4), con un área de distribución parcialmente superpuesta con la de la zona afectada por el arrastre durante la pesquería de vieira (Figura 2.1). Se registró la presencia aislada de ostras a latitudes mayores (42°S), en la zona de Puerto Lobos y Punta Colorada, sobre fondos de tosca (Scarabino, 1977), aunque en el estudio sobre las poblaciones de vieira en las costas N y S del GSJ no fue registrada (Olivier et al., 1974).

En la prospección efectuada con el buque pesquero Santa Ana (1980), la ostra puelche fue registrada en cuatro estaciones de la costa NO (14-18 m profundidad), como fauna acompañante de la vieira tehuelche, y no así en las estaciones más australes.

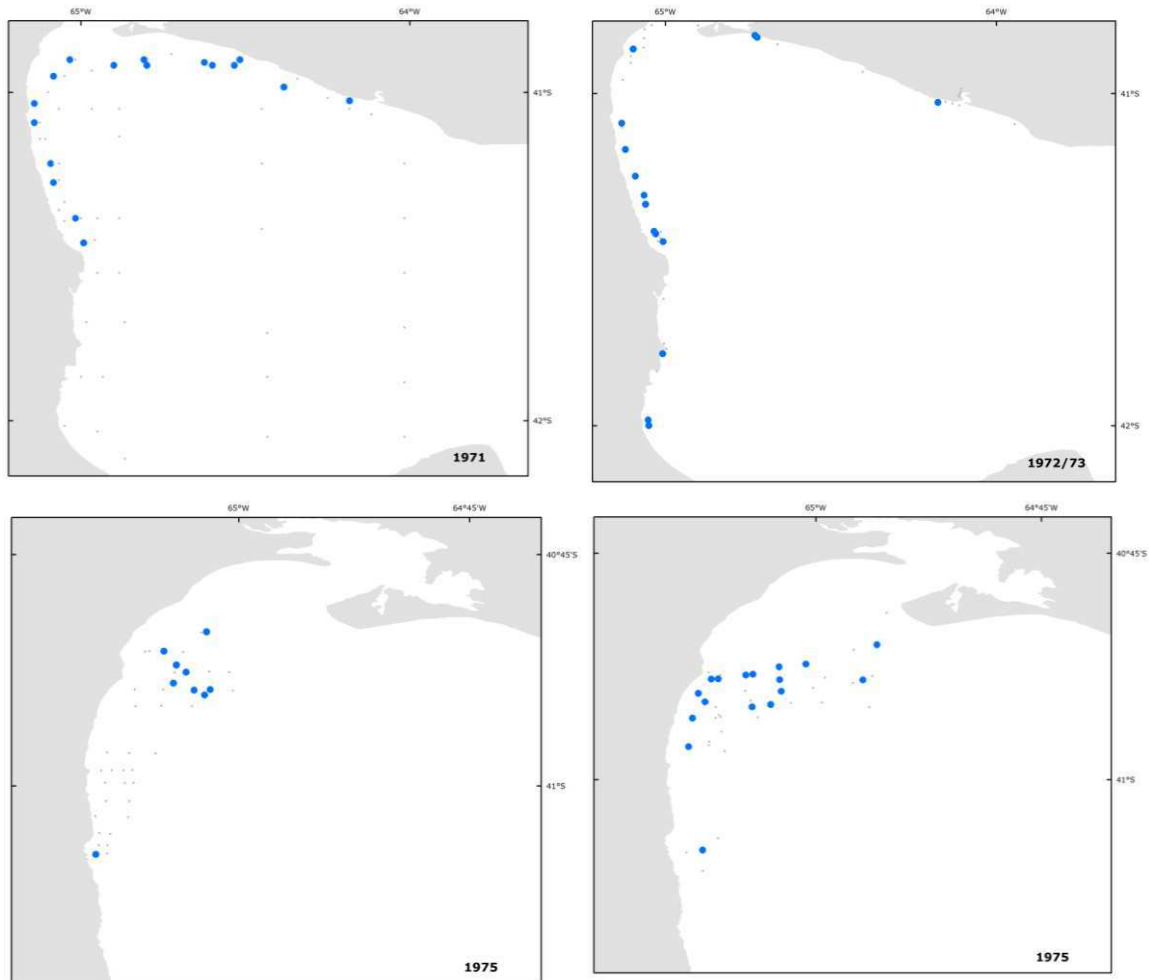
#### *Período 1985-2006*

Durante el período 1985-2006, se llevaron a cabo unas 15 campañas de investigación científico-pesqueras en el GSM, con el propósito de estudiar el patrón espacial de las principales especies de la epifauna (Tabla 2.4.1).

En relación a *O. puelchana*, los resultados mostraron un patrón intrigante de distribución espacial con diferencias entre las costas NO y NE. Dos sucesos contrapuestos ocurrieron a nivel poblacional en el período analizado. Los bancos de la costa NO, Bajo Oliveira (BO) y El Sótano (ES), mostraron el mismo patrón de ocurrencia observada en información histórica anterior, pero con una disminución de la densidad de ostras en el período 1990-2000 sin signos de recuperación para 2006 (Figuras 2.4.4 y 2.4.7), donde el banco de BO prácticamente había desaparecido. La densidad de cluckers en 2006 fue de 1,28.m<sup>-2</sup> y la relación *cluckers*: ostras vivas fue de 2,2:1.

Los bancos de la costa NE mostraron un patrón inverso. En 1987, la ocurrencia de ostras era aislada (densidad máxima <0,05 indiv. m<sup>-2</sup>; Figura 2.4.5.a). Estas densidades aumentaron gradualmente entre PO y EN exhibiendo para 1990 una distribución más continua (Figuras 2.4.5.b). Al año siguiente, el buque Austral

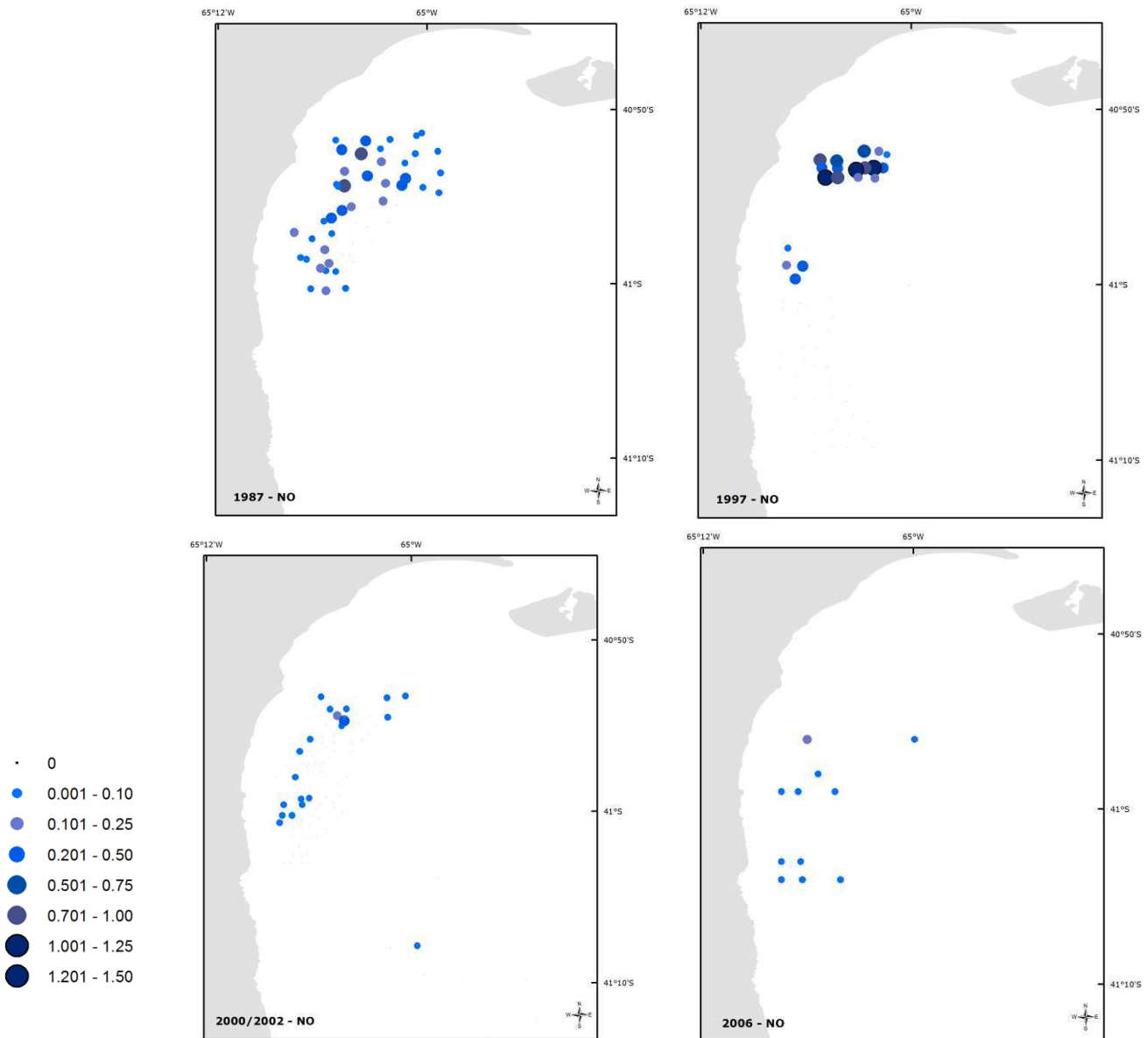
recorrió la costa NE del GSM, hasta Bahía Rosas, registrando la presencia de *O. puelchana* a lo largo de toda la costa, incluso fuera del golfo (Figura 2.4.8). No fue posible estimar la densidad en forma precisa debido a las dificultades logísticas del buque para cuantificar las maniobras de arrastre.



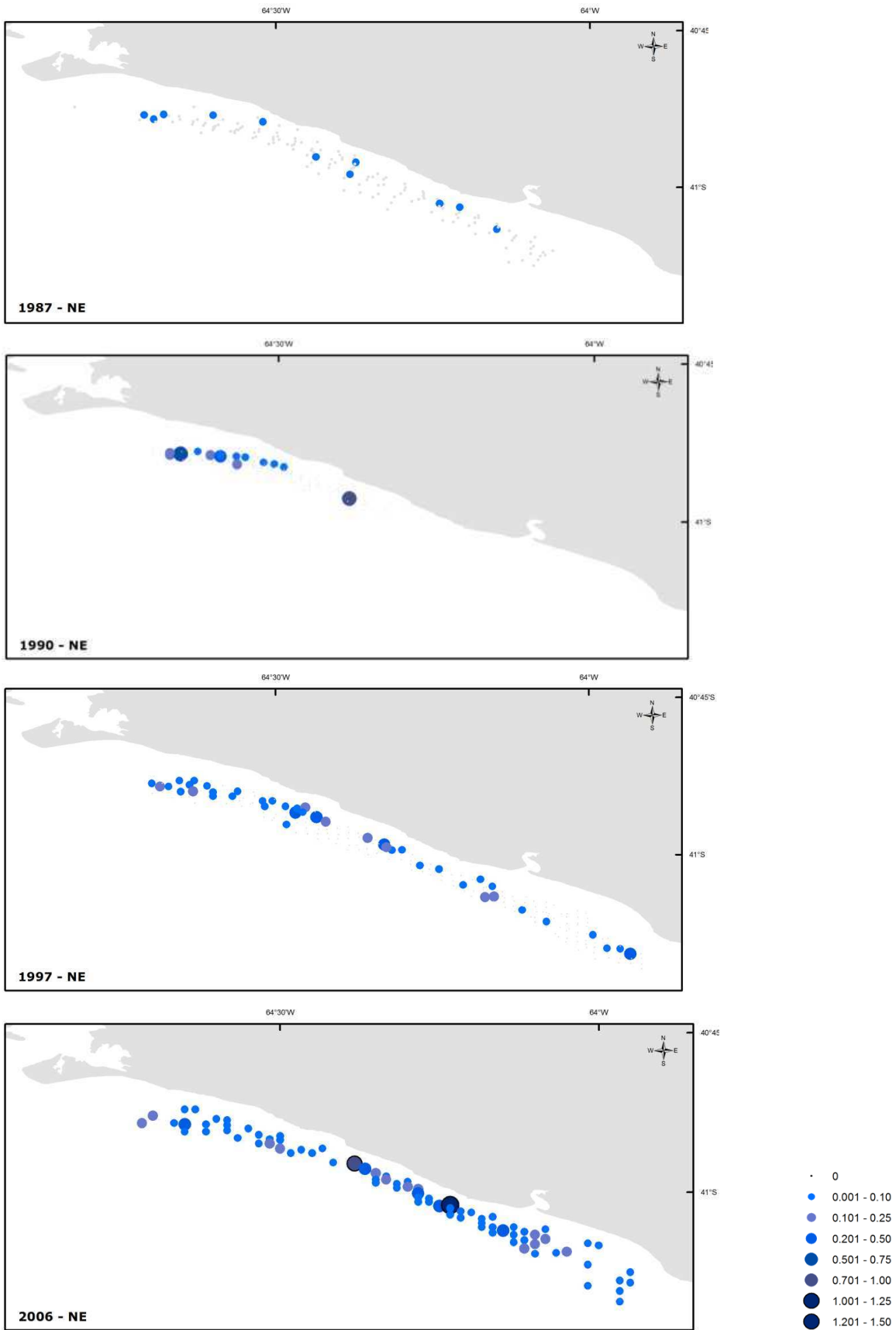
**Figura 2.4.3.** Registros de *O. puelchana* en prospecciones de 1971-1975. Bibliografía en Tabla 2.4.1.

Cinco años más tarde, en 1996, la extensión de los bancos se mantuvo, y las abundancias fueron mayores. En 2006, la densidad media fue de 0,1 ind./m<sup>2</sup>, registrándose parches con densidades mayores (frente a Ens y BF) y los bancos se extendieron prácticamente en toda la costa NE, desde Punta Villarino hasta CLL (Figuras 2.4.5 y 2.4.7). En la costa NE, el número medio *cluckers* por estación fue de 0,77, mientras que la relación *cluckers*: ostra viva fue de 0,3:1.

Por otra parte, en la costa SO, en el año 2000, se registró la presencia de *O. puelchana* al sur de Puerto Lobos y en el Golfo San José (Figura 2.4.6, Tabla 1). Estas agrupaciones se ubicaron unos 170 kilómetros al sur de los bancos del NO del GSM, fuera del rango de distribución histórico. Si bien inicialmente fueron registros aislados (Ciocco 1995), de acuerdo con su abundancia actual (1 ind./m<sup>2</sup>; Vazquez, comunicación personal) al presente son considerados como bancos (Ciocco, 2001; Ciocco, 2006).

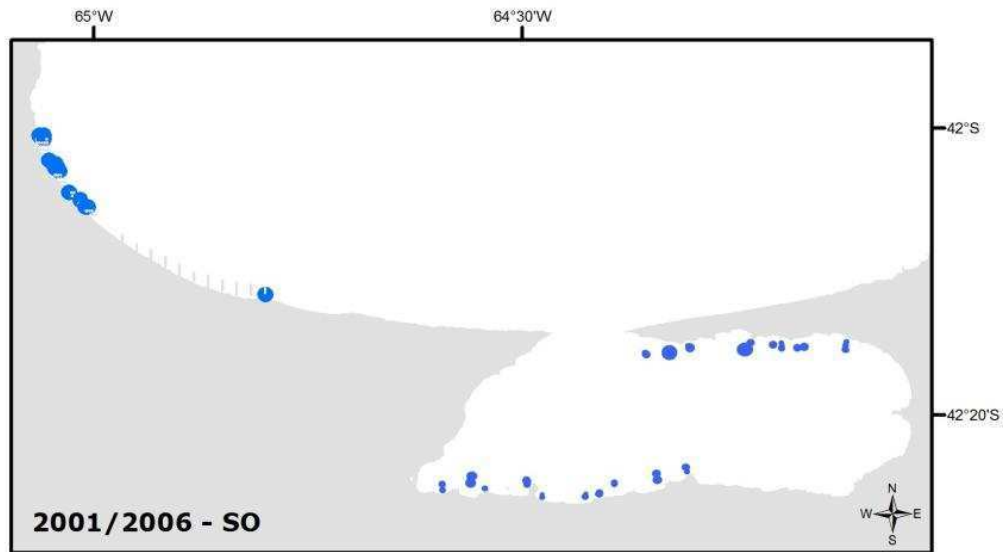


**Figura 2.4.4.** Registro de *Ostrea puelchana* en las prospecciones en la costa NE del GSM (1987-2006). La escala representa ostras/m<sup>2</sup>.

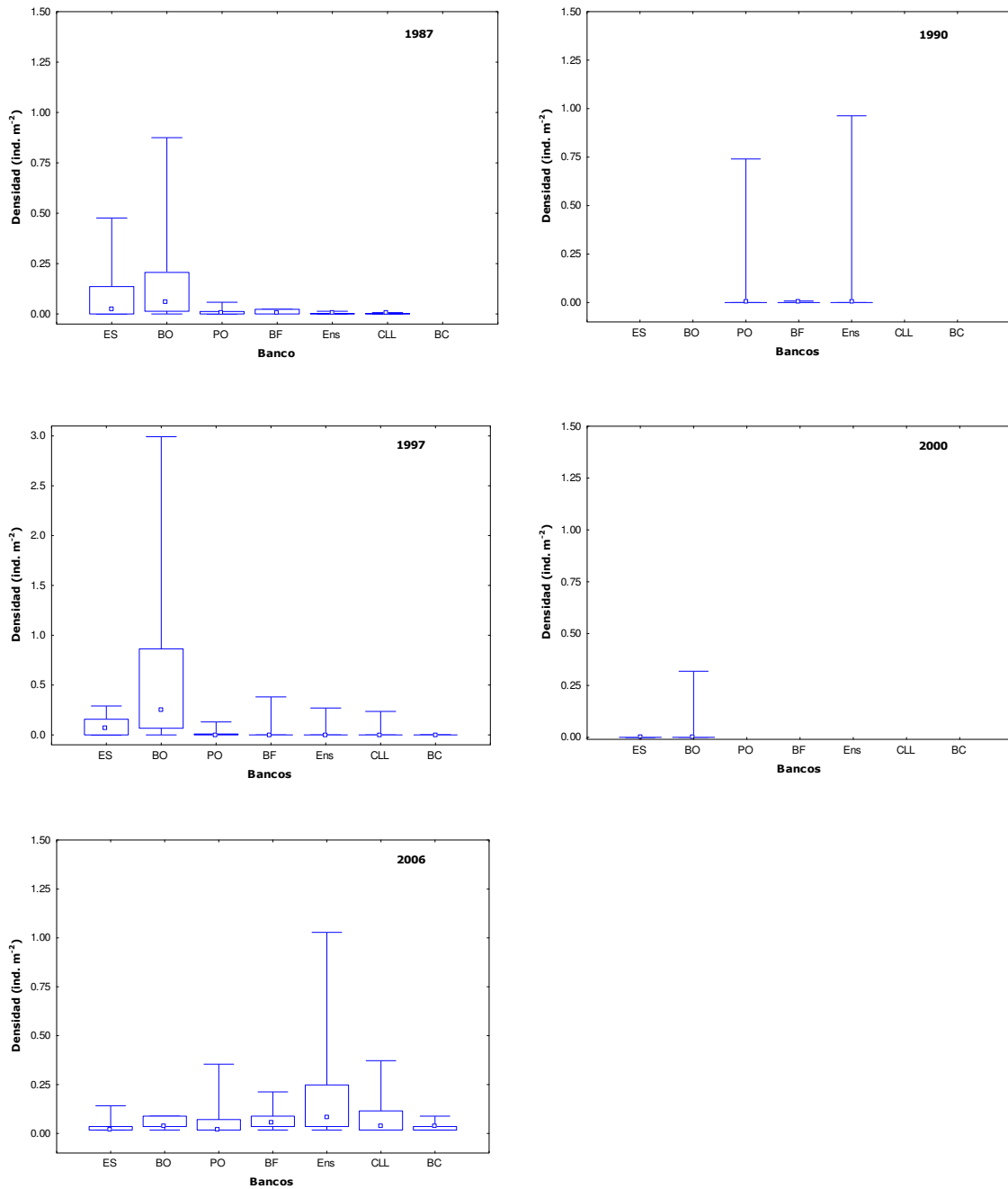


**Figura 2.4.5** Registro de *Ostrea puelchana* en las prospecciones en la costa NO del GSM, desde Villarino a BC (1987-2006). La escala representa ostras/m<sup>2</sup>.

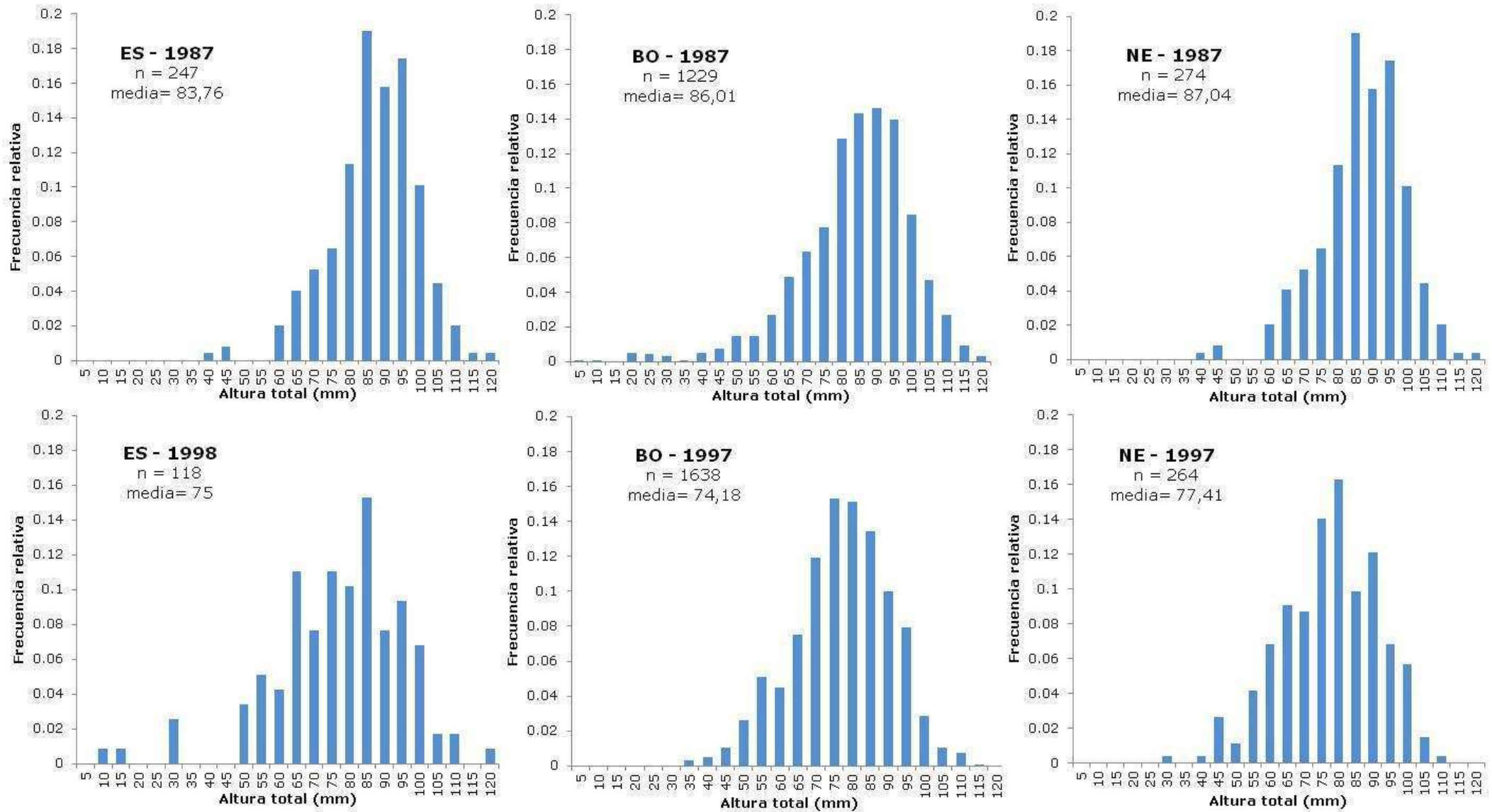
En relación a las modificaciones en la composición demográfica, ésta se desplazó levemente hacia tallas menores en el período de 10 años en ambas costas (Figura 2.4.8). La DFT de ES no pudo ser comparada por diferencia en el tipo de muestreo, pero claramente exhibe la misma tendencia (Figura 2.4.8).



**Figura 2.4.5.** *O. puelchana* en la costa suroeste del GSM y en el GSJ (extraído de Ciocco 2001, 2006). Los círculos celestes indican el registro de ostras.

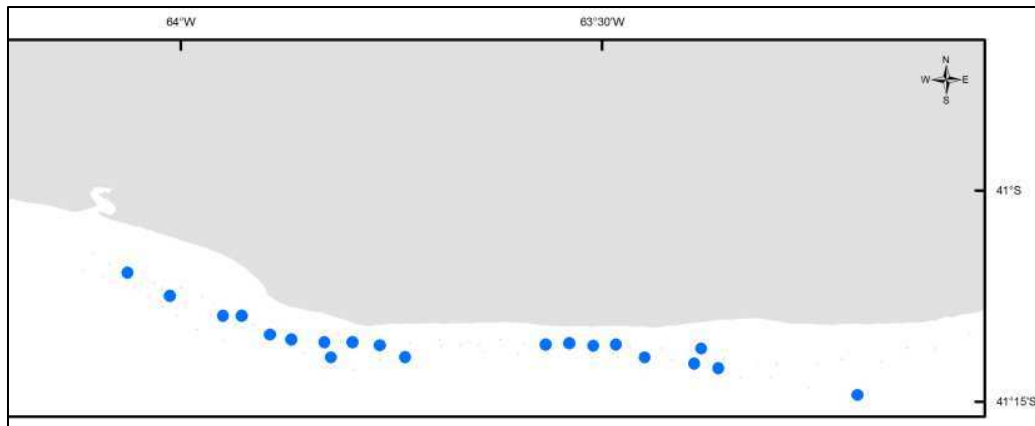


**Figura 2.4.6.** Densidades de *O. puelchana* entre 1987 y 2006 en los bancos de El Sótano (ES), Bajo Oliveira (BO), Playa Orenge (PO), Barranca Final (BF), Ensenada (Ens), Caleta de los loros (CLL) y Bahía Creek (BC). Se grafican la mediana, los valores máximo y mínimo, y el primer y tercer cuartil.



**Figura 2.4.7.** Distribución de frecuencias de tallas de individuos de *O. puelchana* entre 1987 y 1998 en los bancos de la costa noroeste, El Sótano (ES) y Bajo Oliveira (BO), y de los bancos de la costa noreste. Se incluye la cantidad de individuos medidos y el valor medio en mm.





**Figura 2.4.8.** Registro de *O. puelchana* por la campaña Austral 1991 en la costa noreste del GSM, y en las afueras del golfo. Los círculos celestes indican el registro de ostras.

## 2.5. Discusión

Durante muchos años se han aceptado como verdaderas algunas afirmaciones acerca de *O. puelchana* que merecen ser revisadas: i) el límite sur de la distribución es el NO del GSM, y el frente termohalino opera como una barrera para la distribución meridional; ii) el sector NO del GSM es el único sitio donde esta especie forma bancos debido a las condiciones oceanográficas especiales; iii) estos bancos, sin pesca, tienen una persistencia espacial a largo plazo, y iv) esta especie tienen una dinámica con un ritmo lento, que equilibra una baja tasa de reclutamiento con un patrón reproductivo sofisticado. La información generada en los últimos diez años, pone en controversia algunas de estas afirmaciones que merecen ser discutidas y eventualmente, modificadas.

- El hallazgo de ejemplares de *O. puelchana* al sur de Puerto Lobos y en el Golfo San José en densidades considerables (Ciocco, 2001; Cremonte *et al.*, 2005; Ciocco, 2006), confirma los registros aislados anteriores (Scarabino, 1977; Ciocco, 1995; Orensanz, comunicación personal) y somete a discusión el límite de distribución histórico de la especie y la barrera térmica impuesta por el frente termohalino. Estas agrupaciones se ubican 170 kilómetros al sur de los bancos de la costa NO del GSM y puede ser considerados como bancos de acuerdo con su abundancia (Ciocco, 2001; Ciocco, 2006). Esta especie no había sido registrada como componente de la comunidad bentónica del GSJ en estudios ecológicos realizados durante los años 1970 y 1980 (Olivier *et al.*, 1974; Zaixso *et al.*, 1998), por lo que este registro indicaría una expansión hacia el sur de las poblaciones de *O. puelchana*, más allá del frente termohalino. Existe un antecedente de traslado de ejemplares de ostra puelche en 1982 a la Laguna Punta Cerro en Península de

Valdes (42° 30' 63° 35'). Las ostras fueron cultivadas durante dos años, en los cuales hubo una baja captación de semillas (Fernández Castro & Lucas, 1987). Larvas originadas en la laguna podrían haber sido arrastradas por las corrientes hacia el norte (Figura 1.5) pero no explicarían la existencia de bancos en la costa sur del GSM y en el GSJ.

Las tendencias climáticas de los últimos años podrían explicar en parte la expansión de los bancos de ostras hacia el sur del GSM. Existen evidencias de que el clima regula la abundancia de las especies, y su rango geográfico de distribución (Lutaenko, 1993; Strom, 2003; Harley *et al.*, 2006). Lutaenko (1993) concluyó que un aumento de la temperatura de la superficie de la masa de agua de entre 0,1-0,2°C puede provocar un desplazamiento de aproximadamente 100 km de los límites de distribución de moluscos de aguas cálidas en Japón. Durante el siglo pasado, la temperatura de la Tierra se ha incrementado en aproximadamente 0,6°C, con dos períodos de calentamiento: entre 1910 y 1945, y desde 1976 al presente, registrándose también cambios en los regímenes de precipitación (Walther *et al.*, 2002). En el Golfo San Matías, se han verificado modificaciones en el clima; existe una tendencia positiva en las precipitaciones en la provincia de Río Negro en los últimos años (Genchi *et al.*, 2010; Gonçalves *et al.*, 2010). Estas variaciones climáticas posiblemente tengan efectos sobre la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos, que incluyen cambios en la disponibilidad de recursos, efectos sobre su potencial reproductivo, aumento del nivel de heterogeneidad espacial, y variaciones en la intensidad de interacciones biológicas (Wrona *et al.*, 2006). A consecuencia de las modificaciones de clima, *O. puelchana* habría encontrado oportunidades de dispersión hacia áreas australes, como el caso de las poblaciones del Golfo San José de la almeja *Panopea abbreviata*, donde éstas están conformadas por individuos que no superan los 20 años y su presencia en este golfo no había sido reportada hasta fines de los años 90 (Zaidman, 2013).

La presencia de ostras subfósiles del Holoceno en los cordones arenosos de la costa de Puerto Lobos indica que el rango de distribución geográfica en el pasado pudo haber sido similar al actual. El clima mundial del Holoceno Medio, período conocido como óptimo climático (*Hypsithermal*), se caracterizó por el aumento de la temperatura y la humedad, y fue la causa de migraciones y desplazamiento de fauna hacia el sur de la frontera entre las provincias malacológicas Argentina (templado cálido) y Magallánica (frío templado) (Pastorino, 1989). La presencia de *O. puelchana* en las costas del sur del GSM durante el Holoceno podría explicarse como una respuesta a este período de calentamiento, y el límite geográfico podría haberse desplazado posteriormente a consecuencia de las fluctuaciones climáticas. La presencia de la ostra puelche en la costa NE de GSM se evidenció mediante los

afloramientos de valvas en las terrazas del Pleistoceno y Holoceno, que se corroboraron *in situ* en varios lugares a lo largo de la costa.

- En cuanto al desarrollo de los bancos del sector NE del GSM, el registro de *Ostrea puelchana* en esa costa previo a los años 1970-1980, se limitó a individuos aislados en aguas poco profundas. Si bien esa costa es de difícil acceso como para que las campañas de investigación se realizaran de manera sistemática en el tiempo, la información presentada en este capítulo permite sugerir que durante los siguientes 20 años esos bancos se fueron consolidando, a lo largo de toda la costa, desde Punta Villarino hasta Caleta de los Loros. Este proceso de expansión fue temporalmente coincidente con una actividad intensa de pesca con rastra, en zonas adyacentes más profundas durante más de 20 años, que produjo perturbaciones del hábitat, como la re-suspensión de sedimentos, la remoción de sustratos rocosos y biogénicos, y drásticos cambios en la composición faunística (Morsan, 2009). Sin embargo, la evidencia aquí presentada muestra que las bajas profundidades en las que se encuentran los bancos de ostra, actuaron como refugio ante esta perturbación, ya que estos bancos se consolidaron y experimentaron una expansión.

Por otro lado, la prospección de 1991 registró ostras aisladas a lo largo de toda la costa NE, incluso fuera del golfo (Figura 2.4.8), con lo cual es posible suponer que esa fue la vía de ingreso de larvas que promovieron los bancos del sector NE del GSM. La corriente costera del sector NE del GSM fluye en sentido O-E (Figura 1.5), posibilitando el ingreso al golfo de larvas provenientes de asentamientos ubicados más al norte.

- La persistencia espacial a largo plazo de estos bancos sin pesca, se evidencia por la presencia de *O. puelchana* en el N del GSM y la existencia de bancos del NO documentados por primera vez a finales del siglo XIX por los exploradores que llegaron a la Patagonia. Durante el siglo siguiente, se documentó la ubicación y abundancia de los bancos (Tabla 1; Secciones 2.4.3. y 2.4.4). A pesar de la discontinuidad en las campañas y el empleo de distintos métodos, la ubicación espacial de los bancos ha sido persistente a lo largo de los años, a pesar de las fluctuaciones poblacionales. Los bancos de BR, LG y BO han existido por al menos 110 años.

Esta persistencia espacial ocurre a pesar de fluctuaciones de la abundancia a causa de varios factores. La continuidad a largo plazo de los bancos de BO y ES, confirman que éstos no fueron afectados por la pesca con rastra que se produjo en las zonas adyacentes más profundas. La contracción dramática de estos bancos entre 1990 y 2000 se produjo años después del cierre de las operaciones de pesca

en esa costa. Aún cuando la pesquería de vieira se re-abrió en el año 2000, sólo se permitió el acceso a la flota artesanal durante dos meses al año. Los desembarques fueron supervisados intensamente por la autoridad competente, y no se registraron ostras como captura incidental, probablemente debido a que esta pesca ocurrió a mayor profundidad, ya que la distribución de abundancia de la vieira tehuelche se encontraba a más de 25 m (Morsan & Narvarte, 2000).

Carranza *et al.* (2008) propusieron a la pesca clandestina en los bancos someros de ostra, LG y BR, para explicar en parte la disminución en la abundancia de los mismos. Estos bancos, de fácil acceso y, por lo tanto, de difícil control por parte de las autoridades, pueden haber sido objeto de la extracción aislada para consumo personal y para suministro de los comercios de la costa. Si bien no existen datos de esa extracción ilegal, múltiples citas orales hacen referencia a ese consumo local. Por otro lado, por estar situados próximos a la Bahía de San Antonio, están expuestos a los efectos antropogénicos como descargas de efluentes al mar, debido al desarrollo de la ciudad de San Antonio Oeste y del Balneario de Las Grutas (Kroeck *et al.*, 2008). La intensa y creciente actividad náutica y de buceo autónomo en la zona también podrían afectar a estos bancos, a través de la remoción del sedimento del fondo.

Por otra parte, los bancos más extensos, como BO y ES, han estado expuestos a otro tipo de suceso que condujeron a la disminución de su abundancia. El evento de epizootia producido por *B. exitiosa* sobre el cultivo de ostras (Kroeck & Montes, 2005), podría interpretarse como el factor clave que explicaría la contracción de los bancos de la costa NO en el período posterior a 1996 (incluyendo a BR y LG). La reducción de la prevalencia desde el máximo valor (> 50%) a menos del 10%, puede explicarse solamente por la mortalidad de las ostras infectadas, debido a que estos individuos no son capaces de eliminar el parásito intracelular (Kroeck *et al.*, 2008). La tendencia de la prevalencia en los bancos más cercanos sugiere que la enfermedad se propagó desde el cultivo situado dentro de la Bahía de San Antonio hacia los bancos de BR, LG, BO y ES, siguiendo el flujo de la marea y afectándolos secuencialmente (Kroeck *et al.*, 2008). La geomorfología de la bahía de San Antonio podría haber amortiguado el efecto de la infección en el caso del banco de PO, situado en el este de la boca de la bahía. A partir del análisis de datos de campañas realizadas entre 1986 a 2006, los resultados mostraron que las consecuencias de la epizootia se han extendido por más de una década.

- La dinámica de *O. puelchana*, puede caracterizarse como un balance entre una baja tasa de reclutamiento con un patrón reproductivo sofisticado. Cabe recordar que la dinámica de una población espacialmente estructurada depende de dos procesos separados: i) la conectividad entre las subpoblaciones y, ii) procesos

demográficos de cada subpoblación (Gilbert, 2011). En los bivalvos marinos, la conectividad entre bancos (y la colonización de nuevas áreas) está mediada por la dispersión larvaria (Orensanz *et al.*, 1991). A diferencia de algunas poblaciones de bivalvos que exhiben pulsos repentinos e irregulares de abundancias elevadas, como resultado de un fuerte reclutamiento en respuesta a condiciones ambientales favorables para el asentamiento de larvas, las ostras muestran particularidades en la renovación poblacional: mecanismos únicos de reproducción, una baja tasa de reclutamiento, y una selección activa de las larvas por el sustrato de asentamiento. Las ostras son hermafroditas protándricos alternantes, revertiendo su condición sexual hacia una fase femenina cuando alcanzan una talla de 50-55 mm (Calvo & Morriconi, 1978; Pascual *et al.*, 2001). Las hembras requieren más de 17,5°C para desovar (Pascual, comunicación personal), mientras que el inicio de la incubación de larvas en los bancos naturales ocurre al superar los 16°C, con una variación interanual entre 16°-20°C (Castaños *et al.*, 2005). La fase larvaria, tiene un período extenso de vida (20-22 días a 19°-20°C; Pascual & Zampatti 1995). Estos requerimientos térmicos condicionan la reproducción dentro de las subpoblaciones y la conectividad entre ellas, las cuales están sometidas a distintos regímenes oceanográficos. Por otro lado, el fenómeno de portación, característica única de esta especie, garantiza una reproducción exitosa.

Los bajos niveles de reclutamiento aceptan distintas explicaciones. Las corrientes costeras arrastrarían las larvas originadas en un sitio, hacia lugares distantes. El largo período de vida planctónica disminuye la posibilidad de que en cada banco las larvas recluten *in situ* (Pascual, 1993). La larva de *O. puelchana* tiene requerimientos específicos de sedimento. Pascual & Zampatti (1995) describieron que las larvas de la ostra puelche se asientan sobre sustratos duros, pero preferentemente sobre el zócalo de las valvas de ostras vivas, posiblemente en respuesta a una interacción química mediada por entre la larva y el adulto. Por lo tanto, la coherencia geográfica en la expansión de los bancos de ostras podría reflejar condiciones adecuadas generales para la supervivencia de las larvas a largo plazo, al menos en la costa NE. Por otro lado, los bancos de la costa NO mostraron un patrón de contracción a menor escala espacial que contrasta con esta coherencia geográfica de expansión, lo cual indicaría la independencia de ambos procesos.

## **2.6. Referencias**

Bannister, C. & D. Key. 1982. Bonamia a new threat to the native oyster fishery. Fish Nat MAFF Direct Fish Res 71:7.

- Bórmida, M., & M. D. C. Etcheverry. 1966. El yacimiento Precerámico Arcaico de El Sótano:(San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro). *Etnia*, (4).
- Caddy, J.F. & J.A. Gulland. 1983. Historical patterns of fish stocks. *Marine Policy*. Vol.7. (4): 267–278.
- Calvo, J. & E.R. Morriconi. 1978. Epibiontía et protandria chez *Ostrea puelchana*. *Haliotis* 9: 85–88.
- Carcelles, A.R. 1947. Mariscos de las Costas Argentinas. *Argentina Austral*. Año 18. 186. 21 p.
- Carcelles, A.R. & A. Pozzi. 1933. Apuntes sobre la fauna del Golfo San Matías. *Boletín del Centro Naval (Buenos Aires)*, 51: 693-708.
- Carcelles, A. R & S. J. Williamson. Catálogo de los Moluscos Marinos de la Provincia Magallánica. Tomo II. N°5. 1951. Instituto Nacional de Investigación de las ciencias naturales. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Buenos Aires. 383 págs.
- Carranza, A.; Defeo, O. & M. Beck. 2009. Diversity, conservation status and threats to native oysters (Ostreidae) around the Atlantic and Caribbean coasts of South America. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 19:344–353.
- Castellanos, Z.J.A. 1957. Contribución al conocimiento de ostras del litoral argentino (*Ostrea puelchana* y *O. spreta*). *Min. Agric. Gan. Nac., Argentina*, 52 p.
- Ciocco, N.F. 2001. Relevamiento de bancos de moluscos bivalvos de interés marisquero en el Golfo San José. *Inf. Téc. N° 11, LAPEMAR-CENPAT*, 68 p.
- Ciocco, N.F. 2006. Relevamiento de bancos de bivalvos de interés marisquero en la porción sur del Golfo San Matías. *Inf. Téc. N° 18 del LAPEMAR, CENPAT*, 38 p.
- Cranfield, H.J.; Dunn, A.; Doonan, I.J. & K.P. Michael. 2005. *Bonamia exitiosa* epizootic in *Ostrea chilensis* from Foveaux Strait, southern New Zealand between 1986 and 1992. *ICES Journal of Marine Science*, 62:3-13.
- Cranfield, J.H., Michael, K. P. & I.J. Doonan. 1999. Changes in the distribution of epifaunal reefs and oysters during 130 years of dredging for oysters in Foveaux Strait, southern New Zealand. *Aquatic Conser: Mar. Freshw. Ecosyst.* 9: 461–483.
- Cremonte, F.; Figueras A. & E. M. Burreson. 2005. A histopathological survey of some commercially exploited bivalve molluscs in northern Patagonia, Argentina. *Aquaculture*. Vol. 249, 1-4: 23-33.
- Doldan, M.S.; Morsan, E.M.; Kroeck, M.; Zaidman, P. & Oherens, E. Reconstructing historical changes in the flat native oyster (*Ostrea puelchana*) population in Northern Patagonian gulfs, Argentina. *En prensa*.

- Escofet, A.M.; Orensanz, J.M.; Olivier, S.R. & V. Scarabino. 1977. Biocenología bentónica del Golfo San Matías (Río Negro, Argentina): Metodología, experiencias y resultados del estudio ecológico de un gran espacio geográfico en América Latina. En: Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nac. Autón. México. 59-82. 5(1):
- Eyroa, C.E. 1884. Viaje de exploración del vapor-aviso Vigilante al mando del subteniente don C. E. Eyroa, al Golfo San Matías. 277-319. En: Memoria del Ministerio de Guerra y Marina correspondiente a 1884, Boletín del Centro Naval. Tomo II. Buenos Aires, 698 p.
- Favier-Dubois, C. M. & R. Kokot. (2011). Changing scenarios in Bajo de la Quinta (San Matías Gulf, Northern Patagonia, Argentina): Impact of geomorphologic processes in subsistence and human use of coastal habitats. *Quaternary International*, 245(1), 103-110.
- Fernández Castro, N. & A. Lucas. 1987. Variability of the frequency of male neoteny in *Ostrea puelchana* (Mollusca: Bivalvia). *Marine Biology* 96, 359-365.
- García, S.V. 2009. El estudio de los recursos pesqueros en la Argentina de fines del siglo XIX. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, 2 (2): 206-221.
- Genchi, S.A.; Carbone, M.E.; Piccolo, M.C. & G.M.E. Perillo. 2010. Déficit hídrico en San Antonio Oeste, Argentina. *Revista de Climatología*. 10:29-43.
- Gonçalves, R.J.; Souza, M.S.; Aigo, J.; Modenutti, B.; Balseiro, E.; Villafañe, V.E.; Cussac, V. & E. W. Helbling. 2010. Responses of plankton and fish from temperate zones to UVR and temperature in a context of global change. *Ecología Austral* 20: 129-153.
- Gouletquer, P., Héral, M. & B. J. Rothschild. 1994. Causes of decline of oyster production (*Crassostrea virginica*) in the Maryland portion of the Chesapeake Bay: A literature study. *Halictis* 23: 87-112.
- Harley, C.D.G.; Hughes, A.R.; Hultgren, K.M.; Miner, B.G.; Sorte, C.J.B.; Thornber, C.S.; Rodriguez, L.F.; Tomanek, L. & S.L. Williams. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology letters*, 9(2), 228-241.
- Kirby, M.X. 2004. Fishing down the coast: Historical expansion and collapse of oyster fisheries along continental margins. *PNAS* vol.101 (35): 13096-13099.
- Kroeck, M.A. 2005. *Bonamia* sp. (Protozoa, Haplosporidia) parásito de *Ostrea puelchana* D'Orbigny, (Mollusca, Bivalvia) en el Golfo San Matías (Patagonia, Argentina): Histopatología, identificación e infección. Tesis Doctoral. CRUB, UNCo. 154 p.

Kroeck, M.A. 2010. Gross signs and histopathology of *Ostrea puelchana* infected by a *Bonamia exitiosa*-like parasite (Haplosporidia). *Diseases of aquatic organisms*, 89(3), 229-236.

Kroeck, M.; Morsan E.M. & L. Semenas. 2008. Epidemiological study of *Bonamia* sp. in the native fan oyster, *Ostrea puelchana*, from San Matias Gulf (NW Patagonia, Argentina). *Aquaculture* 276: 5 -13.

Lahille, F. 1900. Informe preliminary del viaje de exploración del "Azopardo" al Golfo San Matías. Min. Agric. Rep. Arg. 78 p.

Lanfredi, N.W. & Pousa, J.L. 1988. Mediciones de corrientes, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro. 13 pp. *Informe Inédito, Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alte. Storni"*.

Lutaenko, K.A. 1993. Climatic optimum during the Holocene and the distribution of warm water mollusks in the Sea of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 102: 273-281.

Morsan, E.M. 2008. Impact on biodiversity of scallop dredging in San Matías Gulf, northern Patagonia (Argentina). *Hydrobiologia* (609): 167-180.

Morsan, E.M.; Iribarne, O.O. & E. Zampatti. 1986. Pesca de mejillón, *Mytilus edulis platensis*, en el Golfo San Matías. Temporada 1985 y primer semestre 1986. Inf Dir Pesca.

Morsan E.M. & M. Narvarte. 2000. Consideraciones acerca del estado actual de la población de vieira tehuelche, *Aequipecten tehuelchus*, con miras a una explotación comercial durante el año 2000. Doc. Téc. 02/00. IBMyPAS.

Narvarte, M.; González, R.; Medina, A.; Avaca, M.S.; Ginsberg, S. & S. Aliotta. 2012. Short term impact of artisanal dredges in a Patagonian mussel fishery: Comparisons with commercial diving and control sites. *Marine Environmental Research* (73):53-61.

Nell, J. A. 2001. The history of oyster farming in Australia. *Marine Fisheries Review*, 63(3), 14-25.

Olivier, S.R.; Christiansen, H.A. & R. Capítoli. 1970. Notas preliminares sobre la vieira tehuelche del Golfo San Matías (Pcia. de Río negro). Proyecto Desarrollo Pesquero. Doc. Inf. 30 p.

Olivier, S.R.; Marziale, R.O. & R. Capítoli, 1971. Recursos malacológicos del Golfo San Matías con algunas observaciones realizadas en la campaña exploratoria "SAO-I-71". FAO. Contrib. N°162 del Inst. Biol Mar. 21 p.

Orensanz, J.M. 1986. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. 195-227. En: Jamienson, G.S. & N. Bourne



(Eds.). North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. Can. Spec Publ. Fish. Aquat. Sci. 92.

Orensanz, J.M. & G.S. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks – a personal perspective on symposium themes.

Orensanz, J.M.; Parma, A.M. & O.O Iribarne. 1991. Population dynamics and management of natural stocks. In: Shumway, S.E. ed. *Scallops: Biology, Ecology & Aquaculture*. Elsevier. 625-713 p.

Orensanz, J.M.; Parma, A.M.; Turk T. & J. Valero. 2006. Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. En: SHUMWAY, S. (Ed.) *Scallop: Biology, Ecology & Aquaculture*. 2nd Ed. Elsevier Publishers. Amsterdam: 1460 pp.

Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.

Pascual, M.S. 1997. Carriage of dwarf males by female puelche oysters: the role of chitons. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212: 173–185.

Pascual, M.S. & A.H. Bocca. 1988. Cultivo experimental de la ostra puelche, *Ostrea puelchana* D'Orb., en el Golfo San Matías, Argentina. En: Verreth, J.; M. Carrillo; S. Zanuy & E.A. Huisman (Eds.). *Aquaculture research in Latin America*. 329-345. Pudoc Wageningen, The Netherlands. 451 p.

Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. *J. Shell. Res.* 20, 1003–1010.

Pastorino, G. 1989. Lista preliminar de moluscos cuaternarios de algunos yacimientos de Río Negro y Chubut, Argentina. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*. Vol VII. N° 56-57. 129-137.

Polanco, E.; Montes. J.; Outon, M. J. & M.I. Melendez. 1984. Situation pathologique de stock d'huitres plates en Galice (Espagne) en relation avec *Bonamia ostreae*. *Haliotis* 14:91–95

Romero, M.A.; González, R.A.; Zaidman, P.C. & D.O. Millán. 2007. Síntesis histórica. Estadísticas de desembarcos pesqueros, artesanales e industriales del Golfo San Matías, Río Negro. *IBMP Serie publicaciones*. 6:23-38.

Rothschild, B.J., Ault, J.S., Gouletquer, P. & M. Héral. 1994. Decline of the Chesapeake Bay oyster population: a century of habitat destruction and overfishing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (11): 29-39.

- Rutter, N; Ruttke, U., Schnack, E. 1990. Comparison of ESR and aminoacid data in correlating and dating quaternaries shorelines along the Patagonian coast, Argentina. *Journal of Coastal Research* 6(2): 391 – 411
- Scarabino, V. 1977. Moluscos del Golfo San Matías (Provincia de Río Negro, Republica Argentina). Inventario y claves para su identificación. 177-286. En: *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*. Vol IV. Nº 31-32. 293 p.
- Schulte, D.M., Burke, R. P. & R.N. Lipcius. 2009. Unprecedented Restoration of a Native Oyster Metapopulation. *Science*: Vol. 325 (5944): 1124-1128.
- Strom, A. 2003. Climate and fisheries in the Pacific Northwest: historical perspectives from geoducks and early explorers. MsSc.Thesis. University of Washington. 63 p.
- Valette, L.H. 1929. Resultados Experimentales en Ostricultura. Dirección de Ganadería. Min. Agric., Argentina. 29 pp.
- Van Banning, P. 1982. Some aspects of the occurrence, importance and control of the oyster pathogen *Bonamia ostreae* in the Dutch oyster culture. In: Burges HD, Payne CC (eds) *Invertebrate pathology and microbial control*. Proceedings of the 15th Annual Meeting of the Society of Invertebrate Pathologists, 6–10 September, Brighton, p 261–265.
- Walther, G. R.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.J.C.; Fromentin, J.M.; Hoegh-Guldberg, O. & F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416: 389-395.
- Wolff, W. J. 2005. Development of human impact on suspension-feeding bivalves in coastal soft-bottom ecosystems. The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems. *NATO Science Series IV: Earth and Environmental Series* (47) 317-330

## Capítulo 3. Estructura espacial de los bancos de *Ostrea puelchana*

### 3.1. Introducción

Las distribuciones espaciales de los organismos, de los factores abióticos y de las interacciones ecológicas, juegan un papel fundamental en la configuración y el mantenimiento de la estructura, y en el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas. El análisis de los patrones espaciales de una especie de interés a pesar de no permitir determinar *per se* qué procesos los determinan, proporciona valiosa información sobre los procesos que han sido importantes en su génesis (Maestre & Escudero, 2008).

El patrón espacial de los organismos afecta su capacidad competitiva y su esfuerzo reproductivo. Asimismo ha sido comprobado que la presencia de heterogeneidad espacial en la distribución de los factores abióticos afecta a un conjunto de procesos ecológicos, modificando atributos como la diversidad y composición de las comunidades, influyendo en interacciones bióticas como la depredación y el parasitismo, aumentando la estabilidad de una población, o modificando los procesos de dispersión, colonización y supervivencia (Orensanz *et al.*, 1991). Muchos estudios que evalúan los patrones espaciales e infieren o demuestran la importancia de ciertos procesos, enfatizan la importancia de la historia de vida y la interacción entre individuos a escalas pequeñas (Thrush, 1991; Fraschetti *et al.*, 2005). Esto lleva a explorar cuestiones sobre los mecanismos que los originan, sobre si los individuos son activos en la generación de los patrones o si éstos últimos son puramente un resultado pasivo de procesos extrínsecos (Orensanz *et al.*, 1991). A mesoescala, la estructura espacial de una metapoblación bentónica es el resultado de la selección de hábitat por parte de juveniles o adultos o de la supervivencia selectiva (Orensanz & Jamieson, 1998). Los patrones que exhibe una población, se inician durante la colonización de las larvas, como resultado de una selección activa de sustrato por parte de éstas. Adicionalmente, la distribución de las larvas puede estar influenciada por los adultos residentes, que generan corrientes al filtrar el agua (Thrush, 1991), o liberan químicos atractivos (Pascual & Zampatti, 1995). Del mismo modo, la supervivencia diferencial de los reclutas podría generar patrones de distribución espacial; así como el grado de exposición a oleaje, los flujos de corriente, el dragado comercial, la exposición a depredadores son otras variables que también podrían generar gradientes espaciales de supervivencia de individuos (Orensanz *et al.*, 1991).

El estudio de los patrones ambientales involucra la descripción de las distribuciones espaciales de los organismos y de los factores abióticos. Cuando las variables ambientales son discontinuas, los organismos se agregan siguiendo esas variables, conformando parches. Un parche se define como un sitio donde la abundancia de los organismos es mayor (o menor) que la de sus alrededores (Addicot *et al.*, 1987). Surgen así patrones a distintas escalas (Ettema & Wardle, 2002): un patrón heterogéneo a gran escala, con parches extensos y continuos, generando gradientes; un patrón heterogéneo a escala pequeña, con abundantes parches pequeños discontinuos; y patrón de heterogeneidad anidada, con múltiples escalas de agregación.

Algunos individuos se distribuyen de manera continua a lo largo de un área, cuyos límites se definen de manera arbitraria. En esos casos, la densidad de una población se define como el número de individuos por unidad de área, por unidad de volumen, o en relación a una unidad arbitraria de muestreo (Begon *et al.*, 1986). Esta medida, muchas veces opaca un concepto biológicamente más significativo, la noción de concentración. Ésta se representa en forma de un perfil y se define como la densidad que experimenta un organismo dentro de su "vecindario" o área de influencia, en la cual las interacciones entre los individuos y su ambiente son efectivas, y se define de acuerdo a procesos específicos: tróficos, reproductivos, sensoriales, vulnerabilidad ante depredación (Orensanz *et al.*, 1998).

En este capítulo se analizó la extensión de los bancos, y se exploraron los patrones espaciales a macroescala (entre bancos) y mesoescala (dentro de los bancos) de la distribución de la densidad aparente y de la biomasa relativa en relación con el reclutamiento, la portación de machos epibiontes, la agregación de ostras adultas, y la densidad de cluckers. Además, para cada banco, se examinó la relación entre la densidad aparente y variables ambientales (latitud, longitud, profundidad, tipo de sustrato). Se realizaron inferencias en relación a los procesos que ocurren a microescala.

### **3.2. Antecedentes**

La información preexistente relativa a la extensión de los bancos de la ostra puelche del Golfo San Matías y a la distribución espacial de las densidades proviene de las prospecciones de los bancos de Banco Reparó (BR), Las Grutas (LG), El Sótano (ES) y Bajo Oliveira (BO) realizadas entre 1985 y 1988 por Pascual (1993; Pascual *et al.*, 2001, ver Capítulo 2) y de un relevamiento de ES en 1998. Pascual analizó la agregación de individuos, la portación de machos y el reclutamiento en

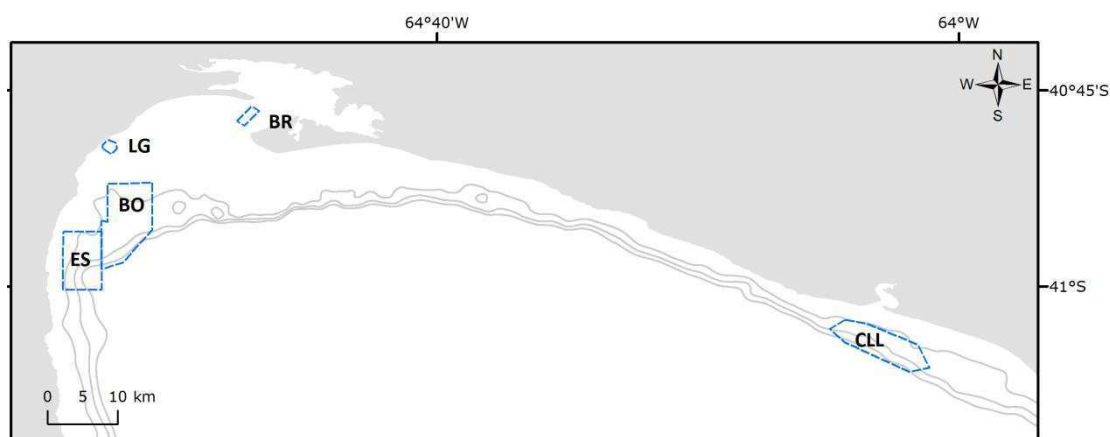
esos bancos, y discutió sus resultados en comparación con una investigación previa de Morriconi & Calvo (1989).

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Procedimiento de la prospección general de los bancos

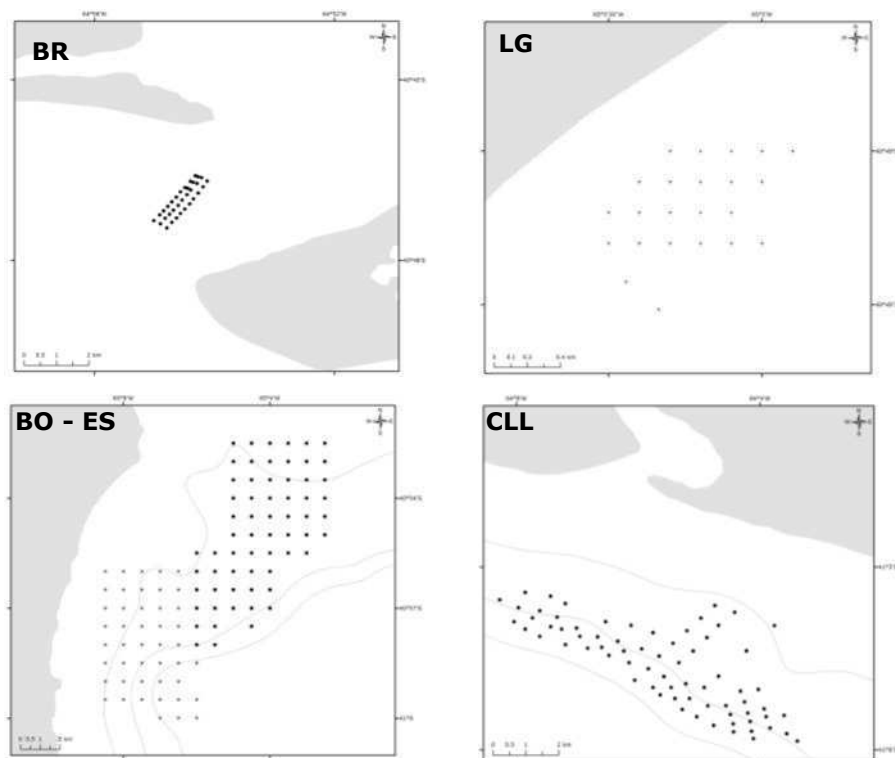
Los bancos de Caleta de los Loros (CLL), Banco Reparo (BR), Las Grutas (LG), El Sótano (ES) y Bajo Oliveira (BO), fueron estudiados mediante prospecciones en cada uno de ellos, llevadas a cabo entre abril de 2009 y mayo de 2011. En cada uno se efectuó un muestreo preliminar en el cual se recorrió el área de extensión histórica mediante buceo autónomo, para definir sus límites.

Una grilla rectangular para cada banco, con estaciones de muestreo ubicadas entre las isobatas de 5 y 30 m, fue establecida con el fin que los relevamientos cubrieran de manera completa el área de cada banco. Las estaciones, en los bancos de LG y BR, estuvieron espaciadas por una décima de minuto de longitud (140,5 m) en sentido perpendicular a la costa y una décima de minuto de latitud (185,53 m), en sentido paralelo a la línea de costa. En el caso de los bancos de CLL, ES y BO, las estaciones se espaciaron por medio minuto de longitud (aprox. 720,5 m) en sentido perpendicular a la costa y, medio minuto de latitud (aprox. 925 m), en sentido paralelo a la línea de costa (Figuras 3.3.2). En cada estación, se señaló el inicio y el fin de una transecta de 1 m de ancho y 50 metros de largo (25 m de largo en el caso de BR), empleando para ello un cabo de 50 m de largo, anclado en sus extremos. Una vez posicionada la transecta mediante boyas en cada estación, el buzo fue recolectando todo el material biológico presente en dicha transecta (un segmento lineal de 1 x 50 m). El procedimiento fue repetido en cada estación.



**Figura 3.3.1.** Contorno de los bancos prospectados (CCL: Caleta de Los Loros; BR: Banco Reparo; LG: Las Grutas; BO: Bajo Oliveira; ES: El Sótano).

En cada estación de muestreo se registraron los datos de posición, tipo de fondo y profundidad. El muestreo se realizó enteramente mediante buceo autónomo apoyado por una embarcación inflable con motor fuera de borda.



**Figura 3.3.2.** Grillas con estaciones de muestreo en los bancos de Banco Reparó (BR), Las Grutas (LG), BO-ES (Bajo Oliveira – El Sótano) y Caleta de los Loros (CLL). En BO-ES los círculos grises pertenecen a la prospección de 2009, mientras que los círculos negros corresponden a la prospección de 2011. Las líneas grises representan la batimetría cada 10 m.

### 3.3.2. Procedimiento de muestreo en laboratorio

Las muestras provenientes de cada estación de muestreo de cada banco fueron tratadas individualmente. Las especies de la flora y de la epifauna, fueron registradas y el material fue conservado en frascos con alcohol 70% para su posterior determinación taxonómica (Resultados en Capítulo 6). Las ostras fueron acondicionadas en acuarios con agua de mar filtrada y aireadores hasta su procesamiento.

Las ostras fueron clasificadas según su talla o naturaleza, en ostras adultas (individuos mayores a 20 mm), reclutas (individuos menores a 20 mm identificables a ojo desnudo) y machos epibiontes.

El nivel de agregación de las ostras fue establecido según si las ostras se encontraban libres o en manojos. Los manojos fueron descriptos registrándose el número de ostras puelche en manojos mono-específicos, y los componentes y número de los manojos mixtos (multiespecíficos).

Las ostras de cada muestra fueron medidas con calibre digital (altura total, At: distancia entre el umbo y el borde opuesto; precisión: 0,01 mm) y pesadas (Pt: peso total libre de epibiontes; precisión: 0,01 g). Seguidamente las ostras se sacrificaron y las valvas fueron separadas. Se registraron las ostras portadoras. Las valvas fueron examinadas a ojo desnudo, para identificar la presencia de reclutas. Las valvas, una vez secas, fueron rotuladas a fin de realizar la datación de las mismas (Resultados en Capítulo 5).

Los componentes de la epifauna acompañante también fueron examinados a ojo desnudo, con el fin de registrar la presencia de reclutas.

### **3.3.3. Tratamiento de la información**

Los datos de profundidad tomados *in situ* fueron corregidos según la tabla de mareas del Servicio de Hidrografía Naval Argentino, en relación a los datos tabulados del Puerto de San Antonio Este. En la corrección se consideró que la onda de marea tiene una diferencia de cinco minutos entre Las Grutas y San Antonio Este (SAE), de 15 minutos entre BO- ES y SAE, y de 20-23 minutos entre CLL y SAE (Servicio de Hidrografía Naval).

Para cada estación de muestreo, la *densidad aparente* fue cuantificada según,

$$\text{densidad aparente} = \frac{(\text{número total de ostras adultas y reclutas})}{1 \text{ m}^2}$$

la *densidad real* fue cuantificada según

$$\text{densidad real} = \frac{(\text{número total de ostras adultas, reclutas y machos epibiontes})}{1 \text{ m}^2}$$

y la biomasa por unidad de área, o *biomasa relativa* como

$$\text{biomasa relativa} = \frac{(\text{sumatoria de los pesos de las ostras de la transecta})}{1 \text{ m}^2}$$

En los cálculos de los valores medios de densidad aparente, densidad real, biomasa relativa y tercer cuartil, para cada banco, no se tuvieron en cuenta los valores nulos periféricos, asumiendo que tales sitios se encuentran por fuera del banco.

Las diferencias entre las densidades aparentes entre las poblaciones, fueron evaluadas mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para varias muestras, debido al incumplimiento del supuesto de normalidad en las densidades de los bancos estudiados.

La estructura espacial de cada banco se analizó mediante histogramas de las distribuciones de frecuencia de *densidades reales* y de los *perfiles de concentración* (Clark, 1982 *sensu* Hilborn & Walters, 1992). Los datos de *densidad real* de cada banco fueron transformados mediante el logaritmo natural, y las frecuencias fueron reagrupadas de acuerdo a los intervalos de clase logarítmicos (Orensanz, 1986). Los perfiles de concentración se obtuvieron como el producto de la abundancia de cada transecta por su frecuencia absoluta (aproximación al cálculo directo de la distribución de la concentración).

Un análisis exploratorio de los datos se realizó mediante estadísticos uni y bivariados para abordar aspectos contenidos en la información espacial, como la localización de valores máximos, tendencias y continuidad espacial. Estos datos fueron incorporados en mapas para analizar gráficamente la distribución de las densidades (*aparente* y *real*) y la distribución de la biomasa total mediante el programa ArcMap 10.

El reclutamiento sobre con-específicos se computó para cada estación calculando el porcentaje del número total de reclutas asentados sobre ostras adultas en esa estación sobre el total de reclutas de la estación. Del mismo modo, la portación de machos epibiontes se calculó para cada estación como el porcentaje del número ostras portadoras de machos epibiontes sobre el total de ostras adultas registradas en esa estación.

Los datos de *densidad aparente* en función de la latitud, de la longitud y de la profundidad se graficaron separadamente para evaluar la existencia de alguna tendencia geográfica en los datos. La relación entre la *densidad aparente* de ostra y el tipo de fondo, fue examinada categorizando los mismos cualitativamente en función del tipo de sustrato dominante observado en cada transecta. Las categorías fueron las siguientes: restinga o piedra (Pi), restinga o piedra con canaletas con arena (Pi-Ar), arena (Ar), arena gruesa (Ag), canto rodado pequeño, ripio o pedregullo (Pe), mistura de arena y pedregullo (Ar-Pe), mistura de pedregullo y valvas de bivalvos (Pe-Val) barro o fango (Fa). En el caso del banco de BR se incluye una categoría adicional que corresponde a praderas de las algas pardas del género *Dictyota* (Al), y en el banco de ES un tipo de fondo de arena gruesa con ejemplares de cholga paleta *Atrina seminuda* semienterrados (Ag-Ch).



Los datos de altura total de los individuos fueron utilizados para analizar la distribución espacial por tallas. Se elaboraron además mapas de la distribución espacial de los grados de agregación y de portación.

### 3.4. Resultados

#### 3.4.1. Datos de prospecciones

Se recorrieron 221 estaciones en 29 días de campaña, cubriendo un área de aproximadamente 175 km<sup>2</sup>, en un rango de profundidades de 0,6 a 26 m (Tabla 3.4.1, Figuras 3.3.1 y 3.3.2).

**Tabla 3.4.1.** Bancos de *O. puechana* del GSM prospectados durante 2009-2011 (CCL: Caleta de Los Loros; BR: Banco Reparo; LG: Las Grutas; BO: Bajo Oliveira; ES: El Sótano).

Banco	Fecha	Estaciones	Extremos				Superficie (km <sup>2</sup> )	Rango de profundidad (m)
			NO	NE	SE	SO		
BR	mayo 2010	33	40° 46,59' S 64° 54,03' O	40° 46,68' S 64° 54,12' O	40° 47,46' S 64° 54,79' O	40° 47,34' S 64° 55,01' O	0,61	3-6
LG	abril 2009	23	40° 49,68' S 65° 5,33' O	40° 49,33' S 65° 4,99' O*	40° 49,50' S 65° 5,34' O	40° 49,43' S 65° 5,44' O	1,2	2,5-5
ES	noviembre 2009- febrero 2010	48	40° 56' S 65° 8,5' O	40° 56' S 65° 6,40' O	41° S 65° 6' O	40° 59,50' S 65° 8,50' O	45	0,6-16
CLL	octubre- diciembre 2010	76	41° 3,42' S 64° 3,39' O	41° 3,97' S 64° 3,76' O	41° 3,90' S 64° 8,04' O	41° 5,86' S 64° 8,28' O	96	10-26
BO	abril-mayo 2011	41	40° 52,5' S 65° 5' O	40° 52,5' S 65° 3' O	40° 55,5' S 65° 3' O	40° 55,5' S 65° 5' O	30	6,5-19

#### 3.4.2 Análisis de patrones a macroescala

##### *Densidad, biomasa y concentración*

La densidad aparente máxima registrada en la costa NO fue de 9 ostras/m<sup>2</sup> (BO) mientras que en la costa NE, de 3,04 ostras/m<sup>2</sup> (CLL) (Tabla 3.4.2). La densidad aparente media fue significativamente diferente entre los bancos de ES y LG (KW p: 0,015), entre ES y BO (KW p: 0,0002) y entre BO y CLL (KW p: 0,005). Los principales estadísticos de los datos de densidad aparente, real y biomasa relativa para cada banco se presentan en la Tabla 3.4.2.

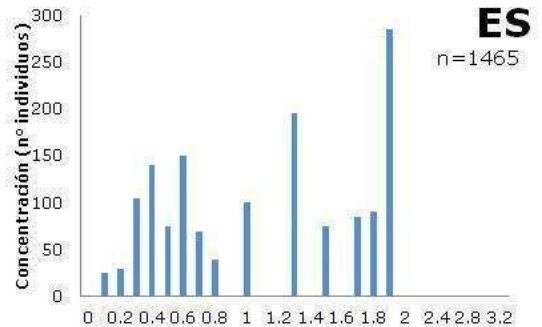
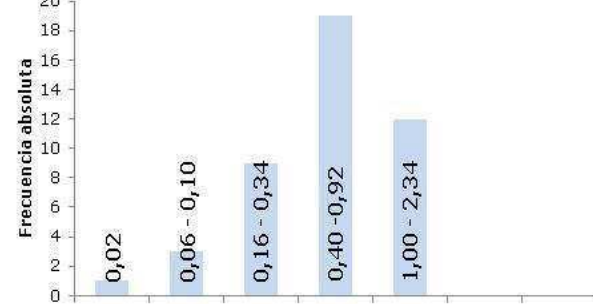
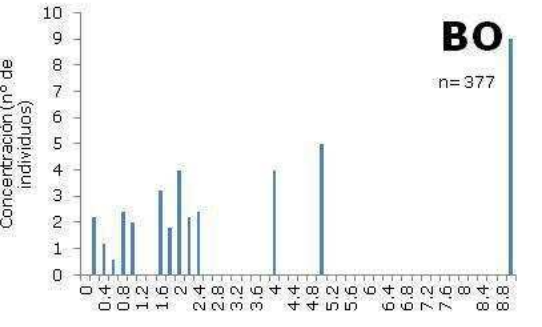
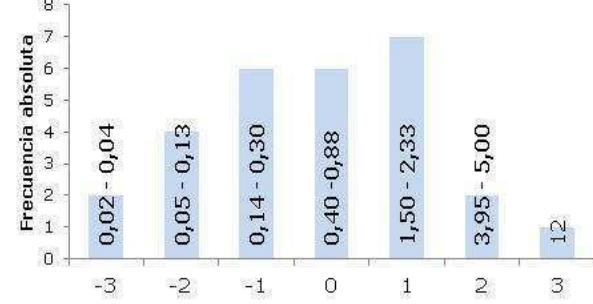
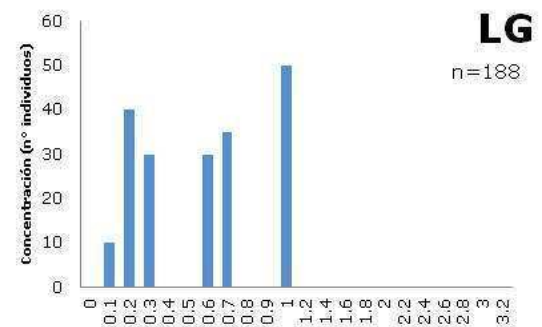
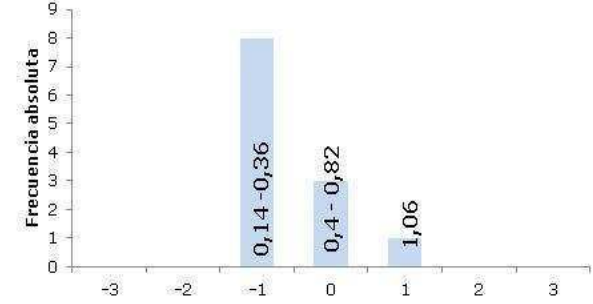
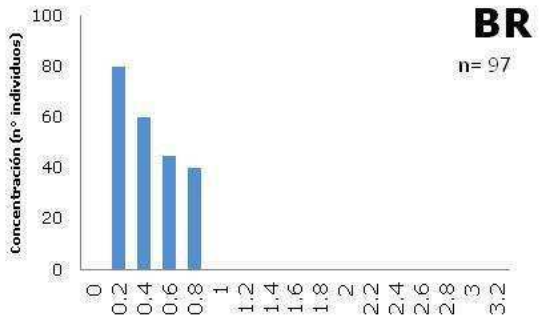
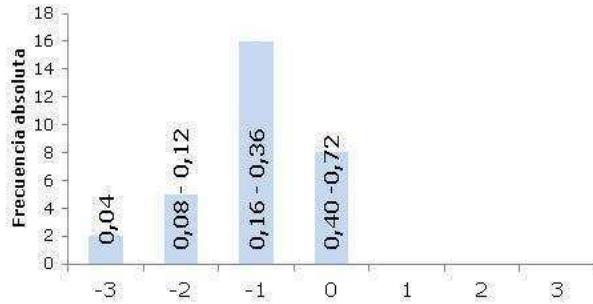
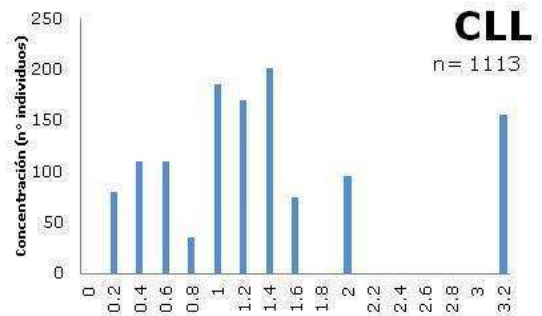
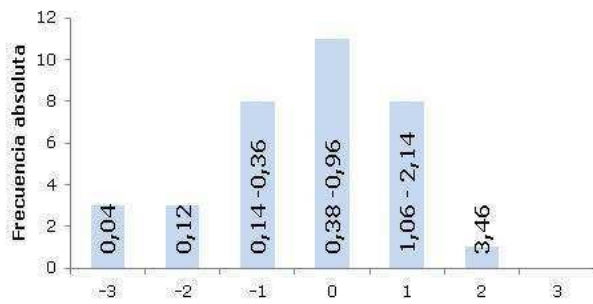
La distribución de frecuencias de la densidad real reveló que los intervalos de densidades más frecuentes y presentes en todos los bancos fueron el de 0,14-0,36 ostras/m<sup>2</sup> y el de 0,38-0,96 ostras/m<sup>2</sup> (Figura 3.4.1). En los bancos de BO y ES también tuvo relevancia la clase siguiente, de 1-2,34 ostras/m<sup>2</sup>.

En los bancos de BR y LG predominaron los valores bajos de densidad (menores a 1 ostra/m<sup>2</sup>, Figura 3.4.1). En los bancos de BO, ES y CLL los valores más frecuentes fueron los bajos e intermedios (menores a 2,5 ostras/m<sup>2</sup>), aunque en los casos de BO y CLL, incluyeron valores extremos más altos (hasta 9 ostras /m<sup>2</sup>, Figura 3.4.1). Los perfiles de concentración revelaron que en CLL, la mitad de los individuos vive en densidades mayores a 1,4 ostras/m<sup>2</sup>, mientras que en LG las ostras viven en densidades menores a 1 ostra/m<sup>2</sup>. En BO, predominaron las densidades bajas, pero incluye núcleos más densos (con concentraciones de dos o seis veces mayores). En ES, la mitad de las ostras fue registrada a densidades mayores a 1,1 ostras/m<sup>2</sup>.

**Tabla 3.4.2.** Principales estadísticos resumen para la densidad aparente, la densidad real y la biomasa relativa. Total de individuos recolectados en cada prospección (n) y rangos de profundidad donde se registraron ostras (m) (CCL: Caleta de Los Loros; BR: Banco Reparo; LG: Las Grutas; BO: Bajo Oliveira; ES: El Sótano).

		CLL	BR	LG	BO	ES
Densidad aparente (ind./m <sup>2</sup> )	X	0,67	0,26	0,32	1,45	0,64
	S	0,64	0,19	0,26	2,36	0,54
	Mediana	0,45	0,16	0,23	0,50	0,42
	máx.	3,04	0,72	0,94	9	1,86
	3° cuartil	1,04	0,38	0,27	0,88	0,73
Densidad real (ind./m <sup>2</sup> )	X	0,83	0,28	0,40	1,75	0,80
	S	0,74	0,18	0,29	3,01	0,63
	Mediana	0,60	0,24	0,29	0,58	0,61
	máx.	3,46	0,72	1,06	12	2,34
Biomasa relativa (g/m <sup>2</sup> )	X	28,85	1,31	9,62	420,83	25,30
	S	25,88	1,08	7,65	655,02	20,42
	Mediana	18,27	1,20	8,10	241,86	20,50
	máx.	109,31	4,33	27,4	3391,06	86,59
Total individuos recolectados (n)		1413	186	233	428	1757
Rango profundidad ostra (m)		12,4-24	3-6	2,5-5	7-14	2,4-16

El banco con mayor biomasa media fue BO, con un valor de un orden mayor que ES y CLL. BR y LG fueron los bancos con menor biomasa relativa (Tabla 3.4.2).



Ln (densidad)

Densidad real (individuos/m-2)

**Figura 3.4.1.** Distribución de frecuencias de densidad real en escala logarítmica y perfil de concentración para cada banco.

#### *Estructura espacial*

La estructura espacial entre bancos, difiere en relación a la distribución de la densidad aparente, al reclutamiento sobre con-específicos, a la portación de machos epibiontes y a la densidad de *cluckers*.

La densidad aparente y la biomasa relativa presentaron una distribución continua en los bancos someros de BR y LG (Figuras 3.4.6 y 3.4.7). Los otros bancos, en cambio, son mucho más extensos, y se conforman por parches heterogéneos, de densidades diferentes. Dos parches bien definidos componen el banco de CLL (Figura 3.4.5). De acuerdo a la distribución de las densidades, en la zona de BO-ES también podrían diferenciarse dos parches, uno al norte (BO) y uno al sur (ES), ambos separados por un área de escasas ostras (Figura 3.4.8).

El reclutamiento sobre con-específicos ocurrió en todos los bancos. El banco de ES, prospectado en primavera-verano 2009, presentó la mayor relación recluta:ostra (3:4) mientras que en CLL (prospectado en la misma época, un año después) el reclutamiento fue del orden 1:2. En LG, prospectado en abril de 2009, el reclutamiento sobre conespecificos fue escaso. En BO y BR, el reclutamiento sobre con-específicos fue prácticamente nulo, aunque en BR se registraron reclutas sobre otros sustratos.

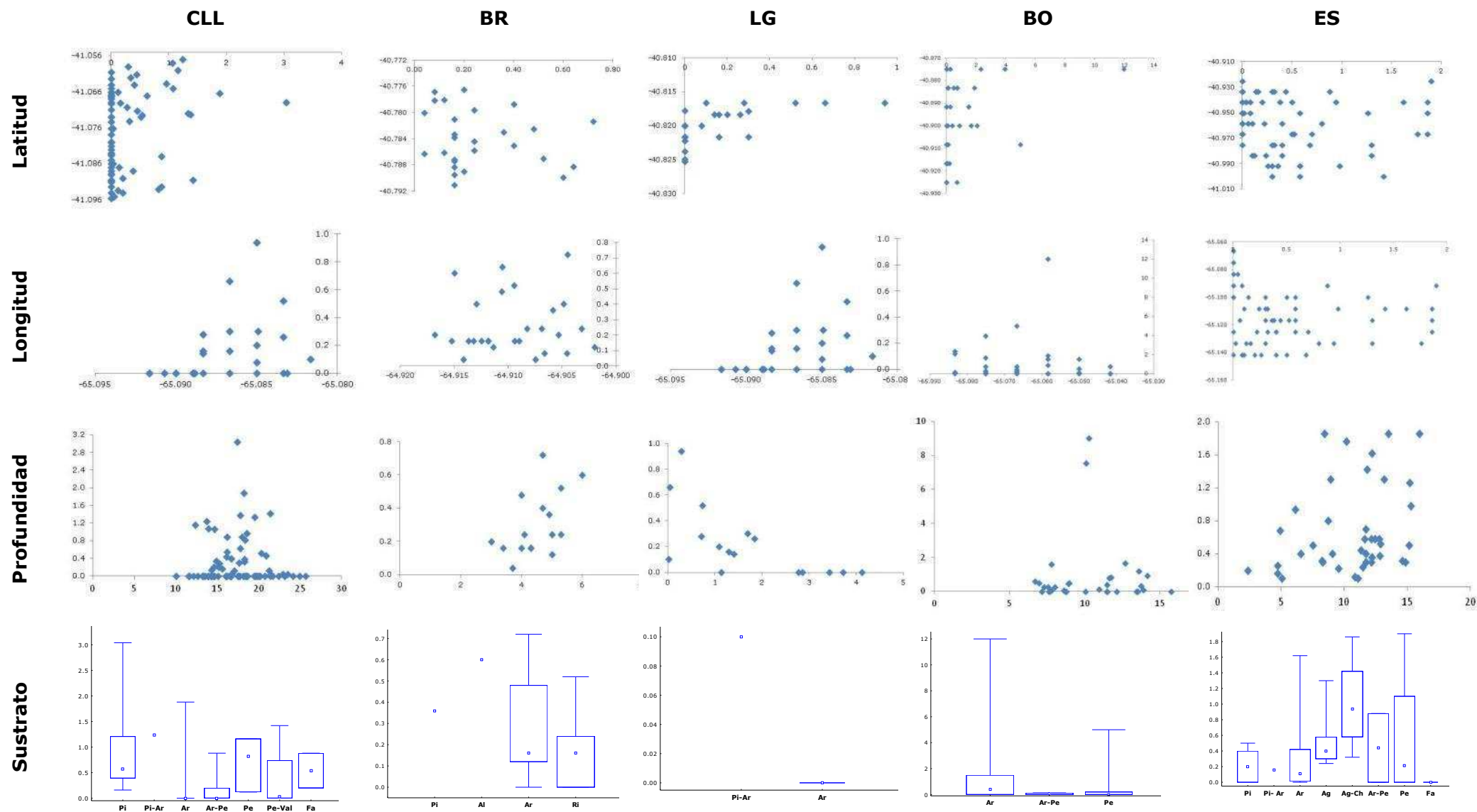
La portación de machos epibiontes fue escasa en BR y BO, mientras que en los bancos de LG, CLL y ES ocurrieron con valores variables.

La distribución de los *cluckers* varió entre bancos. Éstos aparecieron en cantidades importantes en la prospección de BO, mientras que habían sido escasos en la prospección de 2009 de ES (Figura 3.4.8). También fueron escasos en LG. En la prospección de BR se concentraron hacia el sur de banco, mientras que en la de CLL ocurrieron en todas las estaciones, aunque en bajas proporciones.

#### *Relación de la densidad con variables ambientales*

La densidad no presentó tendencia en la relación con la latitud ni con la longitud (Figura 3.4.2). En cambio, en relación con la batimetría, las mayores densidades fueron registradas en un rango que varió en cada banco. En CLL las densidades se concentraron entre los 15-24 m, no registrándose individuos por debajo de esa profundidad. En BO, las densidades mayores se concentraron entre los 6 y los 15 m, con valores extremos a los 10 m. En ES, no hubo relación entre esas variables.

En los bancos más someros las máximas densidades se registraron a menos de 1 m en LG y entre 4-6 m en BR.

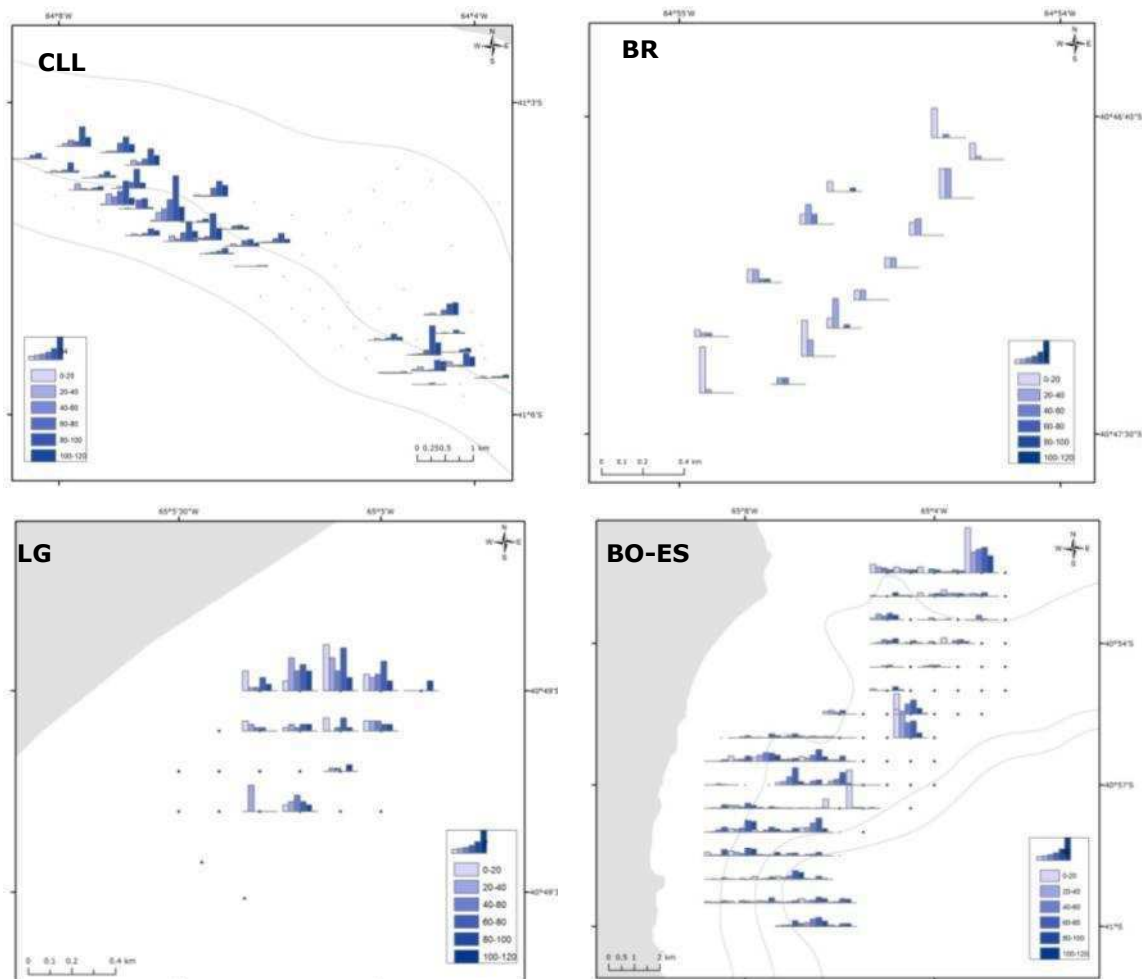


**Figura 3.4.2.** Análisis de la distribución de los datos de densidad con respecto a las coordenadas geográficas, a la profundidad y al sustrato, para los bancos de CLL, BR, G, BO y ES.

La ostra plana vive o habita en ambientes con distintos tipos de sustrato de fondo. Las agregaciones se observaron en fondos de restinga, arena, pedregullo y misturas entre arena, pedregullo y valvas. En la costa NE se observaron además densidades en fondos fangosos, lo cual no fue observado en los bancos de la costa NO, donde el fango se extiende a mayor profundidad. En ES fue frecuente un sustrato de asentamiento biogénico, la cholga *Atrina seminuda*, bivalvo semienterrado en la arena, que ofrece una superficie para el asentamiento de larvas de ostras.

#### *Distribución espacial de tallas*

La estructura espacial de las tallas mostró diferencias a macroescala (Figura 3.4.3). El banco de BR presentó mayoritariamente individuos pequeños (tallas <40 mm). Por el contrario, ese rango de tallas no estuvo ampliamente representado en el banco de CLL, donde ocurrieron en mayoría individuos de entre 40 y 100 mm. En los bancos de LG, BO y ES, todas las tallas estuvieron representadas. Estos resultados se amplían en el capítulo siguiente.

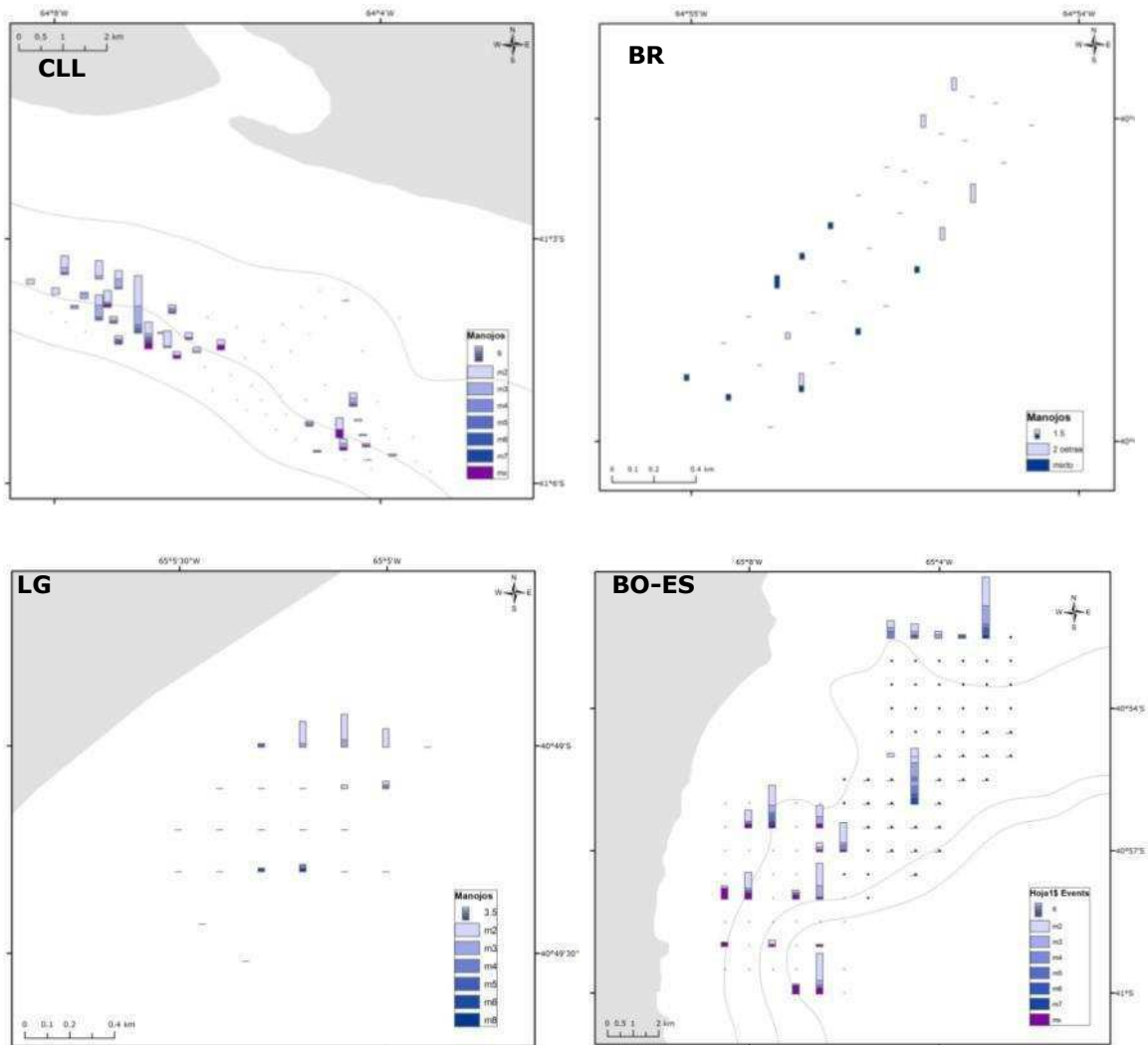


**Figura 3.4.3.** Estructura espacial de la distribución de las tallas de los bancos de Caleta de Los Loros (CLL), BR (Banco Reparó), LG (Las Grutas) y BO-ES (Bajo Oliveira - El Sótano). Los rangos de tallas son de 20 mm.

#### *Análisis espacial de la composición de los manojos*

La distribución y conformación de los manojos de ostras difirió a macroescala (Figura 3.4.4). Los manojos de CLL estuvieron mayoritariamente compuestos por dos individuos, aunque se registraron manojos de hasta siete ostras. Los manojos mixtos estuvieron compuestos por individuos de ostra puelche y de *Pododesmus lelori* y *P. rudis* (Figura 3.4.4).





**Figura 3.4.4.** Estructura espacial de la agregación en manojos en los bancos de Caleta de Los Loros (CLL), BR (Banco Reparó), LG (Las Grutas) y BO (Bajo Oliveira) y ES (El Sótano). Manojos conformados por 2 ostras (m2), 3 ostras (m3), 4 ostras (m4), 5 ostras (m5), 6 ostras (m6), 7 ostras (m7), 8 ostras (m8) o mixtos (mx), conformados por ostras de *O. puelchana* y de *O. stentina*, o por ostra puelche y *Pododesmus lelori* y *P. rudis*.

En el banco de BR, se registraron solamente manojos de dos ostras, pero los más frecuente fueron los manojos mixtos, conformados por *O. puelchana* y *O. stentina* (Figura 3.4.4). En LG, se registraron solamente manojos mono-específicos, principalmente diádas (Figura 3.4.4).

En BO y ES, los manojos estuvieron compuestos principalmente por dos ostras, en menor medida por tres, y se registraron aunque menos frecuentes, manojos más numerosos, de cuatro a siete ostras (Figura 3.4.4). En BO se registraron solamente manojos mono-específicos de *O. puelchana*, mientras que al sur de ES ocurrieron manojos mixtos de ostra puelche y de *Pododesmus lelori* y *P. rudis*.

### **3.4.3. Análisis de patrones a mesoescala**

#### *Estructura espacial de los bancos*

La estructura espacial a mesoescala difirió en relación a la distribución de la densidad aparente, la biomasa relativa, el reclutamiento sobre con-específicos, la portación de machos epibiontes, los porcentajes de los tipos de agregación y la densidad de *cluckers* en cada transecta.

#### *Caleta de los Loros*

En CLL, el patrón de distribución de la especie fue diferente al observado en la costa NO. Estuvo conformado por dos parches separados por un banco de arena (Figura 3.4.5), alrededor de la isobata de los 20 m. Las densidades variaron entre 0,04 y 3,46 ostras/m<sup>2</sup>, con los mayores valores para el parche occidental (Figura 3.4.5). Los reclutas sobre con-específicos ocurrieron en los dos parches, con valores similares en todas las estaciones (1 recluta: 2 ostras). La portación, fue mayor en el parche oriental. Se encontraron *cluckers* en los dos parches, con densidades que alcanzaron los 0,84 *cluckers*/m<sup>2</sup> (Figura 3.4.5). Los manojos mixtos ocurrieron en ambos parches (Figura 3.4.4).

En relación a las tallas, las estaciones centrales de cada parche se presentaron una mayor frecuencia de individuos de entre 80 y 100 mm (Figura 3.4.3).

#### *Banco Reparo*

El mapa de distribución de la densidad reveló un patrón continuo no uniforme, con densidades de hasta 0,75 ostras/m<sup>2</sup> (Figura 3.4.6). El reclutamiento sobre con-específicos fue muy bajo y aislado, pero se registraron reclutas sobre otros sustratos (Figuras 3.4.3 y 3.4.6). La portación ocurrió de manera aislada.

Las muestras estuvieron compuestas por grandes cantidades de *cluckers*, la mayoría concentrado en las estaciones más próximas a la boca de la Bahía de San Antonio (Figura 3.4.6).

#### *Las Grutas*

Hacia el sector N del área prospectada, se registraron las estaciones de mayor densidad (Figura 3.4.7). Los reclutas sobre con-específicos se concentraron en el sector N del área prospectada. La portación resultó un fenómeno continuo en todo el banco. No se registraron manojos mixtos (Figura 3.4.4). Los *cluckers* fueron escasos en todas las estaciones (Figura 3.4.7).

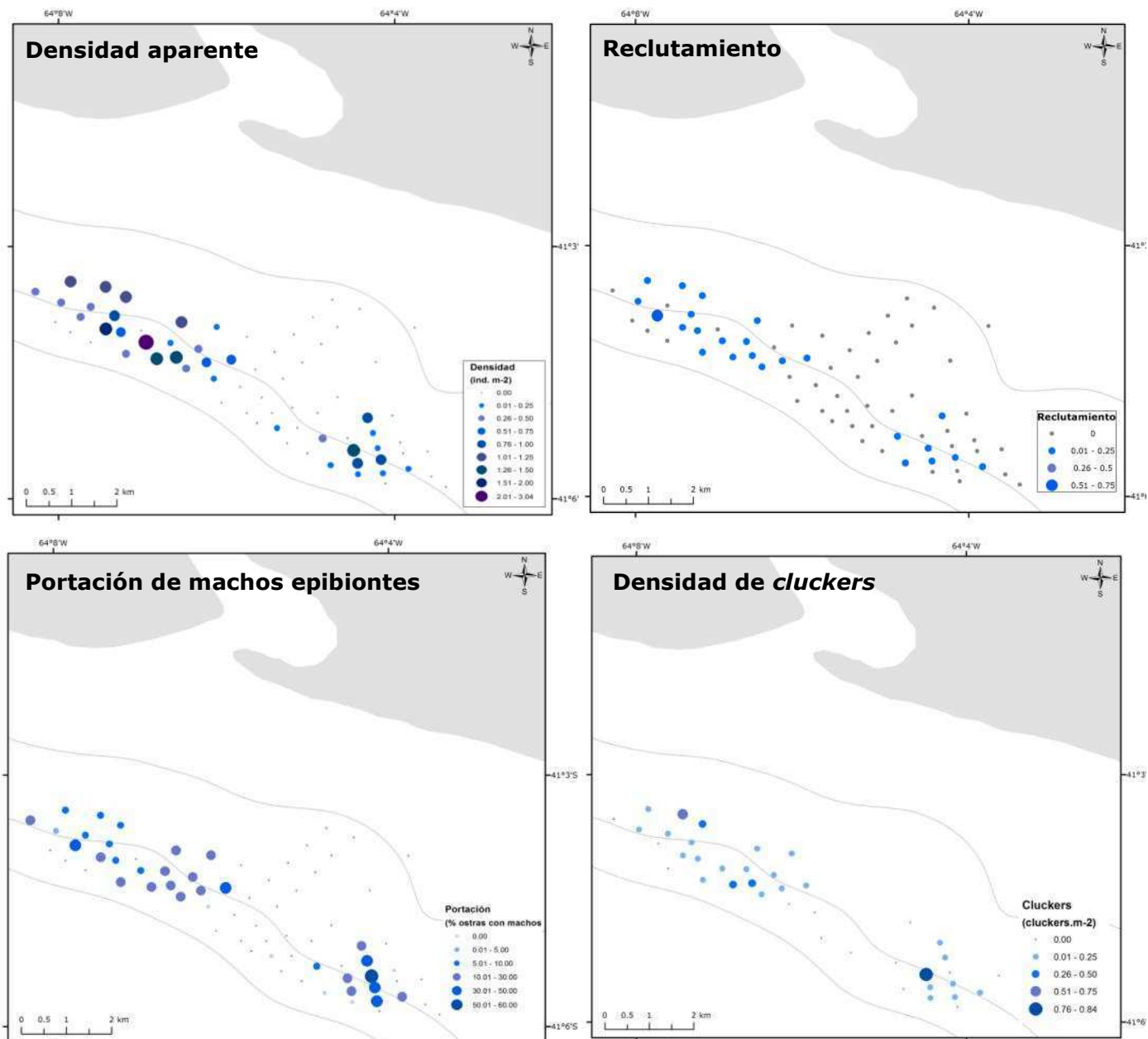
Todas las tallas estuvieron representadas a lo largo del banco; encontró una estación monocohorte, compuesta exclusivamente por reclutas que estuvieron asentados sobre otros sustratos (Figura 3.4.3).

### *Bajo Oliveira- El Sótano*

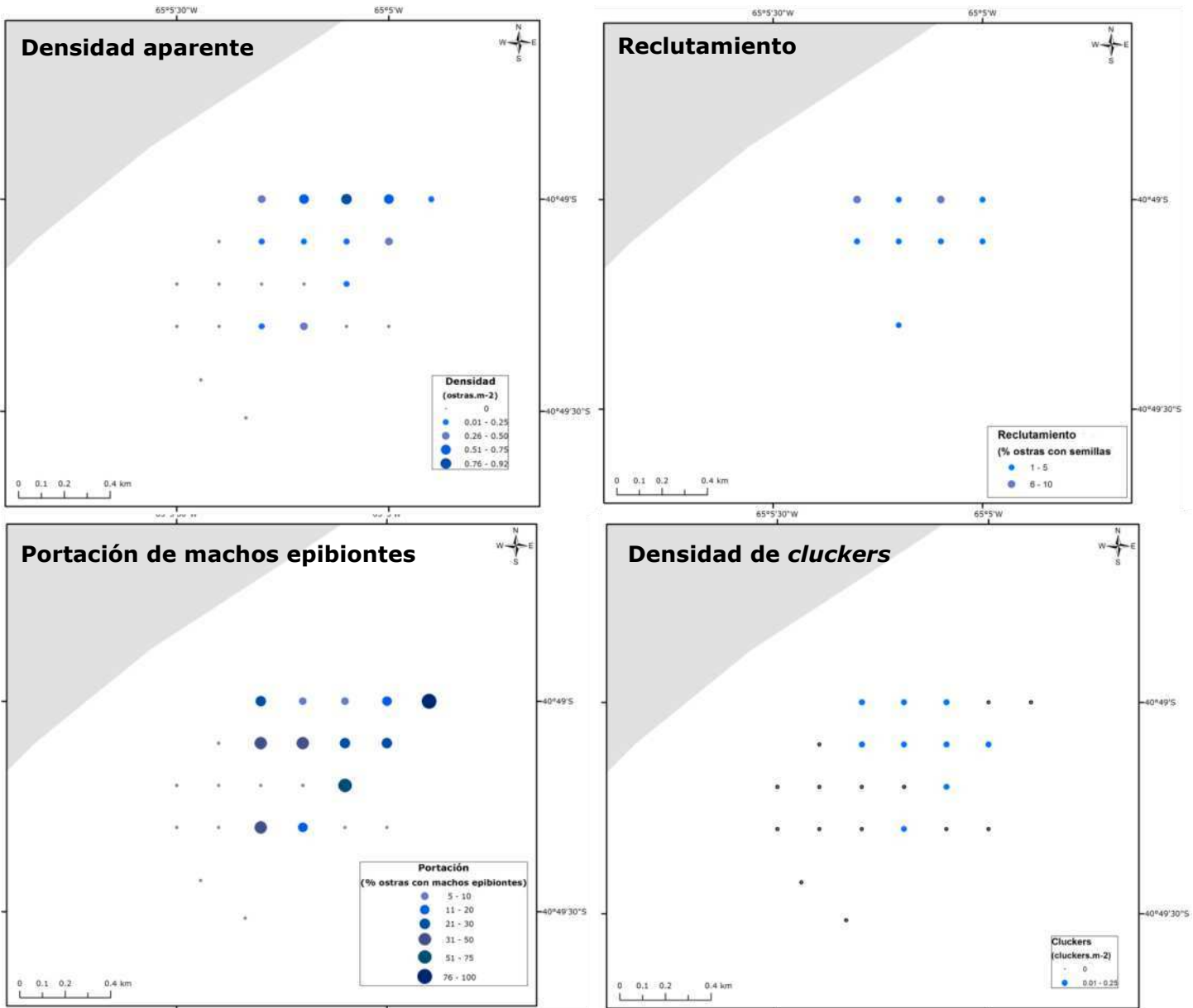
En los bancos de BO y ES, la especie se distribuyó de manera continua entre las isobatas de 5 y 20 m (Figura 3.4.8). La distribución de la densidad aparente es heterogénea, con núcleos de alta densidad en el área de profundidad intermedia (Figura 3.4.8). Las densidades más bajas fueron registradas en el flanco oriental del banco, el cual corresponde a la zona más profunda. El reclutamiento sobre con-específicos presentó un patrón de agregación en ambas prospecciones, ocurriendo en el sector norte de BO en 2011, y en las estaciones centrales de ES en 2009. La relación recluta-ostra resultó la mayor de todos los bancos (3:4). La portación de machos epibiontes presentó un patrón de agregación. En la zona de ES, la porción S y O presentaron valores medios de portación. En la prospección de BO no se registraron ostras portadoras, a excepción de algunas en las estaciones centrales (Figura 3.4.8).

En relación a los cluckers, en la prospección de 2011, se encontró una agregación de éstos en la zona de BO (hasta 22 cluckers/m<sup>2</sup>), que disminuyó gradualmente hacia el límite entre estos dos bancos; en cambio, en 2009 habían sido escasos en ES (Figura 3.4.8).

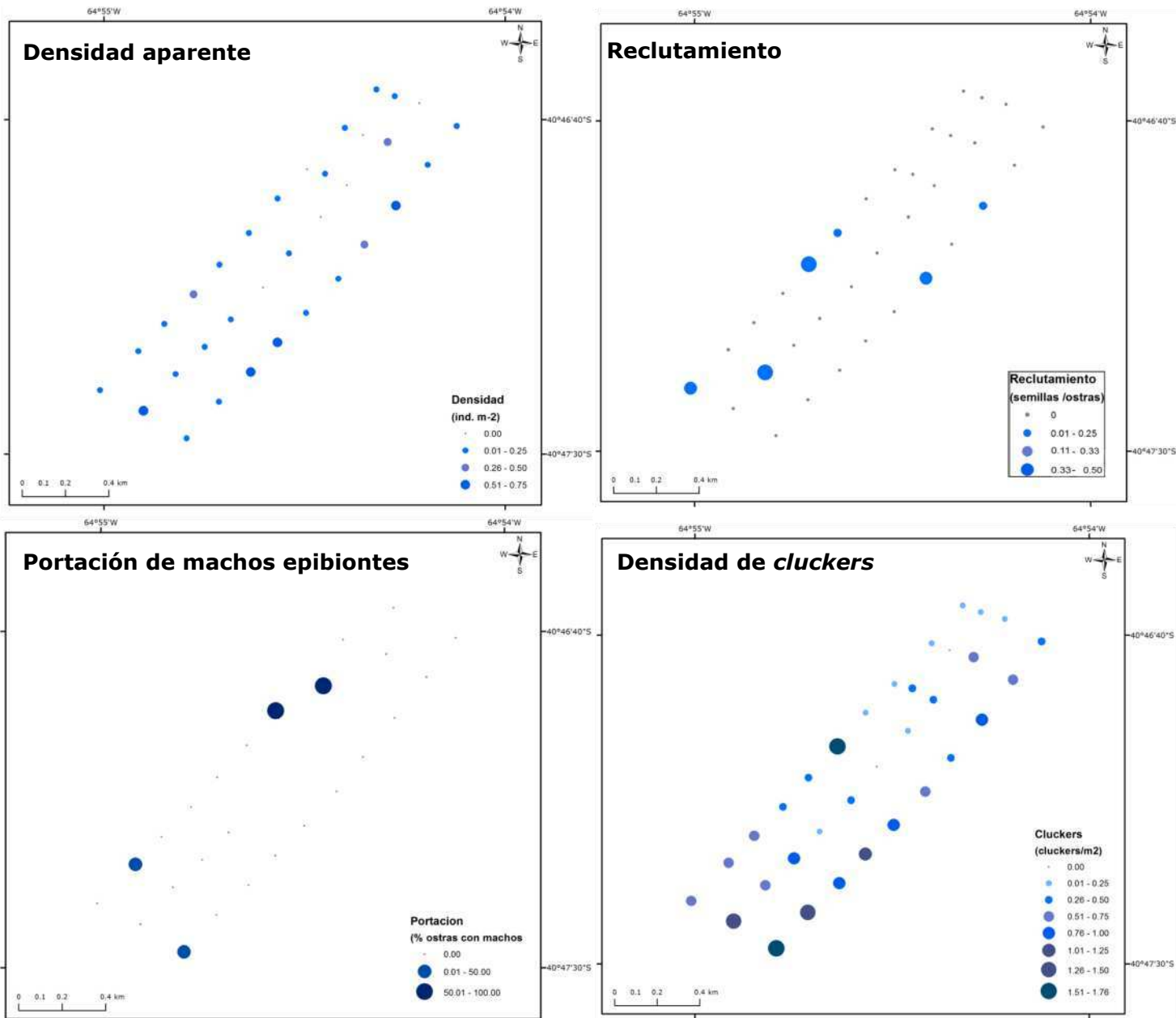
En ambos bancos, todas las tallas estuvieron representadas (Figura 3.4.3).



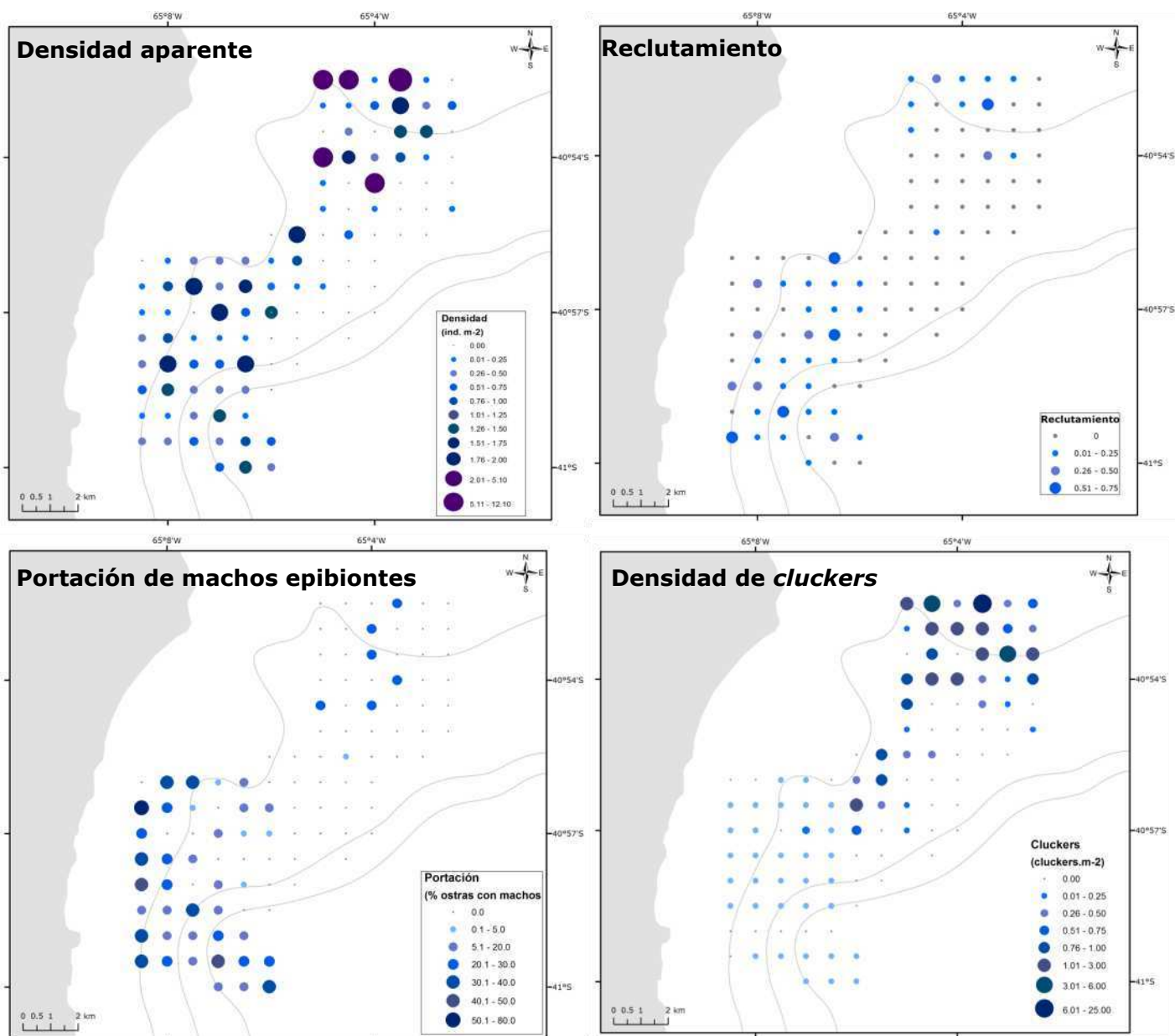
**Figura 3.4.5.** Estructura espacial de la distribución de la densidad aparente, el reclutamiento sobre con-específicos, la portación y la mortalidad *in situ* en el banco de Caleta de los Loros (noviembre 2010).



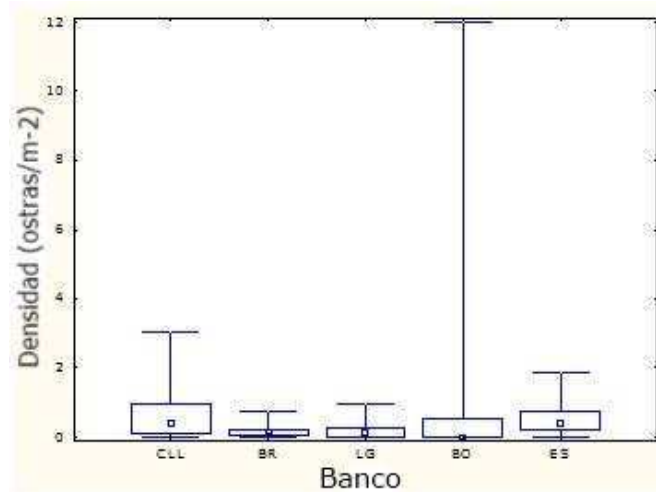
**Figura 3.4.6.** Estructura espacial de la distribución de la densidad aparente, el reclutamiento sobre con-específicos, la portación y la mortalidad *in situ* en el banco de Banco Reparó (abril 2010).



**Figura 3.4.7.** Estructura espacial de la distribución de la densidad aparente, la biomasa relativa, el reclutamiento sobre con-específicos, la portación, los grados de agregación y la mortalidad *in situ* en el banco de Las Grutas (abril 2009).



**Figura 3.4.8.** Estructura espacial de la distribución de la densidad aparente, la biomasa relativa, el reclutamiento sobre con-específicos, la portación, los grados de agregación y la mortalidad *in situ* en los bancos de Bajo Oliveira (mayo 2011) y de El Sótano (noviembre 2009).



**Figura 3.4.9.** Densidad de ostras en los bancos prospectados en este estudio (2009-2011). Este gráfico completa la Figura 2.4.6.

### 3.5. Discusión

Los bancos de la ostra plana *Ostrea puelchana* del N del GSM son extensos (1,2 – 96 km<sup>2</sup>), se distribuyen entre 1 y 26 m de profundidad y presentan densidades reales máximas de 1,75 ostras/m<sup>2</sup> (Tabla 3.4.2). Los límites de los bancos son, en algunos casos, difíciles de establecer, pero estarían definidos por la profundidad, el tipo de sustrato del fondo, la topografía del fondo, y la presencia de ostras adultas.

La densidad aparente, la biomasa relativa, la portación de machos epibiontes, el reclutamiento sobre con-específicos, la densidad de *cluckers*, la distribución de tallas y de tipos de agregación son espacialmente heterogéneos en las dos escalas estudiadas (macro y mesoescala). La participación de las ostras -de manera activa o pasiva- en la ausencia de patrones, y la de las variables analizadas se discuten en los párrafos siguientes.

En un enfoque a macroescala, se verifica que los bancos están constituidos por densidades suficientes como para que, basándose en la interconectividad larvaria, la persistencia espacial y temporal de los mismos ocurra a pesar de la historia particular de cada uno de ellos. Este hecho sustenta la hipótesis de que los bancos de *O. puelchana* del Golfo San Matías constituyen una metapoblación vinculada mediante larvas.

Los bancos son continuos o pueden presentar parches. En el caso de Caleta de los Loros, banco situado en la costa NE, se diferencian dos parches separados entre sí por un banco de arena. Los bancos de BO y ES, en la costa NO, también podrían ser considerados como dos parches extensos próximos entre sí.



Las ostras habitan principalmente en fondos de arena gruesa con pedregullo, o de piedra con canaletas rellenas con arena. En el banco de ES, se registró la presencia de un sustrato biogénico ausente en los otros bancos, la cholga paleta *A. seminuda*. Éste es un bivalvo de gran tamaño (hasta 275 mm de largo de valva; Morsan, 2000) que vive en posición vertical con la porción anterior de su cuerpo profundamente enterrada en el sustrato, al cual está aferrada con un fuerte filamento bisal. De este modo, parte de la valva permanece sin enterrarse, generando una arquitectura de fondo tridimensional que provee una superficie habitable perenne y físicamente estable para organismos epifaunales, entre ellos individuos adultos y reclutas de ostras.

El fenómeno de portación de machos epibiontes presentó un patrón espacialmente definido, ocurriendo con mayores valores en el banco de ES. Este resultado está vinculado a la gran abundancia de individuos de tallas mayores a 50 mm en ese banco, que son aquellas ostras que, de acuerdo a su estadio reproductivo, podrían ser ostras portadoras. El asentamiento en el zócalo no ocurre sino hasta que la ostra haya superado esa talla, lo que indicaría que posiblemente esté vinculado al inicio de la fase femenina (Pascual, 2000). En ES, los individuos de tales tallas están presentes en la mayoría de las estaciones.

Un acercamiento a la mortalidad *in situ* podría obtenerse a partir del análisis de la distribución de los *cluckers* (Cranfield *et al.*, 1991 *sensu* Orensanz & Jamienson, 1998), aunque estas estimaciones contienen múltiples fuentes de error y tienden a sobreestimar los pulsos de mortalidad natural (Orensanz *et al.*, 1991). En el caso de *O. puelchana*, todos los bancos presentaron *cluckers*, pero con diferencias entre sí. Las mayores concentraciones ocurrieron en los bancos de BO y de BR. El hecho de que en BR, la cantidad de *cluckers* (n=455) fuera ampliamente superior al número de ostras adultas vivas (n=86) sugiere una relación con el evento de epizootia ocurrido hace casi 20 años atrás, con consecuencias aún hoy latentes (descrito en el Capítulo 2, ver más adelante).

El reclutamiento sobre ejemplares de con-específicos *O. puelchana* se registró en todos los bancos. El asentamiento sobre sustratos inorgánicos no fue cuantificado dado que el diseño del muestreo no contempló tal análisis. Los reclutas sobre otros componentes faunísticos fueron contabilizados y medidos (detallados en el Capítulo 4). En relación a este resultado, es necesario destacar que el examen de la superficie externa de las valvas de ostras y de la fauna acompañante, en busca de reclutas se realizó a ojo desnudo, con lo cual el resultado estuvo sesgado a lo que haya sido visible para los observadores. Además, las prospecciones fueron realizadas en diferentes momentos del año, con lo cual, si se tiene en cuenta que en los primeros meses post-reclutamiento es cuando se producen mortalidades de

hasta 90% (Pascual, 1993), el patrón descrito es altamente dependiente del momento del muestreo. Por este hecho, en este trabajo no se hace referencia sobre el asentamiento sino sobre el reclutamiento, entendido como la cantidad de juveniles que sobrevivieron para reclutar a la población del banco.

En relación a la estructura de cada banco, hay particularidades individuales que resaltar:

- El banco de CLL presenta un patrón compuesto por dos parches sobre los cuales las variables se distribuyen de manera homogénea. En este banco, se presentan núcleos de densidades importantes, de hasta 3,46 ostras /m<sup>2</sup>, con presencia de ostras mayores a 80 mm en todas las estaciones, lo que explica los altos porcentajes de portación de machos epibiontes.
- En el banco de BR, los individuos fueron mayoritariamente pequeños. Los bajos valores de portación son coherentes con la predominancia de ostras jóvenes, individuos que aún no han alcanzado aun la talla de reversión sexual, a partir de la cual la portación es posible. El hecho de registrar una gran proporción de reclutas sobre otros sustratos (ver Capítulo 4) y de registrar algunos manojos sería evidencia de que hay disponibilidad de larvas en este banco, proveniente de otros bancos. El reclutamiento sobre con-específicos ostras es muy bajo, posiblemente debido a que los pocos adultos que hay están muy dispersos en el ambiente. Existen además factores de regulación post-asentamiento. Los quitones, *Chaetopleura isabellei*, han sido destacados como importantes ramoneadores de las superficies externas de *O. puelchana*, causando alta mortalidad de post larvas (Pascual, 1997). Las densidades registradas (hasta 4 quitones/m<sup>2</sup> en algunos sectores del banco), indicarían un alto impacto de este ramoneador. En este banco fue muy frecuente además la presencia del alga incrustante *Cliona celata*, organismo que mata a las ostras con alto grado de infección, lo cual la señala como una causa de mortalidad natural. Todos estos factores, en conjunto, no permitirían una recuperación del banco posteriormente a la epizootia causada por *Bonamia exitiosa* en 1996 – 2000 (Kroeck *et al.*, 2008; Kroeck, 2010), enfermedad de la cual las prevalencias actuales son importantes (ver más adelante).
- El banco de LG es, al igual que BR, un banco de pequeñas dimensiones, pero en el cual se registró mayor reclutamiento sobre con-específicos, y con presencia de ostras de gran tamaño con mayor nivel de portación, a pesar de haber sido prospectado en la misma época que BR. Dos hipótesis podrían explicar esta diferencia. La primera de ellas está vinculada a las condiciones oceanográficas, las cuales sugerirían que es un banco en el cual la disponibilidad larvaria podría

ser mayor en función de mayor conectividad con los demás, mediante larvas transportadas por las corrientes. La segunda, es que en este banco sea menor el efecto de depredación post larva. La diferencia entre bancos en la densidad de los quitones *Chaetopleura isabellei* (Capítulo 6), podría indicar diferencias de este efecto en la mortalidad post larval. La baja densidad de quitones en el banco de LG, podría ser indicativo de un factor que permitió una recuperación más rápida del banco posteriormente a la epizootia causada por *Bonamia exitiosa* en 1996 – 2000 (Kroeck *et al.*, 2008; Kroeck, 2010).

- En el banco de BO, la mayor abundancia de ostras se encuentra entre las isobatas de 10 y 20 metros. Estas isobatas están bien distanciadas, generando una zona de poca pendiente y baja dinámica de corrientes de fondo.
- La máxima relación recluta: ostra fue de 3:4, y fue registrada en el banco de ES. Se detectó la presencia de reclutas sobre otros sustratos (cluckers o valvas de *O. puelchana*, cholga paleta *Atrina seminuda*, etc.), aunque en menor proporción. Este resultado indicaría que en 2009 ocurrió un gran asentamiento en este banco.

A diferencia de lo observado en estudios anteriores (Capítulo 2), han acontecido cambios en las estructuras de los bancos de la costa NO del GSM, mientras que en la costa NE, pareciera continuar la tendencia de aumento.

La densidad ha disminuido considerablemente en el banco de BR. En 1985, se establecieron cinco estratos de abundancia en BR, de los cuales actualmente sólo están representados los menos abundantes. El banco de BR, que fue el banco más afectado por el episodio de Bonamiosis de mediados de 1990 (ver Capítulo 2), llegando a desaparecer casi por completo, presentó en 2009 agregaciones muy dispersas y poco pobladas. Los individuos fueron mayoritariamente pequeños lo cual, sumado a la presencia de algunos manojos y de reclutas sobre diversos sustratos, sugiere que es un banco en recuperación. En el banco de LG, el cambio ha sido aún más dramático; la densidad media se ha reducido en 25 veces en comparación con 1987 (Pascual *et al.*, 2001). Estos resultados sustentan la hipótesis de que la mortandad masiva de ostras en sistemas de cultivos y bancos naturales aledaños a la Bahía de San Antonio a causa del parásito *Bonamia exitiosa* podría haber alterado la estructura demográfica de los mismos, sumado al alto impacto de la pesca clandestina en los bancos más cercanos a Las Grutas y más visitados por buzos deportivos (Capítulo 4). Los monitoreos actuales (2009-2010) revelaron infecciones del orden del 35,3% en LG y del 18,9% en BR (Oehrens, comunicación personal), lo cual indica que actualmente las ostras conviven con el parásito. Estas infecciones variaron espacialmente de acuerdo a la abundancia, siendo mayores en las estaciones con mayor número de ostras. Además, las ostras

portadoras de BR resultaron más infectadas (Oehrens, comunicación personal). El parasitismo estaría introduciendo una mortalidad selectiva sobre aquellos individuos más longevos (mayor tiempo de exposición al parásito), y sobre aquellos de mayor talla (que filtran volúmenes mayores de agua, con mayor probabilidad de infección).

La zona de BO-ES, por el contrario, pareciera estar experimentando una recuperación (Figura 3.4.9). Si bien los métodos de evaluación utilizados fueron distintos entre las prospecciones llevadas a cabo a lo largo de los últimos 20 años (posiblemente con una subestimación de los valores de densidad cuando se utilizó rastra, corregida mediante un índice de eficiencia, ver Capítulo 2), el hecho de que las densidades máximas actuales sean mayores que las de 1987, sustentarían esta hipótesis. En 1987, el banco de ES no superaba las 0,06 ostras/m<sup>2</sup>, mientras que en ese mismo año en BO se registraron valores de hasta 0,6 ostras/m<sup>2</sup> (Pascual *et al.*, 2001; Figura 2.4.6). Los bancos de ES-BO, ocupaban una extensión de 88 km<sup>2</sup>, distribuidos entre los 5-13 m de profundidad. La zona de mayor densidad se extendía sobre la porción NO del banco (densidad máxima: 0,8 ostras/m<sup>2</sup>), a profundidades menores a 10 m (Pascual *et al.*, 2001). En 1998, en una prospección de igual diseño que la de 2009, la estructura espacial de la densidad de *O. puelchana* resultó heterogénea, con una densidad media de 0,39 ostras/m<sup>2</sup> (D.E.: 0,52; Doldan *et al.*, 2010) con parches de densidades de hasta 2,32 ostras/m<sup>2</sup>. Actualmente, en las zonas de BO y ES la abundancia es similar a 1987, con parches de densidades altas en los sectores norte y centro de BO y norte y centro de ES (Figura 3.4.6). Existe además una menor heterogeneidad de la densidad (mayor complejidad) en ES con respecto a 1998.

Esta recuperación actual de los bancos de BO-ES es un resultado interesante. Estos bancos han sorteado el proceso devastador de una epizootia en 1996, y se encuentran en proceso de recuperación. El banco de ostras de El Sótano persiste a pesar de otras perturbaciones, como ha sido la pesca con rastra de la década del 1980 (Capítulo 2). Esto estaría sustentado, en parte, por su distribución a baja profundidad, zona donde no operó a rastra, y por la veda extractiva que rige sobre esta especie desde 1975, y porque a partir de 1985 no volvió a operar una pesquería en ese sitio.

El banco de CLL, en la costa NE, continuaría bajo el proceso de expansión descrito en el Capítulo 2. Las densidades de casi 4 ostras/m<sup>2</sup>, la gran cantidad de individuos añejos, son características similares a las descriptas para el banco de BO durante la década de 1980, previo a la epizootia de Bonamiosis de 1996. En ese estudio, Pascual *et al.* (2001) concluyeron que la baja frecuencia de tallas menores a 40 mm

era indicio de que el ramoneo operando sobre poslarvas conduciría a una talla media alta, proceso que podría estar ocurriendo actualmente en CLL.

Los procesos a microescala son tan importantes como los de macroescala en la generación de patrones en poblaciones bentónicas (Fraschetti *et al.*, 2005). El reclutamiento en forma selectiva sobre un determinado sustrato por parte de las larvas y la portación de machos epibiontes son ejemplos de ello. La hipótesis sobre patrones espaciales que no varían con la escala se rechaza, y la identificación de esa escala (la microescala) como relevante para la variación espacial, provee pistas sobre los procesos importantes que subyacen en estos patrones (Fraschetti *et al.*, 2005). La selección activa de sustrato de asentamiento por parte de las larvas y los mecanismos de atracción mediados por los adultos, son procesos que pueden dar lugar a la estructura espacial de los bancos de una metapoblación bentónica (Orensanz & Jamieson, 1998). En esta especie, ocurre una atracción por parte de los adultos. La larva de *O. puelchana* se asienta sobre sustratos duros, pero preferentemente sobre las valvas de ostras vivas (Pascual & Zampatti, 1995). Las ostras funcionarían como sustratos activos, mediando una interacción química entre la larva y ellas para el asentamiento que, como consecuencia, genera la formación de manojos. Más aún, existe un asentamiento larvario diferencial entre la ostra viva como un todo y el zócalo (Pascual, 2000) Además, las ostras pueden conformar manojos como resultado de asentamientos sucesivos sobre una ostra "fundadora" (Pascual *et al.*, 2001), cuya frecuencia difirió entre bancos (20-49%).

El análisis aquí realizado, aun cuando se diferenciaron dos niveles de densidad (*aparente* y *real*), tiene una identidad basada más en atributos estructurales del muestreo que en características funcionales de la especie. En el proceso de toma de muestras mediante buceo, se integra en cada unidad de muestreo tanto manojos, ostras portadoras como ostras libres presentes en la transecta. Únicamente aquellas estaciones en las que la totalidad de sus individuos fueron "libres" reflejan una situación real, en la cual todos los individuos experimentarían la misma concentración. A la escala del individuo (microescala), esa estimación de densidad no sería muy realista, ya que un porcentaje de los individuos se encuentran en manojos o portan machos epibiontes (lo cual implica una densidad mayor). La generación de microhábitats dentro de los parches que conforman los bancos, tiene relevancia para, entre otros procesos, el asentamiento de larvas. Los manojos pueden constituirse por dos a ocho ostras, lo cual complejiza la arquitectura del ambiente bentónico. El tamaño de la transecta (50 m<sup>2</sup>) si bien la densidad se redefinió para 1 m<sup>2</sup>, determina la resolución espacial mínima a la que la estructura

espacial fue caracterizada en este trabajo, por debajo de esa escala no hay información espacial. Debido a que el diseño del muestreo no contempló la localización de cada ostra y la medición de su área de influencia, los análisis suponen que todos los individuos experimentan la misma densidad.

La supervivencia diferencial de los reclutas a causa de la exposición a depredadores o ramoneadores es otro factor determinante de la estructura espacial (Orensanz *et al.*, 1991). El análisis sobre la distribución o presencia de potenciales depredadores se presenta en el Capítulo 6.

El análisis de los patrones espaciales a distintas escalas ha resultado extremadamente informativo para evaluar los procesos operando en cada una de ellas. La colonización selectiva por parte de las larvas, influenciadas por una atracción biológica por parte de los adultos, y la supervivencia post-asentamiento por depredación, condicionan la distribución de los organismos a pequeña escala. A mesoescala, el patrón de distribución de las ostras adultas y del sustrato, son responsables de la variación a escala de decenas de metros. A macroescala, las corrientes serían las responsables del transporte pasivo de larvas entre bancos, que, unido a factores físicos causantes de retención, dan lugar a la persistencia de los mismos a largo plazo.

### **3.6. Referencias**

Addicot, J.F.; Aho, J.A.; Antolin, M.F.; Padilla, D.K.; Richardson, J.S. & D.A. Soluk. 1987. Ecological neighborhoods: scaling environmental patterns. *OIKOS* (49):340-346.

Begon, M.; Townsend, C.R. & J.L. Harper. 1986. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4ta. Ed. 759 p.

Doldan, M.S.; Oehrens, E.M.; Kroeck, M.; Morsan, E.M. & P.C. Zaidman. 2010. Cambios en el patrón de distribución espacio-temporal de la ostra plana nativa *Ostrea puelchana* del banco de El Sótano, Patagonia Argentina. En: IV Reunión Binacional de Ecología. Buenos Aires, Argentina. 8-13 agosto.

Ettema, C.H. & D.A. Wardle. 2002. Spatial soil ecology. *TRENDS in Ecology & Evolution* Vol.17 (4):177-183.

Fraschetti, S.; Terlizzi, A. & A. Benedetti-Cecchi. 2005. Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores: evidence of relevant scales of variation. *Marine Ecology Progress Series*. (296): 13-29.

Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty* Chapman and Hall. Nueva York, 600 p.

- Kroeck, M.; Morsan E.M. & L. Semenas. 2008. Epidemiological study of *Bonamia* sp. in the native fan oyster, *Ostrea puelchana*, from San Matias Gulf (NW Patagonia, Argentina). *Aquaculture* 276: 5 -13.
- Kroeck, M.A. 2010. Gross signs and histopathology of *Ostrea puelchana* infected by a *Bonamia exitiosa*-like parasite (Haplosporidia). *Diseases of aquatic organisms*, 89(3), 229-236.
- Maestre, F.T. & A. Escudero. 2008. En: Maestre, F.T.; Escudero, A. & A. Bonet. eds. 2008. *Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones*. 849 p.
- Morriconi, E.R. & J. Calvo. 1989. Alternative reproductive strategies of *Ostrea puelchana*. *Hydrobiologia* 185: 195-203.
- Morsan, E. M. 2000. Distribución y abundancia de los moluscos bivalvos de importancia comercial. IV Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. 11-15 septiembre. Puerto Madryn, Argentina.
- Orensanz, J.M. 1986. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. 195-227. En: Jamieson, G.S. & N. Bourne (Eds.). *North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates*. Can. Spec Publ. Fish. Aquat. Sci. 92.
- Orensanz, J.M. & G. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management. En: G.S.JAMIESON & A. CAMPBELL (Eds.) *Proceeding of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management*. Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. 125: 441 - 459.
- Orensanz, J. M., Parma, A. M., & M. A. Hall. 1998. The analysis of concentration and crowding in shellfish research. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 143-158.
- Orensanz, J.M.; Parma, A.M. & O.O Iribarne. 1991. Population dynamics and management of natural stocks. In: Shumway, S.E. ed. *Scallops: Biology, Ecology & Aquaculture*. Elsevier. 625-713 p.
- Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.
- Pascual, M.S. 1997. Carriage of dwarf males by female puelche oysters: the role of chitons. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212: 173-185.
- Pascual, M.S. 2000. Dwarf males in the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orb.): differential mortality or selective settlement? *J. Shell. Res.* 19, 815-820.

Pascual, M.S. & E. Zampatti. 1995. Evidence of a chemically mediated adult-larval interaction triggers settlement in *Ostrea puelchana*: applications in hatchery production. *Aquaculture* 133: 33-44.

Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. *J. Shell. Res.* 20, 1003-1010.

Servicio de Hidrografía Naval; [www.shn.gob.ar](http://www.shn.gob.ar)

Thrush, S.F. 1991. Spatial patterns in soft-bottom communities. *Trends in Ecology and Evolution.* 6 (3): 75-79.



## Capítulo 4. Estructura demográfica de los bancos de *Ostrea puelchana*

### 4.1. Introducción

La dinámica de una población espacialmente estructurada depende de dos procesos separados: i) la conectividad entre las subpoblaciones y, ii) los procesos demográficos de cada subpoblación (Gilbert, 2011). En relación a estos últimos, la dinámica de una subpoblación es el resultado de un balance entre el crecimiento individual, la mortalidad y el reclutamiento, y de la variabilidad de éstos en el tiempo y espacio. Ello determina que una población esté constituida por un conjunto de cohortes, cuya estructura estará determinada por interacciones biológicas y factores ambientales (bióticos y abióticos) (Brey & Gage, 1997).

En cuanto a la conectividad, las poblaciones de organismos sedentarios están usualmente estructurados como metapoblaciones, conjuntos de subpoblaciones locales conectadas entre sí por una fase dispersiva constituida por las larvas pelágicas (Orensanz & Jamieson, 1998). La conexión puede variar desde un modelo ideal, donde las larvas provenientes de diferentes poblaciones *fuentes* conforman un pool de larvas (máxima conexión), hasta el modelo extremo contrario constituido por un conjunto de poblaciones cerradas y autosustentables (mínima conexión). Las variaciones en los diferentes procesos (por ejemplo, en el reclutamiento) en la mayoría de las especies intermareales que se dispersan a través de una fase de larva planctónica y cuyos adultos tienen movilidad limitada o nula darán lugar a variaciones en la abundancia a escala de kilómetros (Orensanz & Jamieson, 1998). En ocasiones, las determinaciones de edad de los individuos pueden ser dificultosas o imprecisas, en cuyo caso un conjunto de parámetros medidos sobre las valvas forman la base sobre la cual es posible evaluar las características demográficas de una población (Cerrato, 1980). Estas características pueden ser consideradas, siguiendo la terminología de Hutchinson (Hilborn & Mangel, 1997), como las pistas que serán utilizadas para describir posibles procesos que afectaron los bancos en los últimos años. Las distribuciones de tallas que describen a las poblaciones de la ostra puelche *Ostrea puelchana* son bimodales, conformadas por las ostras epibiontes y los reclutas, y por las ostras adultas (Pascual, 1993).

En el período 1996-1997 tuvo lugar una mortandad masiva de ostras en sistemas de cultivos y bancos naturales aledaños la Bahía de San Antonio a causa del parásito *Bonamia exitiosa* (Kroeck *et al.*, 2008, Capítulo 2), que podrían haber alterado la estructura demográfica de los mismos. El propósito de este capítulo es describir las estructuras demográficas actuales - *real* y *aparente* - de los

componentes metapoblacionales (bancos) de los golfos nordpatagónicos San Matías y San José, y analizar los cambios en ellas. Se evalúan además la variabilidad inter-poblacional de la estructura demográfica de los componentes metapoblacionales.

## **4.2. Antecedentes**

La ostra puelche ha sido siempre una especie de interés en el Golfo San Matías (GSM), tanto por su valor como especie nativa emblemática como por su potencialidad como especie de cultivo.

La información existente relativa a la estructura de los bancos naturales de esta especie en el GSM ha sido aportada por múltiples muestreos realizados desde 1978 en adelante (ver Capítulo 3), que registraron información sobre tallas, pesos, nivel de agregación de los individuos en manojos y niveles de portación. Estos muestreos fueron realizados en los bancos de Las Grutas (LG), Banco Reparó (BR) y Bajo Oliveira (BO) (Vacas, 1978; Morricóni & Calvo, 1989). Entre 1985 y 1991 se llevaron a cabo prospecciones destinadas específicamente a evaluar las poblaciones de ostra puelche en el GSM (1985: Banco Reparó; 1987-88: Las Grutas y Bajo Oliveira) (Pascual, 2001). Los relevamientos anuales dirigidos a evaluar las poblaciones de ostra puelche en el área de El Sótano (ES) y BO fueron útiles para recolectar simultáneamente información sobre los bancos de ostras y albergaron prospecciones especialmente diseñadas para evaluar el banco de ostras. Así, entre 1985 y 1990 se realizó un primer estudio sistematizado a gran escala, dirigido a estudiar las poblaciones de *Ostrea puelchana* en relación a la extensión de los bancos, la biomasa y la composición poblacional, entre otros aspectos poblacionales de esta especie (Pascual, 1993; Pascual *et al.*, 2001). Además, particularmente en los bancos de LG y BR, se realizaron experiencias de captación de reclutas, de cultivo y de crecimiento de ostra puelche (Pascual *et al.*, 1982; Pascual, 1993; Pascual & Bocca, 1988).

## **4.3. Metodología**

### **4.3.1. Obtención de muestras**

Los muestreos destinados a estudiar la estructura poblacional de los bancos de ostra puelche se realizaron entre abril de 2009 y abril de 2011. Para el caso de los bancos del norte del GSM, se utilizaron las ostras recolectadas en las campañas de prospección de Las Grutas (LG), El Sótano (ES), Banco Reparó (BR), Caleta de los loros (CLL), y Bajo Oliveira (BO), cuya metodología de muestreo fue descrita en el Capítulo 3. Adicionalmente, se realizó un muestreo puntual en el banco de BR, en

un área cercana a la prospectada, en octubre de 2010, para completar el análisis de la estructura demográfica (BR II). En los casos de las muestras de los bancos de Puerto Lobos (PL, mayo 2010), Sierra Grande (SG, mayo 2010) y el Golfo San José (GSJ, julio), como éstos son asentamientos donde las ostras ocurren a bajas densidades, las muestras de ostras fueron recolectadas de manera aleatoria, recorriendo mediante buceo distancias largas dentro del sector de cada banco, hasta reunir una cantidad suficiente de ejemplares (entre 200-250 ostras adultas).

#### **4.3.2. Procedimiento de muestreo en laboratorio**

Las ostras de cada muestra ( $n$  total= 5181) fueron medidas con calibre digital (altura total,  $A_t$ : distancia entre el umbo y el borde opuesto; precisión: 0,01 mm) y pesadas ( $P_t$ : peso total libre de epibiontes,  $P_c$ : peso de carne húmeda; precisión: 0,01 g). Seguidamente las ostras se sacrificaron y las valvas fueron separadas, registrándose la presencia de machos epibiontes, los cuales fueron contados y medidos.

Las ostras fueron clasificadas según su talla o naturaleza, en ostras adultas, reclutas (individuos menores a 20 mm) y machos epibiontes.

El tipo de agregación de las ostras fue establecido según si las ostras se encontraban libres (solitarias) o en manojos. Los manojos fueron descriptos registrándose: la composición y número de ostras en manojos mono y multiespecíficos, así como otras especies componentes del manajo. En el caso de algunos manojos, fue posible identificar al individuo sobre el cual se fijó el resto, al cual se lo denominó "ostra fundadora", procediéndose luego a separar los componentes del manajo.

El nivel de portación de machos epibiontes se caracterizó como la proporción de ostras portadoras sobre el total de ostras presentes en la población.

#### **4.3.3. Tratamiento de la información**

Las estructuras demográficas general (utilizando las tallas de los individuos de todos los bancos) y la de cada banco, se caracterizaron mediante la elaboración y el análisis de distribuciones de frecuencia de tallas (DFT) y de pesos (DFP) de las ostras. El software de análisis Fisat II ® fue empleado para la identificación de cada pico modal y su desvío estándar. Las DFT y DFP fueron comparadas de a pares entre bancos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Las diferencias entre las tallas de los individuos adultos entre las poblaciones, y entre los individuos agregados y los libres, fueron comparadas mediante una

prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para varias muestras, debido al incumplimiento del supuesto de normalidad en las tallas de los individuos de los bancos estudiados.

Los datos morfométricos ( $A_t$ ,  $P_t$  y  $P_c$ ) fueron transformados logarítmicamente ( $\ln$ ) a los fines de linealizarlos. Los parámetros de alometría  $a$  y  $b$  fueron calculados mediante un método indirecto, regresión lineal, según

$$\ln(P_t) = \ln a + b \cdot \ln(A_t)$$

y los modelos obtenidos fueron comparados mediante un ANCOVA.

El porcentaje de portación se calculó según

$$\text{Portación} = \frac{\text{cantidad de ostras portadoras} \times 100}{\text{cantidad de ostras mayores a 50 mm}}$$

La probabilidad de una ostra de vivir en manojos o libre fue testeada a fin de evaluar si la misma es independiente del banco en el que se encuentra, para lo cual se realizó un test de independencia  $\chi^2$ .

#### **4.4. Resultados**

##### **4.4.1. Estructura demográfica poblacional**

Las muestras obtenidas permitieron construir la estructura demográfica de ocho bancos de *O. puelchana*, situados a lo largo de las costas de los golfos norpatagónicos San Matías y San José, cubriendo un rango latitudinal de  $1^\circ 40'$ . Del total de individuos (5181), un 70% fue clasificado como ostras adultas, un 10% como reclutas y un 20% como machos epibiontes. Estos porcentajes variaron entre los bancos (Tabla 4.4.1). La cantidad de ostras adultas fue apreciablemente mayor, a excepción de la muestra de BR, donde estuvieron igualmente representados los reclutas y las ostras adultas, y de la de GSJ, donde la cantidad de machos epibiontes superó el 40%.

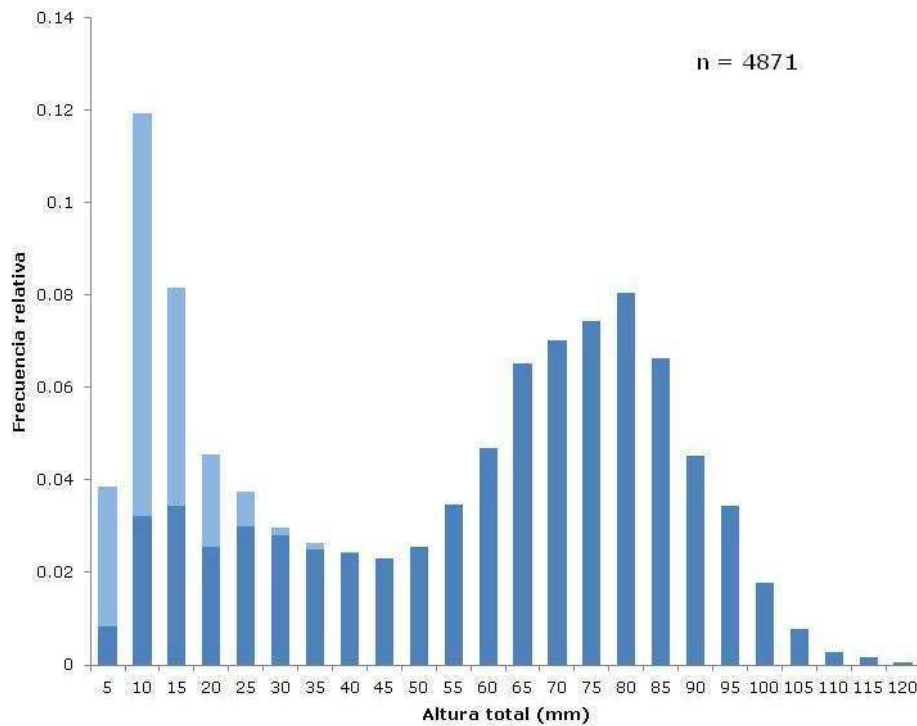
**Tabla 4.4.1.** Estructura de los bancos de *O. puelchana* de los golfos norpatagónicos, Golfo San Matías y Golfo San José (2009-2011).

Banco	Ostras adultas (%)	Reclutas (%)		Machos epibiontes (%)
		sobre conespecíficos	otros sustratos	
CLL	73,28	6,16	0,64	19,92
BR	46,24	4,30	43,55	5,91
LG	62,66	17,59	0,43	19,31
ES	69,44	9,05	1,08	20,43
BO	69,71	13,55	10,51	7,06
SG	96,92	1,76	-	1,32
PL	74,35	0	-	25,65
GSJ	55,97	1	-	43,03

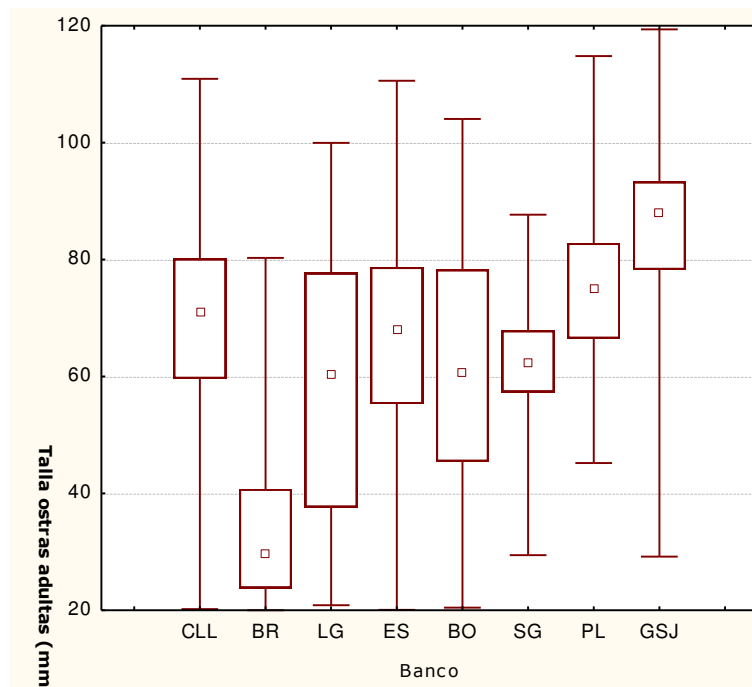
#### *Distribución de frecuencias de tallas*

La estructura de tallas *real* general resultó bimodal, con una moda en 10 mm y una segunda moda en 75-80 mm (Figura 4.4.1). El rango de tallas ( $At$ ) del total de individuos medidos estuvo comprendido entre 0,53 mm y 119,37 mm, con una mediana de 58,8 mm.

Las tallas media y máxima de las ostras adultas ( $> 20$  mm) de las distintas poblaciones difirieron entre sitios ( $p < 0,01$ ), a excepción de LG, BO y SG cuyas diferencias de medianas no dieron significativas entre sí ( $p_{LG-BO}$ : 0,196;  $p_{LG-SG}$ : 0,452;  $p_{SG-BO}$ : 0,977).



**Figura 4.4.1.** Estructura de tallas de *O. puelchana* de los golfos norpatagónicos, Golfo San Matías y Golfo San José (2009-2011). Las barras celestes corresponden a la proporción de machos epibiontes; las azules a las ostras adultas y los reclutas.



**Figura 4.4.2.** Tallas de individuos adultos de *O. puelchana*, para los ocho bancos analizados (mediana, intercuartiles, valores máximos y mínimos). CLL: Caleta de los Loros; BR: Banco Reparó; LG: Las Grutas; ES: El Sótano; BO: Bajo Oliveira; SG: Sierra Grande; PL: Puerto Lobos; GSJ: Golfo San José.

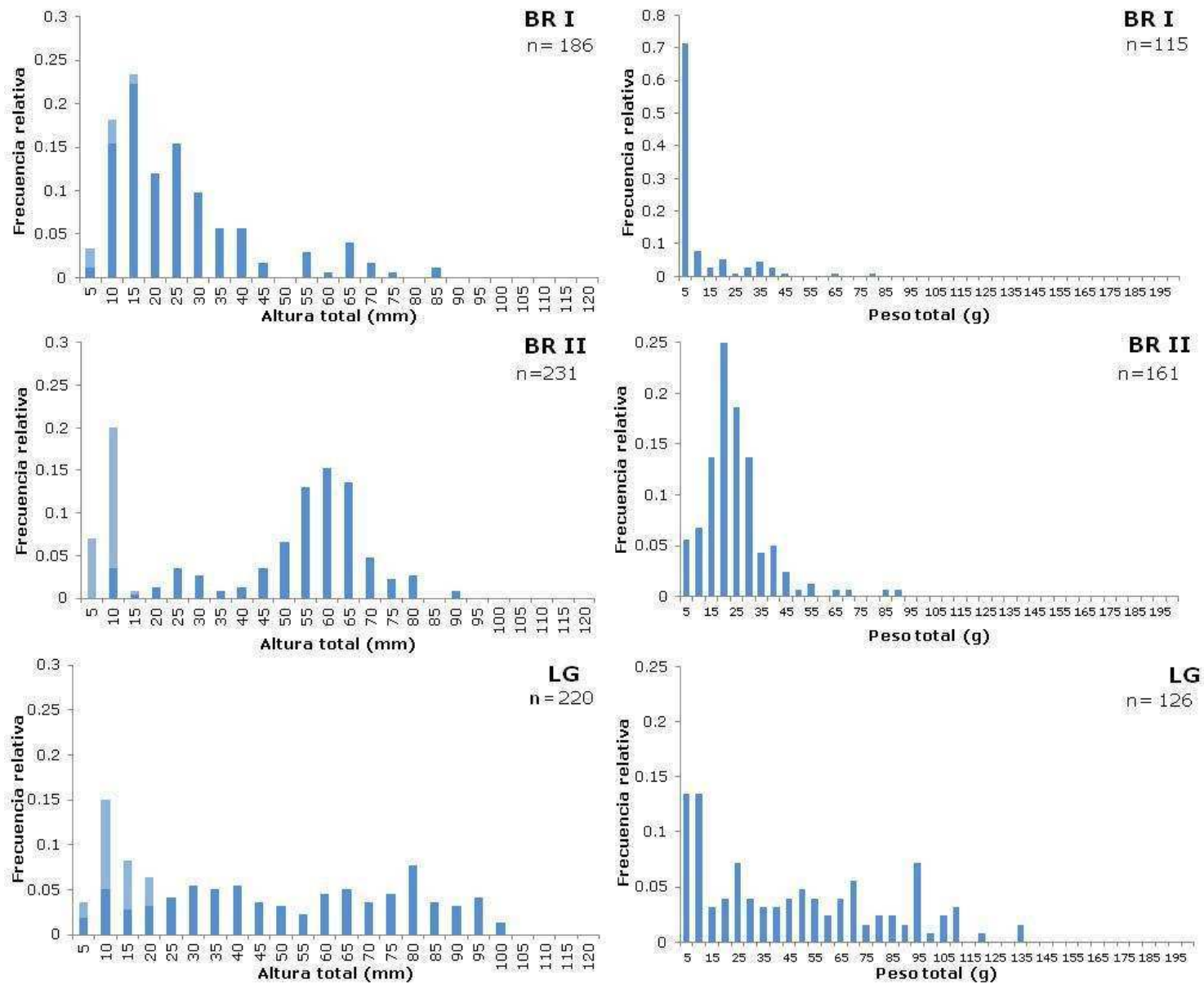
Las DFT fueron diferentes entre sí para cada par de bancos (K-S,  $p < 0,01$  para todas las comparaciones). En casi todas las poblaciones, la primera moda estuvo conformada por los reclutas, los machos epibiontes y las ostras menores a 25 mm (Figuras 4.4.3, 4.4.4 y 4.4.5). En cambio, se observó variabilidad entre las poblaciones en las tallas mayores, donde se diferenciaron una o varias modas, aunque éstas estuvieron parcialmente superpuestas; una aproximación a ellas se presenta en la tabla 4.4.2.

Las muestras de ostras del banco BR presentaron estructuras demográficas distintas. La muestra proveniente de la prospección (BRI), presentó una DFT con componentes modales poco diferenciados (Figura 4.4.3), en la cual los individuos menores a 40 mm fueron los más frecuentes. La muestra obtenida en el muestreo puntual (BRII), presentó una estructura de tallas en la que se diferenciarían tres componentes modales (Figura 4.4.3; Tabla 4.4.2). La talla máxima de BRII fue casi 10 mm mayor que la de BRI.

Por otro lado, el banco de LG presentó una DFT multimodal, con una primera moda en la cual estuvieron igualmente representados los reclutas de ese año y los machos epibiontes (Figura 4.4.3; Tabla 4.4.2).

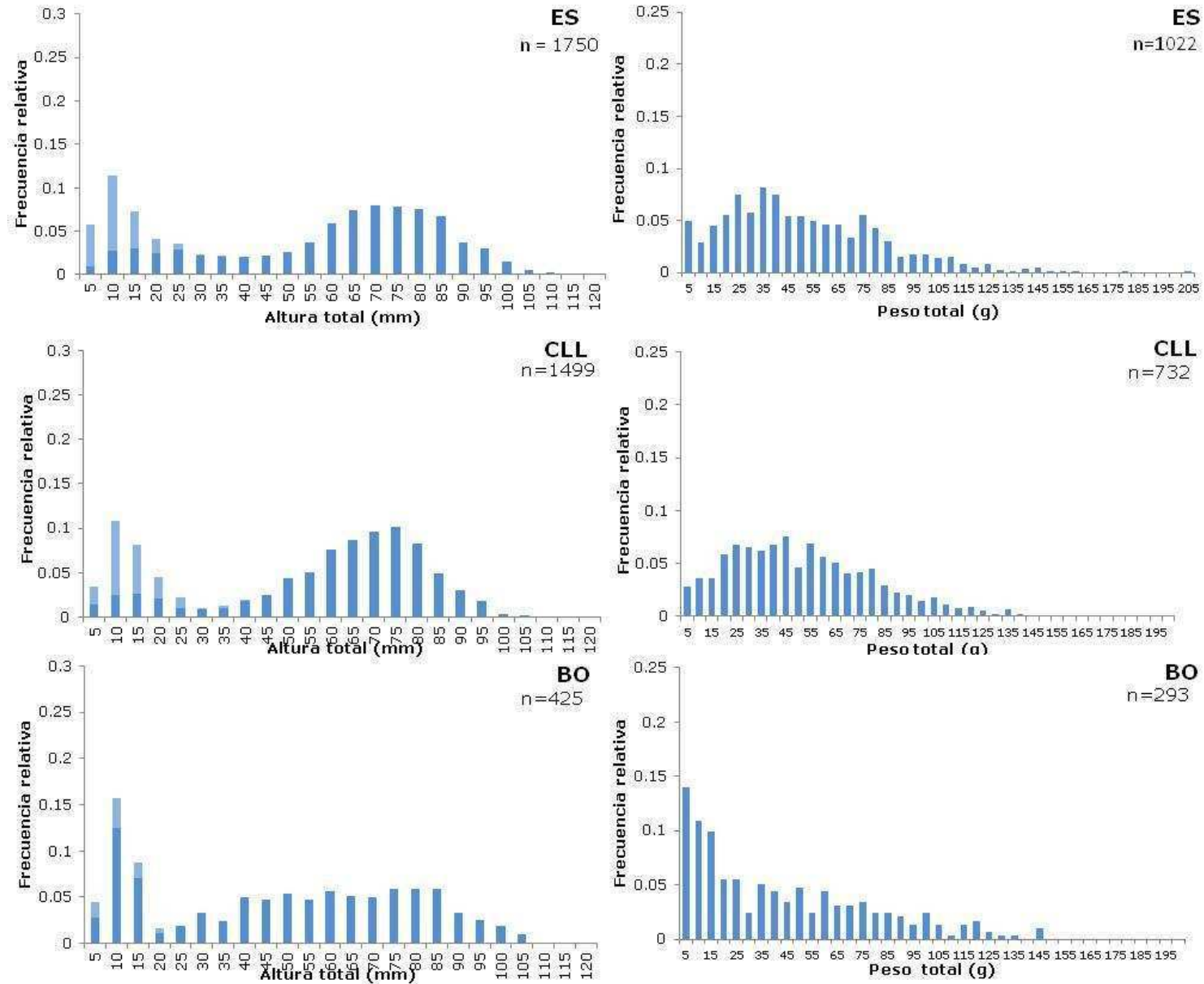
En los casos de ES y CLL, la estructura poblacional completa resultó similar, presentando dos componentes modales bien diferenciados (Figura 4.4.4; Tabla 4.4.2). La primera moda estuvo conformada principalmente por los machos epibiontes y en menor medida por los individuos menores a 30 mm. La segunda moda se ubicó aproximadamente a los 75 mm, e incorporó al resto de los individuos de estos bancos.

En las poblaciones del centro y sur del GSM (SG y PL) y la del GSJ, la clase de los reclutas no estuvo representada (Figura 4.4.5). El histograma de las tallas de las ostras del banco de SG resultó unimodal, con una media a los 65 mm. Para los bancos de PL y GSJ, la DFT resultó bimodal, con el primer componente modal compuesto íntegramente por los machos epibiontes. Para las ostras adultas, los histogramas resultaron similares en cuanto al rango de tallas y las medidas centrales. Estas tres muestras estuvieron compuestas casi exclusivamente por individuos mayores a 55 mm.

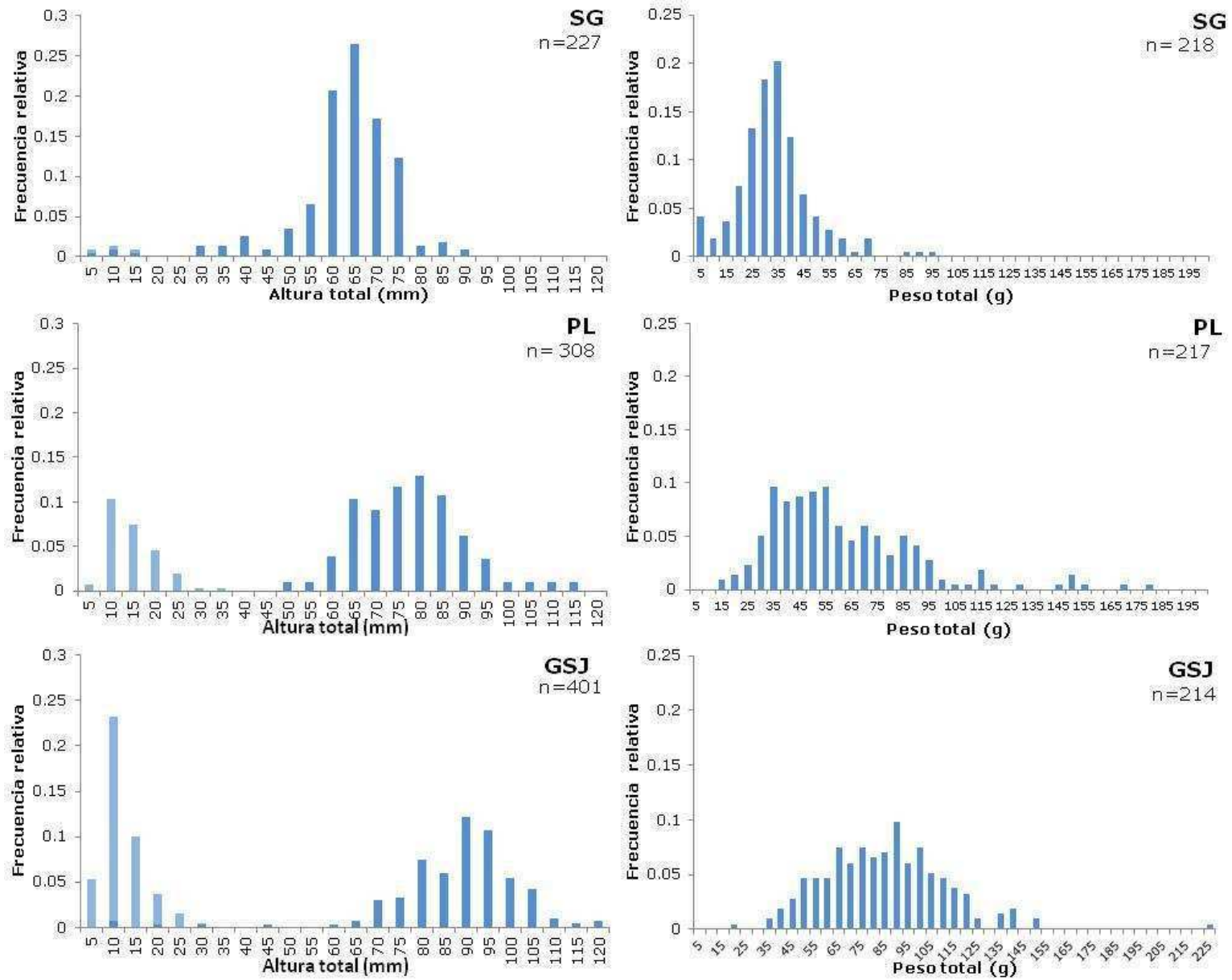


**Figura 4.4.3.** DFT real y DFP de *O. puelchana* de los bancos de BR y LG. Las barras celestes de la DFT corresponden a la proporción de machos epibiontes; las azules a las ostras adultas y los reclutas.





**Figura 4.4.4.** DFT real y DFP de *O. puelchana* de los bancos de ES, CLL y BO. Las barras celestes de la DFT corresponden a la proporción de machos epibiontes; las azules a las ostras adultas y los reclutas.



**Figura 4.4.5.** DFT real y DFP de *O. puelchana* de los bancos de SG, PL y GSJ. Las barras celestes de la DFT corresponden a la proporción de machos epibiontes; las azules a las ostras adultas y los reclutas.

**Tabla 4.4.2.** Componentes modales de las DFT reales de los bancos de *O. puelchana* del GSM y del GSJ, calculados por el método de Battacharia del programa FISAT. Valor medio y desvío estándar.

Banco	n	Talla media (mm)	Componentes modales (mm)				
			m1	m2	m3	m4	m5
Caleta de los Loros (CLL)	1413	63,98	8,75 ± 10,33	74,84 ± 12,9			
Banco Reparó (BR I)	186	23,84	14,28 ± 4,62	22,88 ± 10,88	66,02 ± 2,95		
Banco Reparó II (BR)	230	51,56	8,76 ± 2,44	26,86 ± 4,9	58,75 ± 8,47		
Las Grutas (LG)	233	50,49	11,00 ± 3,52	34,26 ± 11,42	64,92 ± 5,66	80,12 ± 4,03	93,89 ± 4,06
Bajo Oliveira (BO)	425	48,00	11,36 ± 4,13	30,74 ± 5,12	49,09 ± 14,8	79,04 ± 8,54	
El Sótano (ES)	1757	58,87	11,60 ± 6,32	74,45 ± 15,28			
Sierra Grande (SG)	227	60,75	10,00 ± 5,55	39,43 ± 3,74	65,30 ± 5,84	82,50 ± 6,34	
Puerto Lobos (PL)	308	75,31	11,97 ± 2,84	66,90 ± 4,74	81,55 ± 8,22		
Golfo San José (GSJ)	402	85,38	12,05 ± 4,50	81,38 ± 7,84	93,47 ± 7,78		

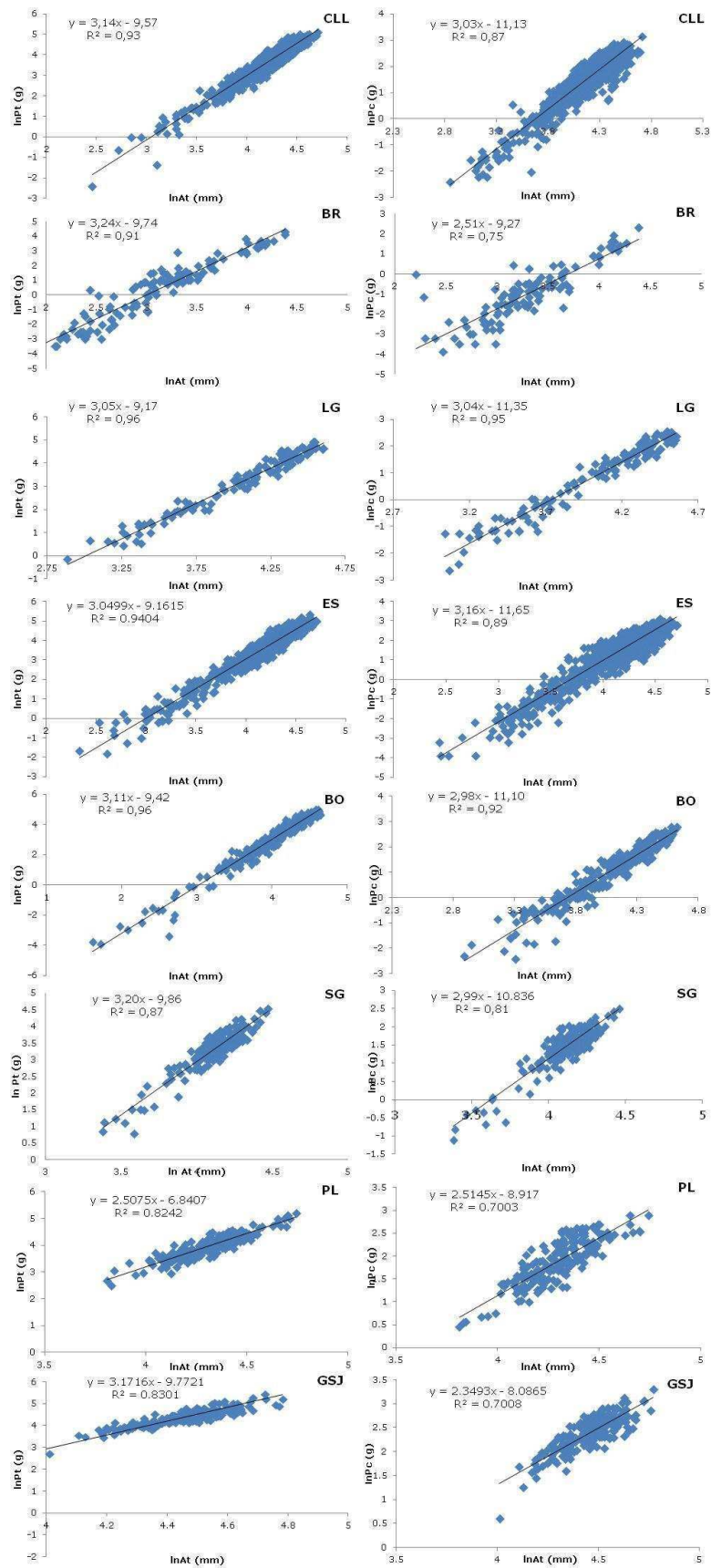
#### *Distribución de frecuencias de pesos*

El peso máximo registrado superó los 200 g, con un rango entre 0,02 g y 225,84 g (media= 46,37; DE=20,96).

La comparación de las DFP arrojó diferencias significativas entre todos los pares de sitios (K-S,  $p < 0,01$  en todas las comparaciones), a excepción de los bancos LG y BO y entre ES y CLL ( $p > 0,1$  en ambas comparaciones). Se observó una tendencia creciente de los rangos de los pesos en los tres los bancos del sur (SG < PL < GSJ, Figura 4.4.6).

#### *Relaciones morfométricas*

Para los ocho sitios de estudio, los análisis de regresión simple entre el logaritmo natural de la altura total y el del peso total (lnAt vs lnPt) presentaron buen ajuste ( $R^2 > 0,70$ ) con alto grado de significación ( $p < < 0,01$ ; Figura 4.4.7). Las pendientes encontradas variaron entre 2,51 y 3,24. No se pudo realizar la comparación entre las rectas mediante un ANCOVA dado que las varianzas no son homoscedásticas (Prueba de Bartlett,  $p < < 0,01$ ). Lo mismo ocurrió con la relación entre el logaritmo natural de altura total y el del peso de carne (ln At vs ln Pc); en este caso, las pendientes variaron entre 2,35 y 3,16.



**Figura 4.4.6.** Relación entre el ln de la altura total (en milímetros) y el ln del peso total (en gramos), y entre el ln de la altura total (mm) y el peso de la carne húmeda (en gramos).

#### 4.4.2. Tipo de agregación

Las ostras presentaron los dos tipos de agregación, pero su frecuencia varió entre bancos. El tipo de agregación más frecuente en todos los bancos fue ostras libres (71%). Las tallas de las ostras libres resultaron significativamente mayores que las de las ostras en manojos para los individuos de los bancos de LG, ES y CLL (Tabla 4.4.3). Los bancos del sur (PL y GSJ) no presentaron esta diferencia, aunque en ellos los manojos fueron escasos.

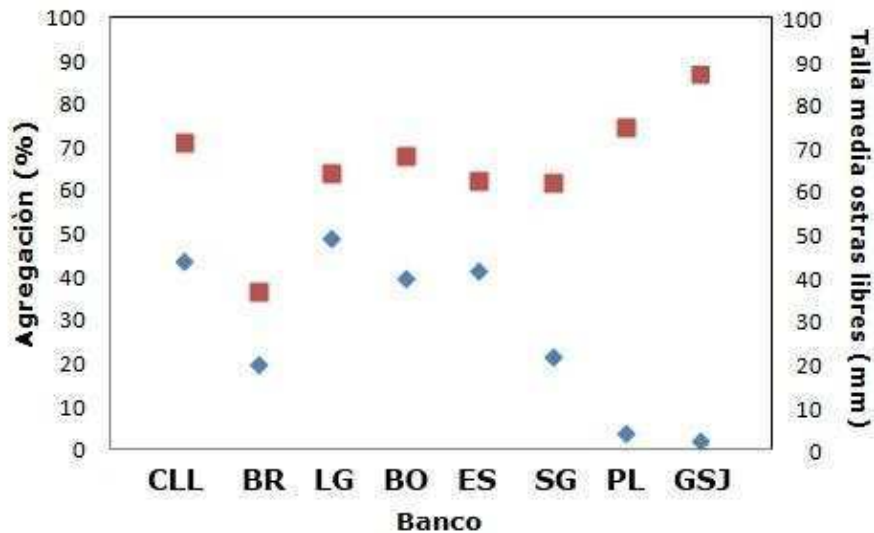
Los manojos estuvieron conformados por hasta ocho ostras de distintas tallas, siendo más frecuentes los conformados por dos individuos (61%). Se encontraron además manojos multiespecíficos, conformados por individuos de *O. puelchana* y de otras especies de bivalvos (*Pododesmus rudis*, *P. leloiri*, *Aequipecten tehuelchus*, *O. stentina*).

El banco de BR resultó ser un banco mixto, ya que más de la mitad de los manojos estuvieron compuestos por especímenes de *O. puelchana* y de *O. stentina* (54,29%).

El ordenamiento descendiente de los sitios de acuerdo al nivel de agregación en manojos sería de la siguiente fue: LG > CLL > BO > ES > SG > BR I > PL > GSJ.

**Tabla 4.4.3.** Agregación en manojos. Porcentaje de ostras adultas (>20 mm) en manojos, cantidad de ostras adultas que conforman los manojos, y tallas medias de ostras adultas libres y en manojos, con su nivel de significación.

Banco	Manojos de conspecíficos (%)	Cantidad de ostras adultas en el manojos	Talla media ostras adultas(mm)		
			manojos	Libre	p (K-S)
CLL	43,91	2-7	63,68	71,73	< 0,001
BR I	20	2	32,76	36,99	Ns
LG	48,95	2-8	52,96	64,59	< 0,025
ES	39,95	2-7	60,83	68,30	< 0,001
BO	41,71	2-8	58,69	62,85	Ns
SG	21,82	2-4	58,31	62,43	< 0,05
PL	3,93	2	77,22	75,23	Ns
GSJ	2,27	2-3	64,59	87,23	Ns



**Figura 4.4.7.** Relación entre los porcentajes de agregación en manojos (cuadrados rojos) y la talla media de las ostras adultas libres (>20 mm) (rombos celestes).

#### 4.4.3. Portación de machos epibiontes

El total de machos epibiontes de todos los bancos constituyó el 20% de la población (Tabla 4.4.1). Se registraron hasta seis machos epibiontes en los zócalos, siendo más frecuente la presencia de un solo macho (60%) (Figura 4.4.8).

La portación total (considerando todos los bancos) fue estimada en 20%, aunque varió entre bancos (Tabla 4.4.4). En los bancos de BR, LG y ES se registraron valores del orden de la portación media o superiores, mientras que en BO y SG casi no se encontraron machos epibiontes (1-5%). En las muestras de PL y en la del GSJ, la portación superó el 25%. Por otro lado, en el banco de la costa noreste (CLL), la portación fue del 16,77%.

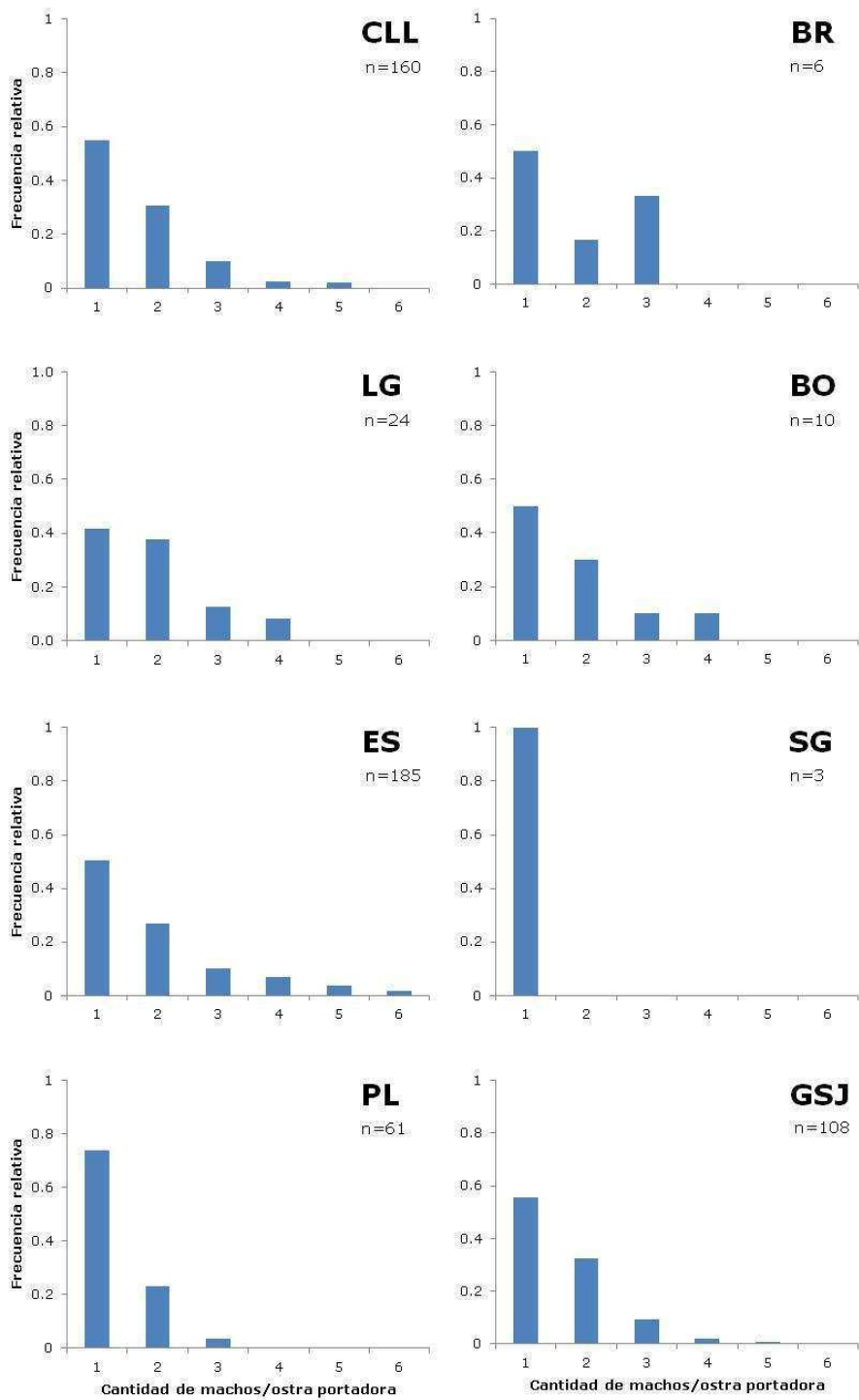
La talla media general de los machos epibiontes fue de 10,03 mm (mediana= 8,34 mm), pero resultó significativamente diferente entre PL y BR, ES, GSJ y BO ( $p_{PL-BR}$ : 0,013;  $p_{PL-ES} < 0,001$ ;  $p_{PL-GSJ}$ : 0,011;  $p_{PL-BO}$ : 0,017) y entre CLL y ES ( $p_{CLL-ES} < 0,001$ ) (Figura 4.4.9). Las tallas máximas también variaron entre bancos (12,5-36,1 mm). Las DFT fueron asimétricas positivas y multimodales (Figura 4.4.9). En GSJ, se visualizan tres modas.

La portación se presentó en ostras mayores a 50 mm, aunque la talla mínima difirió entre bancos. La probabilidad de portar machos epibiontes sobre el zócalo aumentó con la talla (Figura 4.4.10). Las ostras portadoras, fueron en su mayoría ostras libres (79-100%).

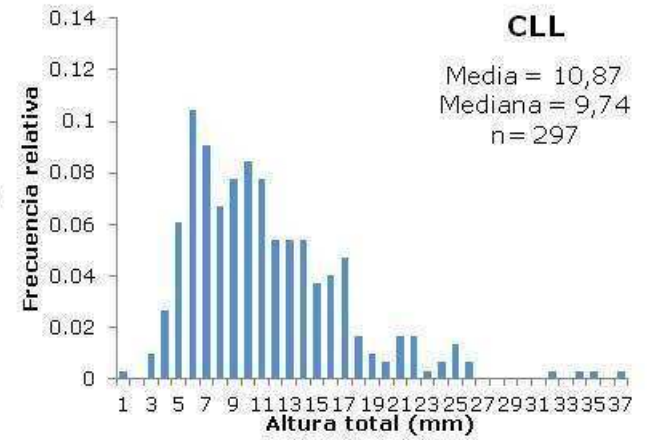
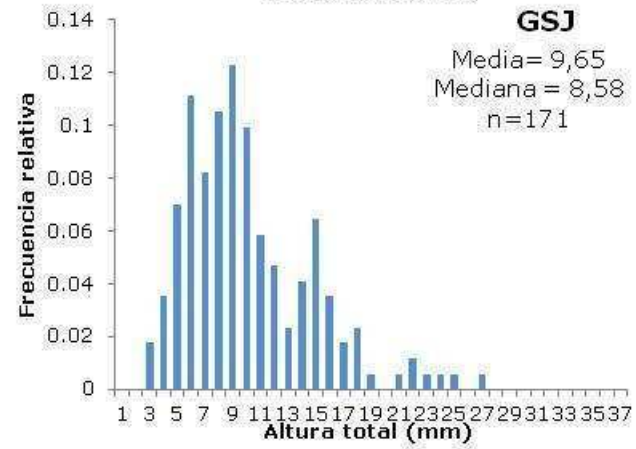
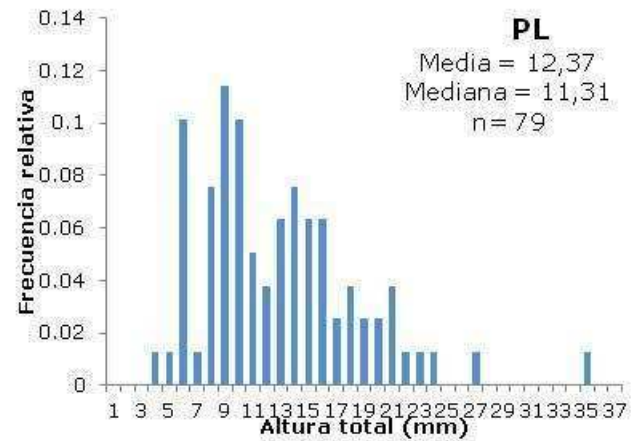
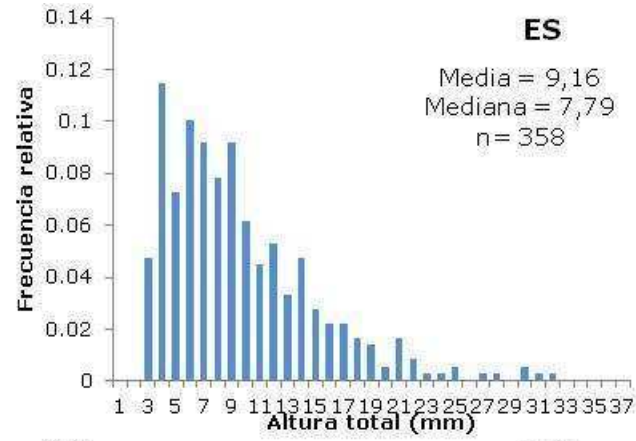
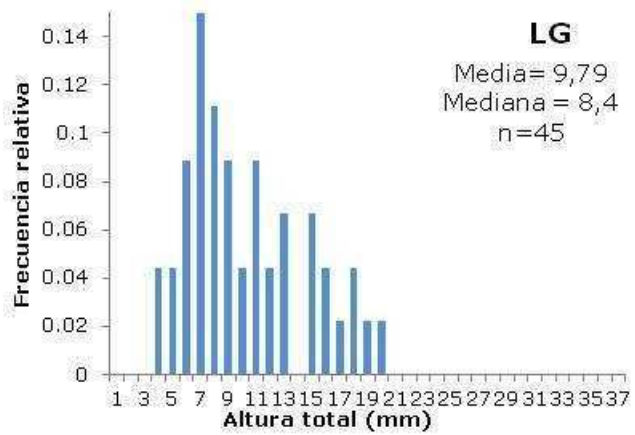
**Tabla 4.4.4.** Portación de machos epibiontes. Porcentaje de portación (% de ostras portadoras), talla media de ostra portadora, número y relación cantidad de machos epibiontes/ostras portadoras, con su rango.

Banco	Ostras portadoras (%)	Talla media ostra portadora (mm)	Nº medio de machos epibiontes por ostra portadora (rango de nº machos por ostra)	N ostra portadora
CLL	16,77	80,69	1,67 (1-5)	161
BR	31,58	63,62	1,83 (1-3)	6
LG	27,27	82,29	1,88 (1-4)	24
BO	5	82,06	1,80 (1-4)	10
ES	18,88	80,75	1,94 (1-6)	186
SG	1,52	59,69	1,00 (1)	3
PL	25,32	81,21	1,30 (1-3)	61
GSI	48,43	90,32	1,60 (1-5)	108

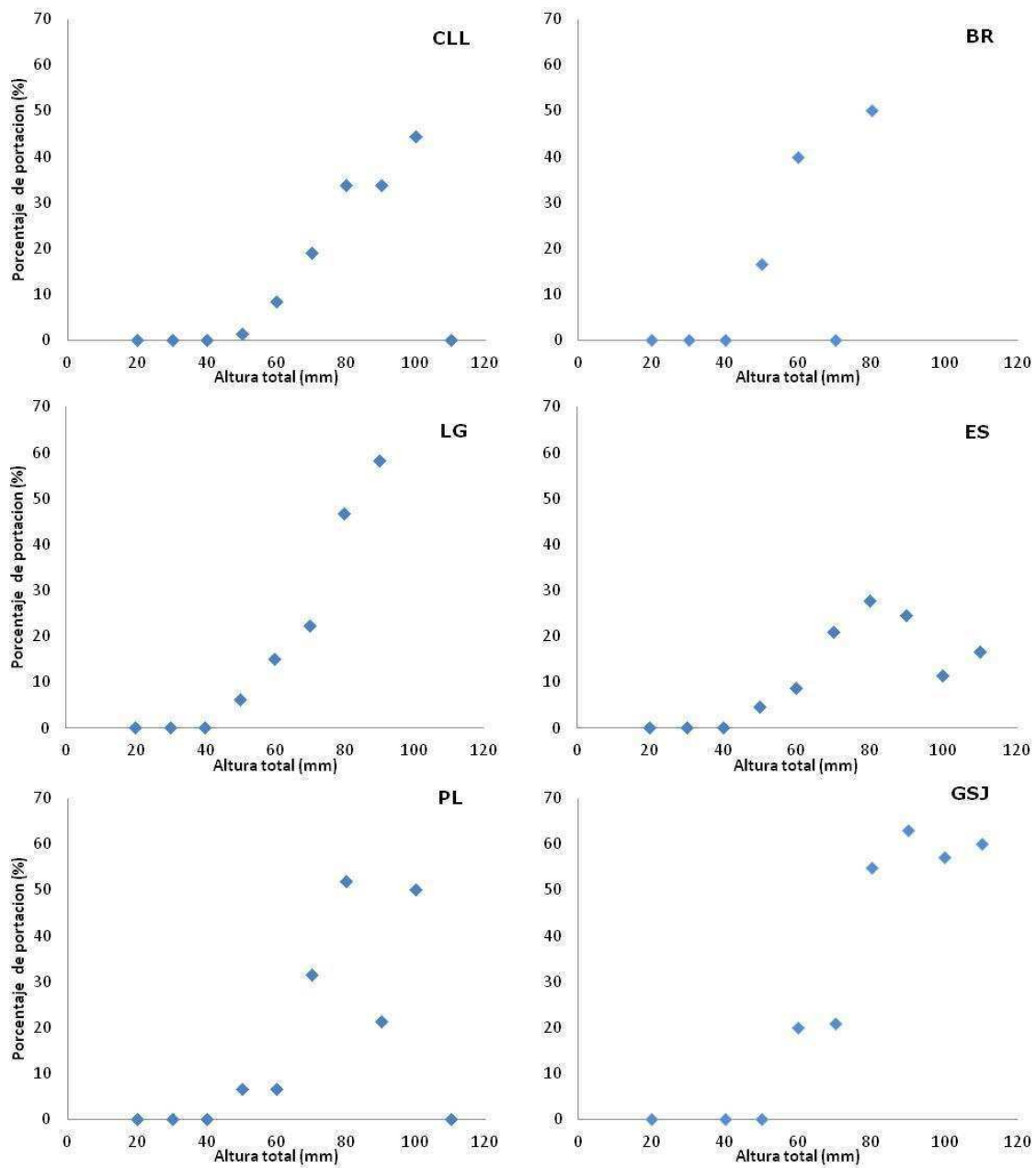




**Figura 4.4.8.** Distribución de frecuencias del número de machos epibiontes por ostra portadora e cada banco.



**Figura 4.4.9.** DFT de los machos epibiontes en cada banco.



**Figura 4.4.10.** Evolución de los porcentajes de portación en función de la talla en ostras de los golfos San Matías y San José.

#### 4.4.4. Reclutamiento

Los reclutas constituyeron el 10% de la población, aunque su proporción varió entre bancos (Tabla 4.4.1). Se registraron hasta siete reclutas sobre las valvas de las ostras (muestreo de ES, noviembre 2009), siendo más frecuente la presencia de un solo recluta (67%).

Los reclutas, por lo general, fueron más frecuentes sobre ostras libres (BR: 66,67; LG: 57,69%; ES: 65,45%; CLL: 54,55; BO: 43,48%).

En relación al sustrato de asentamiento de las larvas, la mayor parte de los reclutas se registraron asentados sobre individuos vivos de *O. puelchana*. Otros sustratos fueron donde se hallaron reclutas fueron cluckers o valvas sueltas y sobre otros bivalvos (Tabla 4.4.5).

**Tabla 4.4.5.** Sustratos de asentamiento de los reclutas registrados en las prospecciones de 2009-2010 y 2010-2011, expresados en porcentajes en cada banco. (\*) en el caso de BO y ES, corresponden a valvas de la cholga paleta *Atrina seminuda*.

	BR	LG	ES	CLL	BO
<i>O. puelchana</i>	15,4	100	86,6	90,6	57,4
Clucker de <i>O. puelchana</i>	56,4	-	1,7	5,21	24,8
<i>O. stentina</i>	15,4	-	-	-	-
Valvas de otros bivalvos*	12,8	-	7,3	-	8,9

**Tabla 4.4.6.** Porcentajes de portación (número de ostras mayores a 50 mm portando machos epibiontes), de agregación (número de ostras de todas las tallas registradas en manojo) y talla media de ostras adultas y reclutas. (\*) Este dato se obtiene de un n=6 de ostras mayores a 50 mm portadoras.

Banco	Portación (%)	Agregación (%)	Talla media poblacional (mm)
CLL	16,77	46,54	63,98
BR	31,58*	20,00	23,84
LG	27,27	64,36	50,49
BO	5	41,71	48,00
ES	18,88	38,84	58,87
SG	1,52	21,88	60,75
PL	25,32	3,93	75,31
GSJ	48,43	3,06	85,38

#### 4.5. Discusión

Los relevamientos realizados sobre cinco bancos del Golfo San Matías (Las Grutas, El Sótano, Banco Reparó, Caleta de los Loros y Bajo Oliveira) en conjunto con las muestras puntuales de los bancos de la costa suroeste de este golfo (Sierra Grande y Puerto Lobos) y de la costa oeste del Golfo San José, permitieron analizar los componentes metapoblacionales de *Ostrea puelchana* en relación a la estructura demográfica, los tipos de agregación presentes, la portación de machos epibiontes y el reclutamiento. Los muestreos de los bancos de SG, PL y GSJ, se consideraron comparables con las prospecciones, debido a que en estos sitios, las ostras ocurren a bajas densidades, por lo cual los buzos que recolectaron las muestras debieron recorrer distancias largas hasta obtener una cantidad suficiente de individuos. La ejecución de prospecciones en estos tres bancos, con estaciones establecidas mediante grillas, resultaría, por lo expuesto, de difícil y costosa realización.

Existe variación geográfica de las características demográficas de los componentes metapoblacionales (bancos). Las estructuras de tallas de los individuos difirieron entre bancos. La mayoría de las DFT reales resultaron bimodales, lo cual es típico de especies longevas y de crecimiento lento. Las diferencias en la representatividad de las tallas pequeñas e intermedias, y aunque en general se trata de poblaciones con baja tasa de recambio, existen en este sentido, diferencias entre bancos. En las DFT de los bancos de CLL, SG, PL y GSJ (y en la muestra puntual de BR II), las tallas intermedias estuvieron ausentes o pobremente representadas, indicando una baja tasa de renuevo. En LG y BO, todas las tallas estuvieron representadas y, como consecuencia, las tallas medias fueron menores. Un ordenamiento de esta dinámica, a partir de las DTF y las tallas medias, puede representarse ubicando en secuencia creciente en relación a su tasa de renuevo del siguiente modo: GSJ en el extremo de menor recambio, PL, CLL, SG, ES, LG, BO y BR, el cual tendría la mayor tasa de recambio.

La comparación de las DFP entre los bancos, así como la de las relaciones morfométricas, tiene un alcance limitado, ya que los individuos fueron recolectados en distintas épocas del año: otoño, inmediatamente después del evento reproductivo (BR I, LG, BO, SG, PL); invierno (GSJ), y primavera (BR II, ES y CLL), previamente (o durante) la época reproductiva.

La prevalencia de ostras libres (71%) por sobre el otro tipo de agregación, sugiere una metapoblación con una tasa general de recambio de individuos baja, lo cual es característico de los ostreidos. Esto se asocia además, a condiciones elevadas de

ramoneo por parte de quitones. Los manojos se desarrollan si los reclutas se asientan sobre valvas de sus conespecíficos, y si sobreviven al ramoneo y alcanzan una talla de escape a la depredación (Pascual, 1997). El ordenamiento de las tasas de renovación y el de la frecuencia de agregación en manojos son consistentes entre sí para la mayoría de los bancos (LG>BO>ES>SG>PL>GSJ). Los bancos de CLL y BO no son consistentes con este patrón. En el caso de CLL, la diferencia se atribuye a que el efecto del ramoneo no es homogéneo en todo el banco. El parche oriental alberga una mayor abundancia y densidad de quitones (Figura 6.4.5, Capítulo 6), que en parche occidental. Por otro lado, en el banco de BR, la baja frecuencia de los manojos puede atribuirse al efecto del ramoneo de quitones, y a que los individuos adultos son escasos, y ocurren de manera dispersa (Capítulo 3). En el caso de BO, otros factores estarían facilitando la agregación en manojos, ya que el porcentaje de portación es alto, la talla media es baja y la densidad de los quitones es importante.

La predicción planteada por Pascual (1993) en relación a que el número de ostras por manajo es mayor en las poblaciones compuestas por individuos jóvenes encuentra sustento en el ordenamiento planteado en el párrafo anterior. Los manojos más numerosos ocurren en los bancos de BO, LG y ES (Tabla 4.4.2), donde las tallas medias son menores (Tabla 4.4.5). Los bancos con mayores tallas medias, indicando individuos más longevos, presentaron manojos conformados principalmente por dos ostras, aunque en algunos casos estuvieron compuestos por tres o cuatro individuos. El caso del banco de BR, con manojos de diádas, refuerza la explicación ya formulada, sobre la fuerte presión depredadora del ramoneo por quitones, y de la gran dispersión de los adultos en el banco.

La portación de machos epibiontes fue mayor en el banco de GSJ (aprox. 50%), donde los individuos más grandes son más frecuentes. Sin embargo, los bancos de SG y PL, donde las tallas medias son altas, los porcentajes de portación fueron medios o escasos. Este hecho podría explicarse en una baja disponibilidad larvaria durante ese año (a consecuencia de una reproducción ocasional poco exitosa) o supervivencia de las larvas, ya que, en el caso del banco de SG, también fueron escasos los reclutas. En los bancos de ES y CLL, el porcentaje de portación fue intermedio (del orden del 20%), registrándose de manera frecuente hasta 3 machos en los zócalos. Este hecho concuerda con que son bancos antiguos, donde las portaciones se dan en los individuos más longevos, considerando que la portación es un proceso acumulativo (Pascual, 1993). Este patrón también se verifica en el banco de GSJ, lo cual es sugestivo, frente a que es un banco joven menos de 20 años, (Capítulo 2).

En este trabajo, a diferencia del de Morriconi & Calvo (1989) y del de Pascual (1993), no se encontró que el efecto de portación de machos epibiontes fuera inverso al de agregación para todos los bancos. Aquí, la portación de machos epibiontes se ordenó según GSJ>LG>PL>ES>CLL>BO>SG. La ubicación del banco de GSJ en los dos extremos de los ordenamientos (máximo valor de portación, y mínima agregación) se atribuye a que es un banco joven (máximo 20 años, ver Capítulo 2), por ende menos modificado, que tiene la estructura primogenia (no impactada) de esta especie. Otros bancos que respetarían este ordenamiento inverso, son PL, BO, y ES, este último conservando una ubicación intermedia.

El reclutamiento fue un proceso geográficamente dependiente. Sin embargo, es necesario mencionar que los muestreos de cada banco ocurrieron en épocas diferentes, lo cual puede afectar la representatividad de reclutas en las muestras. Además, la identificación de reclutas fue realizada a simple vista, por lo cual su registro quedó sujeto a lo que fuera visible para el observador. Aun bajo estas consideraciones, y teniendo en cuenta la historia de cada banco (Capítulo 2), surge el interrogante si la disponibilidad larvaria es homogénea para todos los bancos, ya que en SG el reclutamiento y la portación de epibiontes fueron extremadamente bajos (<2%). Cabe recordarse que los datos analizados corresponden a muestreos de tres años distintos (2009, 2010 y 2011), por lo que si en alguno de esos años no ocurrieron reclutamientos exitosos, eso explicaría la ausencia de reclutas.

En relación a la historia de cada banco, el hecho de que el mayor porcentaje de reclutas (en términos relativos) se encontrase en BR, resulta significativo, frente a que este banco fue arrasado en el pasado, a causa de la Bonamiosis de los años 1996-1997 (Kroeck *et al.*, 2008, Capítulo 2).

Resulta evidente la modificación en las características poblacionales de los bancos de ES y BO. Existe una reducción del fenómeno de portación, que en este estudio no alcanzó el 20% de las ostras adultas, cuando en 1993 fue del 88%. Este resultado sugiere que es un banco compuesto por ostras relativamente jóvenes, que recolonizaron un área en proceso de recuperación ante la reducción poblacional de las últimas dos décadas (Capítulo 2). Esta hipótesis se sustenta con el incremento de la incidencia del porcentaje de agregación en manojos, que ha incrementado en un orden (de 4% en 1993 a 41,71% en 2009-2011).

#### **4.6. Referencias**

Brey, T. & J.D. Gage. 1997. Interactions of growth and mortality in benthic invertebrate populations: empirical evidence for mortality – growth continuum. Arch. Fish. Mar. Res. 45 (1): 45 – 59

- Cerrato, R. M. 1980. Demographic analysis of bivalve populations. In: Rhoads, D.C. & R.A. Lutz. Skeletal Growth. Editorial. 417-463 p.
- Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The Ecological Detective: Confronting Models with Data. Monographs in population biology: 28. Princeton University Press. 315 p.
- Kroeck, M.; Morsan E.M. & L. Semenas. 2008. Epidemiological study of *Bonamia* sp. in the native fan oyster, *Ostrea puelchana*, from San Matias Gulf (NW Patagonia, Argentina). *Aquaculture* 276: 5 -13.
- Morriconi, E.R. & J. Calvo. 1989. Alternative reproductive strategies of *Ostrea puelchana*. *Hidrobiologia* 185, 195–203.
- Orensanz, J.M. & G. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management. En: G.S.JAMIESON & A. CAMPBELL (Eds.) Proceeding of the North Pacific Symposium on invertebrate stock assessment and management. *Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci.* 125: 441 - 459.
- Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.
- Pascual, M.S. 1997. Carriage of dwarf males by female puelche oysters: the role of chitons. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212: 173–185.
- Pascual, M.S. 2000. Dwarf males in the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orb.): differential mortality or selective settlement? *J. Shell. Res.* 19, 815–820.
- Pascual, M.S. & A.H. Bocca. 1988. Cultivo experimental de la ostra puelche, *Ostrea puelchana* D´Orb., en el Golfo San Matías, Argentina. En: Verreth, J.; M. Carrillo; S. Zanuy & E.A. Huisman (Eds.). *Aquaculture research in Latin America*. 329-345. Pudoc Wageningen, The Netherlands. 451 p.
- Pascual, M.S.; Iribarne, O.O.; E. Zampatti & A.H. Bocca. 1989. Female-male interaction in the breeding system of the puelche oyster *Ostrea puelchana* d'Orbigny. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* Vol. 132: 209–219.
- Pascual, M.S.; Parma, A.M. & H.C. Vacas. 1982. Experimental cultura of the puelche oyster, *Ostrea puelchana*, D'Orb. 1842), in the San Matías Gulf (Argentina). I – Off-bottom growth. Simposio Internacional sobre utilización de ecosistemas costeros: planeamiento, polución y productividad. 21-27 noviembre. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Pascual, M.S. & E. Zampatti. 1995. Evidence of a chemically mediated adult-larval interaction triggers settlement in *Ostrea puelchana*: applications in hatchery production. *Aquaculture* 133: 33–44.



Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. J. Shell. Res. 20, 1003–1010.

Vacas, H. 1978. Informe sobre captación y crecimiento de *Ostrea puelchana* en colectores artificiales en la Bahía de San Antonio y Banco Reparó. Dirección General de Pesca y Recursos Marítimos de la Provincia de Río Negro, Argentina. Informe Técnico Inédito. 11 pp.

## Capítulo 5. Estimación de edad

### 5.1. Introducción

El análisis de estructuras esqueléticas para la estimación de la edad de los organismos se basa en una premisa ecológica esencial: los organismos son sensibles a las condiciones de su entorno y experimentan algún nivel de respuesta a los cambios que ocurren en él (Rhoads & Lutz, 1980; Richardson, 2001).

En el caso de los bivalvos, la estructura esquelética está compuesta por una conchilla calcárea que se forma por aposición de capas de carbonato de calcio, cuyas formas más comunes son aragonita y calcita, ambas secretadas por los tejidos blandos y controladas mediante mecanismos fisiológicos (Carter, 1980). La secreción en los ostreidos es normalmente de calcita, limitando la aragonita sólo a los estadios larvales, el resilium del ligamento y la impronta del músculo (Palmer & Carriker, 1979).

El material nuevo de la valva –a medida que el individuo crece- se deposita a lo largo de los márgenes y en el ligamento. Cualquier discontinuidad o variación en el proceso de depositación resulta en cambios que son observables como líneas tanto internas como externas (Dillon & Clarck, 1980), que pueden identificarse, contarse y usarse para estimar la edad del individuo. Las líneas internas observadas en secciones de las valvas o del ligamento son utilizadas particularmente cuando no hay anillos evidentes en la superficie externa de la valva. El umbo es secretado en simultáneo con el resto de la valva y, al estar protegido dentro de las valvas, está menos expuesto a los procesos erosivos que sufren los márgenes de las mismas, por lo cual constituye un fehaciente registro esclerocronológico (Surge *et al.*, 2001). Durante los períodos de anaerobiosis, la ostra reabsorbe parte de su valva para amortiguar el descenso del pH de la cavidad paleal, pero el umbo no es reabsorbido (Kent, 1992).

Las líneas de crecimiento del umbo se han utilizado como marcas esclerocronológicas para estimar la edad de numerosas especies de bivalvos (Carter, 1980). El término *línea de crecimiento* refiere a una línea anual de depositación, mientras que el término *incremento anual*, es la distancia que separa dos líneas de crecimiento (Richardson, 2001). El desafío en el uso de las líneas de crecimiento como registros de una evolución ontogénica consiste en expresar el resultado del análisis como una función del tiempo, para lo cual es importante validar el método para dar por cierta la periodicidad de las estructuras de crecimiento, y así poder estimar la edad de los individuos (Beamish & McFarlane, 1983; Campana, 2001; Langlet *et al.*, 2006).

Existen antecedentes exitosos de aplicación de técnicas de análisis de los anillos internos de la valva que han sido reportados para ostreidos. Las líneas de crecimiento se forman estacionalmente en el ligamento de las ostras *Ostrea edulis* (Richardson *et al.*, 1993), *Tiostrea edulis* (Richardson *et al.*, 1993), *Crassostrea virginica* (Kirby *et al.*, 1998) y *C. gigas* y *C. ariakensis* (Harding & Mann, 2006). Esto ha sido explorado mediante diversos métodos (análisis de cortes de secciones radiales de valvas, improntas en acetato de celulosa, etc.) que a su vez fueron validados mediante la aplicación de otros. Por ejemplo, a través del análisis de isótopos estables en el caso de *C. virginica* (Kirby *et al.*, 1998), mediante cátodoluminiscencia en el caso de *C. gigas* (Langlet *et al.*, 2006, Cardoso *et al.*, 2007, Lartaud *et al.*, 2010), y con seguimiento mensual del crecimiento de semillas en el caso de *O. edulis* (Richardson *et al.*, 1993). La edad de los individuos, en otras especies de ostreidos, ha sido establecida mediante determinación directa (seguimiento de cohortes en cultivos), como es el caso de *O. chilensis* (Toro *et al.*, 1995) y de *O. edulis* (Culloty & Mulcahy, 1996). Las ostras pueden potencialmente vivir 10 o 12 años (Kent, 1992), pero típicamente viven entre 5 y 6 años (Surge *et al.*, 2003).

La estimación de la edad de individuos de *Ostrea puelchana* ha sido siempre un desafío (Pascual, 1993). En esta especie, las valvas son sólidas y lamelosas. La valva derecha es plana, sin pliegues radiales o apenas insinuados. La valva izquierda es convexa, con lamelas irregulares y con costillas longitudinales irregulares e interrumpidas (Castellanos, 1967). A juzgar por caracteres externos de la valva, como el grosor del ligamento o el grado de infección de las valvas por organismos perforantes (la esponja *Cliona celata* o miembros del "complejo Polydora", Polychaeta: Spionidae (Diez *et al.*, 2011)) se ha inferido que esta especie es longeva y de crecimiento lento (Pascual, 1993; Pascual *et al.*, 2001). Asimismo, la presencia en las valvas de ostra del mitílido *Lithophaga patagonica* con individuos de hasta cuatro años de edad (Bagur *et al.*, 2013) sugieren que las ostras superarían esa edad, lo cual ha sido también comprobado en cultivo (Pascual, 1993). No obstante, el tamaño de ostras asentadas en condiciones naturales sobre vieiras de edad conocida sugiere un crecimiento rápido (Morsan, comunicación personal).

Experiencias de seguimiento de cohortes en cultivo realizadas entre 1979 y 1982 (Pascual *et al.*, 1982; Pascual & Bocca, 1988), permitieron modelar el crecimiento para los primeros años de vida, y evidenciar que el mismo se enlentece en los meses invernales, lo cual podría manifestarse en la valva. Por otro lado, en los primeros trabajos sobre la relación de la fertilidad con el tamaño, se asumió que los individuos de 60-70 mm de alto tenían entre dos y cuatro años de edad, mientras que las tallas superiores a 80 mm de cuatro a seis años (Vacas comunicación personal en Morriconi & Calvo, 1980).

Dado que se sabe que las condiciones ambientales tienen una gran influencia sobre la morfología de las ostras (Palmer & Carriker, 1979) y que se ha encontrado en experiencias de crecimiento de esta especie que la temperatura afecta la tasa de crecimiento (Fernandez & Bodoy, 1987), se espera que a igual edad, las tallas puedan variar entre sitios con distintas condiciones ambientales.

En el presente capítulo se proponen como objetivos determinar si existe periodicidad en las marcas internas de las valvas de *Ostrea puelchana*, e identificar la técnica más acertada basada en el conteo de las líneas de crecimiento para la estimación de edad en esta especie.

## **5.2. Antecedentes**

Existen varios métodos analíticos que se emplean para estimar las edades de los individuos basándose en la enumeración de las marcas rítmicas presentes en una estructura. Estas técnicas de estimación requieren ser validadas mediante algún otro método analítico aplicado a otro órgano del individuo (Campana, 2001). Entre las técnicas de estimación de edad basada en la frecuencia de marcas periódicas en una estructura esquelética, se encuentran el análisis de secciones delgadas, radiografías, improntas en acetato de celulosa o del material depositado a partir de una marca artificial. Estos métodos pueden ser validados reconstruyendo las variaciones ambientales de los períodos analizados, basándose en el análisis de los elementos traza y de los isótopos estables de los elementos que constituyen las valvas. Los antecedentes de estas técnicas en relación a su aplicación en bivalvos (y particularmente en ostreidos) se detallan a continuación, ya que las mismas fueron empleadas en *O. puelchana* en el presente trabajo.

### **5.2.1. Secciones delgadas**

Los primeros estudios sobre la estructura de las valvas de moluscos se basaron en el análisis de secciones petrográficas delgadas de valvas (Clark, 1980). Estas secciones se obtienen mediante cortes transversales sucesivos realizados sobre la valva, desde el umbo al margen opuesto. Estas secciones son pulidas para reducir las imperfecciones de la superficie hasta obtener un grosor de 0,5 mm. Al analizar la estructura interna se supera la dificultad de discernir entre anillos de crecimiento y anillos de disturbios presentes en la superficie externa de la valva. Las secciones se analizan bajo microscopio (Richardson, 2001). La ventaja de esta técnica es que en las secciones se aprecian variaciones en la transparencia, pigmentación y orientación de la cristalización de las

valvas (Clark, 1980) que podrían ser correlacionadas con una línea temporal. Además, los preparados perduran en el tiempo, pudiendo conformar una colección de referencia (Carranza, 2001).

La transparencia y su relación con el momento de depositación varía entre especies, y depende, entre otros factores, de la temperatura ambiental y de la latitud (Richardson, 2001). En algunos bivalvos, como es el caso de *Mesodesma mactroides*, la banda traslúcida se marca en verano y la opaca en invierno (Fiori & Morsan, 2004), mientras que en otros organismos, por ejemplo *Panopea abbreviata*, el patrón es inverso (Morsan & Ciocco, 2004). En *Mya arenaria* (Cerrato, 2000), la región traslúcida se restringe a los meses cálidos, en un ciclo que incluye dos regiones opacas, una en la primavera y una segunda durante el otoño-invierno. La transparencia de la valva está relacionada con la tasa metabólica (Cerrato, 2000). La variabilidad en el patrón de depositación, hace necesario que este método requiera una validación mediante otra técnica.

### **5.2.2. Radiografías**

Las radiografías han sido empleadas en la estimación de edades de condrictios (Yamaguchi *et al.*, 1996; Yamaguchi *et al.*, 2005), y permiten distinguir zonas de diferente densidad de una estructura calcificada, y así analizar el patrón de depositación. La imagen se obtiene al exponer al receptor de imagen radiográfica a una fuente de radiación de alta energía, comúnmente rayos X, procedente de isótopos radiactivos (Iridio 192, Cobalto 60, Cesio 137, etc.). Al interponer un objeto entre la fuente de radiación y el receptor, las partes más densas aparecen con diferentes tonos dentro de una escala de grises, en función inversa a la densidad del objeto. La imagen se registra en una placa o película fotográfica. La presencia de organismos incrustantes limita la aplicación de esta técnica, ya que interfiere al momento de la obtención de las imágenes. Existe el antecedente de la aplicación de esta técnica en valvas de la cholga *Aulacomya atra atra*, en la cual se revelan anillos no evidentes a simple vista (Pascual, comunicación personal).

### **5.2.3. Improntas en acetato de celulosa (*acetate peels*)**

En aquellas especies cuyas secciones de valva no exhiben líneas de crecimiento bien definidas, fue necesario aplicar otros métodos para analizar esos individuos. Kummel y Raup desarrollaron una técnica para preparar superficies de secciones de valvas fósiles y transferirlas en láminas de acetato de celulosa (Ropes, 1982), que fue probada con éxito

en varias especies de bivalvos actuales (Tabla 5.2.1), entre ellos en ostras (Richardson *et al.*, 1993). Se basa en el desgaste diferencial del carbonato de secciones transversales de valvas con soluciones ácidas (HCl, DE-CAL o agente histológico descalcificante), por periodos que varían de unos pocos segundos hasta algunos minutos. Este tiempo de exposición depende de la especie, ya que se relaciona con la estructura de la valva, con su mineralogía, contenido orgánico y estado de preservación (Kennish *et al.*, 1980). La superficie se desgasta diferencialmente de acuerdo a su composición mineralógica la cual sigue ciclos regidos por las estaciones del año o de las mareas. El relieve de la superficie erosionada artificialmente se traspasa a una lámina de acetato de celulosa mediante la acción de un agente disolvente (acetato de etilo o acetona) dejando una impronta. Ésta se ubica entre dos portaobjetos y se observa al microscopio (Ropes, 1982).

En el caso de *Ostrea edulis*, las líneas de crecimiento invernales son distinguibles en las improntas de acetato, aunque la claridad de las mismas es variable. La primera línea anual se marca de manera tenue, por lo general está insuficientemente definida, y está compuesta de un número de líneas finas. La segunda línea anual y las subsecuentes se definen de manera clara, aunque la definición de las mismas varía entre sitios, posiblemente a causa de diferencias ambientales (Richardson *et al.*, 1993).

**Tabla 5.2.1.** Comparación de antecedentes de experiencias de desgaste diferencial del carbonato de secciones transversales de valvas de moluscos con soluciones ácidas.

Autores	Especies	Concentración	Tiempo
Ropes, 1983	<i>Arctica islandica</i>	Solución de HCl 1%	1 minuto
Ramón & Richardson, 1992	<i>Chamelea gallina</i>	Solución de HCl 0,01M (0,3645 gr)	18-20 minutos
Richardson <i>et al.</i> , 1993	<i>Ostrea edulis</i>	Solución Decal 1%	20 minutos
	<i>Chione subrugosa</i>		30 segundos - 1 minuto
Houk, 1998	<i>Protothaca ecuatoriana</i> <i>Trachycardium procerum</i> <i>Anadara tuberculosa</i>	Solución de HCl 5%	(mayor claridad) 2 minutos (sobreerosionado)
Peharda <i>et al.</i> , 2002	<i>Arca noae</i>	Solución de HCl 0.1 M (3,645 gr)	1 minuto

## 5.2.4. Marcadores fluorescentes

Una manera de entender claramente la periodicidad del patrón de crecimiento en las valvas de bivalvos es marcando la valva en cierto momento de la vida del animal a partir del cual todo el crecimiento subsecuente se pueda referenciar (Richardson, 1988). En los últimos años, los marcadores químicos han sido probados en una variedad de animales marinos para la identificación del incremento interno (por ejemplo, peces, moluscos y equinodermos). Estos resultados han permitido localizar las zonas de crecimiento y estimar la tasa de crecimiento de cada espécimen (Kaehler & McQuaid, 1999; Pineiro *et al.*, 2007). Los organismos expuestos a marcadores químicos incorporan a éstos en sus estructuras internas calcificadas. El marcador elegido debe presentar ciertas características: ser inofensivo para los organismos, ser detectable, fácil de usar, generar una marca que perdure en el tiempo, y ser económico. Entre los fluorocromos, la calceína ha sido empleada con éxito en varias experiencias de crecimiento en moluscos (Kaehler & McQuaid, 1999; Moran, 2000; Riascos *et al.*, 2007; Herrmann *et al.*, 2009; Linard *et al.*, 2011; Tabla 5.2.2), aunque no existen antecedentes de su empleo para la validación de métodos de estimación de edad en especies de ostreidos. La incorporación del marcador en la estructura de carbonato ocurre cuando el manganeso ( $Mn^{2+}$ ) reemplaza al  $Ca^{2+}$  en la red de carbonato mientras que la calceína se incorpora en la estructuras de crecimiento de carbonato de calcio (Moran & Marko, 2005). La calceína presenta ventajas como poca toxicidad y alta calidad en el marcado (Riascos *et al.*, 2007).

**Tabla 5.2.2.** Comparación de antecedentes de experiencias con marcadores fluorescentes en valvas de moluscos.

Especie	<i>Perna perna</i>	<i>Mesodesma donacium</i> <i>Concholepas concholepas</i>	<i>Nucella ostrina</i>	<i>Pinctada margaritifera</i>	<i>Haliotis rubra</i>	<i>Donax hanleyanus</i>
Tipo de experiencia	acuario	acuario	acuario	acuario	acuario	ambiente natural
Autores	Kaehler – McQuaid 1999	Riascos <i>et al.</i> 2007	Moran 2000	Linard <i>et al.</i> 2011	Day <i>et al.</i> 1994	Herrmann <i>et al.</i> , 2009
Reactivos	Calceína (Sigma)	Calceína Rojo alizarina Estroncio (clorato)	Calceína	calceína	Calceína Rojo alizarina Oxitetraciclina Tetraciclina	Calceína
Técnica	inyección inmersión	inmersión	inmersión	inyección inmersión	inmersión	inmersión
Concentración de calceína(mg/l) y tiempo de exposición	inyección: 0, 10, 20, 40, 125, 160, 320 y 640 Inmersión: 150 y 500 (4h)	50 - 100 / 3-6h	100 (agua destilada, NaHCO <sub>3</sub> , agua de mar) 12 ó 24 h	50, 100 y 150 6 h, 12 h and 24h	10 a 120 6,12,24,48 hs	50 y 100 3 y 6h en oscuridad
Mortalidad durante la experiencia	0% aún en 640 mg/l	2,3-14,02 % calceína	1%	0%	10%	
Marcas claramente distinguibles	≥ 80 mg/l marcas visibles > 160mg/l marcas brillantes	Calceína: 50 mg/l, 3 y 6 h		150 mg/l desde 12h	60-120 mg/l	50 (3h) en oscuridad
Persistencia de la marca	9 meses		1 mes			2 años (comunicación personal)
n	160	13/ experiencia		84	120	260

### 5.2.5. Cátodoluminiscencia

La cátodoluminiscencia es la emisión de luz visible de una estructura de carbonato biogénico producida durante la excitación por una fuente externa de energía (rayo catódico con bombardeo de electrones), que resulta en una luminiscencia dada por la emisión de protones de los iones del manganeso de la matriz de la valva (Lartaud *et al.*, 2010). Cuando se expone una valva de bivalvo a un haz de electrones, la calcita de esa valva presenta una luminiscencia de tonalidad azul oscuro, llamada luminiscencia intrínseca (espectro de emisión alrededor de 350-400 nm). La presencia de  $Mn^{2+}$  en la capa de calcita resulta en una luminiscencia brillante, de tonalidades amarillenta, anaranjada o rojiza, con un pico de absorción en el espectro a los 620 nm. En la aragonita, la sustitución del calcio ( $Ca^{2+}$ ) por el manganeso ( $Mn^{2+}$ ) produce una luminiscencia con una coloración en la gama del amarillo-verdoso (540 nm). Se ha detectado luminiscencia inducida por los niveles naturales de  $Mn^{2+}$  en el ambiente en las capas de aragonita y calcita de varios moluscos (Langlet *et al.*, 2006). Las variaciones en la intensidad de la luminosidad se relacionan principalmente con la concentración de los activadores: mayores concentraciones de  $Mn^{2+}$ , mayor luminiscencia (Rafélis *et al.*, 2000). Las variaciones del Manganeso ( $Mn^{2+}$ ) en las valvas dependerían de factores intrínsecos (tasa de crecimiento, ontogenia) y extrínsecos (condiciones oceanográficas, batimetría y salinidad) (Barbin *et al.*, 1991). El aumento en la temperatura del agua incrementa la absorción del  $Mn^{2+}$ , y su depositación, resultando en mayores concentraciones en las capas de crecimiento (Langlet *et al.*, 2006). La edad se establece de acuerdo a la cantidad de bandas de mayor intensidad, lo que es lo mismo a decir, la cantidad de estaciones estivales.

Esta técnica ha sido utilizada con éxito en *Crassostrea gigas* (Langlet *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2007; Lartaud *et al.*, 2010) y en valvas de las ostras fósiles *C. aginensis* y *Ostrea bellovacina* (Lartaud *et al.*, 2006), y resulta ideal para ubicar la posición de las líneas internas de crecimiento cuando éstas no son evidentes (Richardson, 2001).

### 5.2.6. Isótopos estables

Los esqueletos calcáreos consisten en carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), para el cual el individuo obtiene el componente  $CO_3^{2-}$  del líquido intervalvar, donde existe un equilibrio entre el carbonato  $CO_3^{2-}$  y el agua con el dióxido de carbono producto de la respiración. El líquido intervalvar se alimenta de dos fuentes: el agua circundante y los productos del metabolismo, del procesamiento del oxígeno y el carbono contenidos en los



alimentos (Brey, 2001). Si bien el oxígeno y el carbono provienen del agua, la composición isotópica puede alterarse durante los procesos metabólicos. Este efecto es despreciable siempre y cuando el agua circundante sea la principal fuente de carbono y oxígeno utilizado para la formación de la valva. Sin embargo, esto depende de la especie y puede variar con la edad del individuo (Krantz et al. 1987).

La mayoría de los elementos químicos poseen varios isótopos. En el caso del elemento oxígeno, los isótopos estables más comunes son  $^{16}\text{O}$  y  $^{18}\text{O}$ ; en cuanto al elemento carbono, los isótopos estables más comunes son  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ . Las proporciones de isótopos estables  $^{18}\text{O}$  y  $^{13}\text{C}$  se expresan con una letra griega  $\delta$  y se calculan según

$$\delta = [R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}} - 1] \times 100$$

donde  $R_{\text{muestra}}$  y  $R_{\text{estándar}}$  son las relaciones isotópicas del oxígeno o del carbono y la del carbonato fósil de Viena Pee Dee Belemnite (VPDB), respectivamente, expresadas en ‰ (Kirby et al., 1998).

La relación de isótopos estables del oxígeno de un esqueleto carbonado refleja la temperatura gobernante durante la formación de la valva, revelando los períodos invernales y estivales. El  $\delta^{18}\text{O}$  que compone una valva responde tanto a la temperatura del agua como a la cantidad de  $\delta^{18}\text{O}$  en el agua ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua}}$ ) al momento de la deposición del carbonato. La relación entre los isótopos del oxígeno ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) disueltos en agua depende de la temperatura, de modo que un incremento en la misma resulta en un menor valor de  $\delta^{18}\text{O}$ , con una consecuente disminución en la relación (Kirby et al., 1998). Una secuencia de muestras tomadas sobre una valva en el sentido de su eje de crecimiento, permite evaluar la cantidad de inversiones que tienen lugar en esa relación, e inferir la edad del individuo a partir de asumir que tales inversiones son debidas a los ciclos estacionales. La dinámica de la relación isotópica del carbono está menos entendida, y sería más compleja, no dependiendo tanto de la temperatura sino del balance entre los productos el metabolismo del individuo (que variarían según el taxón y la edad), y la producción primaria de los organismos que componen esa comunidad (Kirby et al., 1998; Brey, 2001).

Las ostras de los géneros *Crassostrea* y *Ostrea* son aptas para realizar análisis isotrópicos debido a su habilidad de depositar el material de la valva en equilibrio isotrópico con el agua del mar en un amplio rango de ambientes ecológicos, desde áreas profundas hasta intermareales (Lartaud et al., 2010, Ullmann et al., 2010). Esta técnica ha sido empleada por Kirby et al. (1998), Lartaud et al. (2010) y Ullmann et al. (2010) para evaluar la periodicidad del incremento en *Crassostrea gigas* y por Surge et al. en *C. virginica* (2001).

### **5.3. Metodología**

Para la estimación de la edad de los individuos, se exploraron las técnicas citadas en el apartado anterior. Posteriormente se analizaron de manera comparativa los resultados de las distintas técnicas empleadas, teniendo como referencia los patrones observados en las muestras de ostras de edad conocida.

#### **5.3.1. Secciones delgadas**

Secciones delgadas de valvas fueron obtenidas para la descripción y el análisis del patrón de deposición del carbonato. Para ello se utilizaron valvas de edad conocida provenientes de diferentes lotes de ostras de cultivo: tres en suspensión (uno de Las Grutas del periodo de captación 1979-1982 y dos lotes provenientes de la zona de Piedras Coloradas (Figura 1.7; captadas en los años 2002-2004, y 2005-2006), y uno de un cultivo en mesa en la Bahía de San Antonio (2005-2006).

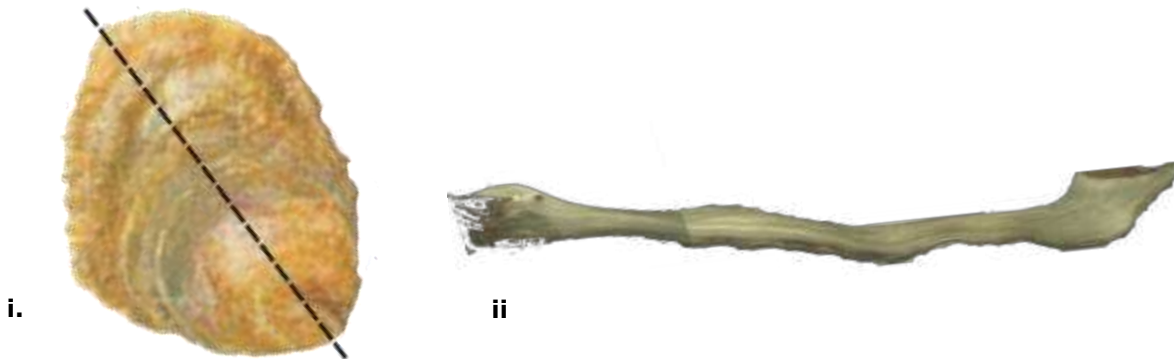
Por otro lado, se seleccionaron valvas (sin datación) de los muestreos realizados en el periodo 2009-2011 en los bancos de Caleta de los Loros, El Sótano, Sierra Grande, Puerto Lobos y Golfo San José (n= 30 de cada banco; n=11 en el caso de El Sótano).

Las valvas derechas (planas) fueron cortadas en secciones delgadas realizando un corte por el eje de mayor crecimiento, desde el centro del umbo al margen ventral (Figura 5.3.1) con un equipo con una hoja de borde diamantado (Struers Minitom). La superficie interna de la valva obtenida de un primer corte fue pulida utilizando papel de lija de grano fino (4000 grit) ubicada sobre una plataforma giratoria de velocidad variable (Struers LaboPol-5). La faz pulida de la valva fue montada sobre un vidrio portaobjetos, asegurándola con pegamento con cianocrilato. Seguidamente se realizó un segundo corte, obteniéndose una sección delgada de la valva (0,5 -0,9 mm de espesor). Esta sección se desgastó con un papel de lija de grano medio (1000 grit) hasta lograr el espesor deseado, y luego fue pulida con uno de grano fino (4000 grit) para obtener una textura lisa y uniforme. Aquellas valvas muy finas o de tallas menores a 20 mm, fueron incluidas en resina sintética antes de realizar el primer corte. Para ello, se usó resina epoxi transparente y un catalizador que, luego de ser mezclados, fueron vertidos en unos moldes de caucho o plástico (previamente pintadas con líquido desmoldante) donde ya estaban ubicadas las valvas debidamente rotuladas.

Los preparados con las secciones delgadas de valvas se observaron bajo lupa trinocular (Olympus SZ61) con luz transmitida y reflejada para establecer el patrón óptico de deposición del carbonato. Se realizaron tres observaciones independientes con el objetivo de describir el patrón observado, tanto en la valva como en el ligamento. Se contabilizó la cantidad de líneas de crecimiento en cada corte delgado, las cuales fueron

analizadas en función de la talla de los individuos y por rango de tallas (rangos de 20 mm: 40-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100, 100-110).

Se tomaron fotos digitales del corte delgado con la cámara del equipo óptico (Infinity 1). Estas imágenes fueron procesadas mediante el software Infinity de análisis de imágenes y posteriormente se analizaron.



**Figura 5.3.1.** Secciones delgadas. **i.** Esquema de una valva derecha de *O. puelchana* con la ubicación del primer corte. **ii.** Preparado de una sección delgada de una ostra de At: 67,18 mm.

### **5.3.2. Improntas en acetato de celulosa (*acetate peels*)**

Se realizó un ensayo preliminar para determinar la relación entre la concentración del ácido clorhídrico (HCl) y el tiempo de exposición al mismo de las secciones transversales de las valvas, en la cual el desgaste diferenciado de la superficie fuera evidente y legible en las improntas sobre las láminas de acetato de celulosa. Se obtuvieron secciones transversales de un grupo de valvas que fueron pulidas según sección 5.3.1. Estas secciones fueron ubicadas de manera cuidadosa (sin rayar la superficie pulida) en una solución de HCl. Se diseñó una experiencia (n=10 para cada tratamiento) con cuatro concentraciones de HCl (0,3645%; 1%; 3,645% y 5%) y cuatro tiempos de exposición (30", 1', 2' y 20'), definidos a partir de la literatura consultada (Tabla 5.3.1) para encontrar la relación entre concentración de HCl y tiempo de exposición que permita ver un patrón mejor definido.

A fin de obtener una impronta de la superficie interna de la valva modificada por el proceso de erosión química, ésta se cubrió con una película de acetato de etilo (88,11 g/mol) sobre la cual se apoyó una lámina de acetato de celulosa (Agar, 35 µm). Una vez

que el acetato de etilo se evaporó, la película fue despegada cuidadosamente y montada entre dos portaobjetos fijados con cinta adhesiva para su observación bajo lupa.

Cuando la relación entre concentración del HCl y el tiempo de exposición fue determinada, el procedimiento descrito arriba fue aplicado a las valvas derecha de un conjunto de ostras de edad conocida (n=52), y uno de ostras recolectadas al momento de la experiencia (n=30, proveniente de Puerto Lobos). Se realizaron descripciones del patrón observado. Se tomaron fotos digitales de los moldes de acetato en la lupa para tratamiento de la imagen mediante software de análisis de imágenes. Se confrontaron los resultados con los de las valvas de edad conocida y con los de sus correspondientes cortes delgados.

### **5.3.3. Radiografías**

Se tomaron radiografías de valvas de ostras de edad conocida y valvas sin datar. Inicialmente se hicieron tomas de prueba para calibrar los parámetros de manera de obtener un mejor revelado. Se empleó equipo de radiología Toshiba, películas para radiografías médicas Kodak, una distancia focal de 70 cm y un tiempo de exposición de entre 0,5 y 0,9 segundos. El voltaje empleado varió entre 39-45 kV.

Se tomaron fotos digitales de las placas para realizar mediciones y tratamiento de la imagen mediante software de análisis de imágenes.

### **5.3.4. Ensayos de marcado con Calceína**

En septiembre de 2009 se realizó una experiencia piloto para determinar la concentración de calceína y el tiempo de inmersión de las ostras en esa solución que produjera una marca clara y visible en las valvas. Para ello se utilizó una muestra de ostras recolectadas en el banco de El Sótano (n=60) cuyos ejemplares fueron rotulados y acondicionados en agua con recirculación hasta el momento de inicio de la experiencia (Figura 5.3.2.i-ii). Se prepararon dos soluciones de calceína Sigma®, de concentración 50 mg/l y 100 mg/l respectivamente, preparadas con agua de mar filtrada. Se emplearon tres tiempos de inmersión (3 hs, 6hs o 12hs) elegidos en base a la bibliografía consultada (Tabla 5.3.2). Los grupos de ostras de cada tratamiento fueron ubicados en dos peceras con aireadores, que contenían cada solución. Las peceras fueron cubiertas con bolsas de nylon negro para provocar oscuridad y no alterar el reactivo (Figura 5.3.2.iii-iv). A medida que transcurrieron los tiempos del ensayo, las ostras de cada tratamiento (n=10) fueron retiradas de las peceras, y reubicadas en otros recipientes con agua de mar, hasta la finalización del experimento, momento de traslado al ambiente natural.

Los individuos fueron mantenidos en el ambiente natural durante seis semanas (del

19/09/2009 al 02/12/2009) en linternas suspendidas de una batea flotante ubicada en la entrada de la Bahía de San Antonio (40° 46,54 S 64° 53,04 W, Figura 5.3.2.v-vi). La temperatura del agua fue registrada durante toda la experiencia cada seis horas mediante un *termobotón* (StowAway TidbiT Temperature Data Logger) fijado a una linterna.

Las ostras recuperadas fueron medidas y procesadas, registrándose alto y peso. Las valvas fueron cortadas en secciones delgadas y pulidas (según sección 5.3.1). Las muestras fueron analizadas bajo microscopio epifluorescente (Axiolab HBO 50) con filtro de luz azul ( $\lambda = 460 - 490$  nm) (Figura 5.3.3). Al registrarse una marca color verde fluorescente, se procedió a observar con el filtro para el rojo ( $\lambda = 330-385$  nm), para confirmar la presencia de la marca de calceína (bajo el filtro rojo, no debe observarse la marca de calceína registrada con el filtro azul). Una vez encontrada la marca, se tomaron fotografías a través del ocular, y se realizó un esquema sobre la/s zona/s de la valva.

En diciembre de 2009, ostras adultas de distinto tamaño (n=250, sin contabilizar los machos epibiontes) fueron marcadas con el tratamiento elegido, de manera similar a la detallada anteriormente en esta sección, y fueron colocadas en tres linternas suspendidas de la batea de crecimiento (Figuras 5.3.2.i- vi). Un grupo de 30 ostras sin marcar fue ubicado en uno de los pisos de la linterna, como grupo control de la experiencia.

Con una frecuencia bimensual (a excepción de los meses invernales, por razones climáticas), se accedió a la batea para remover las ostras muertas, limpiar las ostras vivas con cepillo para remover el *fouling* y otros organismos sobre ellas (cangrejos, isópodos), y para reemplazar las linternas en caso de que la malla estuviera obstruida por el *fouling* y no se permitiera un flujo constante de agua. En cada visita a la batea, se retiró una submuestra de 30-60 ostras que fue llevada al laboratorio para su procesamiento.

Las linternas se descolgaron de la batea al cumplirse un año de experiencia (diciembre de 2010). Todas las valvas fueron seccionadas y pulidas para obtener una sección transversal delgada, las cuales fueron analizadas con el microscopio epifluorescente.

La relación entre el número de líneas depositado durante 2010 y las tallas de las ostras fue analizada mediante la correlación de Spearman.



**Figura 5.3.2.** Experiencia de marcado con calceína y crecimiento en ambiente natural. **i.** Ejemplar de *O. puelchana* con rótulo de plástico adherido con pegamento de cianocrilato. **ii.** Acondicionamiento de ostras en bachones con agua en recirculación (instalaciones del CRIAR). **iii.** Agregado de solución de calceína a ostras en peceras recubiertas con nylon negro en instalaciones del CRIAR. **iv.** Ostra filtrando la solución con el reactivo. Detalle: ostras en pecera en solución de calceína. **v.** Instalación de linterna en batea de CULMAR S.A. en la Bahía de San Antonio (fecha). **vi.** Linterna suspendida de a batea, recubierta de fouling, previa limpieza y recambio.



**Figura 5.3.3.** Análisis de marcas de calceína en valvas de *O. puelchana* con microscopio epifluorescente. **i.** Haz de luz azul sobre corte delgado de valva de *O. puelchana*. **ii.** Observación de los cortes delgados en oscuridad con instrumental óptico de la UNPSJB del CENPAT.

### 5.3.5. Cátodoluminiscencia

En el periodo abril-mayo 2010 se recolectaron individuos de los bancos de Las Grutas, Caleta de los Loros, El Sótano y Puerto Lobos en el marco de las prospecciones de los mismos. Se seleccionó un par de valvas (plana y cóncava) de ostras adultas de cada banco, que fueron cortados en secciones delgadas y pulidos (según sección 5.3.1). El mismo procedimiento fue aplicado a las valvas de una ostra de edad conocida, proveniente de un sistema de cultivo ubicado en Las Grutas durante el periodo 1979-1982.

Las muestras fueron examinadas con un microscopio óptico con un equipo de cátodoluminiscencia en frío acoplado (Catodine Opéa, 15-17 kV, 250-300  $\mu\text{A}/\text{mm}^2$  bajo una presión de 60 mTorr). Se tomaron imágenes digitales para el análisis del patrón. Sobre estas imágenes se realizaron mediciones de la variación en la intensidad de la luminiscencia (expresadas en unidades arbitrarias en la escala del gris) mediante el software gratuito de código abierto ImageJ TM del National Institutes of Health (disponible en <http://rsb.info.nih.gov/ij/>).

### 5.3.6. Isótopos estables

Tres valvas cóncavas sometidas a catodoluminiscencia fueron seleccionadas para el análisis de la proporción de los isótopos estables del oxígeno y del carbono del carbonato que las componen. Se obtuvieron muestras utilizando un taladro con una micromecha de 0,3 mm de diámetro, hasta obtener una cantidad de entre 80-120 µg de material. Las muestras fueron tomadas sobre una sección de la valva, de modo paralelo al eje de crecimiento de la región del umbo, a lo largo de una transecta desde la zona más antigua de la valva hasta la porción más recientemente formada (Figura 5.4.13). La cantidad de muestras varió entre 22 y 31 por valva, dependiendo del largo del umbo. Las muestras fueron tratadas con ácido fosfórico al 100% a 75°C al vacío. El CO<sub>2</sub> producido fue recolectado y analizado en un espectrómetro de masas (Dual Inlet VG Isoprime IRMS) para la determinación de las proporciones de isótopos estables del oxígeno. Para los análisis se utilizaron isótopos estándares internos calibrados en el NBS-19. La desviación estándar para δ<sup>18</sup>O fue ±0,10‰.

Para realizar una aproximación a la temperatura del agua de mar de precipitación de la valva, se utilizó la relación salinidad/δ<sup>18</sup>O<sub>agua</sub> y se consideró constante el valor de salinidad para cada sitio extraído de mediciones anteriores en cada área (Guerrero & Svendsen, 2007). Los valores de δ<sup>18</sup>O de las valvas fueron luego convertidos en temperaturas de agua de mar (TAM) a partir de la ecuación de Anderson & Arthur, según

$$TAM (^{\circ}C) = 16 - 4,14 (\delta^{18}O_{valva} - \delta^{18}O_{agua}) + 0,13 (\delta^{18}O_{valva} - \delta^{18}O_{agua})^2.$$

Tanto el análisis de catodoluminiscencia como el tratamiento con isótopos se efectuaron en el Laboratoire Biominéralisations et Environnements Sédimentaires de la Maître de Conférences Université Pierre et Marie Curie, de París, Francia, para lo cual se enviaron las muestras.

## 5.4. Resultados

### 5.4.1. Secciones delgadas

Tanto en individuos de edad conocida como en aquellos que se desconoce su edad, el patrón óptico encontrado, si bien tiene coincidencias, es muy variable entre individuos.

#### *Descripción general de la sección de valva*

En las secciones de la valva de *Ostrea puelchana* se observaron regiones opacas de coloración blanco-grisáceo, uniformes o con subdivisiones que conforman "paquetes". Estas regiones estaban atravesadas por líneas paralelas al eje de crecimiento, algunas de



coloración marrón y otras de coloración gris-celeste (Figura 5.4.1).

Las líneas marrones se originan en la región del umbo, tanto en la valva derecha como en la izquierda. Estas líneas se extienden de manera irregular a lo largo de la valva: algunas pueden ser trazadas a lo largo de toda la sección (desde el umbo hasta el borde de la valva) pudiendo fusionarse con otras o ramificarse, mientras que otras se discontinúan. Estas líneas marrones, que son siempre delgadas y su coloración varía entre amarillo y marrón, serían depósitos de calcita caliza. Desde el punto de vista mineralógico, la única diferencia entre la caliza o calcita porosa y la calcita foliosa, es el hábito de la cristalización. Ambos son depósitos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que, en este caso se secretan en simultáneo. Ocasionalmente estas líneas marrones se asocian a una pequeña depresión o hendidura en la valva en el límite entre el ligamento y el umbo (Figura 5.4.1).

Las líneas de coloración gris-celeste también se originan en la región del umbo, son paralelas entre sí, pudiendo localizarse de manera equidistante. Algunas son largas y alcanzan el periostraco; otras se fusionan entre sí. (Figura 5.4.1).

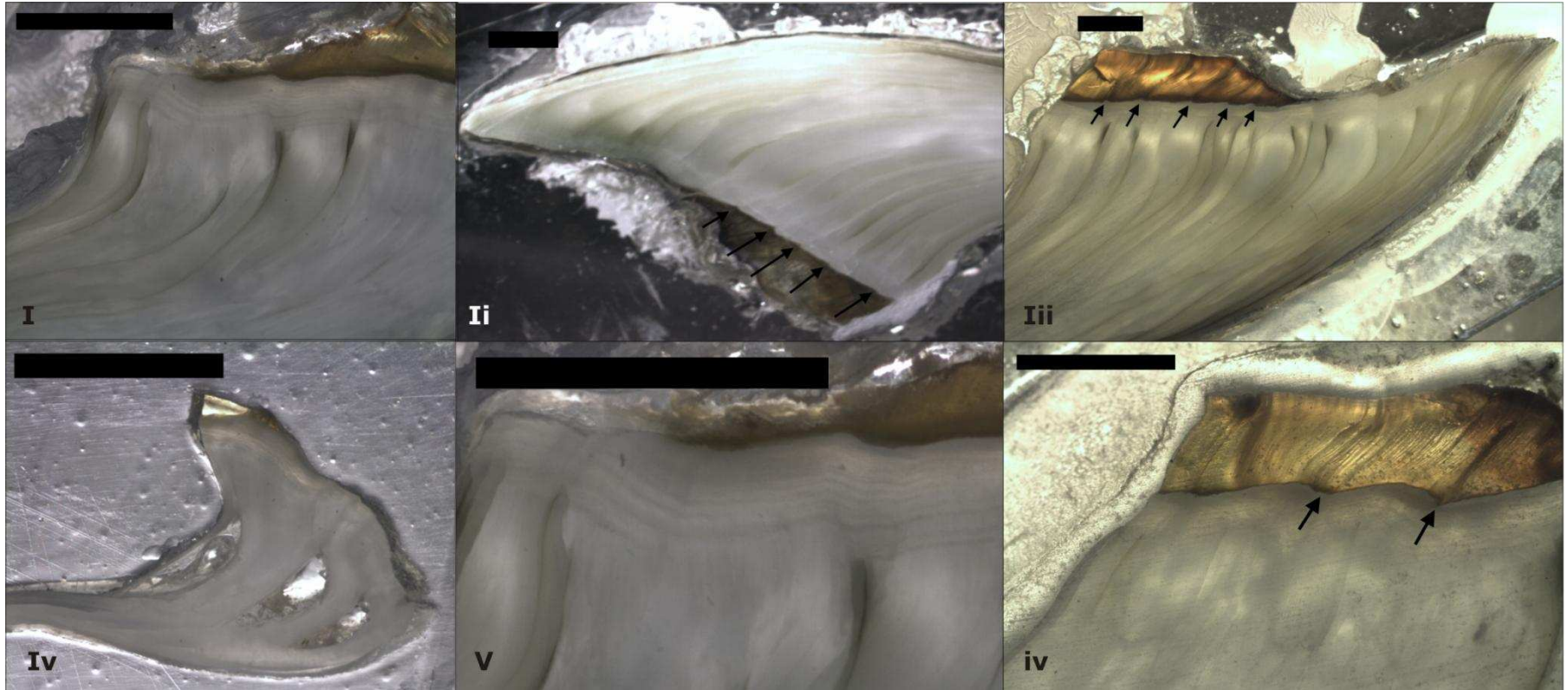
En la región más extrema del umbo (donde se adhiere el ligamento) se observaron a su vez líneas perpendiculares al eje de crecimiento (y paralelas al borde del umbo), de coloración grisácea (detalle en Figura 5.4.1).

Los ligamentos analizados estuvieron compuestos por una serie de bandas angostas, paralelas entre sí, de coloración homogénea, sin diferenciación alguna a la altura de las líneas de crecimiento de la valva. La dificultad en incorporarlos en los preparados de secciones delgadas debido a su naturaleza orgánica (se desprenden fácilmente) los hace inapropiados como estructura a analizar.

#### *Patrón de depositación en valvas de individuos de edad conocida*

Un total de 76 secciones de valvas de individuos de edad conocida provenientes de sistemas de cultivo (Tabla 5.4.1) fueron observadas bajo lupa. La edad varió entre 1 a 2,5 años de edad (deducida a partir del momento de fijación).

En las secciones de las valvas de los individuos más jóvenes resultó dificultoso el reconocimiento de un patrón general de depositación. En los individuos de un año, las líneas de crecimiento marrones fueron completas (alcanzando el borde) o incompletas, y en algunos casos estas líneas estuvieron débilmente marcadas o ausentes. Se registró la presencia de hendiduras en el borde del umbo, algunas muy pronunciadas. Los "paquetes" blanquecinos resultaron bien distinguibles en algunos individuos, pudiéndose diferenciar entre cuatro (Figura 5.4.1.v) y siete paquetes. Las líneas grises verticales fueron observadas en algunos casos, aunque con menor definición.



**Figura 5.4.1.** Patrón de depositación en valvas de *Ostrea puelchana* observadas en secciones delgadas. **i.** Regiones opacas de coloración blanco-grisáceo (como paquetes) atravesadas por líneas de coloración amarronada y líneas gris-azulado. **ii.** Pequeña hendidura en la valva en el límite entre el ligamento y el umbo. **iii.** Detalle de finas bandas de microcrecimiento. **iv.** Bandas de coloración blanca que suelen coincidir con una irregularidad en la superficie externa de la valva. **v.** Paquetes blancos separados por burbujas de aire.

En los individuos de dos años y medio, las líneas de crecimiento marrones fueron identificables en la mayoría de los casos, aunque variaron en número (Tabla 5.4.1). También se identificaron los “paquetes”, aunque no en todas las secciones observadas, y su número presentó mayor variación. Ambas estructuras fueron muy variables en número, por lo cual no se pudo establecer una periodicidad en la deposición.

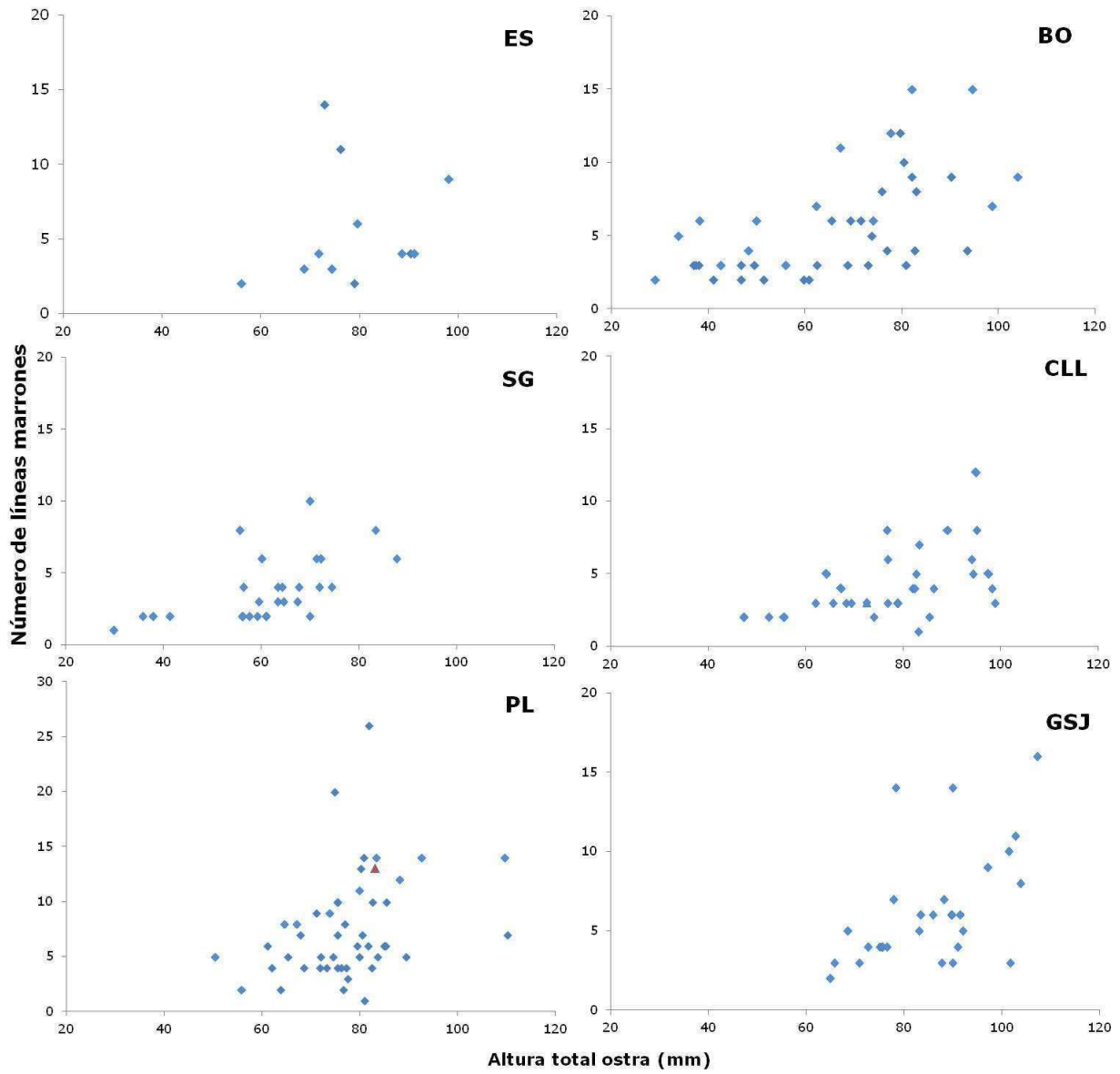
**Tabla 5.4.1.** Análisis de los ejemplares de *Ostrea puelchana* de edades conocidas de los sitios de cultivos aledaños a la bahía de San Antonio. (\*) no encontradas en todas las secciones delgadas de valvas observadas.

Sitio de Recolección	Inicio y fin del cultivo	Ostras examinadas (n)	Talla promedio de la ostra y DE (n)	Número observado de líneas de crecimiento ( $\pm$ DE)
Las Grutas	enero 1980 a julio 1982	46	65,35 $\pm$ 9,06 (n= 250)	1-4 líneas marrones (media: 2,66 $\pm$ 0,97) 1 a 15 paquetes
Piedras Coloradas	diciembre 2002 a octubre 2004	5	57,14 $\pm$ 5,14 (n= 10)	1-2 hendidura* sin líneas marrones
Piedras Coloradas	abril 2005 a abril 2006	11	31,09 $\pm$ 2,62 (n=30)	1-3 líneas marrones 2-7 líneas grises 5-6 paquetes
Piedras Coloradas	mayo 2005 a mayo 2006	14	30,94 $\pm$ 8,57 (n=72)	1* 1 hendidura* 4-7 paquetes

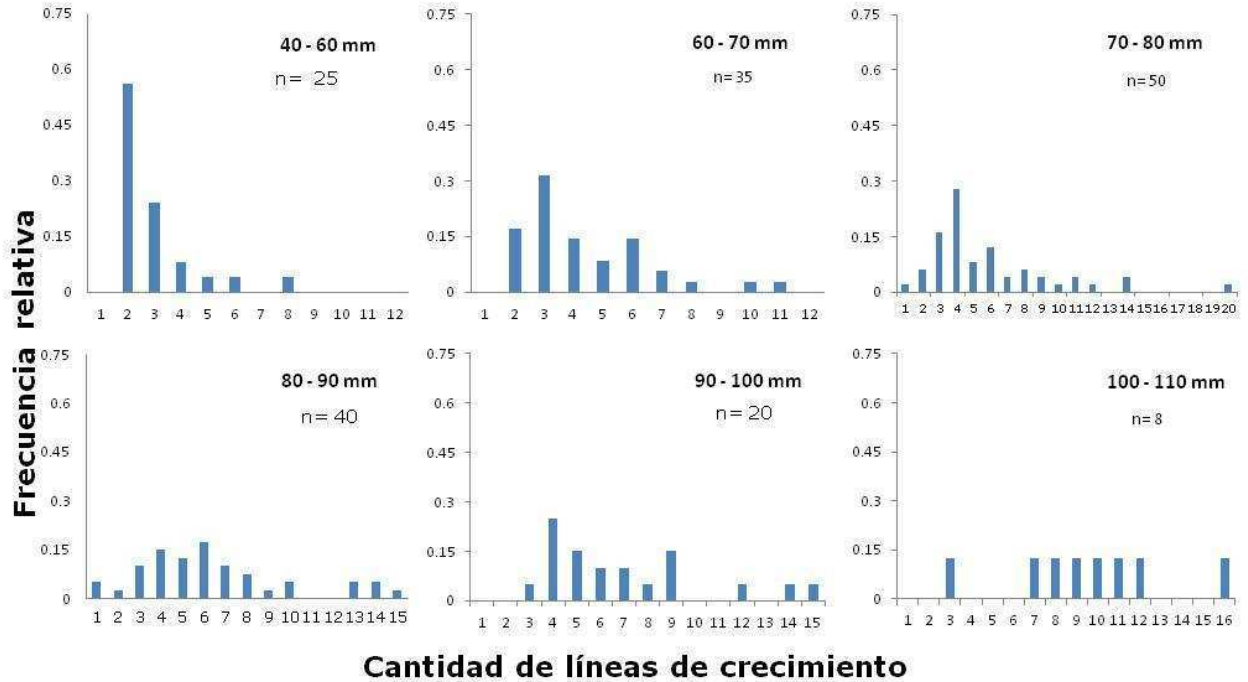
#### *Patrón en valvas de individuos de edad desconocida*

Un total de 550 secciones de valvas de individuos de edad desconocida fueron observadas bajo lupa. El patrón de depositación encontrado fue similar al registrado en los ejemplares de edad conocida.

Las líneas de crecimiento marrones constituyeron el atributo más distintivo en todas las secciones analizadas, presentándose siempre paralelas y equidistantes. La cantidad de estas líneas fue leída en 187 secciones delgadas, y varió entre individuos (1-16), exhibiendo una tendencia positiva en relación con la talla (Figura 5.4.2). Los valores más frecuentes en cada rango de tallas fueron en aumento a medida que aumentó la talla (Figura 5.4.3).



**Figura 5.4.2.** Cantidad de líneas de crecimiento marrones observadas en secciones delgadas de ostras según su talla, por banco (ES: El Sótano; BO: Bajo Oliveira; SG: Sierra Grande; CLL: Caleta de los Loros; PL: Puerto Lobos; GSJ: Golfo San José).



**Figura 5.4.3.** Distribución de la frecuencia relativa de la cantidad de líneas de crecimiento marrones por rango de tallas, en 178 secciones delgadas observadas, provenientes de todos los bancos.

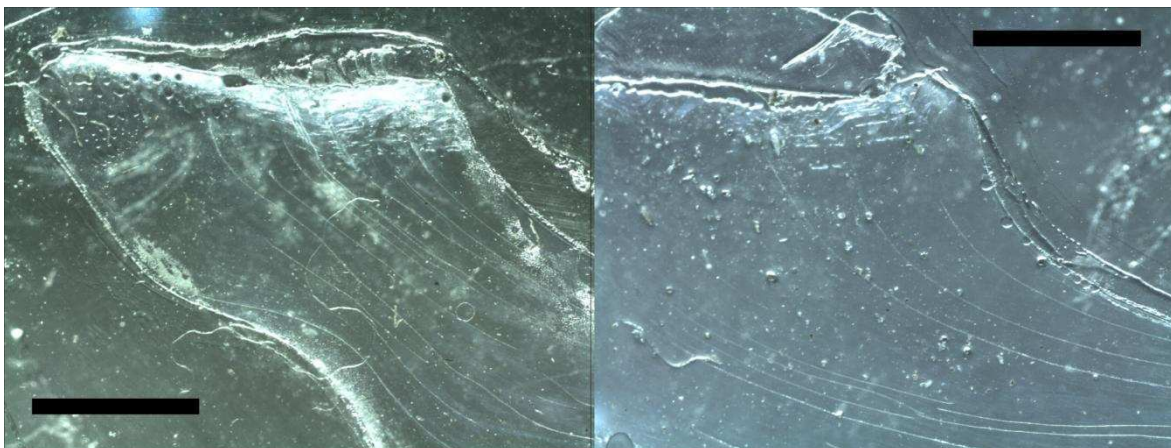
#### 5.4.2. Improntas en acetato de celulosa (*acetate peels*)

Las improntas en acetato de las superficies pulidas de las valvas de *O. puelchana* mostraron, observadas bajo la luz transmitida, un patrón alternante de bandas translúcidas y líneas opacas en la región del umbo (Figura 5.4.4).

La concentración a la cual se obtuvieron improntas más claras fue de 0,3645% HCl (0,01 M), con el mayor tiempo de inmersión (20 minutos).

##### *Patrón en valvas de individuos de edad conocida*

El patrón de líneas de crecimiento de las improntas en acetato fue variable entre individuos de edad conocida (Tabla 5.4.2). Las improntas revelaron un patrón similar al encontrado en los cortes delgados, aunque con líneas de crecimiento no distinguibles en aquellos. No se observaron marcas en la superficie externa de la valva a la altura donde finalizaban las líneas.



**Figura 5.4.4.** Improntas en acetato de celulosa (*acetate peels*) obtenidas de secciones de valvas de *O. puelchana* tratadas con 0,3645% HCl (0,01 M) durante 20 minutos. Bajo la luz transmitida, se observa un patrón alternante de bandas translúcidas y líneas opacas en la región del umbo.

**Tabla 5.4.2.** Líneas de crecimiento presentes en *peels* de ejemplares de edad conocida de *Ostrea puelchana*.

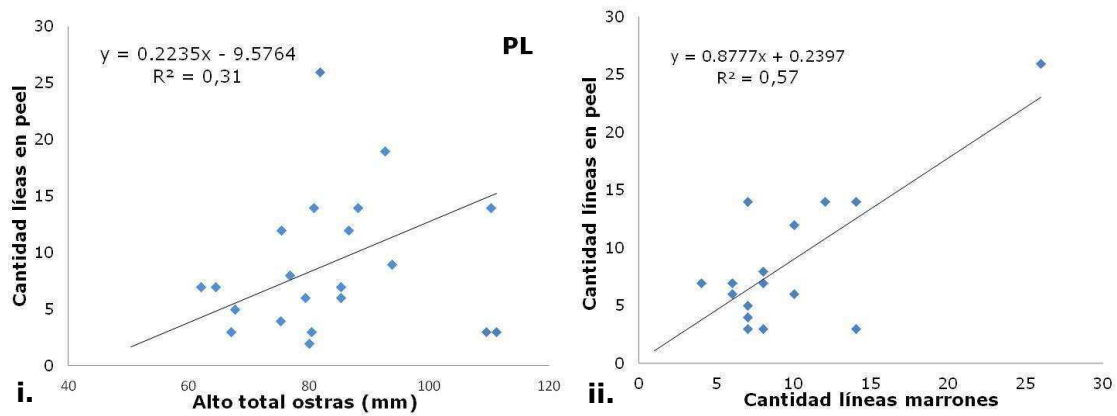
<b>Origen</b>	<b>Fechas de inicio-fin cultivo / recolección</b>	<b>Ostras examinadas (n)</b>	<b>Talla promedio de la ostra (<math>\pm</math>DE)</b>	<b>Número observado de líneas de crecimiento (media <math>\pm</math> DE)</b>
<Cultivo en Las Grutas	enero 1980 a julio 1982	23	65,35 $\pm$ 9,06 (n= 250)	3-10
Piedras Coloradas	diciembre 2002 a octubre 2004	5	57,14 $\pm$ 5,14 (n= 10)	1-3 (2,2 $\pm$ 1,3)
Piedras Coloradas	abril 2005 a abril 2006	11	31,09 $\pm$ 2,62 (n=30)	1-4 (1,83 $\pm$ 0,41)
Piedras Coloradas	mayo 2005 a mayo 2006	13	30,94 $\pm$ 8,57 (n=72)	1-2

#### *Patrón en valvas de individuos de edad desconocida*

Un total de 30 improntas de secciones de valvas de individuos de edad desconocida fueron observadas bajo lupa con luz transmitida. El patrón de depositación encontrado fue similar al registrado en los ejemplares de edad conocida.

La cantidad de líneas varió entre individuos (2-25), exhibiendo una tendencia positiva en relación con la talla (Figura 5.4.5). No se pudo establecer la periodicidad en la

deposición de estas bandas mediante el uso de este método.



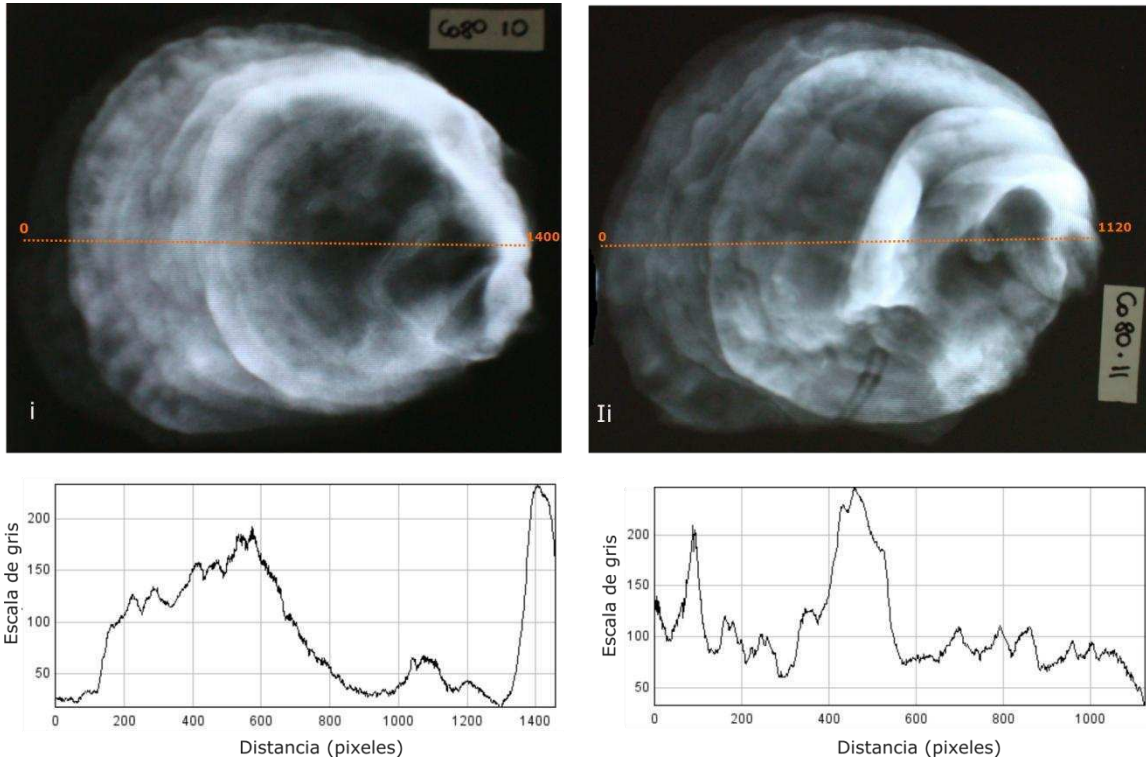
**Figura 5.4.5.i.** Cantidad de líneas marcadas en la impronta de acetato (*peel*) en relación a la altura de las ostras (mm) (origen: Puerto Lobos). **ii.** Relación entre la cantidad de líneas marrones identificadas en las secciones delgadas y la cantidad de líneas presentes en la impronta de acetato (*peel*) de ese mismo individuo.

### 5.4.3. Radiografías

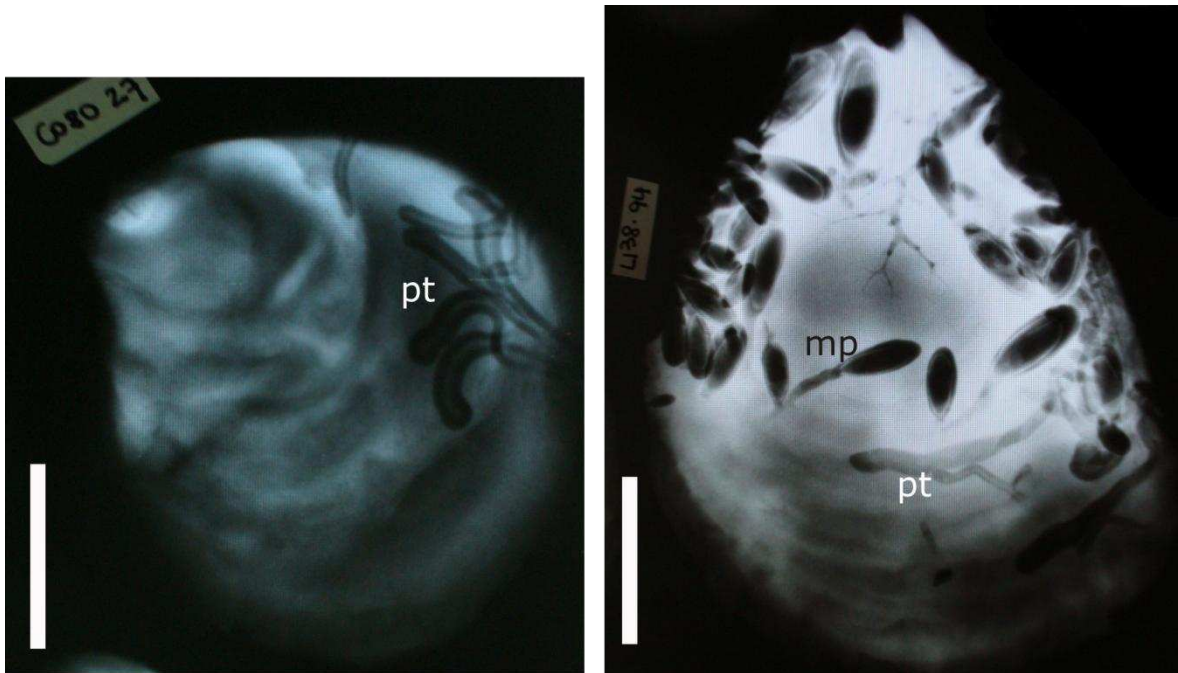
En las valvas de individuos de cultivo, las placas radiográficas revelaron bandas perpendiculares al eje de crecimiento, las cuales son visibles macroscópicamente. La imagen plana y monocromática de la estructura tridimensional de la valva resalta una variedad de marcas de distinta densidad de carbonato, sugiriendo un patrón estacional, a pesar de las variantes de colores y formas de las valvas (Figura 5.4.6).

El análisis de escala de grises revela las zonas de diferente densidad de carbonato. En las valvas de 2,5 años, se registraron dos picos de intensidad de blanco, uno en la primera región de la valva, cercana al umbo, y otro a mitad de valva.

En aquellas valvas sin datación provenientes de bancos naturales, la presencia de organismos epibiontes y de organismos perforadores dificultó la interpretación de la imagen en la placa. Los poliquetos de la familia Spionidae forman tubos de carbonato de calcio, conformando una red que se extiende por la valva, interfiriendo con la identificación de las líneas de crecimiento. Por otro lado, el mitílido *Lithophaga patagonica* perfora las valvas de *O. puelchana*, borrando las marcas de la misma (Figura 5.4.7).



**Figura 5.4.6.** Radiografías de valvas de *O. puelchana*. **i.** Foto de radiografía de un individuo de 2,5 años; abajo, variación de la intensidad de gris sobre la línea naranja. **ii.** Foto de radiografía de un individuo de 2,5 años; abajo, variación de la intensidad de gris sobre la línea naranja. Ambas gráficas muestran dos picos de mayor densidad del carbonato.



**Figura 5.4.7.** Fotos de radiografías de valvas de dos individuos de *O. puelchana*, con presencia de poliqueto tubilícofa (pt) y mitílido perforante (mp) en sus valvas.



#### 5.4.4. Ensayos de marcado con Calceína

La inmersión de ejemplares de *O. puelchana* en la solución de calceína demostró ser exitosa en el 53 % de los individuos tratados. En éstos, produjo marcas fluorescentes evidentes en las valvas y diferenciables de la autoluminiscencia. La mortalidad durante el tratamiento fue de 13,3% (n=40).

##### *Experiencia de crecimiento*

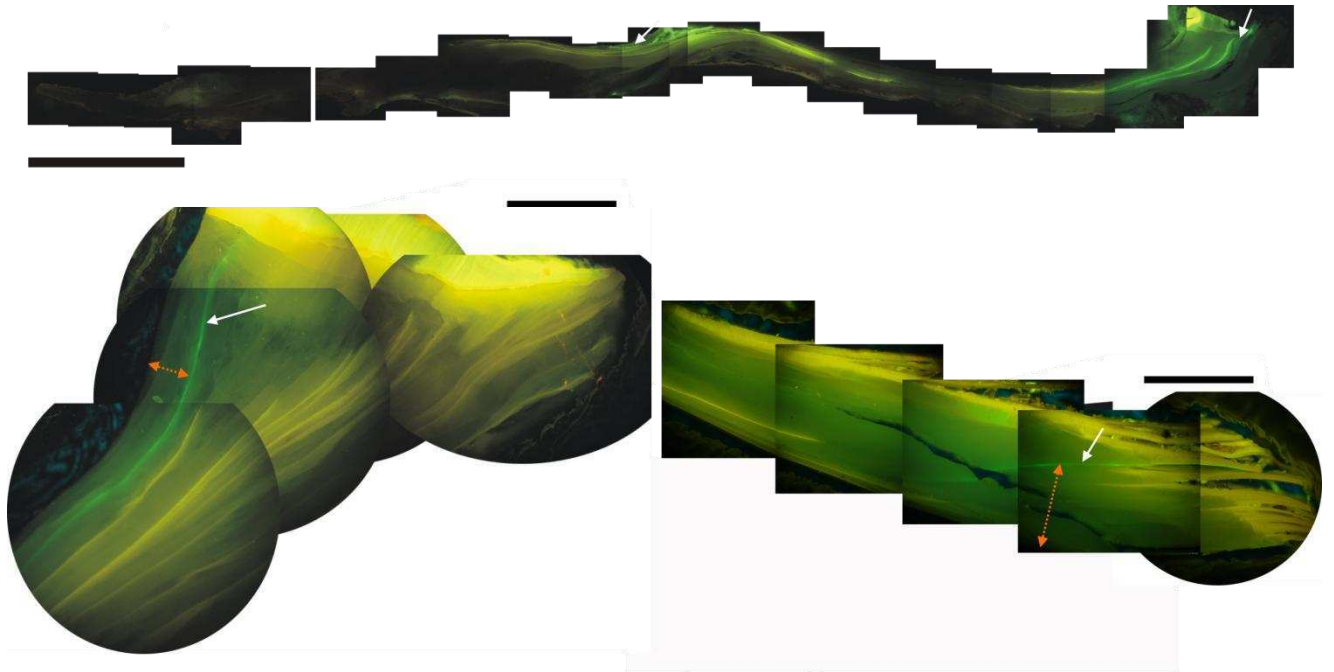
En la experiencia preliminar, problemas logísticos ocasionaron pérdida de material. Se pudieron recuperar solamente tres individuos del piso del tratamiento 100 mg/l-6 hs y nueve del tratamiento 50 mg/l-6 hs. Se observaron marcas fluorescentes distinguibles en valvas del tratamiento de menor concentración del fluorocromo.

Un total de 173 ostras (incluyendo machos epibiontes y reclutas) fueron recuperadas vivas a lo largo del año en que duró la experiencia definitiva (Tabla 5.4.3). En 77 de ellas se pudieron visualizar marcas de calceína visibles y distintivas, al ser observadas en el microscopio de epifluorescencia. Las marcas se presentaron en ambas valvas, en la región del umbo y a lo largo de la valva, aunque por lo general de manera discontinua (Figura 5.4.8). No hubo ostras muertas en el grupo control.

Un total de 50 ostras adultas completaron un año de vida en la experiencia. Ocho de estas ostras adultas portaban machos epibiontes y tres de ellas tenían reclutas sobre sus valvas, lo que constituye un total de 61 individuos.

Lote	Fecha de retiro	Tiempo en ambiente natural	n retirado	Cantidad de líneas de crecimiento	
				umbo	final de la valva
BI	24/02/10	2,5 meses	20	-	-
BII	28/04/10	4,5 meses	60	1-3 (n=5)	2-3 (n=5)
BIII	23/08/10	8,5 meses	26	1,38 ± 0,52 (n=8) 3 ± 1 paquetes	1,5 ± 0,6 (n=9)
BIV	05/11/10	11 meses	0	1 (n=2 cluckers)	1-2 (n=4 cluckers)
BV	07/12/10	12 meses	100	1-8 (n=14)	1-4 (n=7)

**Tabla 5.4.3.** Cantidad de líneas de crecimiento observadas en las valvas (en umbo y hacia el final de las valvas) de los lotes de ostras marcadas de calceína, extraídas periódicamente de la batea.



**Figura 5.4.8.** Marcas de calceína visibles bajo microscopio epifluorescente en corte delgado de valva de *O. puelchana*. Las flechas blancas indican las marcas de calceína; las líneas naranjas indican el incremento. **i.** Patrón de marcas de calceína en un individuo de *O. puelchana* retirado en abril 2010. Barra: 5 mm. **ii.** Individuo de *O. puelchana* retirado en agosto de 2010 con marca de calceína localizada en umbo (At: 69,39 mm). Barra: 2mm. **iii.** Individuo de *O. puelchana* retirado del agua en agosto de 2010 con marca de calceína localizada en el final de la valva (At: 62,67 mm). Barra: 2 mm.

#### *Patrón en valvas de individuos de un año en la batea*

Del grupo de valvas que cumplió un año bajo la experiencia de crecimiento, 12 ostras adultas, dos reclutas y un macho epibionte, presentaron marcas de calceína visibles y continuas en la región del umbo (Figura 5.4.8). Por otro lado, 19 ostras presentaron marcas visibles hacia el final de la valva, revelando la talla que tenían en el momento posterior a ser sumergidas en calceína (Figura 5.4.8).

En aquellas ostras con marcas de calceína en el umbo, fue posible analizar el patrón de depositación del carbonato de calcio en esa región de la valva durante el año de la experiencia de crecimiento. Desde la marca de calceína hacia el interior de la valva (sentido del crecimiento) fueron evidentes hasta cuatro líneas brillantes de calcita caliza

en todos los cortes delgados de las valvas.

Los individuos de hasta aproximadamente 50 mm de alto, representados por dos reclutas y un macho epibionte presentaron dos líneas de calcita caliza. A partir de esa talla, en las valvas cóncavas se apreciaron entre una y cuatro líneas, mientras que en las planas se registraron dos o cuatro líneas brillantes. No se encontró una correlación entre el número de líneas depositado durante el año en que duró la experiencia y las tallas de las ostras (Índice de Spearman=0,09; n=15; p=0,748). Entre las líneas de calcita caliza se observó además el patrón de bandas compactas ya descritas en los cortes delgados (Figura 5.4.9).

#### *Aproximación al momento de depositación de las líneas de calcita caliza*

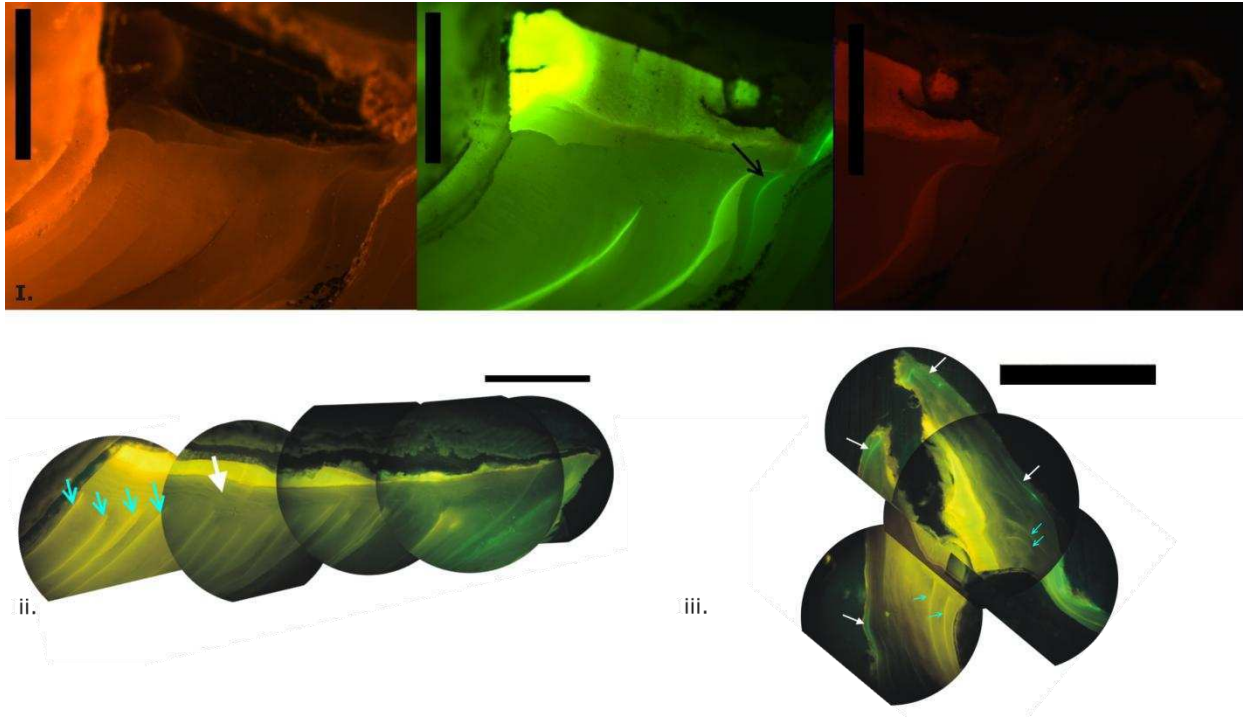
A partir de las submuestras retiradas periódicamente de la batea fue posible inferir el momento de depositación de las líneas de calcita caliza.

A raíz de los resultados analizados sobre los individuos que presentaron marcas distinguibles de calceína en la región del umbo (n=16 en total; Tabla 5.4.3), las líneas de calcita caliza se depositarían en los meses cálidos, entre diciembre y abril.

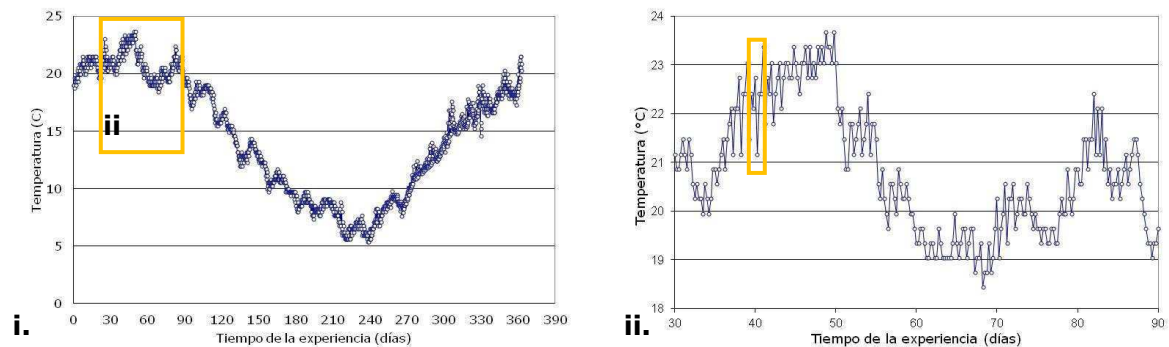
#### *Parámetros ambientales*

La temperatura del agua durante diciembre 2009 y diciembre 2010 osciló entre 5,4 - 23,7°C (Figura 5.4.10). En los meses de primavera y verano la temperatura fue superior a 15°C, mientras que en los meses de junio y julio, fue inferior a 10°C. La temperatura presenta variaciones senoidales diarias, producidas por el ingreso a la Bahía de San Antonio de las corrientes de marea con agua con menor temperatura proveniente del golfo, y variaciones senoidales mensuales, coincidentes con las mareas extraordinarias (Figura 5.4.10).

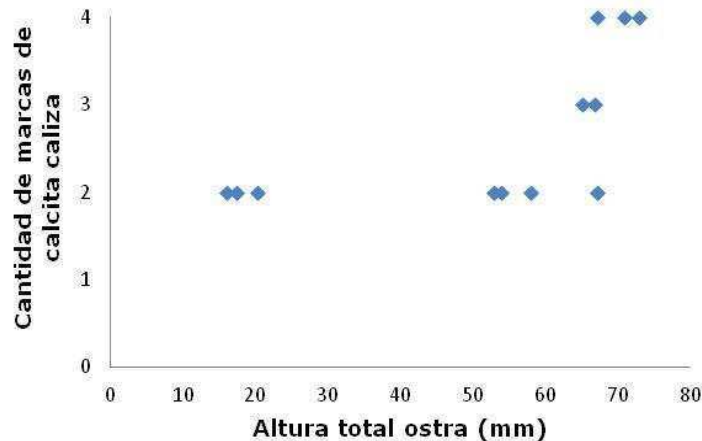
A raíz de los resultados analizados sobre la región del umbo, las líneas de calcita caliza se depositarían en los meses cálidos (entre diciembre y marzo), cuando hay disponibilidad de carbono.



**Figura 5.4.9.** Marcas de calceína en valvas de *O.puelchana*. **i.** Secuencia de observación del umbo de la sección delgada de una valva de ostra marcada con calceína bajo luz blanca, filtro azul y filtro rojo. Se observa la marca de calceína bajo el filtro azul (flecha en imagen del medio). Barra: 1 mm. **ii.** Marca de calceína en umbo (flecha blanca) y líneas de crecimiento posteriores a la marca de calceína (diciembre 2009). Barra: 2 mm. **iii.** Umbos de las dos valvas de un individuo macho epibionte. Las flechas blancas indican la marca de calceína (diciembre 2009); las flechas celestes indican las líneas de crecimiento depositadas durante 2010. Barra: 3 mm.



**Figura 5.4.10.i.** Temperatura registrada en la batea de Bahía de San Antonio durante la experiencia de crecimiento (diciembre 2009-diciembre 2010). **ii.** Detalle de temperatura mensual de febrero-marzo 2009; recuadro: variación diaria de la temperatura.



**Figura 5.4.11.** Cantidad de marcas de calcita caliza registradas a partir de la marca de calceína en las secciones delgadas de los umbos de las ostras que crecieron durante un año en la batea en la boca de la Bahía de San Antonio.

#### 5.4.5. Cátodoluminiscencia

Las imágenes de las secciones del umbo de las valvas de *O. puelchana* tratadas con cátodoluminiscencia mostraron autoluminiscencia (luminosidad natural), que consiste en bandas luminiscentes paralelas con una coloración que gradualmente cambia del naranja claro al violeta oscuro y constituye un patrón repetitivo a lo largo del umbo (Figura 5.4.12). Las variaciones en la luminosidad podrían ser atribuibles a cambios estacionales en el ambiente de la proporción de los activadores ( $Mn^{2+}$ ) durante el proceso de depositación. Cada par de bandas luminiscentes (sucesión de bandas opaca y brillante) corresponderían a un ciclo anual. Estas bandas, están compuestas a su vez por líneas paralelas de crecimiento, que posiblemente correspondan a ciclos de periodos más cortos (mareales, diarios o lunares).

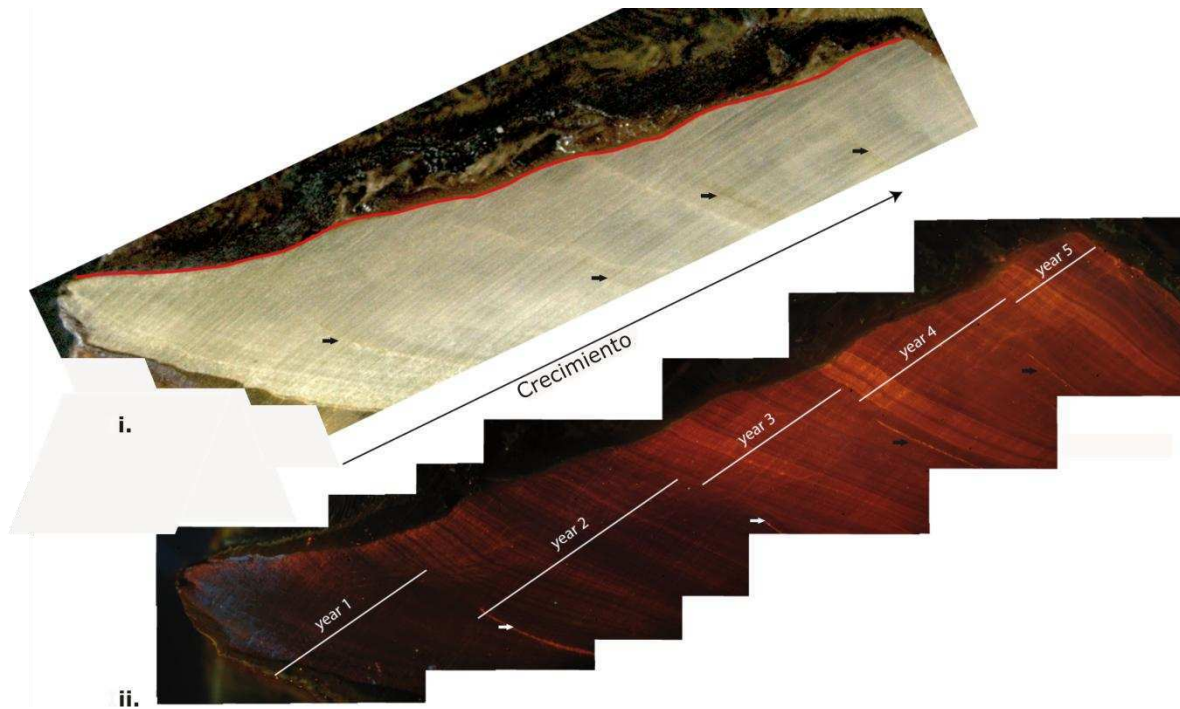
En la mayoría de las muestras, la primera parte de la valva no resultó luminiscente o presentó una luminiscencia débil (Figura 5.4.12). En todas las imágenes se reconocieron líneas brillantes, finas y luminiscentes (color amarillento) en paralelo al sentido del crecimiento. Al comparar las imágenes de cátodoluminiscencia con la de sus cortes delgados, se verificó que esas líneas brillantes son las denominadas "marrones" de las secciones delgadas.

Teniendo en cuenta el individuo de edad conocida y la fecha del momento de recolección de los otros individuos analizados, fue posible interpretar el patrón de bandas de la región del umbo para proporcionar un modelo de depositación.

Al comparar los resultados, los casos más contrastantes son los encontrados en PL y en

LG, en los cuales se visualizan patrones muy diferentes.

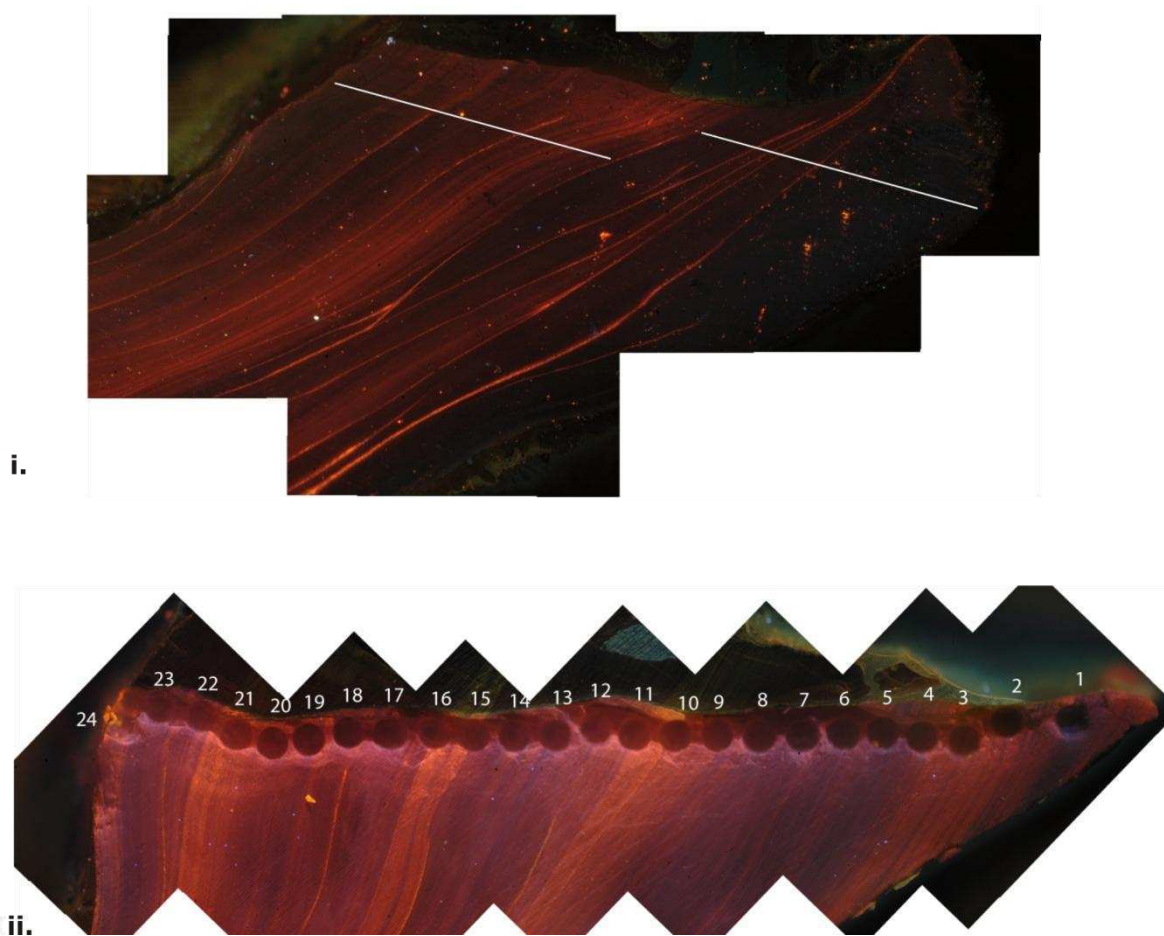
- Teniendo en cuenta la curva de crecimiento propuesta por Pascual *et al.* (1982), la primera mitad del umbo del individuo de dos años y medio podría corresponder al primer año, y la segunda al segundo e inicio del tercero. Específicamente, el sector luminiscente de la valva donde el patrón consiste en un par de bandas naranja-bordó, posiblemente corresponda al segundo año de crecimiento del individuo.
- En la valva del individuo de PL los ciclos de alternancia de luminiscencia están bien expresados y el tamaño de su ancho disminuye con el tiempo. Cada banda estaría delimitada por la fina línea de caliza calcita de luminiscencia brillante. Si los ciclos representados por las líneas blancas de la Figura 5.4.12 fueran anuales, este individuo tendría al menos cinco años, y las líneas brillantes de caliza caliza serían anuales, con una depositación otoñal.



**Figura 5.4.12.** Microfotografías de las secciones transversales de umbos de la valva cóncava de un ejemplar de *O. puelchana* irradiados con cátodoluminiscencia. **i.** Imagen de la sección delgada. **ii.** Sección tratada con cátodoluminiscencia. Se revelan áreas sucesivas de luminiscencia natural variable; la primera parte no resultó luminiscente. Las flechas indican las líneas marrones. Las líneas blancas indican los ciclos (posiblemente años).

- La imagen de cátodoluminiscencia sobre el umbo de la valva del individuo de ES (Figura 5.4.15), interpretada a partir de intensidad de luminiscencia, permite inferir que este individuo habría cumplido tres ciclos, con lo cual tendría al menos tres años. En la valva se observan las líneas de calcita caliza que separarían los ciclos anuales, aunque en este caso serían dos por año, apareciendo pareadas, limitando el sector de las bandas luminiscentes anaranjadas.

El análisis de estos resultados se completó con la toma de porciones de la valva para ensayos de isótopos estables del oxígeno y del carbono del carbonato depositado en las valvas (sección 5.4.6).



**Figura 5.4.13.** Microfotografías de las secciones transversales de umbos de valvas cóncavas de *O. puelchana* irradiados con cátodoluminiscencia. **i.** Individuo de cultivo, de 2,5 años. La primera parte de la valva no resultó luminiscente. **ii.** Individuo de Puerto Lobos. Se revelan áreas sucesivas de luminiscencia natural variable. Los números indican los sitios donde se tomaron muestras de material para el análisis de isótopos estables del oxígeno.

#### 5.4.6. Isótopos Estables

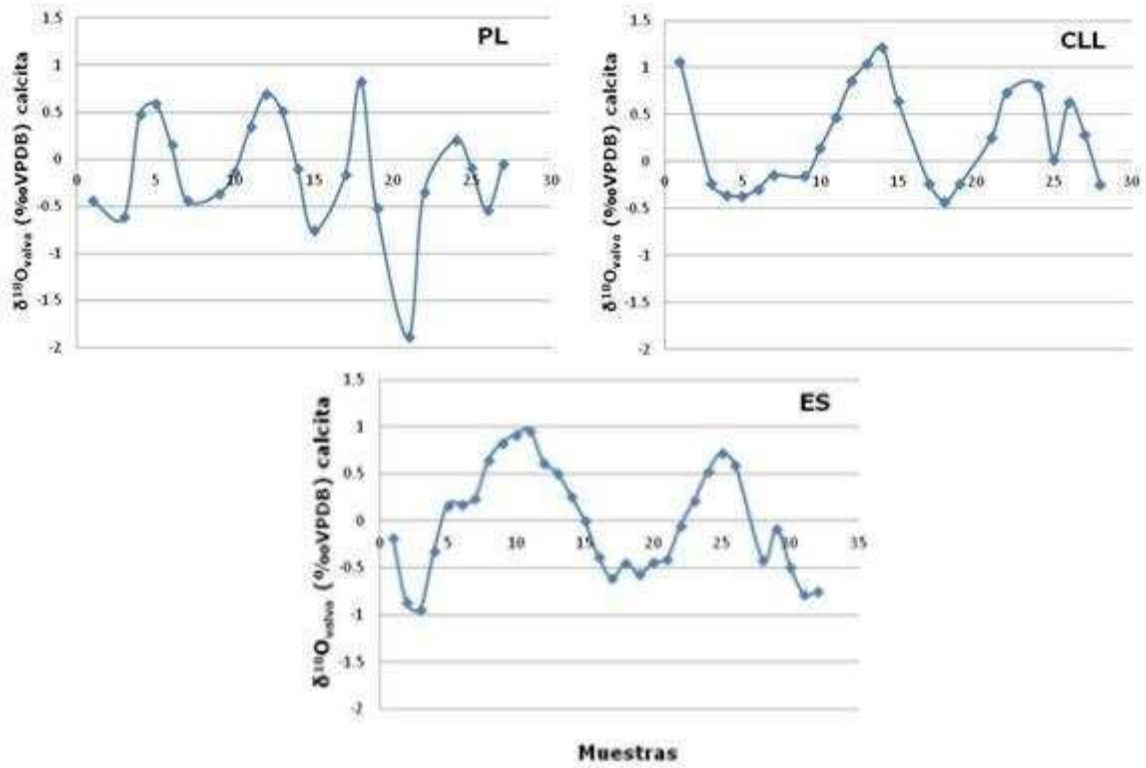
El umbo de la valva derecha de *O. puelchana* pudo ser utilizado para reconstruir los cambios cíclicos de temperatura debidos a las estaciones. El análisis de isótopos estables permitió establecer un rango de edades de las ostras analizadas mediante catodoluminiscencia (de dos a cuatro y medio años), validar este método y analizar la variabilidad de tallas en relación a edades similares.

La figura 5.4.14 muestra los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  en función de las muestras (o distancia a la región más antigua del umbo) para cada individuo. Los perfiles de  $\delta^{18}\text{O}_{\text{valva}}$  de todas las ostras presentaron variaciones estacionales. El rango de valores de  $\delta^{18}\text{O}$  del individuo de Caleta de los Loros es similar al de El Sótano, mientras que el de Puerto Lobos tuvo un rango más amplio (-1,89 - 0,82‰).

Asumiendo constantes los valores de salinidad a lo largo del año, los valores positivos de  $\delta^{18}\text{O}$  corresponderían a períodos de bajas temperaturas (inviernos), mientras que los valores negativos representarían altas temperaturas (veranos) (Kirby *et al.*, 1998). Es posible entonces reconocer ciclos estacionales en los perfiles de  $\delta^{18}\text{O}$ . El individuo de Puerto Lobos muestra cuatro ciclos completos y uno incompleto, mientras que tanto en el de El Sótano y como en el individuo de Caleta de los Loros, se reconocen nítidamente dos ciclos. El individuo de Puerto Lobos habría sido reclutado en el verano 2005-2006, mientras que los individuos de El Sótano y el de Caleta de los Loros en el verano de 2008-2009.

Bajo el supuesto de que *O. puelchana* precipita sus valvas en equilibrio isotrópico con el agua del mar, las temperaturas mínimas del agua de precipitación del carbonato fueron 14,9°C en Caleta, 15,9°C en ES y 16,5°C en PL.

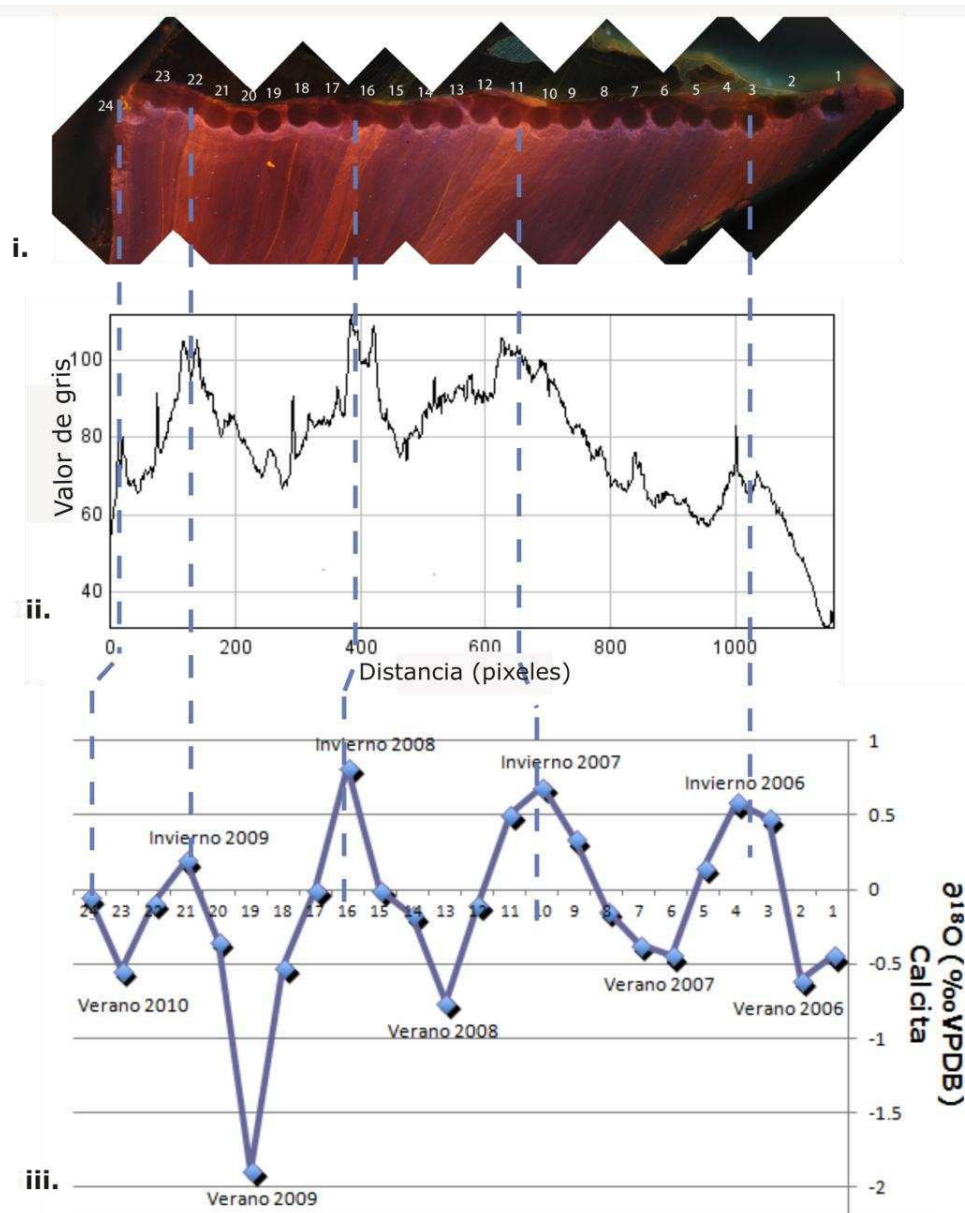




**Figura 5.4.14.** Cambios estacionales en  $\delta^{18}\text{O}$  en las valvas de *O. puelchana* en los tres sitios de estudio. PL: Puerto Lobos; CLL: Caleta de los Loros y ES: El Sótano. Todos los individuos fueron colectados en abril 2010. Las muestras fueron tomadas en el sentido de crecimiento del umbo (ver Figura 5.4.13).

#### 5.4.7. Síntesis de resultados

Los resultados de las seis técnicas aplicadas se cruzaron.



**Figura 5.4.15.** Análisis espacio-temporal de la deposición del material de la valva de *O. puelchana*. **i.** Microfotografías de la sección transversal del umbo de la valva cóncava irradiada con cátodoluminiscencia. **ii.** Variación espacial de la intensidad de la luminiscencia de acuerdo a la intensidad del gris. **iii.** Variación temporal de la intensidad de la luminiscencia de acuerdo a los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de las muestras del material de la valva.

De acuerdo a los resultados de la experiencia con calceína y el análisis isotópico, las líneas marrones se depositarían durante los meses cálidos, entre diciembre y abril, cuando la temperatura supera los 20°C.

**Tabla 5.4.4.** Síntesis de resultados obtenidos con los métodos de estimación de edad.

<b>Método</b>	<b>Patrón</b>	<b>Periodicidad</b>
Secciones delgadas	Líneas de crecimiento marrones	1-2 por año
	Líneas de crecimiento grises	-
	Paquetes	4-7 por año
Improntas en acetato	Líneas de crecimiento	1-2 por año
Radiografías	Bandas de carbonato de distinta densidad (alta y baja)	2 por año
Marcado con calceína	Líneas de crecimiento	2-4 por año, dependiendo de la talla
Cátodoluminiscencia	Línea de crecimiento	1-2 por año -L149 ES
	Bandas luminiscentes naranja y violeta	2 por año, compuesto de bandas pequeñas
Isótopos estables	Variaciones cíclicas en el perfil de concentración	1 ciclo sinusoidal anual

## 5.5. Discusión

Campana (2001) sostiene que determinar la edad absoluta de los individuos de una especie debe ser la meta principal de cualquier estudio de validación de la edad. Cuando esto no es posible, el autor recomienda determinar primero la edad de la formación del primer incremento, y verificar luego la periodicidad del incremento a través de todo el rango de edad. Recomendamos además, validar la periodicidad del incremento en los grupos de edad más jóvenes y en lo más añejos.

El empleo de seis técnicas de estimación de edad permitió interpretar el patrón de depositación de las valvas y dilucidar su periodicidad. Las secciones delgadas de las valvas, validadas a partir de los individuos de edad conocida, permitió describir la presencia de numerosos líneas de crecimiento, sugiriendo la presencia de más de una por año. Las improntas en acetato, validadas también a partir de los individuos de edad conocida, realizaron aquellas marcas no visibles en una sección delgada. Mediante la excitación por cátodoluminiscencia se verificó que el patrón de depositación consiste en ciclos cuya periodicidad fue obtenida mediante el análisis de isótopos estables del oxígeno. La experiencia de marcado de individuos con calceína permitió conocer la

variabilidad anual en la depositación, en relación a las tallas de los individuos. Las placas radiográficas confirmaron la existencia de un patrón de depositación cíclico a lo largo de la valva, aunque éste no pudo ser relacionado con las marcas internas.

La relación costo-beneficio de cada técnica presenta varias diferencias. La preparación de secciones delgadas requiere de una inversión considerable de tiempo y labor, de un equipamiento de costo moderado, y de tiempo de análisis en microscopio. Su ventaja es la visualización directa de las estructuras de crecimiento y aplicable a gran número de individuos. La técnica de cátodoluminiscencia, resulta más costosa, porque requiere de un equipamiento especial, se puede aplicar a un número reducido de ejemplares, aunque su resultado es inmediato. La exposición a rayos X no requiere preparación de las muestras y es de rápida obtención de resultados, aunque cada radiografía es costosa y con poca definición. Una experiencia de marcado con fluorocromo y seguimiento del crecimiento requiere logística costosa, una inversión considerable de tiempo, y los resultados no están garantizados.

*Ostrea puelchana* es una especie sensible a los cambios estacionales de su ambiente, que produce una respuesta ante éstos en la depositación del carbonato de sus valvas, aún cuando el patrón estacional no sea tan evidente como en otras especies. Tres estructuras fueron distinguibles en el material interno de las valvas: líneas marrones, líneas grises y "paquetes" opacos. Solamente a las líneas marrones de calcita caliza se les pudo asociar una estacionalidad. El crecimiento es constante en la región del umbo, y la depositación de las líneas de crecimiento marrones ocurriría durante los meses cálidos (diciembre a marzo), cuando la temperatura del agua supera los 20°C. La cantidad de líneas observadas varió entre 1 y 8 para el mismo año (presentándose por lo general de a pares), dependiendo de la talla y, probablemente, de las condiciones ambientales locales de cada sitio. El patrón de depositación se expresó de manera más marcada al ser analizado mediante cátodoluminiscencia. La exploración de individuos provenientes de bancos con características ambientales contrastantes permitió identificar un patrón de depositación en la valva en uno de ellos: el banco de Las Grutas, por su carácter somero, está expuesto a amplias fluctuaciones ambientales (diarias, mensuales) que se reflejan en un patrón de depositación muy variable; Caleta de los Loros, es una amplia playa arenosa, donde los cambios del ambiente ocurren de manera gradual, produciendo un patrón variado pero repetido, y Puerto Lobos (el cual presentó el patrón más nítido) está influenciado por el ingreso estacional de aguas frías de plataforma.

Las bandas de crecimiento estuvieron asociadas, en algunos casos a una pequeña depresión o hendidura en el margen de la valva. Estos resultados son coincidentes con los encontrados por Richardson *et al.* (1993) para *O. edulis*. En la ostra europea, la primera línea de crecimiento se deposita entre febrero (invierno) y julio (verano), dependiendo del sitio de origen, siendo más gruesas las de los meses cálidos. Por lo general, en *O. edulis* la línea anual está compuesta de una serie de bandas finas de crecimiento, particularmente las ostras provenientes de ambientes intermareales, las cuales presentan gran variabilidad, posiblemente debido a disturbios ambientales (Richardson *et al.*, 1993).

En este estudio se logró aproximar el momento de depositación de las líneas de crecimiento marrón, aunque no se puede atribuirles a estas líneas el carácter de marcadores esclerocronológicos porque, debido a su variación en cantidad, no parecieran ser exclusivamente dependientes de una estación. Esta observación ha sido citada con anterioridad para otros ostreidos, dada la típica variabilidad en la formación de las valvas de los integrantes de este grupo (Surge *et al.*, 2001; Langlet *et al.*, 2006). Las ostras son organismos epifaunales sésiles que responderían gradualmente a los cambios ambientales con lo cual la ausencia de una estructura de crecimiento periódico es razonable.

Entre los bivalvos, solamente en los ostréidos se presentan microestructuras de calcita caliza de manera discontinua (Esteban-Delgado *et al.*, 2008). La calcita caliza es más porosa y menos densa que la calcita foliada (Palmer & Carriker, 1979). Las líneas de calcita caliza, también presentes en *C. gigas*, serían consecuentes con un rápido crecimiento, o con una adaptación rápida de la forma de la valva al sustrato de asentamiento de la larva (Langlet *et al.*, 2006). Las valvas que crecen en ambientes desfavorables son finas y frágiles, características atribuibles a una gran cantidad de calcita caliza en su composición (Palmer & Carriker, 1979).

Las regiones opacas de coloración grisáceo que conforman *paquetes* serían incrementos discretos de crecimiento constante. Éstos estarían delimitados por las líneas grises, paralelas al eje de crecimiento. Estas líneas no son, en apariencia, diferentes de la matriz de la valva en cuanto a su naturaleza. Estos *paquetes* presentaron además una serie de microbandas de crecimiento, que posiblemente correspondan a ciclos de crecimiento de periodos cortos (mareales, diarios o lunares).

La disminución en el tamaño del ancho del par de bandas que fueron visibles por catodoluminiscencia, concuerda con un crecimiento rápido en los primeros años de vida y una disminución posterior, tal como fuera sugerido por Pascual *et al.* (1982) para

individuos de cultivo. Los autores describieron, además, una marcada estacionalidad con incrementos de talla durante los meses cálidos y cese de los mismos durante el invierno. La luminiscencia de las valvas tratadas con cátodoluminiscencia depende de las concentraciones de  $Mn^{2+}$  en el mar durante el mismo período (Langlet *et al.*, 2006). La información que existe sobre este elemento, de alta participación en los ciclos biogeoquímicos, es escasa (Gil, comunicación personal) y requiere de estudios complementarios para explorar su variación estacional en el seston, y la dependencia de la luminiscencia con la edad del individuo. Observaciones previas sugieren que la ausencia de luminiscencia en la primera parte de las valvas podría deberse a un potencial control ontogénico en la incorporación del  $Mn^{2+}$  en los primeros meses de vida, lo cual podría dificultar la interpretación.

La experiencia con calceína, primer estudio experimental de marcado en esta especie, resultó informativa en relación a la depositación de carbonato en regiones de la valvas de *O. puelchana*. Si bien en *O. puelchana* el eje de mayor crecimiento suele curvarse, ya que las ostras tienen a desarrollarse asimétricamente, un corte que pase por el medio de la valva, no aseguraría que contenga las zonas más nuevas de la misma. Por ello, el empleo de la región del umbo, estructura que no se erosiona, resultó más conservativo para la descripción del patrón de depositación. Asimismo, otro resultado de la experiencia de marcado con calceína reveló que en esta especie el crecimiento en la región del umbo resultó constante a lo largo del año, y que existe una diferencia en la energía que se destina al crecimiento en grosor y en el largo del individuo, ya que las zonas con material nuevo con calceína se distribuyeron de manera irregular en la superficie de la valva.

Una dificultad que aparece al emplear los anillos de crecimiento para estimar la edad de individuos es la incapacidad de distinguir entre aquellos producidos por disturbios de los de crecimiento anual normal de la valva (Richardson, 2001). En las valvas del cultivo de *O. puelchana* asentados en 1980-1982 y en el de la experiencia de marcado con calceína y posterior crecimiento en batea, el número de marcas totales presentó una gran variación, muchas de ellas incompletas. Estas podrían ser atribuibles a eventos de disturbios propios de la actividad de cultivo (recambio bimensual de estructura de crecimiento, cepillado de valvas), o al manipuleo de los individuos durante el período de aclimatación e inmersión en la solución de calceína. Los anillos de disturbios se producen por irregularidades ambientales (tales como tormentas, temperaturas extremas, disturbios antropogénicos) o eventos de reproducción y, por lo general, no son anillos o marcas completas (Richardson, 2001).

Las interacciones biológicas que ocurren entre individuos, pueden influir sobre su patrón de crecimiento. La condición de ostras libres, portadoras de machos epibiontes o conformando manojos de varios individuos pueden ser relevantes en la variabilidad de la tasa de crecimiento.

La correspondencia térmica del momento de la depositación de las líneas de crecimiento sugiere una vinculación entre éstas con otros procesos fisiológicos controlados por la temperatura, como son la producción de gametas, el desove, y el inicio de la incubación de larvas (Castaños *et al.*, 2005). El período de incubación de larvas es un momento en donde las ostras adultas reducen considerablemente su tasa de filtración (Pascual, comunicación personal). En poblaciones naturales del NO del GSM, el inicio de la incubación ocurre a mediados de noviembre y principios de diciembre, cuando la temperatura supera los 16°-20°C (Morriconi & Calvo, 1979; Castaños *et al.*, 2005). La experiencia de marcado y crecimiento anual inició en diciembre, y finalizó un año después para la misma época, con lo cual en dos momentos distintos de la duración de la experiencia este factor estuvo actuando, posiblemente condicionando la tasa de crecimiento.

Los resultados obtenidos con cátodoluminiscencia combinados con isótopos estables del oxígeno resultaron las técnicas más exitosas de las exploradas en este estudio. Sin embargo hay varios aspectos que deben considerarse en estudios futuros con estas técnicas:

- La interpretación de los resultados de los isótopos estables de oxígeno se basó en el supuesto de que la salinidad se mantiene casi constante a lo largo del año y que la calcita de *O. puelchana* precipita en equilibrio isotópico con la temperatura ambiente y el agua de mar. Para la confirmación de estos supuestos, se requiere realizar mediciones mensuales del  $\delta^{18}\text{O}_{\text{agua}}$ , de la salinidad y de la temperatura del agua (Kirby *et al.*, 1998).
- La toma de muestras para isótopos mediante el microdragado de la valva, generalmente dificultosas, presenta una complejidad adicional en el caso de *O. puelchana*: el crecimiento es fuertemente estacional, reduciendo su ritmo en los meses invernales (Pascual *et al.*, 1982) dificultando la obtención de material de la valva correspondiente a esa estación. Las temperaturas del agua de precipitación del carbonato estimadas oscilaron entre 14,4 y 24,5 °C sugiriendo que *O. puelchana* disminuye la depositación de material en sus valvas cuando el agua de mar es menor a 14-15°C. Este cese del crecimiento podría producir la ausencia de los valores

isotrópicos de los períodos invernales y, como consecuencia, una subestimación de la edad.

- Se sugiere un mayor número de individuos analizados mediante catodoluminiscencia, a pesar del costo, y el análisis mensual de la concentración de  $Mn^{2+}$  disuelto en agua, acompañado por experiencias de evaluación de la asimilación de este catión, debido a que algunos resultados son inversos a los encontrados para las especies de ostréidos del Hemisferio Norte.

## 5.6. Referencias

Bagur, M.; Richadson, C.A.; Gutiérrez, J.L.; Arribas, L.P.; Doldan, M.S. & M.G. Palomo. 2013. Age and growth of the boring bivalve *Lithophaga patagonica* in different substrates. Journal of Sea Research.

Beamish & McFarlane, 1983

Brey, Thomas. 2001. Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. Version 01.2. <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook>

Campana, S.E. 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: 197–242.

Cardoso, J.F.M.F.; Langlet, D.; Loff, J.F.; Martins, A.R.; Witte, J.I.J.; Santos, P.T. & H.W. van der Veer. 2007. Spatial variability in growth and reproduction of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) along the west European coast. Journal of Sea Res. 57 (4): 303-315.

Carter, J. G. 1980. Guide to bivalve shell microstructures. 645–673. In: Rhoads, D.C. and Lutz, R. A. (eds) Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental change. Plenum Press, New York, 730 pp.

Castellanos, Z. J.A. de. 1967. Catálogo de los moluscos marinos bonaerenses. Anales C.I.C. 390 pp.

Clark, G.R. 1980. Study of molluscan shell structure and growth lines using thin sections. Pp. 603-606 in Rhoads, D.C. & R.A. Lutz, eds. Skeletal growth of aquatic organisms. 730 p. Plenum, New York.

Cerrato, R. M. 2000. What biologists should know about bivalve shells. Fisheries Research (46): 39-49.

Cledon, M.; Brey, T.; Penchaszadeh, P.E. & W. Arnt. 2005. Individual growth and somatic production in *Adelomelon brasiliiana* (Gastropoda; Volutidae) off Argentina. Mar. Biol. 147:447–452.



- Culloty, S.C. & M.F. Mulcahy. 1996. Season-, age-, and se-related variation in the prevalence of bonamiosis in flat oysters (*Ostrea edulis* L.) on the south coast of Ireland. *Aquaculture* 144: 53-63.
- Diez, M.E.; Cremonte, F. & Orensanz, J.M. 2011. Poliquetos perforadores en moluscos explotados comercialmente en los Golfos Nordpatagónicos, Argentina. En: VIII Congreso Latinoamericano de Malacología. Libro de resúmenes. 312 p. Puerto Madryn.
- Dillon, J. F. & G. R. Clarck II. 1980. Growth line analysis as a test of contemporaneity in populations. Pp. 395-416 in Rhoads D. C. & R. A. Lutz, eds. Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of enviromental change. 730 p. Plenum, New York.
- Esteban-Delgado, F.J.; Harper, E.M.; Checa, A.C. & A.B. Rodríguez-Navarro. 2008. Origin and Expansion of Foliated Microstructure in Pteriomorph Bivalves. *Biol. Bull.* 214: 153-165.
- Esteves, J.L.; Solís, M.; Sastre, V.; Santinelli, N.; Gil, M., Commendatore, M. & C. González Raies. 1996. Evaluación de la contaminación urbana de la Bahía de San Antonio. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica – Fundación Patagonia Natural (Puerto Madryn, Argentina). N° 20: 1-26.
- Fernández Castro, N. & A. Bodoy. 1987. Growth of the oyster, *Ostrea puelchana* (D'Orbigny), at two sites of potential cultivation in Argentina. *Aquaculture* 65: 127-140.
- Guerrero, E. & G.M. Svendsen. 2007. Resultados preliminares de dos campañas oceanográficas (Golfos NORPAT-2007 1 y 2) en los Golfos San Matías y San José. Informe Técnico Interno IBMP 9/07, 16 pp.
- Harding, J.M. & R. Mann. 2006. Age and growth of wild Sumonoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and Pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China. *J. Shellfish Res.* 25 (1): 73-82.
- Herrmann, M.; Lepore, M.L.; Laudien, J.; Arntz, W.E. & P. E. Penchaszadeh. 2009. Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* Vol. 379, 1-2: 8-15.
- Houk, S.D. 2002. Growth increment analysis of marine bivalves from the north coast of Peru. Thesis. University of Maine. 147 pp.
- Kaehler, S. & C.D. Mcquaid. 1999. Use of the fluorochrome calcein as an in situ growth marker in the brown mussel *Perna perna*. *Mar. Biol.* 133: 455-460.
- Kennish, M.K.; Lutz, R.A. & D.C. Rhoads. 1980. Preparation of acetate peels and fracture sections for observation of growth patterns within the bivalve shell. Pp. 597-602 in Rhoads, D.C. & R.A. Lutz, eds. Skeletal growth of aquatic organisms. 730 pp. Plenum, New York.

Kent, B. W. 1992. Making dead oysters talk.: techniques for analyzing oysters from archeological sites. Maryland Historical and Cultural Publications, Crownsville, MD.

Kirby, M.; Soniat, T.M. & H.J. Spero. 1998. Stable isotope sclerochronology of Pleistocene and recent oyster shells (*Crassostrea virginica*). *Palaios*. 3: 560-569.

Krantz, D. E.; Williams, D. F. & D. S. Jones. 1987. Ecological and paleoenvironmental information using stable isotope profiles from living and fossil mollusks. *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 58: 249-266.

Langlet, D.; Alunno-Bruscia, M; de Ráfelis, M.; Renard, M.; Roux, M.; Shein, E. & D. Buestel. 2006. Experimental and natural cathodoluminescence in the shell of *Crassostrea gigas* from Thau lagoon (France): ecological and environmental implications. *Mar Ecol Prog Ser*. 317: 143-156.

Lartaud, F.; Emmanuel, L.; de Ráfelis, M.; Ropert, M.; Labourdette, N.; Richardson, C.A. & M. Renard. 2010. A latitudinal gradient of seasonal temperature variation recorded in oyster shells from the coastal waters of France and The Netherlands. *Facies*. 56:13-25.

Lartaud, F.; Langlet, D.; de Rafelis, M.; Emmanuel, L. & M. Renard. 2006. Mise en évidence de rythmicité saisonnière dans la coquille des huîtres fossiles *Crassostrea aginensis* Tournouer, 1914 (Aquitanién) et *Ostrea bellovacina* Lanmarck, 1806 (Thanétien). Approche par cathodoluminescence et par sclérochronologie. *Geobios*.

Linard, C.; Gueguen, Y.; Moriceau, J.; Soyez, C.; Hui, B.; Raoux, A.; Cuif, J.P.; Cochard, J.C.; Le Pennec, M. & G. Le Moullac. 2011. Calcein staining of calcified structures in pearl oyster *Pinctada margaritifera* and the effect of food resource level on shell growth. *Aquaculture*. (313) 1-4: 149-155

Moran, A. L. 2000. Calcein as a marker in experimental studies newly-hatched gastropods. *Mar. Biol.* 137: 893-898.

Moran, A. L. & P. B. Marko. 2005. A simple technique for physical marking of larvae of marine bivalves. *Journal of Shellfish Research*, 24(2), 567-571.

Morriconi, E. & J. Calvo. 1979. Ciclo reproductivo y alternancia de sexos en *Ostrea puelchana*. *Physis*. A. 38 (95) 1-17.

Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.

Pascual, M.S.; Parma, A. M. & H. C. Vacas. 1982. Experimental culture of the puelche oyster *Ostrea puelchana* (D'Orb. 1842) in the San Matías Gulf (Argentina). I. Off-bottom growth. En: Simposio Internacional sobre utilización de ecosistemas costeros: planeamiento, polución y productividad. Rio Grande du Sul, Brasil.

- Pascual, M.S. & A.H. Bocca. 1988. Cultivo experimental de la ostra puelche, *Ostrea puelchana* D'Orb., en el Golfo San Matías, Argentina. En: VERRETH, J.; M. CARRILLO; S. ZANUY & E.A. HUISMAN (Eds.). Aquaculture research in Latin America. 329-345. Pudoc Wageningen, The Netherlands. 451 p.
- Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. J. Shell. Res. 20, 1003-1010.
- Palmer, R.E. & M. R. Carriker. 1979. Effects of cultural conditions on morphology of the shell of the oyster *Crassostrea virginica*. Proceedings of the National Shellfisheries Association. Vol. 69: 58-72.
- Melita Peharda, M.; Richardson, C.A.; Onofri, V.; Bratos, A. & M. Crnčević. 2002. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adriatic Sea. Journal Molluscan Studies. 68: 307-310.
- Pineiro, C.; Rey, J.; De Pontual, H. & R. Goni. 2007. Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: First results support fast growth hypothesis. Fish.Res.88,150-154.
- Rafélis, M. de; Renard, M.; Emmanuel, L. & C. Durllet. 2000. Apport de la cathodoluminescence à la connaissance de la spéciation du manganèse dans les carbonates pélagiques. C.R.Acad. Sci.Sér. 2a 330:391-398.
- Ramón, M. & C.A. Richardson. 1992. Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. Marine Ecology Progress Series (89): 15-23.
- Rhoads & Lutz. 1980. Skeletal growth of aquatic organisms. 730 pp. Plenum, New York.
- Riascos, J.; Guzmán, N.; Laudien, J.; Heilmayer, O. & M. Oliva. 2007. Suitability of three stains to mark shells of *Concholepas concholepas* (Gastropoda) and *Mesodesma donacium* (Bivalvia). J. Shellfish Research. Vol. 26, 1:43 - 49.
- Richardson, C.A. 1988. Tidal rhythms in the shell secretion of living bivalves. Contribution to the symposium Tidal Friction and the Earth's Rotation. 27 p.
- Richardson, C.A. 2001. Molluscs as archives of environmental change. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review. (39):103-164.
- Richardson, C.A.; Collis, S.A.; Ekaratne, K.; Dare, P. & D. Key. 1993. The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines. ICES J. mar. Sci., 50: 493-500.

Richardson, C.A.; Seed, R.; Al-Roumaihi, E. & L. McDonald. 1993. Distribution, shell growth, and predation of the New Zealand oyster, *Tiostrea (Ostrea) lutaria* Hutton, in the Menai Strait, North Wales. *Journal of Shellfish Research*. 12(2):207–214.

Ropes, J. W. 1982. Procedures for preparing acetate peels of embedded valves of *Arctica islandica* for ageing. Woods Hole Laboratory Reference Document N° 82-18. 8 pp.

Surge, D.; Lohmann, K.C. & D.L. Dettman. 2001. Controls on isotopic chemistry of the American oyster, *Crassostrea virginica*: implications for growth patterns. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 172: 283-296.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167. Ottawa, Canada. 311 p.

Toro, J.E.; Sanhueza, M.A.; Winter, J.E.; Senn, C.M.; Aguila, P. & A.M. Vergara. 1995. Environmental effects on the growth of the Chilean oyster *Ostrea chilensis* in five mariculture locations in the Chiloé Island, Southern Chile. *Aquaculture*, 136(1): 153-164.

Ullmann, C.V.; Wiechert, U. & C. Korte. 2010. Oxygen isotope fluctuations in a modern North Sea oyster (*Crassostrea gigas*) compared with annual variations in sea water temperature: Implications for palaeoclimate studies. *Chemical Geology* 277: 160–166.

Yamaguchi, A.; Kawaharab, I. & S. Ito. 2005. Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. *Environmental Biology of Fishes* (74)229–238.

Yamaguchi, A., T. Taniuchi & M. Shimizu. 1996. Geographic variation in growth of the starspotted dog fish *Mustelus manazo* from five localities in Japan and Taiwan. *Fish. Sci.* 62 (6):919–922.

## **Capítulo 6. Composición de la comunidad bentónica de los bancos de *Ostrea puelchana***

### **6.1. Introducción**

Los ecosistemas de fondos blandos son modelados por interacciones complejas entre procesos oceanográficos, ingresos de materia orgánica y su utilización por parte de las comunidades bentónicas y, las condiciones hidrodinámicas y de sedimentación. Las interacciones bióticas también influyen procesos en las comunidades de fondos blandos, especialmente el reclutamiento, el crecimiento, la supervivencia y la fecundidad de los organismos que las componen (Lenihan & Micheli, 2001).

La mayoría de las comunidades están conformadas por un conjunto de taxones a los cuales se les puede asignar distintos roles ecológicos, o niveles tróficos. Los roles funcionales (depredador, epibionte, herbívoro, suspensívoro) pueden establecerse para cualquier especie de la flora o fauna bentónica, así como también su función ecosistémica (procesador de sedimento, formador de hábitats) (Kaiser *et al.* 2005).

Las comunidades bentónicas del Golfo San Matías han experimentado cambios a consecuencia de la pesca con rastra (Morsan, 2008). Se han verificado cambios en la dominancia de especies, con reemplazo de los integrantes de los grupos funcionales (las especie objetivo vieira tehuelche y mejillón fueron reemplazadas por *Aulacomya atra* y tunicados) y con un incremento de la abundancia de equinodermos (carnívoros y herbívoros) de pequeña talla. Además, se han verificado alteraciones en la relación depredador-presa, por aumento de la abundancia de cangrejos depredadores de bivalvos o carroñeros, entre otras (Morsan, 2008). Los bancos de ostras se extienden en un rango de profundidad más somera de donde tuvo lugar la pesca con rastra, es posible que la composición de las comunidades que integra *O. puelchana* puedan presentar diferencias entre bancos en relación con la proximidad a áreas disturbadas. En este capítulo se explorarán las diferencias en las comunidades de los bancos de la ostra puelche.

*O. puelchana*, como se ha descrito en los capítulos precedentes, presenta hábitos de agregación, conformando manojos (varias ostras cementadas entre sí como resultado de asentamiento sobre una ostra fundadora), cuya frecuencia difiere entre bancos (Pascual, 1993; Pascual *et al.*, 2001; Doldan & Oehrens-Kissner, 2011). Los manojos generan una arquitectura de fondo tridimensional que provee una superficie habitable física y temporalmente estable para organismos

epifaunales. Esto genera distintos tipos y niveles de interacción entre individuos a microescala (tróficos, reproductivos, sensoriales, vulnerabilidad ante predación), en la cual operan además los procesos que controlan el reclutamiento y el crecimiento individual, entre otros (Orensanz *et al.*, 1991). La particularidad de este tipo de estructura brinda la posibilidad de analizar la comunidad diversa que utiliza a *Ostrea puelchana* como sustrato de asiento, o como hospedador, en el caso de organismos comensales (Doldan *et al.*, 2012).

Las ostras suelen presentar infección por organismos perforantes en sus valvas, como esponjas (*Cliona celata*), foraminíferos, poliquetos representantes de la familia Spionidae o mitílidos (*Lithophaga patagonica*) (Castellanos, 1957; Pascual, 1993; Mauna *et al.*, 2005; Diez *et al.*, 2011; Romero *et al.*, 2011; Bagur *et al.*, 2013) (Figura 6.1). Los quitones del género *Chaetopleura*, han sido destacados como importantes ramoneadores de las superficies externas de *O. puelchana*, causando alta mortalidad de post larvas (Pascual, 1997; Figura 6.1). Este efecto de regulación post-asentamiento presenta diferencias entre bancos, debido a las diferencias en las densidades y tamaños de los quitones (Pascual, 1997).

El cangrejo *Tumidotheres maculatus* (= *Pinnotheres maculatus*, Campos 1989) vive como parásito o comensal de bivalvos, gasterópodos y equinodermos, entre otros (Fenucci, 1971; Williams, 1984). Distintos efectos adversos se han registrado en los hospedadores de estos cangrejos. Se han encontrado malformaciones de las branquias, gónadas y otros tejidos (Christensen & McDermott, 1958), interferencias con la eficacia de filtración y la tasa de consumo de oxígeno (Bierbaum & Shumway, 1988), así como una reducción en el potencial reproductivo y en la biomasa (Tablado & López Gappa, 1995; Narvarte & Saiz, 2004). En el Golfo San Matías (GSM), *T. maculatus* ha sido registrado como comensal del mejillón *Mytilus edulis platensis* y de la cholga paleta *Atrina seminuda* (Boschi *et al.*, 1992; Ocampo *et al.*, 2007) y se lo ha sugerido como parásito de la vieira tehuelche *Aequipecten tehuelchus* (Narvarte & Saiz, 2004). Las ostras han sido estudiadas en el GSM durante décadas pero, sin embargo, no hay antecedentes de esta asociación.

Los objetivos de este Capítulo, planteados por escalas, fueron:

- A macroescala, analizar las similitudes en la composición de las comunidades macrobentónicas de los bancos de *O. puelchana* del Golfo San Matías y describir la composición de la comunidad, identificando los grupos funcionales con los cuales convive *O. puelchana*.
- A macroescala, analizar las similitudes en la composición de la fauna epibionte de *O. puelchana* entre los bancos del Golfo San Matías y, a microescala, describir la composición de la comunidad de acuerdo al tipo agregación de las ostras.

- A microescala, examinar cómo distintas interacciones biológicas interespecíficas (depredación por *Chaetopleura* sp., parasitismo por *Lithophaga patagonica*, comensalismo de *Tumidotheres maculatus*) afectan la población de *Ostrea puelchana*.



Figura 6.1. Fauna íntimamente asociada a *O. puelchana*. **i.** Quitones del género *Chaetopleura*, sobre una ostra de Banco Reparó; **ii.** Manejo de *cluckers* de *O. puelchana* atacado por la esponja perforante *Cliona celata*; **iii.** Ejemplar de *O. puelchana* con *Lithophaga patagonica* en sus valvas; este individuo pertenecía a un manejo de dos ostras. **iv.** Ejemplar de *Tumidotheres maculatus* hembra, registrado dentro de una ostra en Caleta de los Loros. Barras: 20 mm.

## 6.2. Metodología

### 6.2.1. Macrofauna bentónica asociada a los bancos de *O. puelchana*

Entre abril de 2009 y mayo de 2011, se llevaron a cabo prospecciones en los bancos de Caleta de los Loros (CLL), Banco Reparó (BR), Las Grutas (LG), El Sótano (ES) y Bajo Oliveira (BO) (descriptas en el Capítulo 3). En cada estación de

muestreo, se recolectó todo el material biológico presente en un segmento lineal de 1 x 50 m mediante buceo autónomo (ver metodología en sección 3.3.1). En el procesamiento de cada muestra, se separaron los componentes comunitarios, registrándose el nombre de cada especie y su abundancia. Las determinaciones taxonómicas se realizaron bajo lupa binocular estereoscópica.

### **6.2.2. Fauna epibionte y relacionada a *O. puelchana***

Las ostras recolectadas en las prospecciones de los bancos (sección 3.3.1) fueron examinadas para evaluar la presencia de agentes bioerosivos, de especies ramoneadoras y de otras especies de organismos epibiontes o íntimamente relacionados. La observación de la superficie externa de las valvas de ostras se realizó a simple vista. Las especies fueron registradas y clasificadas taxonómicamente.

### **6.2.3. Relaciones interespecíficas**

#### *Distribución espacial de *Chaetopleura* sp.*

Se estimaron los datos de densidad de *Chaetopleura* sp. de cada estación de las prospecciones llevadas a cabo entre abril de 2009 y mayo de 2011, en los bancos de Caleta de los Loros (CLL), Banco Reparó (BR), Las Grutas (LG), El Sótano (ES) y Bajo Oliveira (BO). Se elaboraron mapas de la distribución espacial de los quitones para cada banco. Los quitones fueron medidos, y se elaboró la distribución de frecuencia de tallas.

#### *Comensalismo de *Tumidotheres maculatus**

Un total de 4754 ostras, recolectadas en los otoños y las primaveras de 2009 y 2010 en los bancos de ostras de LG, ES, CLL y PL, fueron examinadas para registrar la presencia de individuos de *T. maculatus* dentro de la cavidad paleal. Tanto la muestra de primavera de 2009 de ES, como la de primavera de 2010 de CLL, provinieron de las prospección realizadas en esos bancos (Capítulo 3).

Las ostras fueron medidas (*At*, altura total, desde el umbo hasta el margen posterior), pesadas (*Pt*) y abiertas cuidadosamente. La cavidad del manto, las branquias y los tejidos fueron examinados para registrar la presencia y posición de los cangrejos y para evaluar su condición (daños en tejido, branquias acortadas). La especie de los cangrejos fue determinada mediante la clave de identificación de Martins & D'Incao (1996). Los individuos fueron sexados a partir de las diferencias en las aberturas genitales mediante observación microscópica. Se tomaron dos medidas morfométricas: la longitud de caparazón (*LC*), medida desde el margen



frontal hasta el margen posterior, y el ancho del caparazón (AC), definido como la máxima distancia entre los márgenes laterales.

#### *Parasitismo de Lithophaga patagonica*

Se analizaron las valvas de *Ostrea puelchana* de la colección de valvas de las prospecciones de El Sótano (n=1220) y de Caleta de Los Loros (n=1047), registrando signos de la presencia del mitílido perforante *Lithophaga patagonica* (perforaciones en las valvas, manchas oscuras). Con la finalidad de recolectar los especímenes de *L. patagonica* contenidas en su interior, se seleccionó una submuestra de valvas con el mitílido (n=29 de ES y n=50 de CLL). Las valvas de las ostras fueron medidas (*At*, altura total), antes de ser fragmentadas para la obtención de los ejemplares de *L. patagónica*. Se registró la cantidad de especímenes de *L. patagonica* contenido en cada valva de ostra, y se midió el alto de cada uno con calibre digital.

#### **6.2.4. Análisis de los datos**

##### *Macrofauna bentónica*

Para cada estación de muestreo, se registró el total de especies (S), el total de individuos (N), la biodiversidad de la macrofauna bentónica mediante el índice de Margalef ( $d = \frac{S-1}{\log N}$ ). La diversidad se calculó mediante el índice de Shannon-Wiener

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$
  
( , donde  $p_i$  es la proporción de el total de la muestra perteneciente a la  $i$ -ésima especie), y la equitatividad con el índice de Pielou ( $J' = (H' \log S)$ ). Se calculó además el índice de dominancia de Simpson ( $\lambda = \sum p_i^2$ ). Las diferencias entre la media de los índices entre bancos fueron testeadas mediante ANOVA no paramétrico (Kruskal-Wallis).

Las similitudes de composición de las asociaciones macrobentónicas entre bancos se evaluaron mediante técnicas multivariadas no-paramétricas. Se utilizaron matrices de similitud de especies aplicando el índice de Bray-Curtis sobre datos no transformados y sobre los datos transformados mediante raíz cuadrada, raíz cuarta, logaritmo (x+1) y presencia/ausencia.

Con el objetivo de analizar visualmente las similitudes en las asociaciones comunitarias dentro y entre bancos se utilizó un escalamiento multidimensional no-paramétrico (MDS o nMDS, por sus siglas en inglés) que proporciona una representación visual de las relaciones entre los datos dentro un espacio de

dimensiones reducidas. El resultado obtenido permite interpretar las relaciones entre los "objetos" (en este caso estaciones de muestreo), y las dimensiones que organizan el espacio en el cual se representan. El grado de correspondencia entre las distancias, entre los puntos obtenidos por el mapa de MDS y aquellos de la matriz de similitudes, es medido por una función de *estrés*, cuya fórmula es la siguiente:  $S = \sum_{i \neq j} \frac{(d_{ij}^* - d_{ij})^2}{d_{ij}^*}$ . Donde  $d_{ij}^*$  representa las distancias entre los puntos (ij) de la matriz de similitud y  $d_{ij}$  representa las distancias entre los mismos puntos en el mapa MDS. Cuanto menor es el valor del estrés (por ejemplo < 0,10), mayor es la calidad del ajuste obtenido.

La significancia de la similitud fue analizada mediante el algoritmo ANOSIM del programa PRIMER v6 y, con el fin de identificar qué especies explicarían las diferencias observadas, se empleó la rutina SIMPER (porcentaje de similitud) del mismo programa.

#### *Fauna epibionte sobre O. puelchana*

La dominancia de especies epibiontes se analizó mediante el método de Whittaker, el cual es método gráfico que vincula las especies ordenadas por rango de abundancia y su abundancia relativa.

Las comunidades de organismos epibiontes de *O. puelchana* fue analizada de manera análoga al procedimiento descrito para el análisis de la macrofauna bentónica de los bancos de ostra. Las similitudes de composición de las asociaciones de epibiontes entre bancos se evaluaron con matrices de similitud de especies aplicando el índice de Bray-Curtis sobre datos no transformados y sobre transformaciones mediante raíz cuadrada, raíz cuarta o logaritmo (x+1) y presencia/ausencia.

Se utilizó un escalamiento multidimensional no-paramétrico (MDS o nMDS) para la ordenación visual de las muestras, y mediante ANOSIM se analizó la significancia de la similitud. La identificación de las especies que explicarían las diferencias observadas se realizó empleando la rutina SIMPER (porcentaje de similitud) del programa PRIMER v6.

Para evaluar las similitudes de la fauna epibionte de acuerdo al tipo de agregación de las ostras entre bancos, se realizó una correlación de similitud mediante la rutina RELATE del paquete PRIMER v6 para todas los datos sin transformar y para las transformaciones (raíz cuadrada, raíz cuarta y logarítmica). Se calculó el nivel de significancia mediante el estadístico  $\rho$  de Spearman.

### *Comensalismo de Tumidotheres maculatus*

La prevalencia de ostras con cangrejos fue estimada mediante el porcentaje de ostras mayores a 40 mm que albergaban cangrejos sobre el total de ostras muestreadas mayores a esa talla. Esta fue establecida en base al tamaño mínimo de otros hospedadores del ambiente, el mejillón (*Mytilus platensis*) y la vieira (*Aequipecten tehuelchus*) (42 y 51 mm, respectivamente) (Tablado & López-Gappa, 1995; Narvarte & Saiz, 2004). El potencial efecto de los cangrejos en sus hospedadores, fue analizado evaluando la relación talla (At) – peso total (Pt) entre ostras con y sin cangrejos. La prueba de Levene fue utilizada para evaluar la homocedasticidad de varianzas. Las curvas de regresión de la relación At vs. Pt de cada grupo se compararon utilizando un análisis de covarianza (ANCOVA).

El efecto de los cangrejos sobre las ostras se evaluó mediante el índice de condición (IC), definido como el peso de la carne de la ostra dividido su peso total (Pt). Para cada temporada en cada banco, se realizó un ANOVA de una vía para determinar la significancia de las diferencias de IC entre grupos. Se realizó una prueba de Levene para probar homocedasticidad, y se exploró una correlación entre el ancho de carapacho (AC) de *T. maculatus* y la talla (At) de las ostras hospedadoras.

### *Parasitismo de Lithophaga patagónica*

La incidencia del parasitismo de *L. patagonica* (PLp) fue calculado según

$$PLp = \frac{\text{cantidad de ostras con signos de parasitismo por } L. \text{ patagonica}}{\text{número total de ostras revisadas}} \times 100$$

El grado de infección se determinó según el promedio de individuos de *L. patagonica* por par de valvas de *O. puelchana*.

Se describió la estructura de tallas de ostras parasitadas y la de *L. patagonica* mediante distribuciones de frecuencia de tallas.

## **6.3. Resultados**

### **6.3.1. Macrofauna bentónica**

Un total de 85 taxones, de los cuales en 53 de ellos se determinó la especie, fueron identificados en los cinco bancos prospectados (Tabla 6.3.1). Los moluscos conformaron el grupo dominante, con 30 especies, seguido por los crustáceos (20) y los equinodermos (10) (Tabla 6.3.1). Los índices de diversidad para cada banco se presentan en la Tabla 6.3.2.

**Tabla 6.3.1.** Nómina de taxones registrados en las estaciones de muestreo de los bancos prospectados entre 2009 y 2011 (BR: Banco Reparo; LG: Las Grutas; BO; Bajo Oliveira; ES: El Sótano y CLL: Caleta de Los Loros). Los grupos tróficos fueron asignados a aquellas especies cuyos hábitos alimentarios han sido comprobados (P: productores; S: suspensívoros; Ram: ramoneadores; Ras: raspadores; H: herbívoros; O: omnívoros; D: depositívoros; C: carroñeros; Ca: carnívoros; Lim: limnívoros). Las especies que además fueron registradas como epibiontes de *O. puelchana* se señalan con **x** (en negrita). (\*): puesta.

	Grupo trófico	CLL	BR	LG	BO	ES
<b>Algas</b>						
<i>Dictyota</i> sp.	P	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>
Phaeophyta sp.1	P					<b>x</b>
<i>Rhodomenia</i> sp.	P	x				
Rodofita sp.	P	<b>x</b>			x	x
<i>Codium</i> sp.	P	x				<b>x</b>
<i>Lithothamnium</i> sp.		<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Pholisiphonia fucoides</i>	P	x	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Anélidos</b>						
<i>Afrodite aculeata</i>		x			x	x
Poliquetos tubícolas	Ca-O-S	<b>x</b>	x	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Briozoo</b>						
		<b>x</b>			<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Cnidarios</b>						
Antozoos		<b>x</b>			<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Gorgonácea pedunculada</i>						x
<b>Cordados</b>						
<i>Ascidia</i> sp. 1	S	x	x		x	x
<i>Ascidia</i> sp. 2	S	x	x		x	x
<i>Ciona robusta</i>	S	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Cnemidocarpa robinsoni</i>	S	x			x	x
<i>Paramolgula gregaria</i>	S					x
Peces bentónicos	O	x	x		x	x
<i>Sycozoa</i> sp.	S	x				x
Tunicado colonial	S	<b>x</b>				
<b>Crustáceos</b>						
<i>Balanus</i> sp.		<b>x</b>	x	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Coenophthalmus tridentatus</i>		x				x
<i>Euripodius latreillei</i>						x
<i>Leucipa pentagona</i>	O		x	x		x
<i>Leurocyclus</i> sp.	Ca				x	x
<i>Libidoclea granarí</i>	Ca				x	x
<i>Libinia espinosa</i>	Ca		x		x	x
<i>Ovalipes punctatus</i>	Ca				x	x
<i>Pachycheles chubutenes</i>			x			x
<i>Peltarion spinosolum</i>	O				x	x
<i>Pagurus</i> sp.			x			
<i>Pilumnoides hassleri</i>			x	x		x

Continuación Tabla 6.3.1

	Grupo trófico	CLL BR LG BO ES				
		CLL	BR	LG	BO	ES
<i>Platyxantus patagonicus</i>					x	X
<i>Robinea brasiliipes</i>					x	x
<i>Rochinia gracilipes</i>		x			x	
<i>Serolis schytei</i>						x
<i>Tumidotheres maculatus</i>		<b>x</b>			x	<b>x</b>
<b>Equinodermos</b>						
<i>Allostichaster capensis</i>	Ca	x			x	x
<i>Arbacea dufresnii</i>	Ca	x			x	x
<i>Astropecten brasiliensis</i>	Ca	x		x	x	x
<i>Chiridota marenzelleri</i>	Lim				x	x
<i>Cycethra verrucosa</i>					x	x
<i>Comasterias lurida</i>	Ca				x	x
Estrella sp.1		x				
Estrella sp. 2		x				
<i>Ophioplocus januarii</i>	O	x	x	x	<b>x</b>	x
<i>Pseudoechinus magellanicus</i>	H-Ca	x			x	x
<b>Moluscos</b>						
<i>Adelomelon ancilla</i>	Ca	<b>x*</b>			x	x
<i>Aequipecten tehuelchus</i>	S	x			x	x
<i>Atrina seminuda</i>	S	x	x		x	x
<i>Aulacomya atra</i>	S	<b>x</b>			<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Calliostoma jucundum</i>		x	x	x	x	x
<i>Chaetopleura</i> sp.	Ram-H	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Crepidula</i> sp.	S	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Cuspidaria similima</i>	S				<b>x</b>	
<i>Ensis macha</i>	S	x			x	x
<i>Eurhomalea exhalbida</i>	S	x			x	x
<i>Fisurella</i> sp.		x	x	x	x	x
<i>Glycymeris longior</i>	S				x	x
<i>Hiatella</i> sp.						<b>x</b>
<i>Lithophaga patagonica</i>	S	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Mytilus edulis platensis</i>	S	<b>x</b>			x	x
Nudibranquio		<b>x</b>	x	x	x	<b>x</b>
<i>Octopus tehuelchus</i>	Ca	x	x	x	x	x
<i>Odontocymbiola magellanica</i>	Ca	x			x	x
<i>Oliverio techuelcha</i>					x	
<i>Ostrea puelchana</i>	S	x	x	x	x	x
<i>Ostrea puelchana</i> (reclutas)	S	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Ostrea stentina</i>	S	x	<b>x</b>	<b>x</b>	x	x
<i>Panopea abbreviata</i>	S	x			x	x
<i>Pitar rostratum</i>	S	x			x	x
<i>Pododesmus leloiri</i>	S	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Pododesmus rudis</i>	S	<b>x</b>	x	x	<b>x</b>	<b>x</b>
<i>Prototaca antiqua</i>	S	x			x	x
<i>Semele proficua</i>						x
<i>Tawera gayi</i>						x
<i>Tegula</i> sp.	Ram-H	x	x	x	x	x
<i>Trachycardium</i> sp.	S	x				

Continuación Tabla 6.3.1

	<b>Grupo trófico</b>	<b>CLL</b>	<b>BR</b>	<b>LG</b>	<b>BO</b>	<b>ES</b>
<i>Zidona dufresnei</i>	Ca	x	x			
<b>Nematodo</b>					x	
<b>Platemintos</b>					x	x
<b>Poríferos</b>						
<i>Cliona celata</i>	S	x	x	x	x	x
Esponja sp.1	S	x	x		x	x
Esponja sp.2	S	x			x	
Esponja sp.3	S	x				x
Esponja sp.4	S	x				

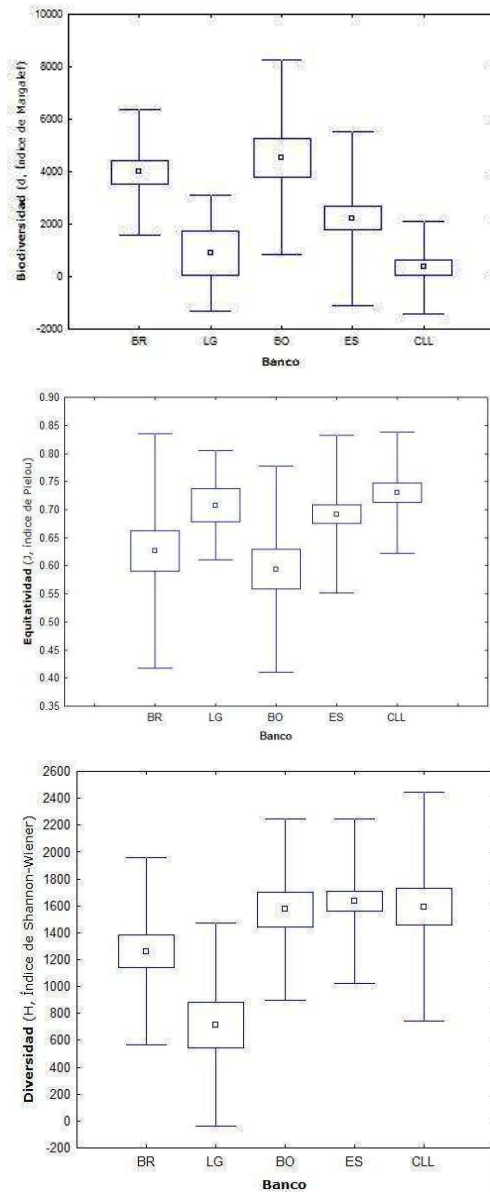
Las especies suspensívoras estuvieron presentes en todos los bancos, representadas por bivalvos (*Atrina seminuda*, *Aulacomya atra*, *Mytilus edulis platensis*, *Aequipecten tehuelchus*, *Pododesmus rudis* y *P. leloiri*, entre otros), gasterópodos (principalmente *Crepidula* sp.) y otros suspensívoros, los tunicados (*Ciona robusta*, *Cnemidocarpa robinsoni*, *Paramolgula gregaria*) y los poríferos (*Cliona celata*). Las especies suspensívoras infaunales (*Ensis macha*, *Eurhomalea exhalbida*, *Glycymeris longior*, *Panopea abbreviata*, *Protothaca antiqua*) fueron registradas en los bancos más profundos. Los erizos herbívoros *Ophioplocus januarii* estuvieron ampliamente representados en todos los bancos, mientras que *Pseudechinus magellanicus* y *Arbacia dufresnii* fueron abundantes en los bancos más profundos. Los raspadores herbívoros, como los poliplacóforos (*Chaetopleura* sp.) y los gasterópodos (*Tegula* sp.) se hallaron bien representados en todos los bancos, además de *Fisurella* sp., aunque ésta en menor medida. En relación a las especies depredadores de bivalvos, se registraron a los caracoles *Zidona dufresnei* en los bancos de CLL y BR, y a *Adelomelon ancilla* y *Odontocymbiola magellanica* en BO-ES; los asteroideos *Cosmasterias lurida* y *Allostichaster capensis* fueron frecuentes en BO-ES. Los poliquetos carnívoros se hallaron bien representados en todos los bancos, aunque estas especies no son consideradas depredadores de bivalvos. Otros depredadores registrados fueron los peces bentónicos y *Octopus tehuelchus*. Los poliquetos tubícolas (depositívoros) se encontraron en las valvas de las ostras de los cinco bancos, mientras que el mitílido perforante *Lithophaga patagonica*, solamente en las ostras de los bancos de CLL, BO y ES. Las especies omnívoras, en su mayoría crustáceos decápodos (*Leucippa pentagona*, *Peltarium spinosulum*, entre otros), se encontraron presentes en todos los bancos.

**Tabla 6.3.2.** Índices de diversidad promedio para cada banco. *S*: número de especies; *N*: número total de individuos. Entre paréntesis se presenta el desvío estándar.

	BR	LG	BO	ES	CLL
<i>S</i>	10,24 (2,24)	4,05 (3,90)	18,15 (7,29)	13,77 (5,27)	16,30 (7,67)
<i>N</i>	7,66 (5,46)	0,7 (0,98)	23,33 (36,44)	5,94 (4,50)	2,3 (1,77)
Margalef ( <i>d</i> )	3977,91 (2403,56)	896,46 (2194,78)	4551,72 (3687,20)	2233,35 (3255,50)	344,96 (1757,78)
Shannon-Wiener ( <i>H</i> )	1261,11 (697,06)	715,28 (754,63)	1574,14 (674,25)	1633,56 (654,26)	1594,93 (853,02)
Pielou ( <i>J</i> )	1 (0,21)	0,71 (0,10)	0,59 (0,18)	0,69 (0,14)	0,73 (0,11)
Simpson ( $\lambda$ )	353,23 (683,63)	1675,04 (1493,46)	192,13 (450,92)	1064,47 (1675,63)	1091,10 (867,81)

La diversidad de especies resultó mucho menor en los bancos de LG y BR con respecto a los otros bancos ( $p < 0,001$ ); la diferencia entre LG y ES fue significativa, pero baja ( $p = 0,038$ ). La prueba de ANOVA de comparación de los *N* de cada banco, encontró que el banco de BO difiere significativamente de todos los bancos, a excepción del banco de BR ( $p = 0,850$ ). La cantidad de individuos en BR difirió significativamente de la registrada en LG ( $p < 0,001$ ) y de la de CLL ( $p < 0,001$ ). El banco de ES presentó mayor número de especies que el de LG ( $p < 0,001$ ).

En relación al índice de Margaleff, se presentaron diferencias significativas entre el banco de BR con respecto a los bancos ES ( $p = 0,029$ ) y CLL ( $p = 0,003$ ), y entre BO y CLL ( $p = 0,010$ ). En relación a la equitatividad, no se presentaron diferencias significativas entre bancos, a excepción de los bancos de BO y CLL ( $p = 0,037$ ). La diversidad difirió entre los bancos chicos y los bancos más extensos ( $p < 0,001$  entre LG y ES y CLL;  $p_{LG-BO} = 0,001$ ,  $p_{BR-ES} = 0,034$ ,  $p_{BR-CLL} = 0,008$ ). El índice de Simpson fue significativamente diferente entre los bancos con dominancia de algunas especies (LG, ES y CLL) en relación al banco de BR ( $p_{BR-LG} = 0,006$ ,  $p_{BR-ES} = 0,019$ ,  $p_{BR-CLL} < 0,001$ ) y al banco de BO ( $p_{BO-LG} = 0,002$ ,  $p_{BO-ES} = 0,005$ ,  $p_{BO-CLL} < 0,001$ ).



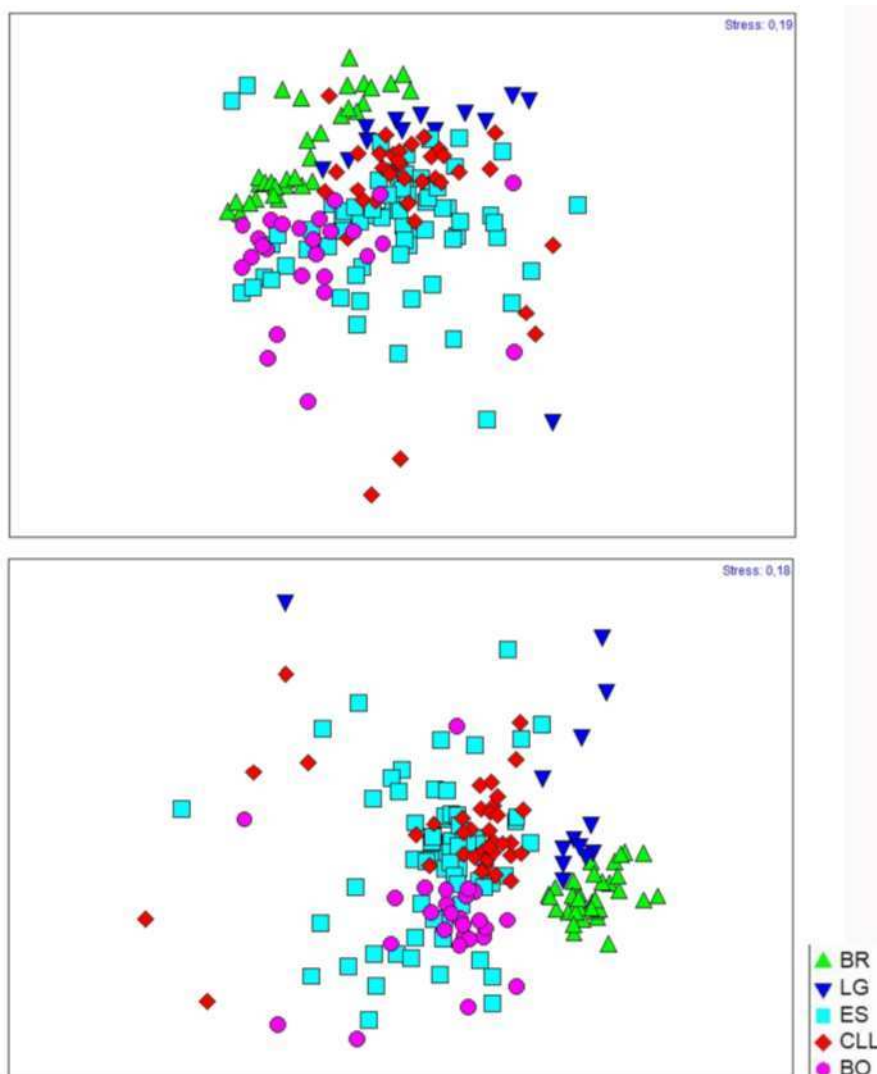
**Figura 6.3.1.** Índices de biodiversidad, equitatividad y diversidad (media, error estándar y desvío estándar) de cada banco de ostra puelche del Golfo San Matías (BR: Banco Reparó; LG: Las Grutas; BO; Bajo Oliveira; ES: El Sótano y CLL: Caleta de Los Loros).

En el ordenamiento MDS sin transformar, el valor del stress fue de 0,18 y el valor de R obtenido del análisis ANOSIM (R: 0,292) resultó significativo, aunque indicó un alto nivel de superposición entre bancos (Figura 6.3.2). Las estaciones de ES presentaron la distribución más amplia, superponiéndose con casi todos los otros bancos. Las estaciones de BR se agruparon y aislaron del resto de los bancos, representando una composición similar de especies, al igual que las estaciones de LG. CLL se superpuso totalmente con ES y, parcialmente, con BO.

Con la transformación mediante raíz cuarta, en el MDS las estaciones se ordenaron de forma más segregada (Figura 6.3.2). El estrés resultó menor, y el R global



mayor ( $R: 0,39$ ). El  $R$  global fue significativo ( $p < 0,1\%$ ), estableciendo que los bancos difirieron significativamente entre ellos, aunque con cierto grado de similitud en la composición faunística. La mayor diferencia ocurre entre BR y el resto de los bancos ( $R_{BR-LG}: 0,58$ ;  $R_{BR-BO}: 0,776$ ;  $R_{BR-ES}: 0,58$ ;  $R_{BR-CLL}: 0,687$ ;  $R_{LG-ES}: 0,485$ ;  $R_{LG-CLL}: 0,426$ ;  $R_{BO-ES}: 0,137$ ;  $R_{BO-CLL}: 0,325$ ;  $R_{ES-CLL}: 0,134$ ). LG y BO también se diferenciaron entre sí ( $R_{LG-BO}: 0,546$ ).



**Figura 6.3.2.** Ordenamiento multidimensional no-métrico (MDS) en base a las matrices de similitud de Bray-Curtis, de las 187 estaciones de los cinco bancos prospectados. **i.** Datos sin transformar; estrés: 0,19. **ii.** Datos transformados mediante raíz cuarta; estrés: 0,18.

Para las otras transformaciones, los valores de estrés fueron iguales o superiores a los obtenidos con los datos sin transformar (raíz cuadrada: 0,19; logaritmo: 0,2; Presencia/ausencia: 0,19).

La similitud dentro de los bancos de los datos sin transformar fue baja (<40%, Tabla 6.3.4), y estuvo influenciada por la dominancia de una o dos especies. La disimilitud entre bancos varió entre el 79,06% y el 89,32% y se dio por la dominancia de unas pocas especies, principalmente de *Ophioplocus januarii* y, en menor medida, por los reclutas de *Ostrea puelchana* y de *Tegula* sp. Con la transformación de los datos mediante la raíz cuarta, la similitud entre bancos resultó media y alta (Tabla 6.3.4). Entre cuatro y nueve especies contribuyeron al 75% de similaridad, sugiriendo que la transformación redujo la dominancia de esas especies, a excepción de los reclutas de *O. puelchana* del banco de LG (que colaboraron con un 34,96% en el banco de LG). La disimilitud entre bancos varió entre el 55,10% y el 74,39%, no existiendo especies que ejerzan dominancias.

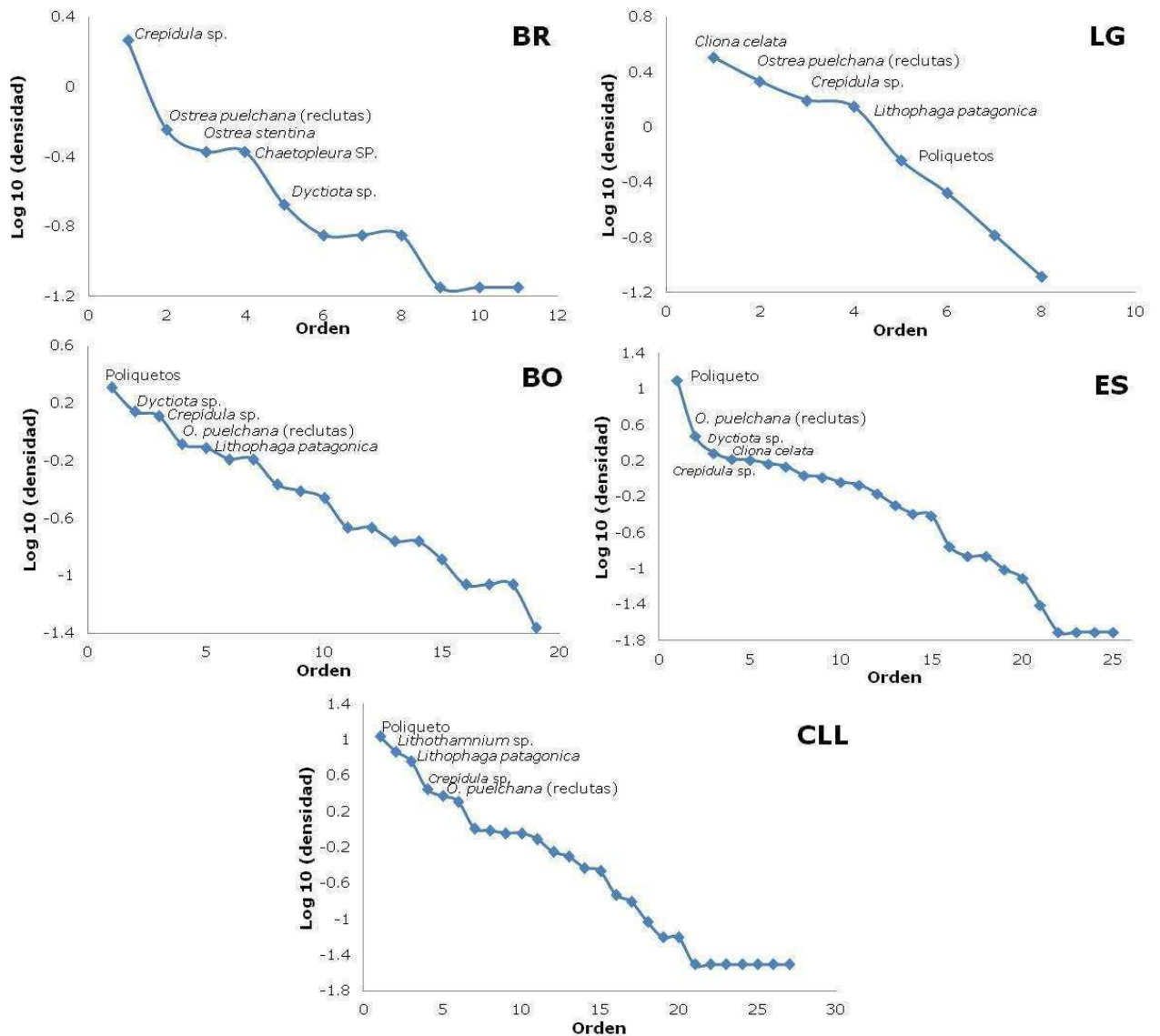
**Tabla 6.3.4.** Porcentaje de contribución y contribución acumulada de la similitud dentro de los bancos de los datos sin transformar, y con los datos transformados. Entre paréntesis se informa el porcentaje de similitud para cada banco.

Datos sin transformar			Datos transformados (raíz cuarta)		
<b>BR (37,30%)</b>			<b>BR (67,41%)</b>		
Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada	Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada
<i>Ophioplocus januarii</i>	36,52	36,52	<i>Chaetopleura</i> sp.	16,59	16,59
<i>Tegula</i> sp.	19,86	56,37	<i>Tegula</i> sp.	15,28	31,87
<i>Chaetopleura</i> sp.	13,99	70,37	<i>Rilumnoides hassleri</i>	14,29	46,16
			<i>Leucipa pentagona</i>	13,31	59,47
			<i>Crepidula</i> sp.	11,99	71,46
<b>LG (29,40%)</b>			<b>LG (45,23%)</b>		
Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada	Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada
<i>Ostrea puelchana</i>	48,46	48,46	<i>Ostrea puelchana</i>	34,96	34,96
<i>Tegula</i> sp.	14,65	63,11	<i>Chaetopleura</i> sp.	19,14	54,10
<i>Ophioplocus januarii</i>	13,90	77,01	<i>Tegula</i> sp.	13,78	67,87
			<i>Crepidula</i> sp.	10,96	78,83
<b>BO (25,56%)</b>			<b>BO (43,99%)</b>		
Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada	Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada
<i>Ophioplocus januarii</i>	47,43	47,43	<i>Ophioplocus januarii</i>	18,57	18,57
<i>Arbacea dufresnei</i>	19,99	67,42	<i>Arbacea dufresnei</i>	15,79	34,36
<i>Chaetopleura</i> sp.	7,32	74,74	<i>Chaetopleura</i> sp.	9,40	43,76
			<i>Atrina seminuda</i>	6,57	50,33
			<i>Tegula</i> sp.	5,61	55,95
			<i>Crepidula</i> sp.	5,58	61,53
			<i>Ostrea puelchana</i>	5,44	66,97
			<i>Ciona robusta</i>	4,45	71,42
			<i>Astropecten brasiliensis</i>	2,54	73,96
<b>ES (24,73%)</b>			<b>ES (43,35%)</b>		
Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada	Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada
<i>Arbacea dufresnei</i>	24,91	24,91	<i>Arbacea dufresnei</i>	17,94	17,94
<i>Ostrea puelchana</i>	21,48	46,39	Poliquetos	12,79	30,74
Poliquetos	12,38	58,77	<i>Ostrea puelchana</i>	11,84	42,58
<i>Ophioplocus januarii</i>	11,80	70,57	<i>Chaetopleura</i> sp.	9,49	52,07
			<i>Ophioplocus januarii</i>	8,97	61,03
			<i>Ciona robusta</i>	6,44	67,47
			<i>Crepidula</i> sp.	6,32	73,78
<b>CLL (29,49%)</b>			<b>CLL (47,66%)</b>		
Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada	Especie	Contribución (%)	Contribución acumulada
<i>Ostrea puelchana</i>	34,74	34,74	<i>Ostrea puelchana</i>	16,63	16,63
<i>Aulacomya atra</i>	11,14	45,88	Poliquetos	10,94	27,58
Poliquetos	10,09	55,97	<i>Aulacomya atra</i>	9,66	37,24
<i>Ophioplocus januarii</i>	9,35	65,32	<i>Ophioplocus januarii</i>	8,64	45,88
<i>Chaetopleura</i> sp.	8,74	74,06	<i>Crepidula</i> sp.	8,26	54,14
			<i>Chaetopleura</i> sp.	7,32	61,45
			<i>Ciona robusta</i>	6,56	68,01
			<i>Pododesmus rudis</i>	5,60	73,62

### 6.3.2. Fauna epibionte sobre *Ostrea puelchana*

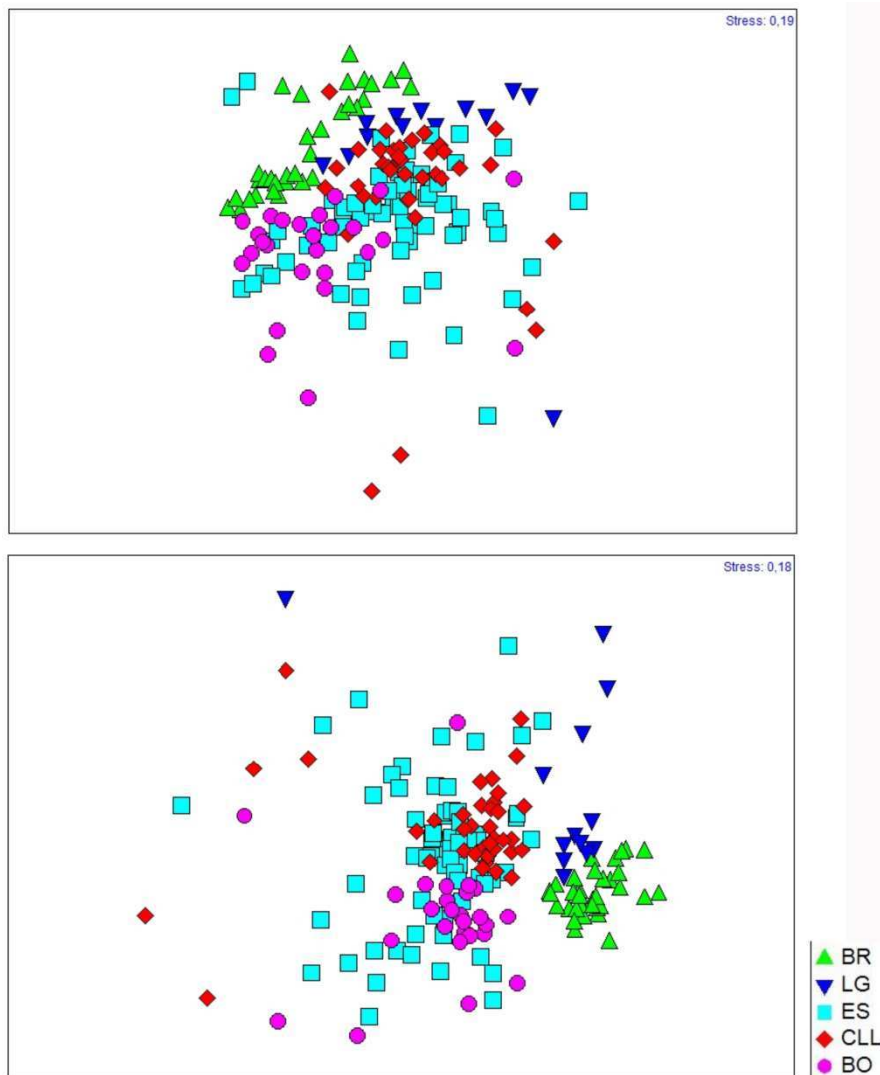
La fauna epibionte asociada a *O. puelchana* estuvo compuesta por unas 31 especies diferentes; la nómina de los taxa se presenta en la Tabla 6.3.1. Esta fauna estuvo representada mayoritariamente por poliquetos, individuos de *Crepidula* sp., representantes de *Tegula* sp. y reclutas de *O. puelchana* (Tabla 6.3.1).

Las curvas de rango-abundancia de Whittaker siguieron una distribución similar a la lognormal, a excepción del banco de LG (Figura 6.3.3).



**Figura 6.3.3.** Curvas de Whittaker representando el rango de especies y su abundancia absoluta transformadas mediante logaritmo en base 10. Las especies fueron ordenadas en el eje de las abscisas, considerando como primera a la más abundante, y última la especie más rara. Se presentan los nombres de las cinco especies más abundantes.

En ambos ordenamientos, los valores de estrés son muy altos (0,22), lo que estaría dado por una distribución azarosa de los datos o la ausencia de un patrón claro (Figura 6.3.4). Las estaciones de BO son las más dispersas, y se superponen con todos los bancos. Lo mismo ocurre para las estaciones de ES en la transformación mediante raíz cuarta. En ambos gráficos, las estaciones de Caleta de los Loros aparecen agrupadas.



**Figura 6.3.4.** Ordenamiento multidimensional no-métrico (MDS) en base a las matrices de similitud de Bray-Curtis, de las 187 estaciones de los cinco bancos prospectados. **i.** Datos sin transformar. **ii.** Datos transformados mediante raíz cuarta. En ambos casos, el valor de estrés es 0,22.

Los valores de R global fueron significativos pero pequeños ( $R_{\text{datos sin transformar}}: 0,338$ ;  $R_{\text{datos sin transformar}}: 0,381$ ), indicando que el solapamiento entre las estaciones es alto, dificultando la diferenciación de los bancos. Las demás transformaciones realizadas,

no corrigieron significativamente el nivel de estrés (raíz cuadrada: 0,22, R: 0,378; logaritmo: 0,21, R: 0,378; Presencia/ausencia: 0,21, R: 0,369).

La similitud dentro de cada banco resultó baja (< 56%), aunque mayor en los datos transformados con raíz cuarta (55,43%) que en los datos sin transformar (40,44%) (Tabla 6.3.5). En cada banco existen especies dominantes, cuya dominancia se reduce, al realizar la transformación de los datos.

La disimilitud entre bancos varió entre el 71,92% y 90,47% en el caso de los datos sin transformar, y se dió básicamente por la presencia de poliquetos. Con la transformación de los datos mediante raíz cuarta, la disimilitud se redujo (entre el 59,67% y el 87.37%) y ocurrió por los poliquetos, y por los reclutas de *Ostrea puelchana*.

**Tabla 6.3.5.** Similitud de las estaciones dentro de cada banco. Datos calculados mediante SIMPER. Se presentan las especies típicas (con mayor dominancia) de cada banco. BR: Banco Reparo; LG: Las Grutas; BO; Bajo Oliveira; ES: El Sótano y CLL: Caleta de Los Loros.

Banco	Datos no-transformados		Datos transformados (raíz cuarta)	
	Similitud dentro	Especies dominantes	Similitud dentro	Especies dominantes
LG	35,56	- <i>Cliona celata</i> (50%) - Reclutas de <i>Ostrea puelchana</i> (22,03%)	47,64	- <i>Cliona celata</i> (40,25%) - Reclutas de <i>Ostrea puelchana</i> (23,86%)
BR	22,03	- <i>Crepidula</i> sp. (46,5%) - Reclutas de <i>Ostrea puelchana</i> (30,90%)	25,47	- <i>Crepidula</i> sp. (44,11%) - Reclutas de <i>Ostrea puelchana</i> (29,75%)
ES	28,85	- Poliquetos (50,88%) - Reclutas de <i>Ostrea puelchana</i> (11,47%)	41,55	- Poliquetos (28,66%) - Recluta de <i>Ostrea puelchana</i> (14,09%)
CLL	40,44	- Poliquetos (41,19%) - <i>Lithothamnium</i> (17,48%)	55,43	- Poliquetos (26,48%) - <i>Lithothamnium</i> (16,38%)
BO	17,08	- Poliquetos (22%) - <i>Crepidula</i> sp. (18,63%) - <i>Lithophaga patagonica</i> (14,53%)	23,63	- <i>Lithophaga patagonica</i> (19,15%) - Poliquetos (16,69%) - Anémonas (15,44%) - <i>Crepidula</i> sp. (14,13%)

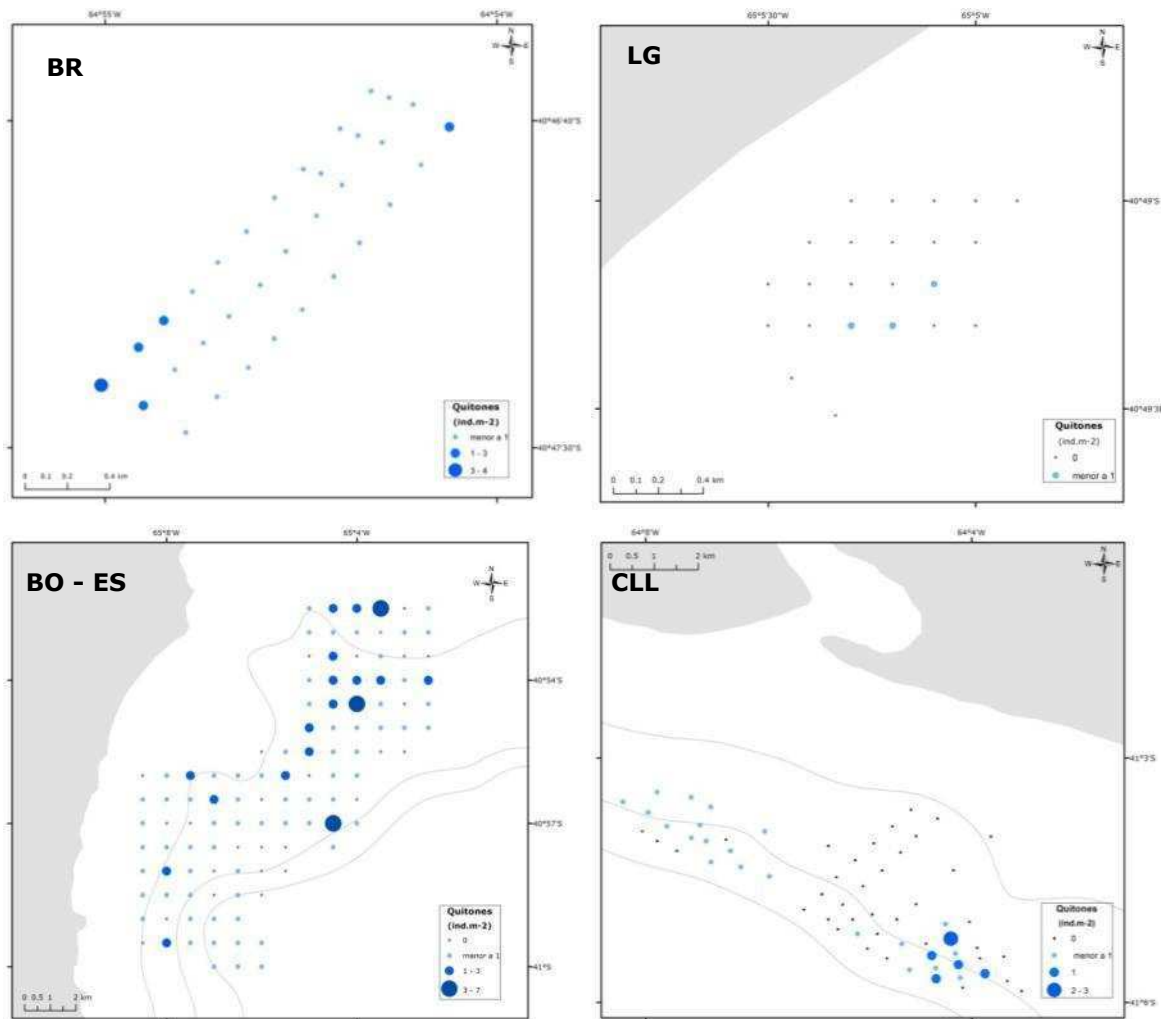
### *Efecto del grado de agregación sobre la fauna epibionte*

El nivel de significancia de las similitudes entre la fauna asociada a ostras libres y la asociada a ostras en enojo estadístico  $\rho$  de Spearman fue inferior a 0,5 en todas las transformaciones (raíz cuadrada, raíz cuarta, logaritmo  $(x+1)$ ). La transformación de mayor valor fue la raíz cuadrada ( $\rho$ : 0,485). El resto de las transformaciones obtuvo un estadístico similar, aunque menor (datos sin transformar,  $\rho$ : 0,471; raíz cuarta,  $\rho$ : 0,46; logaritmo  $(x+1)$ ,  $\rho$ : 0,478; presencia/ausencia,  $\rho$ : 0,417).

### **6.3.3. Relaciones interespecíficas**

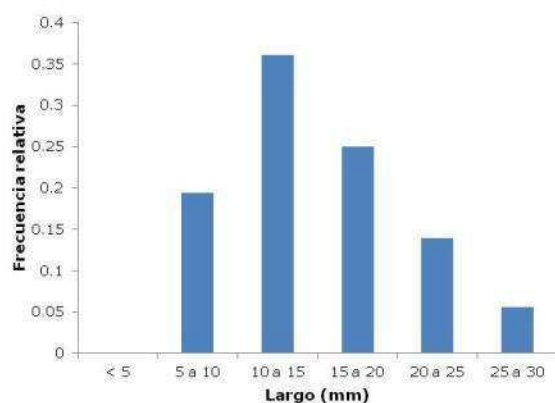
#### *Distribución espacial de Chaetopleura sp.*

Los quitones conformaron parte de la comunidad bentónica en los cinco bancos prospectados (Figura 6.3.5).



**Figura 6.3.5.** Distribución espacial de los quitones *Chaetopleura sp.* en los bancos de ostra puelche del Golfo San Matías (BR: Banco Reparado; LG: Las Grutas; BO; Bajo Oliveira; ES: El Sótano y CLL: Caleta de Los Loros).

En todas las estaciones de BO-ES se encontraron individuos de *Chaetopleura* sp., aunque en mayor medida en BO, donde se registraron las densidades máximas (7 quitones /m<sup>2</sup>). En BR, los quitones estuvieron concentrados en el extremo suroeste del área prospectada, mientras que en LG, fueron escasos. En CLL, en cambio, se registraron ejemplares de *Chaetopleura* sp. principalmente en el parche oriental, con densidades que alcanzaron los 3 quitones /m<sup>2</sup>. Las tallas de los quitones oscilaron entre 5,5 y 29,15 mm (Figura 6.3.6).



**Figura 6.3.6.** Distribución de frecuencia relativa de tallas de los quitones *Chaetopleura* sp. de los bancos de ostra puelche del Golfo San Matías (n = 40).

### **Comensalismo de *Tumidotheres maculatus***

Los cangrejos (n=49) fueron encontrados vivos en la cavidad paleal y fueron identificados como muestras de *Tumidotheres maculatus*. Todos los individuos de *T. maculatus* fueron registrados en ostras mayores a 55 mm (Tabla 6.3.6, Figura 6.1). Las ostras albergaron solamente un cangrejo; no se encontraron mudas dentro de las ostras. Los cangrejos fueron en su mayoría machos (47,7%), aunque se registraron hembras (15,09%). Los individuos que estaban en etapas inmaduras de difícil clasificación sexual a partir de la morfología externa, y aquellos que fueron conservados en malas condiciones, no fueron sexados, y se agruparon como cangrejos indiferenciados (36,4%).

La incidencia del cangrejo dentro de las ostras en cada banco, mostró valores notablemente superiores en las muestras de primavera de El Sótano (ES) y Caleta de los Loros motivos (CL) (Tabla 6.3.6).

El examen de las ostras infectadas no reveló daños o acortamiento de las branquias. La relación talla-peso de cada grupo de ostras fue significativa (ostras infestadas:  $Pt = 0,31 \cdot At + 3,07$ ,  $p < < 0,01$ ; Ostras no infestadas:  $Pt = 0,27 \cdot At + 3,21$ ,  $p < < 0,01$ ). La relación talla-peso mostró diferencias entre los grupos ( $p =$

0,014, Tabla 6.3.7); sin embargo la pendiente en ambas relaciones no mostró diferencias significativas ( $p = 0,066$ , Tabla 6.3.7).

No se encontraron diferencias entre las varianzas de CI entre bancos ni entre temporadas ( $p_{CLLotoño} = 0,239$ ;  $p_{ESotoño} = 0,065$ ;  $p_{CLLprimavera} = 0,387$ ;  $p_{ESprimavera} = 0,766$ ). El CI de las ostras con y sin cangrejos mostraron diferencias significativas para las muestras de otoño en CLL ( $p < 0,01$ ) y para la muestra de primavera en ES ( $p = 0,008$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para las otras muestras ( $p_{ESotoño} = 0,879$ ;  $p_{CLLprimavera} = 0,322$ ).

**Tabla 6.3.6.** Sitios, profundidad media, prevalencia del comensalismo por *Tumidotheres maculatus*, y mediciones morfométricas del hospedador y de los cangrejos .

Año	Banco	Profundidad media (m)	Ostras examinadas (>40 mm)	Prevalencia (%)	At ostra	Cangrejo	
					hospedadora (mm) Media ± DE	LC rango (mm)	AC rango (mm)
2009							
Otoño	CLL	18	159	3,2	79,5 ± 14,4	3,24-5,26	3,4 - 5,29
	LG	6	146	0			
Primavera	CLL	20	293	1,4	92,6 ± 5,7	4,14-4,37	3,64-5,23
	LG	8	60	0			
	ES	14.7	1197	0 - 12,5	77,1 ± 16,7	1,95-6,74	1,9 - 6,18
	PL	15	243	0			
2010							
Otoño	CLL	15	234	1,3	74,8 ± 7,85	2,91-7,95	2,8 - 8,71
	LG	8	215	0			
	ES		98	7,1	83,6 ± 8,2	1,67 - 2,9	1,63-2,86
	PL		242	0			
Primavera	CLL		1023	0-16,7	76,7 ± 16,8	2,33-6,22	2,2 - 6,71
	LG	10	60	0			
	ES		58	0			

Se encontró una correlación baja pero positiva, en relación al tamaño de los cangrejos macho y su ostra hospedadora ( $R^2 = 0,211$ ,  $p = 0,017$ ).

**Tabla 6.3.7.** Resultados del ANCOVA aplicado a la relación entre el  $\ln(\text{At})$  vs.  $\ln(\text{Pt})$  entre ostras con y sin cangrejos.

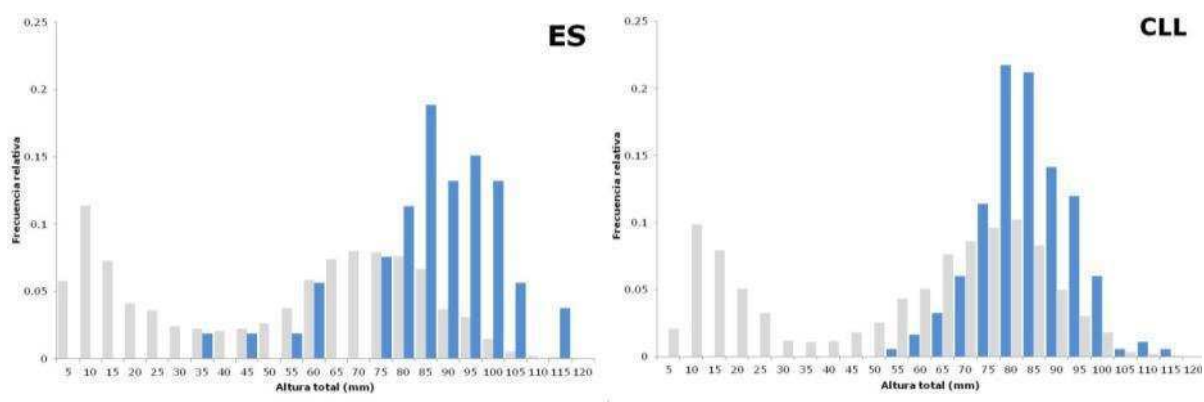
	Fuente de variación				
	d.f.	SS	MS	F	P
Con vs. sin <i>T. maculatus</i>	1	0.03	0.03	6.04	0.01
		5	5	2	4
Error	1361	7.89	0.00		
		1	6		



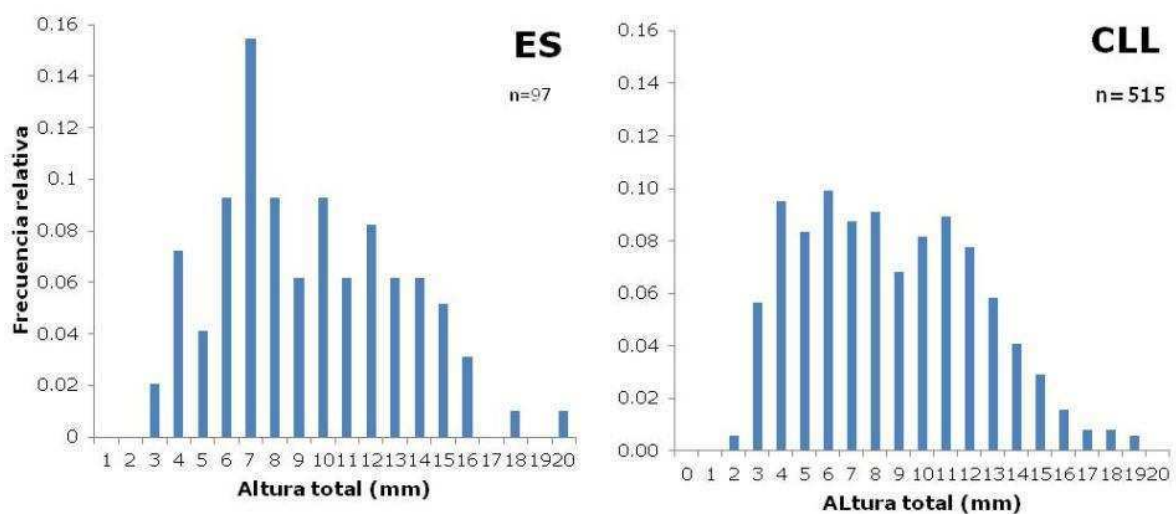
### Parasitismo de *Lithophaga patagónica*

El PLp en ES fue de 4,3% mientras que en CLL fue de 17,6%. En ambos bancos, las ostras infectadas fueron de talla mayor a 80 mm (Figura 6.3.7). El grado de infección de ostras por *L. patagónica* fue tres veces mayor en CLL (10,4) que en ES (3,3), y se registraron valores muy altos de individuos de *L. patagónica* por ostra en CLL (hasta 55 individuos). El máximo valor registrado en ES fue de 11.

La estructura de tallas de *L. patagónica* fue polimodal en el caso de ES, y bimodal en el banco de CLL (Figura 6.3.8). El rango de tallas en ambos bancos fue de 2 a 20 mm.



**Figura 6.3.7.** Distribución de frecuencia de tallas (DFT) de ostras de *O. puelchana* parasitadas por *L. patagónica* de los bancos de El Sótano (ES) y Caleta de Los Loros (CLL). En gris, la DFT de la población.



**Figura 6.3.8.** Distribución de frecuencia de tallas de individuos de *L. patagónica* recolectados de las valvas de ostras de *O. puelchana* de los bancos prospectados de El Sótano (ES) y Caleta de Los Loros (CLL).

La estructura de tallas de los individuos de *L. patagonica* de ES resultó polimodal, mientras que la de CLL fue bimodal.

Las ostras parasitadas exhibieron perforaciones en la superficie de las valvas, las cuales estaban ocupadas por individuos de *L. patagonica*. En algunos casos, se registró una mancha negra en la superficie interna de las valvas.

#### **6.4. Discusión**

Los bancos de *Ostrea puelchana* representan un área biodiversa, caracterizada por una alta dominancia de unas pocas especies. *O. puelchana* es la principal especie dominante en los bancos de LG y CLL y, en menor medida en BO y ES. Entre las otras especies que dominan estos bancos, se destaca la gran abundancia y frecuencia de los equinodermos herbívoros, *Ophioplocus januarii* y *Arbacea dufresnii*.

Algunas de las especies de esta comunidad de fondos blandos utilizan este banco como área de alimentación, como es el caso de los quitones del género *Chaetopleura*, el caracol *Tegula* spp., los crustáceos *Pilumnoides haslerii* y *Leucipa pentagona*, y la estrella carnívora *Astropecten brasiliensis*. Los otros componentes comunitarios, son filtradores suspensívoros, como *Crepidula* spp., los bivalvos *Aulacomya atra*, *Atrina seminuda* y *Pododesmus rudis* y tunicados como *Ciona robusta*. Otras especies utilizan las ostras o sus cluckers para sus puestas, como *A. ancilla* y *O. tehuelchus* (Iribarne, 1990). Los gasterópodos, *O. magellanica* and *A. ancilla* han sido identificados como depredadores de vieiras, entre otros moluscos (Botto *et al.*, 2006).

Los bancos de BR y LG resultaron menos diversos que ES, BO y CLL, posiblemente debido que el área prospectada fue mucho menor, (y la diversidad depende del área prospectada). El banco de BO fue el que presentó menor equitatividad, lo cual es consistente con la marcada dominancia de *Ophioplocus januarii* (Tabla 6.3.4).

Los bancos presentaron similitudes. Si bien en el ordenamiento del MDS, las estaciones de LG y BR se segregaron del resto, de manera general, todos los bancos presentaron superposición. Esto surge a partir de que existe una gran variabilidad en la diversidad entre estaciones. El caso visualmente más diferenciable es el de ES, cuyas estaciones tienen una amplia dispersión en el MDS, superponiéndose con las de los otros bancos. Las estaciones de CLL parecieran segregarse en dos grupos, uno más agregado, y el otro con estaciones más dispersas. Lo mismo ocurre para BO. Ese patrón podría corresponderse con factores ambientales, no considerados en este estudio.

La recuperación de las comunidades de fondos blandos se caracterizan por una sucesión de tipos de comunidades, iniciando por lo general con la aparición de especies oportunistas. Posteriormente, se ira reestableciendo un ensamble que similar a la comunidad circundante (Lenihan & Micheli, 2001). *Ophioplocus januarii* es una especie omnívora, macrófaga, y oportunista (Brögger, 2010). En poblaciones del GSJ, se distribuyen a lo largo de la costa, a poca profundidad (11 m máximo) y se alimenta de algas, invertebrados y tricomas de plantas que caen como detritos en la columna de agua. Esta especie presentó abundancias importantes en todos los bancos, ejerciendo una marcada dominancia en BO.

La disponibilidad de sustratos duros en un ambiente de fondos blandos es un factor crítico para la colonización de especies sésiles (Schejter & Bremec, 2007). *O. puelchana* resultó ser un importante sustrato de asentamiento de especies epibiontes. Unos 30 taxones fueron registrados sobre las valvas de las ostras, de los cuales 22 son estrictamente epibiontes, y el resto constituye una fauna íntimamente asociada a la ostra, pero no exclusiva de ésta.

La cantidad de epibiontes varía de acuerdo a la especie y al hábitat (Uribe *et al.*, 2001) y a la época del año. Un estudio previo sobre epibiontes de esta especie registró 49 taxones de organismos asentados sobre las valvas de ostras del NO del GSM, de los cuales 8 taxones pertenecieron a poliquetos de la familia Cirratulidae (Romero *et al.*, 2011). Cabe destacarse que el presente estudio, los epibiontes fueron registrados a simple vista, por lo cual las especies pequeñas estuvieron menos representadas. En las vieiras, la cantidad de epibiontes varía entre especies y sitios, llegándose a registrar entre 16 y 49 taxones distintos (Uribe *et al.*, 2001).

La cantidad de especies epibiontes difirió entre bancos. Las ostras de BR y LG albergaron entre 9 y 11 especies de organismos en sus valvas, mientras que en BO se registraron 19 taxones, y en ES y CLL entre 25 y 27. Los bancos de mayor extensión, donde la ostra se distribuye sobre hábitats más diversos (en profundidad y tipo de sedimento), posibilitan el solapamiento con otras poblaciones que la utilizan como sustrato.

La epibiosis crea una red compleja de beneficios y desventajas tanto para el epibionte como para el basibionte, determinadas en cada caso, por múltiples factores (Wahl, 1989). Se ha postulado sobre los beneficios que otorga la epibiosis, como producto del camuflaje ante depredadores. Esta hipótesis no se ajustaría para *O. puelchana*, frente a que, salvo algunas excepciones, la cobertura de los epibiontes no es del 100%. Desde el punto de vista poblacional de la ostra, si bien la presencia de un recluta conspecífico sobre su valva podría resultar en competencia, la selección pasiva y activa por parte de la larva en asentarse sobre valvas de ostras (y especialmente en ostras vivas) es evidencia suficiente de que

esa relación es beneficiosa. Por el contrario, la presencia de especies como *Chaetopleura* sp. resulta en un perjuicio para la población de ostras, ya que han sido destacados como importantes ramoneadores de las superficies externas de *O. puelchana*, causando alta mortalidad de postlarvas (Pascual, 1997). Las densidades actuales de los quitones en los bancos de ostras sugieren que esta regulación post-aseñamiento opera en todos los bancos de ostras del GSM. El intenso ramoneo del caracol *Tegula* spp. podría tener un rol similar al de los quitones sobre la estructura de las ostras, al ingerir juveniles de esta especie junto a su alimento habitual. Esta especie depreda sobre las ovicápsulas de *Zidona dufresnei* lo cual produce un impacto considerable en la población (Roche *et al.*, 2011). Potencialmente, también tendrían un efecto similar *A. dufresnei* y *O. januaraii*, como ha sido señalado en bancos de mejillón (Penchaszadeh, 1979). El efecto de *Tegula* spp., *A. dufresnei* y *O. januaraii* sobre la supervivencia de las postlarvas de *O. puelchana* no ha sido determinado.

Los miembros del "complejo *Polydora*" (Polychaeta: Spionidae), epibiontes que perforan las valvas, constituyen un problema para la acuicultura de moluscos, habiéndoselos señalado como responsables de mortandades, baja tasa de crecimiento y disminución del valor de vieiras, ostras y mejillones (Orensanz, 1986; Diez *et al.*, 2011). Los representantes de este grupo han sido encontrados en las ostras de los cinco bancos; los efectos sobre las ostras se desconocen.

En relación a *Lithophaga patagonica*, se observaron manchas negras en las valvas de las ostras, coincidentes con las perforaciones de los mitílidos. Esto sugiere que las ostras desencadenan una reacción defensiva contra las perforaciones de *L. patagonica* que sería efectiva una vez que éstas alcanzan la superficie interior de la valva. Si bien el mecanismo que implica esta reacción no está dilucidado, las limitaciones en el tamaño final de los individuos de *L. patagonica* estarían dadas por la mortalidad de los individuos de ostras, cuando el crecimiento de los mitílidos cruza el umbral impuesto por el grosor de la valva de la ostra.

La ocurrencia de *T. maculatus* dentro *O. puelchana* es significativa ya que es un fenómeno observado recientemente. Si bien tiene una incidencia baja en comparación con los otros hospedadores del área (56% en *A. tehuelchus*, Narvarte & Saiz, 2004; 15-74% en *Atrina seminuda*, Soria, datos no publicados; más de 80% en *M. platensis*, Morsan, datos no publicados), es similar a la incidencia en *Zygochlamys patagonica* cuando fue detectada por primera vez en el Golfo San José (rango de prevalencia: 1,19-12,2%; Gómez-Simes, 1993). Debido a que la ocurrencia de *T. maculatus* en *O. puelchana* alcanza el 16,7% en el GSM, se concluye que entre estas especies se establece una relación interespecífica. En particular, ocurre una relación de comensalismo, en la que los cangrejos se

alimentan del filtrado de las ostras. Aunque no se observaron defectos en las branquias, se encontraron diferencias en el IC de las ostras que albergaban cangrejos. Se desconoce si existe una desventaja energética en relación con la presencia del cangrejo, como se ha encontrado en otras especies (Bierbaum & Shumway, 1988).

La ausencia de antecedentes de esta relación en el GSM, surgen dos hipótesis alternativas. Desde una perspectiva ecológica, la presencia de cangrejos pinotéridos dentro de ostras planas sería evidencia de un proceso de colonización. *O. puelchana* frecuentemente coexiste con *A. seminuda* y *M. platensis*. La superposición de las áreas de distribución de *O. puelchana* y de los hospedadores tradicionales (y altamente infectadas) en el GSM puede haber desempeñado un papel clave en el inicio de este proceso. Por otro lado, desde una perspectiva pesquera, este fenómeno podría representar una consecuencia de la remoción de parches de las especies objeto de pesca como la vieira y mejillón. La extracción comercial de estas especies, acompaña una remoción de cangrejos, los cuales estarían colonizando nuevos hospedadores. Se ha demostrado que *T. maculatus* puede elegir hospedador (Kruczynski, 1973), por lo cual su distribución no está controlada por la abundancia del hospedador. La presencia de cangrejos dentro de especímenes de *Pododesmus* spp. apoya esta hipótesis (observación personal).

La estacionalidad en la ocurrencia del cangrejo ha sido informada para varias especies (Christensen & McDermott, 1958; Alves & Pezzuto, 1998; Narvarte & Saiz, 2004; Sun *et al.*, 2005; Asama & Yamaoka, 2009). En el GSM, la variación estacional de la incidencia de los cangrejos se reportó en *A. seminuda* (Soria, datos no publicados) y en *A. tehuelchus*, donde las hembras grávidas de *T. maculatus* se observaron en los meses de febrero y noviembre (Narvarte & Saiz, 2004). Un estudio acerca de la incidencia de la infestación de *T. maculatus* en *O. puelchana* a lo largo del año, que evalúe si la ocurrencia de los cangrejos se mantiene a niveles constantes o si existen períodos de mayor intensidad de invasión, no ha sido aún efectuado.

Muchos microambientes marinos se generan por la presencia de una o varias especies modificadoras del entorno (Bruno & Bertness, 2001). Estos organismos modifican la disponibilidad de recursos para otros organismos, por lo cual han sido denominados "ingenieros ecosistémicos" (Jones *et al.*, 1994). Los individuos de *O. puelchana*, al generar estructuras arquitectónicas tridimensionales que persisten por períodos largos y afectan muchos servicios y procesos del ecosistema (Jones *et al.*, 1994), podrían ser considerados como tales. Sin embargo, la hipótesis sobre el posible aumento en la riqueza local de especies con el grado de agregación no ha podido ser respaldada con los resultados obtenidos. La fauna de epibiontes fue

similar sobre los manojos de ostras que en ostras libres. Sin embargo, a pesar que la fauna epibionte de *O. puelchana* no fue significativamente diferente entre tipos de agregación, seis especies de epibiontes son el doble de abundantes sobre ostras libres respecto a su abundancia en manojos: *Crepidula* sp., *Lithothamnium* sp., *Cliona celata*, *Lithophaga patagonica* y las especies de poliquetos y el alga *Dictyota* sp. Esta diferencia se registró principalmente en el banco de CLL. Tres de estas especies son bioerosivas, cuya mayor frecuencia podría estar relacionado a que las ostras libres son las de tallas mayores, y por lo tanto, las más longevas. Los mayores niveles de infección por estas especies erosivas serían a consecuencia de mayor tiempo de exposición, por lo que las ostras en manojos, al ser más jóvenes, presentan menor tiempo de exposición a la infección.

Las abundancias de las especies epibiontes conducen a la hipótesis que las ostras, libres o en manojos (conespecíficos o mixtos) puedan ser considerados modificadores del ecosistema si se considera la totalidad de especies presentes, incluyendo las que escapan al registro visual.

## 6.5. Referencias

- Alves, E.S. Dos & P.R. Pezzuto. 1998. Population dynamics of *Pinnixa patagoniensis* Rathbun, 1918 (Brachyura: Pinnotheridae) a symbiotic crab of *Sergio mirim* (Thalassinidea: Callinassidae) in Cassino Beach, Southern Brazil. *Mar. Ecol.*, 19(1): 37-51.
- Asama, H. & K. Yamaoka, 2009. Life history of the pea crab, *Pinnotheres sinensis*, in term of infestation in the bivalve mollusk, *Septifer virgatus*. *Mar. Biodivers. Records*, 2: 77.
- Bagur, M.; Richardson, C.A.; Gutiérrez, J.L.; Arribas, L.P.; Doldan, M.S. & M.G. Palomo. 2013. Age, growth and mortality in four populations of the boring bivalve *Lithophaga patagonica* from Argentina. *Journal of Sea Research*. (en prensa).
- Bierbaum, R. & S.E. Shumway. 1988. Filtration and oxygen consumption in mussels, *Mytilus edulis*, with and without pea crabs, *Pinotheres maculatus*. *Estuaries*, 11(4): 264-271.
- Botto, F., Bremec, C., Marecos, A., Schejter, L., Lasta, M., & Iribarne, O.O. 2006. Identifying predators of the SW Atlantic Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica* using stable isotopes. *Fisheries Research*, 81(1), 45-50.
- Boschi, E.E., C.E. Fischbach & M.I. Iorio. 1992. Catálogo ilustrado de los crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina. INIDEP, Mar del Plata, 94 pp.

- Brögger, Martin I. 2010. Crecimiento, reproducción y alimentación del ofiurodeo *Ophioplocus januarii* (Lutken, 1856) (Echinodermata: Ophiuroidea) en costas de Patagonia, Argentina. Tesis Doctoral. UBA. Buenos Aires.
- Bruno, J. F., & M. D. Bertness. 2001. Habitat modification and facilitation in benthic marine communities. 201-218. En: Bertness, M.D.; Gaines, S.D. & M. E. Hay. 2001. Marine community ecology. Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland. 550 p.
- Campos, E. 1989. *Tumidotheres*, a new genus for *Pinnotheres margarita* Smith, 1869, and *Pinnotheres maculatus* Say, 1818 (Brachyura: Pinnotheridae). J. Crust. Biol., 9(4): 672-679.
- Castellanos, Z. 1957. Contribución al conocimiento de las ostras del litoral Argentino (*O.puelchana* y *O.spretta*). Min.Agric.Gan.Nac., Argentina. 52 pp.
- Christensen, A.M. & J.J. McDermott. 1958. Life-history and biology of the oyster crab, *Pinnotheres ostreum* Say. Biol. Bull., 114: 146-179.
- Diez, M.E.; Cremonte, F. & J.M. Orensanz. 2011. Poliquetos perforadores en moluscos explotados comercialmente en los golfos nordpatagónicos, Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Malacología. Puerto Madryn – Argentina
- Doldan, M.S. & E.M. Oehrens Kissner. 2011. Resultados preliminares de las campañas al banco de la ostra plana nativa *Ostrea puelchana* de El Sótano. Informe Técnico 008/2011. Instituto de Biología Marina y Pesquera "Almirante Storni", Ministerio de Producción-UNCo, Provincia de Río Negro. 8 p.
- Doldan, M.S.; Oehrens Kissner, E.M., Morsan, E., Zaidman, P. and M. Kroeck. 2012. *Ostrea puelchana* d'Orbigny 1842 new host of *Tumidotheres maculatus* (Say, 1818) in Northern Patagonia, Argentina. Lat. Am. J. Aquat. Res., 40[1]: 224 - 228.
- Fenucci, J.L. 1971. Notas sobre las dos especies de *Pinnotheres* más comunes en el litoral bonaerense (Decapoda, Brachyura, Pinnotheridae). Physis A, 30: 355-367.
- Gómez-Simes, E. 1993. *Pinnixa brevipollex* y *Pinnotheres maculatus* (Crustacea: Brachyura: Pinnotheridae) en el Golfo San José, Chubut, Argentina. Physis A, 48: 25-28.
- Iribarne, O.O. 1990. Use of shelter by the small Patagonian octopus *Octopus tehuelchus*: availability, selection and effects on fecundity. Marine Ecology Progress Series, 66(3): 251-258.
- Jones, C.; Lawton, J. & M. Shachank. 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 373-386.
- Kaiser, M. J. & Peter J. le B. Williams. 2005. Marine ecology: processes, systems, and impacts. Nueva York: Oxford University Press. 557 p.
- Kruczynski, W.L. 1973. Distribution and abundance of *Pinnotheres maculatus* Say in Bogue Sound, North Carolina. Biol. Bull., 145: 482-491.

- Lenihan, H.S. & F. Micheli. 2001. Soft-sediment communities. 253-287. En: Bertness, M.D.; Gaines, S.D. & M. E. Hay. 2001. Marine community ecology. Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland. 550 p.
- Mauna, C.; Casadío, S.; Parras, A. & M. Pascual. 2005. Abundance and distribution of *Lithophaga* (Mytilidae) in extant and fossil oysters: taphonomic and paleobiological implications. *Ameghiniana Rev. Asoc. Paleont. Arg.* 42 (2): 395-405.
- Morsan, E.M. 2008. Impact on biodiversity of scallop dredging in San Matías Gulf, northern Patagonia. *Hydrobiologia*. Vol. 619 (1) 167-180.
- Narvarte, M.A. & M.N. Saiz. 2004. Effects of the pinnotherid crab *Tumidotheres maculatus* on the Tehuelche scallop *Aequipecten tehuelchus* in the San Matías Gulf, Argentina. *Fish. Res.*, 67: 207-214.
- Ocampo, E., N.E. Farías, N.M. Chiaradia & M. Cledón. 2007. Occurrence of pinnotherid crabs (Decapoda: Brachyura) in mollusk populations of San Antonio Oeste, Patagonia Argentina. In: The Crustacean Society Mid-year meeting, Coquimbo, 69 pp.
- Orensanz, J.M. 1986. Size, environment, and density: the regulation of a scallop stock and its management implications. 195-227. En: Jamieson, G.S. & N. Bourne (Eds.). North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. *Can. Spec Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92.
- Orensanz, J.M.; Parma, A.M. & O.O. Iribarne. 1991. Population dynamics and management of natural stocks. In: Shumway, S.E. ed. *Scallops: Biology, Ecology & Aquaculture*. Elsevier. 625-713 p.
- Pascual, M.S. 1993. Contingencia y adaptación en la ecología reproductiva de la ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales: 182 p.
- Pascual, M.S. 1997. Carriage of dwarf males by female puelche oysters: the role of chitons. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212: 173-185.
- Pascual, M.S.; Zampatti E. & O. Iribarne. 2001. Population structure and demography of the puelche oyster (*Ostrea puelchana*, D'Orbigny, 1841) grounds in Northern Patagonia, Argentina. *J. Shell. Res.* 20, 1003-1010.
- Penchaszadeh, P. E. 1974. Ecología del mejillón *Mytilus platensis* d'Orb. de bancos circalitorales. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Roche, A.; Maggioni, M. & M. Narvarte. 2011. Predation on egg capsules of *Zidona dufresnei* (Volutidae): ecological implications. *Marine biology*, 158(12), 2787-2793.
- Romero, M.V.; Bremec, C. & S. Casadío. 2011. La ostra puelche (*Ostrea puelchana* D'Orbigny, 1841) del Golfo San Matías (Patagonia, Argentina): un sustrato con alta



diversidad de epibiontes. VIII Congreso Latinoamericano de Malacología. Puerto Madryn, Argentina.

Schejter, L., & C. Bremec. 2007. Benthic richness in the Argentine continental shelf: the role of *Zygochlamys patagonica* (Mollusca: Bivalvia: Pectinidae) as settlement substrate. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(4), 917-925.

Sun, W.; Sun, S.; Yuqi, W.; Baowen, Y. & S. Weibo. 2005. The prevalence of the pea crab, *Pinnotheres sinensis*, and its impact on the condition of the cultured mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in Jiaonan waters (Shandong Province, China). *Aquaculture*, 253: 57-63.

Tablado, A. & J. López-Gappa. 1995. Host-parasite relationships between the mussel *Mytilus edulis* L., and the pea crab, *Tummidotheres maculatus* (Say), in the Southwestern Atlantic. *J. Shellfish Res.*, 14(2): 417-423.

Uribe, E.; Lodeiros, C.; Félix-Pico, E. & I. Etchepare. 2001. Epibiontes en pectínidos de Iberoamérica. *Los moluscos pectinideos de Iberoamerica: Ciencia y acuicultura*. Ed Limusa, Ciudad de México, México, 249-266.

Wahl, M. 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 58(1): 175-189.

Williams, A.B. 1984. *Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press, Washington, 550 pp.

## Capítulo 7. Conclusiones y consideraciones finales

El objetivo general de este trabajo fue estudiar los patrones y procesos poblacionales de la ostra puelche *Ostrea puelchana* a diferentes escalas espaciales. Para ello, se abordaron aspectos de la historia de vida de las ostras, de la demografía de los bancos, y de la comunidad de la cual forman parte. Han sido estudiadas: las fluctuaciones temporales y espaciales de los patrones de distribución de las densidades de ostras en cada banco, las tendencias geográficas de procesos como reclutamiento, portación de machos epibiontes y agregaciones en manojos, las estructuras demográficas (aparente y real), la composición de las comunidades bentónicas, y el efecto de interacciones interespecíficas, entre otros, de los bancos de ostras del Golfo San Matías (GSM) y del Golfo San José (GSJ). Las conclusiones más importantes de este trabajo en relación a los objetivos específicos planteados según cada escala identificada, se presentan a continuación.

### Macroescala

Los bancos de *O. puelchana* del GSM constituyen una metapoblación vinculada mediante deriva de larvas. Los bancos tienen una persistencia espacial a largo plazo; Banco Reparo (BR), Las Grutas (LG) y Bajo Oliveira (BO) han existido por al menos 110 años. El límite sur de la distribución de *O. puelchana* es el GSJ, donde esta especie conforma bancos de densidades bajas. Este registro indica que ha habido una expansión de las poblaciones de *O. puelchana* hacia el sur durante los últimos años.

Los bancos de *O. puelchana* de la costa NO del GSM han experimentado una contracción en el último tiempo, con reducción de su abundancia. Por el contrario, los bancos de la costa NE se han consolidando durante los últimos 20 años, experimentando una expansión a lo largo de toda la costa, desde Punta Villarino hasta Caleta de los Loros (CLL). La coherencia geográfica en la expansión de los bancos de ostras podría reflejar condiciones adecuadas generales para la supervivencia de las larvas a largo plazo, al menos en la costa NE. Los bancos de la costa NO mostraron un patrón de contracción a menor escala espacial que contrasta con esta coherencia geográfica de expansión de la metapoblación, lo cual indicaría la influencia de otros procesos. Una epizootia producida por *Bonamia exitiosa* (parasito intracelular específico de las ostras) a fines de los años '90, fue identificada como la principal causa posible de tal contracción.

La gradual expansión de los bancos hacia la costa NE y hacia el GSJ, y la lenta recuperación de los bancos de la zona NO (cerca de 20 años), sugieren una dinámica poblacional lenta, con una baja resiliencia, ante un evento devastador como fue la epizootia mencionada en las proximidades de la Bahía de San Antonio. Este mismo lapso de tiempo es el que requirió el establecimiento de bancos en el GSJ.

Los bancos de *O. puelchana* conforman sistemas biodiversos, constituyendo un ensamble único, sin diferencias entre bancos, caracterizado por una dominancia de unas pocas especies. Algunas de las especies de esta comunidad de fondos blandos utilizan este banco como área de alimentación.

*O. puelchana* resultó ser un importante sustrato de asentamiento de especies epibiontes. Las densidades actuales de los quitones del género *Chaetopleura* sugieren que la regulación post-asentamiento que éstos ejercen sobre las poslarvas mediante el ramoneo opera en todos los bancos de ostras del GSM. El ramoneo del caracol *Tegula* spp. podría también jugar un rol semejante al de los quitones sobre la estructura demográfica de las ostras, al ingerir juveniles de esta especie junto a su alimento habitual. Potencialmente, también tendrían un efecto similar *A. dufresnii* y *O. januarii*.

La presencia de *T. maculatus* dentro *O. puelchana* es significativa, y establece una relación de comensal con la ostra, cuya frecuencia varía entre bancos, que no había sido reportada antes.

### **Mesoescala**

Los bancos de la ostra plana *Ostrea puelchana* del N del GSM son extensos (1,2-96 km<sup>2</sup>), se distribuyen entre 1 y 26 m de profundidad y presentan densidades reales máximas de 1,75 ostras/m<sup>2</sup>.

Los bancos de la costa NO del GSM han experimentado cambios en su estructura, con reducción de su extensión y de la densidad en relación a los datos previos. Sin embargo, algunos bancos muestran signos de recuperación. La estructura demográfica tiene una dinámica plástica, que se adapta ante los cambios producidos por el efecto de Bonamiosis, entre otros. En la costa NE, pareciera continuar la tendencia de aumento y expansión de los bancos.

La metapoblación de *O. puelchana* tendría una tasa general de recambio de individuos baja, con diferencias entre bancos.

## Microescala

*Ostrea puelchana* es una especie sensible a los cambios estacionales de su ambiente, respondiendo a éstos con la depositación de líneas de calcita caliza, específicamente durante los meses cálidos (diciembre a marzo). La cantidad de líneas observadas depende de la talla y de las condiciones ambientales locales de cada sitio, por lo cual no se puede atribuirles a estas líneas el carácter de marcadores esclerocronológicos.

El empleo de la técnica de catodoluminiscencia, combinada con el análisis de isótopos estables del oxígeno, resultó exitoso en la elucidación del patrón de depositación de la valva en esta especie.

La conformación de manojos no incrementa la diversidad de epibiontes de manera significativa, con respecto a las ostras libres. La probabilidad de albergar epibiontes aumentaría con la edad, o sea, con el tiempo de exposición a este poblamiento.

La infección por *Lithophaga patagonica* varió entre bancos. Las ostras desencadenarían una reacción defensiva contra las perforaciones de *L. patagonica* que sería efectiva una vez que éstas alcanzan la superficie interior de la valva.

Se encontraron diferencias negativas en el índice de condición de las ostras que albergaban individuos de *T. maculatus*.

## **Consideraciones finales**

Esta tesis contribuye con nueva información al conocimiento científico de la especie, ya que analiza aspectos biológicos, demográficos y poblacionales encarados desde una perspectiva diferente: de multiescalas espaciales y temporales.

La continuación, que desde esta perspectiva se ha realizado, permite constatar la persistencia –y más aún la expansión– de una de las muy pocas poblaciones silvestres de una ostra larvípara con una modalidad reproductiva única entre los ostreidos.

Esta tesis avanza además de manera significativa en la datación de esta especie, lo que tiene un valor alto para estudios futuros. Estudios demográficos en relación a la estructura de edades de los bancos de los golfos norpatagónicos, la estructura de edades de los machos epibiontes y su tiempo de vida como epibiontes y machos funcionales, la vinculación de la edad con algunos procesos biológicos (crecimiento, reproducción, feminización, infección por Bonamiosis, etc.), son algunos aspectos que podrán ser estudiados en el futuro a partir de este estudio. Este tipo de información permitirá comparar la estructura de diferentes bancos y evaluar la variabilidad inter-poblacional de los procesos (crecimiento, mortalidad, reclutamiento, efectos de atracción).

Otros aspectos para investigar en el futuro son las relaciones interespecíficas entre los componentes de la comunidad. Se han analizado aquí, de manera introductoria, tres casos de relaciones biológicas (depredación, parasitismo, comensalismo) que merecen ser profundizadas.

**Lic. María del Socorro Doldan**

Autora

**Dr. Enrique M. Morsan**

Director

**Dra. Marcela S. Pascual**

Directora

## Apéndice

En este apéndice se detalla el Sistema de Información Geográfica elaborado para el análisis espacial del Capítulo 2.

El Sistema de Información Geográfico (SIG) fue generado como objetivo conjunto del Laboratorio de Investigación en Ecología Bentónica del Instituto de Biología Marina y Pesquera "Almirante Storni" (IBMP, generador de esta propuesta) y el Grupo de Investigación en Ingeniería de Sistemas (GIISCo), ambos de la Universidad Nacional del Comahue (Acuerdo de Cooperación, Res. FaIF-UNCo N° 036/11). La meta conjunta fue analizar los resultados de la aplicación de una plataforma que permita generar productos SIG para el dominio de ecología marina aplicando una arquitectura de línea de productos. El objetivo principal de la metodología empleada fue proveer los pasos necesarios que permitan la especificación de partes, comunes y variables, que mejoren las posibilidades de reuso de componentes, considerando las particularidades de los sistemas geográficos. Desde el punto de vista biológico el objetivo fue incorporar la información georreferenciada en tres plazos diferentes: i) la referida a *Ostrea puelchana* en forma inmediata; ii) la referida a las otras especies en el mediano plazo y, iii) datos de otros grupos taxonómicos, componentes del ecosistema costero, en el futuro.

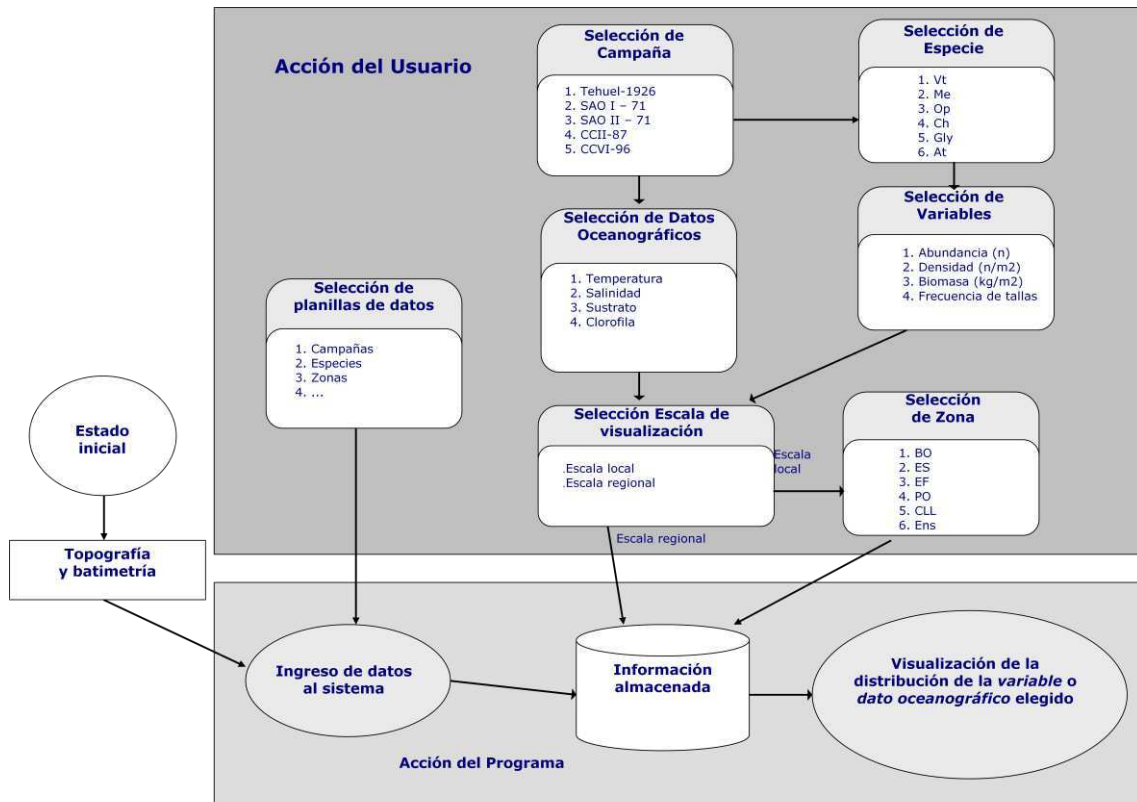
**Introducción.** El Desarrollo de Software Basado en Reuso brinda la posibilidad de estructurar los aspectos comunes de los sistemas geográficos y a su vez definir una cierta variabilidad controlada permitiendo la construcción de una arquitectura flexible que se adapte a las diferentes aplicaciones. Sin embargo, crear una arquitectura software que se adapte a cualquier dominio geográfico resulta impráctico debido a la variedad de servicios que puede ofrecer un Sistema de Información Geográfico. Por lo tanto es necesario acotar el dominio geográfico en el que se está trabajando para luego identificar un conjunto de requerimientos comunes con su variabilidad, la cual surgirá de las particularidades de los sistemas geográficos y del dominio específico en el cual se basa la información. En particular, para el dominio de ecología marina existen servicios geográficos comunes a cualquier organización que realiza sus investigaciones. Por ejemplo, un servicio que permita comparar características geográficas en distintos intervalos de tiempo, o generar estadísticas a partir de la información sobre la distribución poblacional de distintas especies. Al identificar estos servicios geográficos, una Línea de Producto Software (LPS) permite implementarlos una única vez como componentes reusables facilitando el desarrollo de nuevos productos a partir de la línea. El desarrollo de

componentes reusables permite ahorrar tiempo y recursos mientras que a la vez brinda flexibilidad para adaptarse a diferentes organizaciones (instanciando la variabilidad ya definida en la LPS). Así, implementar estos servicios una única vez facilita además el desarrollo de un SIG que será utilizado en sus variantes por diferentes organizaciones que comparten servicios dentro del dominio de ecología marina.

**Metodología.** Se identificó un conjunto de servicios geográficos comunes. Se estudiaron y analizaron dos metodologías para el diseño de arquitecturas de LPS. Se identificaron los distintos procesos propuestos, y a partir de ellos, se creó una nueva metodología aprovechando los beneficios de cada uno. La metodología propuesta resultó de la incorporación de actividades específicas de los métodos y de la combinación de actividades de ambos. Finalmente, se diseñó una Arquitectura de Referencia en base a un estilo arquitectónico en capas, principalmente para maximizar los requerimientos de flexibilidad y capacidad de evolución. La Arquitectura diseñada constó de tres capas principales: modelo geográfico, procesamiento geográfico e interface de usuario. Dentro de cada capa, se definieron los componentes reusables que forman parte de la plataforma; cada componente se encarga de implementar un conjunto de servicios. Algunos de ellos, se implementaron reusando partes de diferentes herramientas GIS existentes de código abierto y adaptando su código fuente.

Las actividades y responsabilidades del LIEB incluyeron la organización de los datos de acuerdo a estructuras definidas por el GIISCo, analizar y validar la información suministrada con la consecuente clasificación de datos, definir requerimientos de visualización en cuanto a los datos recopilados, definir los servicios requeridos para la manipulación de la información, priorizar los requerimientos y validar en forma conjunta los resultados del sistema. En relación al GIISCO, responsable del desarrollo del sistema, otras acciones estuvieron vinculadas con la definición de las estructuras convenientes para la organización de la información, la reestructuración de los requerimientos de los usuarios de acuerdo a las capacidades del sistema, el diseño de una solución de acuerdo al paradigma de ingeniería de líneas productos de software, la implementación de la solución diseñada de manera que contemple gradualmente los requerimientos suministrados por LIEB y la validación de la solución diseñada en base a las diferentes aplicaciones resultantes.

**Resultados.** El primer producto se implementó parcialmente. El mismo está disponible en Internet en el url: <http://geoserver.ods.org/geoserver/www/webgissao/index.html>. Se publicaron cinco trabajos sobre la metodología diseñada (ver Referencias).

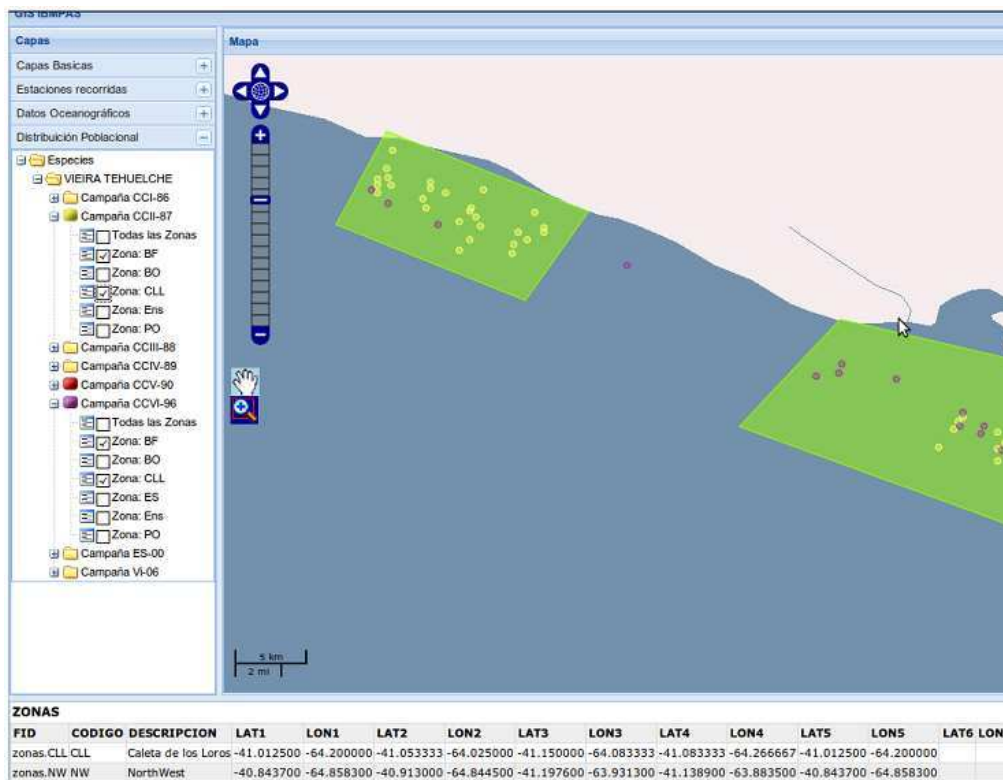


**Figura 1.** Esquema de funcionalidad del sistema. *Acción del programa ante la selección de los parámetros.* Inicialmente se debe ingresar la información referente a la topografía y batimetría del Golfo San Matías. El sistema proporciona luego una interfaz al usuario para ingresar los datos de las diferentes campañas, especies, densidad de algunas especies, etc.

A partir de estos datos, es posible visualizar diferentes mapas dependiendo de los parámetros que se seleccionen: distribución de la densidad de una especie, frecuencia de tallas de una especie, temperatura superficial, etc.

**Discusión.** El desarrollo de metodologías y tecnologías (herramientas) con software de acceso libre ("open source") para el análisis espacial proporciona la posibilidad incrementar la calidad del mismo, con una disminución del costo de realización mediante uso de programas gratuitos.





**Figura 2.** Salida del programa mostrando la consulta de los servicios geográficos. Mapa de la costa noroeste (zonas Caleta de los Loros, CLL, y Barranca Final, BF) del Golfo San Matías con densidades de la vieira tehuelche para las campañas de 1987 y 1996.

## Referencias

- Buccella, A.; Cechich, A.; Arias, M.; Pol´la, M.; Doldan, M.S. & E.M. Morsan. 2013. Towards systematic software reuse of GIS: Insights from a case study. *Computers & Geosciences*. 54: 9-20.
- Pernich, P.; Buccella, A.; Cechich, A.; Doldan, M.S.; Morsan, E.; Arias, M. and M. Pol´la. 2012. Product-line instantiation guided by subdomain characterization: a case study. *Journal of Computer Science and Technology*. 12 (3): 116-122.
- Pernich, P.; Buccella, A.; Cechich, A.; Doldan, M.S., Morsan, E., Arias, M and Pol´la, M. 2011. Developing a Subdomain-Oriented Software Product Line. En: *Workshop Ingeniería de Software - XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. La Plata, Argentina. ISBN:978-950-34-0756-1
- Pernich, P.; Buccella, A.; Cechich, A.; Doldan, M.S. and E. Morsan. 2010. Reusing Geographic E-Services: A Case Study in the Marine Ecological Domain. In: *Software Services for e-World*. Vol. 341 of *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Springer Boston, p. 193-204. ISBN: 978-3-642-16282-4
- Pernich, P.; Buccella, A.; Cechich, A.; Doldan, M.S. and E. Morsan. 2010. Reusing Geographic E-Services: A Case Study in the Marine Ecological Domain. In: *10th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2010*, Buenos Aires, Argentina, November 3-5.