

Universidad Nacional del Sur



Tesis Doctoral



**Aspectos tecnológicos y bio-ecológicos
del asentamiento de mejillón,
Mytilus edulis platensis,
sobre colectores artificiales**

Ing. Tomás Isola



**Dir. Dr. Néstor Cazzaniga
Codir. Dr. Héctor Zaixso**



2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DOCTOR EN BIOLOGÍA

“Aspectos tecnológicos y bio-ecológicos del reclutamiento de mejillón, *Mytilus edulis platensis*, sobre colectores artificiales”

TOMÁS E. ISOLA

Director: Dr. Néstor J. Cazzaniga

Codirector: Dr. Héctor E. Zaixso

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2017

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Biología de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta u otra Universidad. Contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Instituto de Desarrollo Costero (Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco) y el Laboratorio de Zoología de Invertebrados I, dependiente del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia (Universidad Nacional del Sur), durante el periodo comprendido entre el 19 de febrero de 2012 y el 31 de agosto de 2016, bajo la dirección del Dr. Néstor J. Cazzaniga, profesor de “Zoología de Invertebrados I” en la UNS y el Dr. Héctor E. Zaixso, profesor de Ecología Acuática en la UNPSJB (fallecido el 29 de abril de 2015).

31 de agosto de 2016

Tomás E. Isola

Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

A la memoria de Héctor Eliseo Zaixso

zoólogo de profesión,

inquieto de carácter,

buscador de esencia.

Agradecimientos

Pensar en este trabajo me remite a sus múltiples autores, ya que en cada acento, coma y punto hay una persona involucrada. Alguien que tendió un puente entre la soledad y la compañía.

A Camila y Olivia, mis dos faros de luz, por marcarme el camino de vuelta cuando la noche se hizo oscura. Por anclarme con cada risa, con cada mirada.

Quiero a agradecer Gisel por cuidar con amor a nuestras perlas durante mis ausencias.

A mis padres, Alicia y Enrique, por su paciencia y ayuda en la obtención del título de grado, que hoy da lugar al posgrado. A mi padre, por su dedicación y esfuerzo en la fundación y construcción de una universidad nacional y pública, en la que luego me recibiría. A mi madre por ser el lado oscuro de la luna en ese mismo proceso.

A mis hermanos Julián y Miguel por su constante pregunta, por ser los espejos en los que me identifiqué.

A mi abuelo Enrique, por estar presente en cada muestreo a través de un regalo, que me llevó y me trajo con el bote a cuestas: mi auto "el Orion".

Al Doc. Martín Varisco, por su continua ayuda, por ser doctor en humildad, trabajo y sobre todo, buen tipo.

Al Lic. Mauro Marcinkevicius por todas las veces que me tendió una mano sin pedir nada a cambio, sin ellas, no hubiese podido empezar ni terminar mi trabajo.

Al Doc. Damián Gil por su invaluable colaboración en la corrección y orientación estadística, en pleno verano, cuando la gente se dedica a tomar sol y jugar tejo.

Al Lic. Javier Tolosano, que con su contagioso optimismo, me ayudó a cambiar un poco la visión del mundo y gracias a quien, de algún modo, comencé este camino.

Al Doc. Julio Vinuesa, por ayudarme cuando las papas quemaron, por su presencia constante, desde el plano profesional (un gran doctor) como desde el plano personal (una gran persona). Por su apoyo, comprensión y paciencia.

Al Doc. Néstor Cazzaniga, por empujarme cuando el coche se encajó, porque esperando encontrar un director, encontré algo mucho más valioso, un ejemplo de gran humanidad, con todo lo que eso implica y lo difícil que es de encontrar en los días que transcurren.

A mis compañeros y amigos del Instituto de Desarrollo Costero, con quienes aprendí mucho sobre biología y ciencia pero sobre todo, de la vida y la condición humana. Por su dinámica y risas de mediodía, gracias Paula, Carolina, Laura, Bernardo, Victoria, Julia, Romina, Eugenia y Cecilia.

A Francisco Rozzi, que incansablemente me acompañó en mis tareas de cultivo y muestreo, enseñándome sobre humildad y disposición, y ayudándome a entender un poco mejor el mar y sus cuestiones.

A mis compañeros del laboratorio de Zoología de Invertebrados I de la Universidad Nacional del Sur, Michelle, Natalia y Agustín por su buena onda.

A Bernardo, Manuel y Alicia por su fortaleza.

A Héctor, mi guía, con quien me despedí físicamente un ventoso fin de abril, a mitad de este proceso, pero que no me abandonó en ningún momento, visitándome en sueños y reencontrándonos a partir de sus viejos escritos de Olivetti, en los que contaba sus experiencias en una Patagonia con olor a hollín.

Por las charlas que hemos tenido, que hoy en día resuenan en mis oídos tomando un nuevo significado.

Por enseñarme sobre la vida, aun en su partida.

Por su risa.

A mi única deidad, Madre Tierra, por cuidarme y permitir que me sumerja en su seno, mostrándome una vez más sus encantos.

Agradecimientos Institucionales

Agradezco al CONICET y la Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Chubut por financiar la beca que me permitió realizar mis actividades de investigación.

Al Instituto de Desarrollo Costero de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, por brindarme un cálido lugar de trabajo y los elementos para desarrollar mi investigación.

A la Universidad del Sur y en particular a laboratorio de Zoología de Invertebrados I por ser sitio de mis capacitaciones y realización parcial de la presente tesis.

A la Secretaria de Ciencia y Técnica de la UNPSJB, por su aporte y el financiamiento otorgado a este proyecto de investigación.

A la red de Fortalecimiento de la Maricultura Costera Patagónica por su aporte financiero al proyecto.

A la Agencia Comodoro Conocimiento del Municipio de Comodoro Rivadavia por otorgarme una parcela en la que realice mi trabajo, en el parque de maricultura de playa Belvedere.

Al Club Náutico Km3 por el lugar dispuesto para la embarcación y los servicios prestados durante los despachos del bote, particularmente a su presidente Héctor Durbas, por su humildad y enorme saber.

Índice

Resumen	1
I. Introducción	3
El cultivo de mejillón	3
Biología y ecología del mejillón	5
Reproducción	5
Fertilización y estadios larvales	6
Alimentación larvaria y dispersión	7
Asentamiento y Metamorfosis	7
Objetivos de la tesis	8
Hipótesis de trabajo	9
II. Reseña histórica del cultivo de mejillón en la Argentina: Emprendimientos y producciones científicas relacionadas	11
Provincia de Río Negro	11
Provincia de Chubut	13
Provincia de Santa Cruz	18
Provincia de Tierra del Fuego	20
La actualidad del cultivo de mejillón en la Argentina: perspectiva científico-tecnológica y políticas públicas	21
Situación actual de los emprendimientos de cultivo de mejillón en Argentina	24
Historia del desarrollo del cultivo de mejillón en Comodoro Rivadavia	25
III. Área de estudio	32
Sitio de experimentación	40
IV. Materiales y Métodos	47
1. Diseño e instalación de líneas experimentales	47
2. Extracción de muestras de agua	51
3. Relevamiento de variables ambientales y análisis exploratorio	51
4. Muestreo y análisis de mejillones	52
Métodos estadísticos de análisis del ciclo reproductivo a partir de los pesos secos	53
5. Confección y colocación de colectores	54
6. Extracción de colectores	55
7. Procesamiento de colectores	56
7.1 Identificación postlarvaria	58

7.2 Tratamiento estadístico de los datos	60
V. Resultados	64
1. Identificación de las postlarvas de <i>Mytilus edulis platensis</i>	64
a. Proyecciones periostracales o “pelos” adventicios.....	67
b. Interferentes biológicos	71
2. Relevamiento y análisis de variables ambientales.....	72
Relaciones entre variables ambientales.....	75
Análisis de las corrientes marinas locales	76
3. Estudio reproductivo del mejillón	82
Homogeneidad de pendientes	82
Análisis de la Covarianza (ANCOVA) de pendientes heterogéneas.....	83
Correlaciones cruzadas con variables ambientales.....	87
4. Análisis de la captación	90
Generalidades	90
Análisis estadísticos.....	91
5. Análisis de las variables ambientales y la captación	94
Captación postlarval y variaciones del peso seco de los mejillones	95
6. Análisis de regresión múltiple	96
Localidad: Belvedere	96
Localidad: Km 3	100
7. Análisis estadístico de las tallas de las postlarvas asentadas.....	103
Estadísticas descriptivas del sitio Km 3	103
VI. Discusión y conclusiones	112
Identificación de las postlarvas de <i>Mytilus edulis platensis</i>	112
Situación general del cultivo de mejillón	115
Estudios reproductivos y de captación del mejillón argentino.....	116
Ciclo sexual del mejillón en el golfo San Jorge y factores ambientales asociados.....	119
Clorofila	119
Temperatura.....	119
Materia orgánica	120
Ciclo reproductivo y captación.....	121
Consideraciones sobre la captación.....	121
Sitios de captación	121
Captación y corrientes.....	121

Profundidad de captación	122
Captación y materia orgánica.....	123
Captación y temperatura	124
Captación y concentración de clorofila	124
Origen de las postlarvas	125
Consideraciones sobre las tallas de asentamiento	126
Localidad Km 3	127
Localidad Belvedere	128
Comparación entre sitios	128
Conclusiones sobre los modelos de regresión	129
Interferentes	132
Conclusiones y reflexiones finales	133
Aplicaciones biotecnológicas	135
Perspectivas de estudios futuros	136
Bibliografía.....	138

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema del ciclo biológico del mejillón	8
Figura 2. Esquema de un <i>longline</i>	13
Figura 3. Encordado español	15
Figura 4. Secuencia de encordado francés	16
Figura 5. Vista general de cultivo en <i>bouchots</i>	18
Figura 6. Vista de una batea de cultivo de la ría de Arousa, España.....	19
Figura 7. Localidades de desarrollo de cultivo de mejillón en la Argentina	23
Figura 8. Cuelga de mejillón de productores en Comodoro Rivadavia	26
Figura 9. Vista de <i>longline</i> de la playa Belvedere	27
Figura 10. Vista general del parque de maricultura de la playa Belvedere	28
Figura 11. Vista submarina de una cuelga de mejillón en la playa Belvedere	28
Figura 12. Cuelga de engorde en la playa Belvedere	29
Figura 13. Vista del Criadero de Especies de Aguas Frías inaugurado por la ACC en 2011	30
Figura 14. Mejillones de cultivo de Belvedere en escabeche	31
Figura 15. Mapa de localización y batimetría del área de estudio	32
Figura 16. Corrientes predominantes en la costa patagónica y adyacencias	33
Figura 17. Temperatura media estacional del agua de mar en el Atlántico Sudoccidental	34
Figura 18. Distribución estacional de clorofila ($\mu\text{g/l}$) en el Atlántico Sudoccidental	35
Figura 19. Granulometría del golfo San Jorge	36
Figura 20. Sectores dentro del golfo San Jorge: (1) Erosivo. (2) Depositional. (3) Transicional	37
Figura 21. Corrientes residuales de marea en el golfo San Jorge	38
Figura 22. Elevación de la superficie libre del mar por efecto de vientos del sector oeste en el golfo San Jorge	39
Figura 23. Líneas de circulación dentro del golfo San Jorge.	39
Figura 24. Modelo de desplazamiento del agua superficial (a) y el agua del fondo (b) por efecto forzante del viento en el golfo San Jorge	40
Figura 25. Ubicación de los sitios de muestreo	41
Figura 26. Vista hacia el oeste del desde el sitio de experimentación Km 3	42
Figura 27. Vista bilateral de la playa de Km 3	42
Figura 28. Playa Belvedere, vista noroeste desde Punta del Marqués	44
Figura 29. Vista de Punta del Marqués desde el mar	44

Figura 30. Fauna presente en los sitios de muestreo	45
Figura 31. Fauna presente en los sitios de muestreo	46
Figura 32. Fotografía de los fondeos utilizados para la línea	47
Figura 33. Cabo del <i>longline</i> utilizado	47
Figura 34. Tarea de colocación del <i>longline</i> y su sistema de boyado	48
Figura 35. Esquema del sistema, sus componentes y profundidades de colocación	48
Figura 36. Secuencia de colocación de fondeos en la embarcación	49
Figura 37: Acciones secuenciales de maniobra de instalación del sistema. a: Colocación de fondeo. b y c: Tensado de la línea en marcha reversa	49
Figura 38. Imágenes subacuáticas (a y b) del trabajo de colocación del sistema	50
Figura 39. Imágenes subacuáticas (a y b) de la maniobra de colocación de boyas	50
Figura 40. Fotografía que muestra el correntómetro instalado en el fondo marino	52
Figura 41. Imagen de mejillón en vista interna, que muestra la distancia medida como largo total	52
Figura 42. Imagen de los mejillones, previo a su ingreso en estufa de secado	53
Figura 43. Secuencia fotográfica (a-d) de preparación de colectores	54
Figura 44. Sucesión ecológica dentro del colector a lo largo del tiempo. a: recién colocado. e: a dos meses de colocado	55
Figura 45. Fotografía subacuática de un colector recién colocado en el mar (izq.) y al ser extraído (der.)	56
Figura 46. Fotografía subacuática de colectores en detalle, recién colocado en el mar (izq.) y colector a ser extraído (der.)	57
Figura 47. Fotografía de un colector extraído para su procesamiento	57
Figura 48. Fotografía de un colector extraído (izq.) y un colector a ser colocado (der.)	58
Figura 49. Esquema de las características de clasificación postlarvares según Ramorino y Campos (1983)	59
Figura 50. Imagen obtenida con microscopio electrónico de barrido de postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i> de 600 micras, indicando las estructuras utilizadas en la clasificación. LI: Ligamento larval. DPI: Dientes posteriores I. Prov: "Provinculum" o charnela. DProv: Dientes provinculares o primarios	64
Figura 51. Postlarva de mejillón <i>Mytilus edulis platensis</i> de 400 μm , con indicación de la ubicación de la mancha ocular. Fotografía obtenida bajo microscopio estereoscópico	65
Figura 52. Imagen obtenida de microscopio electrónico de barrido de una postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i> en la que se remarcó el límite de la prodisoconcha II	66
Figura 53. Vista bajo MEB de una postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i> de 850 μm de largo total	66

Figura 54. Detalle bajo MEB del umbo de una postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i>	67
Figura 55. Postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i> de 1 mm de longitud y pelos adosados al periostraco	68
Figura 56. Postlarva de <i>Mytilus edulis platensis</i> con pelos adosados al periostraco (individuo de 900 μ m)	68
Figura 57. Detalle de pelos adosados al periostraco. Aumento: 850X	69
Figura 58. Detalle de pelos adosados al periostraco. Aumento: 300X	69
Figura 59. Postlarva de mejillón <i>Mytilus edulis platensis</i> de 800 μ m de longitud	70
Figura 60. Postlarva de mejillón <i>Mytilus edulis platensis</i> de 850 μ m de longitud	70
Figura 61. Colector luego de dos meses de inmersión (izquierda) y uno recién colocado (derecha)	71
Figura 62. Cuerdas colectoras invadidas por ascidias en playa Belvedere	72
Figura 63. Distribución mensual de la temperatura superficial del mar. Período: septiembre 2012/2013 (trazo azul) y curva de promedio histórico (trazo rojo)	73
Figura 64. Distribución mensual de la salinidad del agua de mar. Período: septiembre 2012/2013	73
Figura 65. Distribución mensual del total de sólidos disueltos en el agua de mar. Período: septiembre 2012/2013	74
Figura 66. Distribución mensual de la concentración de materia orgánica en el agua de mar. Período: septiembre 2012/2013	74
Figuras 67: Distribución mensual de la concentración de clorofila <i>a</i> en el agua de mar. Período: septiembre 2012/2013	75
Figura 68. Distribución mensual de la concentración de clorofila <i>a</i> ; total de sólidos disueltos; salinidad; concentración de materia orgánica total y temperatura en el agua de mar. Período: septiembre 2012 /2013	76
Figura 69. Distribución de la velocidad y dirección de la corriente en Km 3	78
Figura 70. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 1	79
Figura 71. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 2	79
Figura 72. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 3	79
Figura 73. Distribución de la velocidad y dirección de la corriente en Belvedere	80
Figura 74. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 1	80
Figura 75. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 2	81
Figura 76. Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 3	81
Figura 77. Distribución de tallas (mm) de los mejillones muestreados para el análisis de pesos secos	83

Figura 78. ANCOVA de pendientes heterogéneas. Medias mensuales de los pesos secos ajustados por el efecto del tamaño corporal y sus intervalos de confianza al 95%	85
Figura 79. Correlaciones cruzadas entre el peso (fijo) y la concentración de clorofila <i>a</i>	87
Figura 80. Correlaciones cruzadas entre el peso (fijo) y la temperatura (móvil)	87
Figura 81. Correlaciones cruzadas entre el peso (fijo) y la materia orgánica (móvil)	88
Figura 82. Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y la concentración de clorofila <i>a</i> en agua de mar (mg/m ³). Período septiembre 2012/2013	88
Figura 83. Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y la temperatura del agua de mar (°C). Período septiembre 2012/2013	89
Figura 84. Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y la concentración de materia orgánica total (mg/l). Período septiembre 2012/2013	90
Figura 85. Distribución del número promedio de postlarvas asentadas en Km 3 y Belvedere por período bimensual de inmersión (septiembre 2012/octubre 2013)	91
Figura 86. Distribución mensual de la raíz cuadrada del número de postlarvas asentadas en Belvedere	92
Figura 87. Distribución mensual de la raíz cuadrada del número de postlarvas asentadas en Km 3	92
Figura 88. ANOVA factorial de la raíz cuadrada del número promedio de postlarvas asentadas en Km 3 y Belvedere a los 4, 8 y 12 metros del nivel del fondo marino	93
Figura 89. Distribución mensual de la temperatura del agua de mar y la captación promedio en Belvedere	94
Figura 90. Distribución mensual de la concentración de materia orgánica total (g/m ³) y la captación promedio en Belvedere	95
Figura 91. Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y el número de postlarvas asentadas en los colectores. Período: Sep. 2012/2013	96
Figuras 92. Distribución general de tallas de postlarvas asentadas en Km 3	104
Figuras 93. Distribución de la raíz cuadrada de las tallas medias de postlarvas asentadas y los límites de sus intervalos de confianza al 95% de Km 3 para las profundidades evaluadas	106
Figura 94. Distribución general de tallas de postlarvas asentadas en Belvedere	107
Figura 95. Distribución de la raíz cuadrada de las tallas medias de postlarvas asentadas y los límites de sus intervalos de confianza al 95% en Belvedere	108
Figura 96. Tallas medias generales en Belvedere y Km 3	110
Figura 97. Tallas medias por profundidad para Belvedere y Km 3	110

Índice de tablas

Tabla 1. Velocidad de corriente y dirección (entre paréntesis) por celda y sitio	82
Tabla 2. Análisis de homogeneidad de pendientes de las rectas de regresión mensuales del logaritmo del peso seco y el largo total de los mejillones	83
Tabla 3. Ecuaciones de la recta de regresión mensual de las medias ajustadas de los pesos secos	84
Tabla 4. Tabla ANCOVA de las medias ajustadas de los pesos secos covariadas por el logaritmo de la talla	84
Tabla 5. Medias ajustadas e intervalos de confianza de los pesos secos mensuales del mejillón	85
Tabla 6. Contrastes ortogonales repetidos para las medias ajustadas de los pesos secos. Corrección de Dunn Sidak $\alpha' = 0,0042$	86
Tabla 7. Tabla ANOVA para la raíz cuadrada del número mensual de postlarvas asentadas en Belvedere.....	91
Tabla 8. Tabla ANOVA para la raíz cuadrada del número mensual de postlarvas asentadas en Km3	92
Tabla 9. Tabla ANOVA factorial (sitio y profundidad) promedio postlarvas captadas	93
Tabla 10. Valores de los indicadores de colinealidad de las variables explicativas para el modelo completo de regresión múltiple de Belvedere	97
Tabla 11. Tabla que muestra la secuencia de eliminación de las variables según criterio backward.....	98
Tabla 12. Tabla ANOVA en regresión para el modelo reducido, indicando el coeficiente de determinación asociado al modelo predictivo	98
Tabla 13: Valores de los indicadores de colinealidad para el modelo de regresión múltiple reducido	99
Tabla 14. Cuadro de valores de los coeficientes de regresión estandarizados y sin estandarizar para las variables del modelo de regresión reducido	99
Tabla 15. Valores de los indicadores de colinealidad para el modelo completo de regresión múltiple de Km 3	100
Tabla 16. Cuadro que muestra la secuencia de eliminación de las variables según criterio backward	101
Tabla 17. Tabla ANOVA en regresión para el modelo reducido, indicando el coeficiente de determinación asociado al modelo predictivo	102
Tabla 18. Valores de los indicadores de colinealidad para el modelo de regresión múltiple reducido	102
Tabla 19. Cuadro de valores de los coeficientes de regresión estandarizados y sin estandarizar para las variables del modelo de regresión reducido	103

Tabla 20. Medidas de posición y dispersión de la talla de postlarvas asentadas en Km 3	104
Tabla 21. Talla media (μm) por profundidad analizada en Km 3	105
Tabla 22. ANOVA para la comparación de tallas medias por profundidad en Km 3	105
Tabla 23. Resultado de la prueba de Scheffé para la diferencia de las tallas medias por profundidad en Km 3	105
Tabla 24. Medidas de posición y dispersión de la talla de postlarvas asentadas en Belvedere	106
Tabla 25. Tallas medias (μm) por profundidad analizada en Belvedere	107
Tabla 26. ANOVA para la comparación de tallas medias por profundidad en Belvedere	108
Tabla 27. Resultado de la prueba de Scheffé para la diferencia de las tallas medias por profundidad en Belvedere	109
Tabla 28. ANOVA para diferencias entre tallas medias generales de Belvedere y Km 3	109
Tabla 29. ANOVA factorial de tallas medias por sitio y profundidad	111
Tabla 30. Prueba de Scheffé para los sitios por profundidad de asentamiento	111
Tabla 31. Periodos de desove y captación para mejillón en las costas argentinas	118

Resumen

El cultivo de mejillón en la Argentina es un recurso de alta potencialidad productiva y económica. Una de las principales limitantes para la expansión de esta actividad se encuentra en la provisión de juveniles para la cría y engorde, comúnmente denominados “semilla”.

En el golfo San Jorge, Chubut, existe una serie de iniciativas productivas que enfrentan el interrogante de si es posible la captación natural de juveniles de mejillón en colectores artificiales. Hasta el momento, la semilla utilizada en los emprendimientos que se ubicaron en esta área geográfica proviene de criadero o de la recolección de la región del intermareal rocoso de los alrededores de los sitios en producción, como así también de otros sitios ubicados en la costa argentina.

En esta investigación se trabajó en dos sitios de estudio cercanos entre sí, pero de características de exposición y morfología costera diferentes. Ambos sitios se hallan en las cercanías de la ciudad de Comodoro Rivadavia.

El objetivo general fue conocer si existía el fenómeno de captación en la región central costera del golfo San Jorge. Para ello se instaló en el mar una serie de colectores de remplazo bimestral que dieron como resultado la existencia de un pulso de captación principal a fines del verano-comienzo del otoño.

También se estudió el ciclo sexual del mejillón, inferido a partir de las variaciones de su peso seco, obteniendo dos posibles periodos de desove, el primero a fines de primavera-principios de verano y el segundo de ellos, a comienzos del otoño.

Otro objetivo específico de esta tesis fue el monitoreo de variables ambientales durante el periodo de estudio y, a partir de los datos obtenidos, desarrollar un modelo estadístico predictivo para la captación, que contemplara las variables que resultaran más relevantes. Dicho modelo presentó como variables predictoras la temperatura como factor de mayor influencia, la concentración de materia orgánica en el agua de mar y la variación del peso seco de los mejillones con un corrimiento de un mes.

Asimismo se evaluó también el posible efecto de la morfología costera sobre el fenómeno de asentamiento postlarvario. Para ello se seleccionaron dos sitios a distinta distancia de geoformas costeras; el sitio Belvedere fue seleccionado por su menor exposición y por su cercanía a una prolongación del continente hacia el mar, y el sitio Km 3, por su mayor exposición y por su lejanía a geoformas costeras. Los resultados indicaron que en Belvedere se encontraron mayores captaciones que en Km 3, indicando que la geomorfología costera tendría un efecto sobre la captación. Se efectuó un análisis de las corrientes marinas locales en

ambos sitios, observándose diferencias en el comportamiento de las direcciones de las corrientes.

Por otro lado se analizó el efecto de la profundidad sobre la densidad de individuos captados, colocando colectores a tres profundidades diferentes; no se detectaron variaciones significativas en la densidad de individuos captados por efecto de la profundidad, pero sí en el tamaño de los mismos, que presentaron tallas mayores a profundidades menores.

Se identificaron las postlarvas captadas mediante diferentes técnicas que resultaron satisfactorias, encontrándose un criterio clasificatorio distintivo para las postlarvas de mejillón.

Por último, se realizó una determinación de la epibiosis hallada en los colectores durante el estudio, con la finalidad de reconocer especies competidoras y facilitadoras del asentamiento de postlarvas.

Estructura de la tesis

La presente tesis está estructurada en seis capítulos. El primero de ellos es una introducción que describe sucintamente la biología y ecología del mejillón, las etapas de su cultivo y la descripción de las hipótesis de trabajo utilizadas.

En el segundo capítulo se detalla la historia del desarrollo científico y productivo en torno al cultivo de mejillón en la Argentina. Se realizó una revisión bibliográfica de las principales experiencias llevadas a cabo a lo largo de las costas del mar argentino. Esta reseña hace referencia a los emprendimientos ejecutados en diferentes sitios, como así también a la producción científica y técnica proveniente de investigaciones vinculadas a este tema. Finalmente se hace una breve descripción del estado actual del cultivo en el país.

El tercer capítulo describe el área de estudio, que abarca los componentes de las comunidades biológicas, aspectos oceanográficos, físicos, químicos y biológicos del agua de mar y una descripción general de los sitios donde se instalaron las unidades experimentales.

El capítulo cuarto da cuenta de la metodología aplicada para el registro de datos, las tareas de laboratorio y las técnicas utilizadas para el análisis de las muestras, incluyendo las tareas de gabinete que involucran los análisis estadísticos pertinentes.

En el quinto capítulo se registran los resultados obtenidos en cada una de las experiencias realizadas.

El sexto capítulo contiene la discusión de los resultados obtenidos y su relación con los aspectos biológicos y ecológicos de la especie estudiada. Se expone también una serie de conclusiones finales y sus principales aplicaciones biotecnológicas en el cultivo de mejillón en la región.

I. Introducción

El cultivo de mejillón es una actividad económica de gran aplicación en diversos países de todo el mundo, donde distintas especies son cultivadas en función de su distribución geográfica natural, constituyendo una fuente importante de ingresos. En 2009 la producción mundial de mejillón de cultivo fue de 1.900.000 toneladas y generó ventas por 4.000.000.000 de dólares. El mayor productor es China, seguido por Tailandia, España y Chile (FAO 2014).

En la Argentina, el cultivo ha sido promovido desde hace varias décadas y se han logrado emprendimientos con cosechas del producto en pequeña escala.

En el golfo San Jorge se han desarrollado numerosos emprendimientos de cultivo de mejillón sin tener en cuenta su dinámica poblacional y sus implicancias en el manejo; como resultado, ningún emprendimiento ha logrado continuidad temporal, aunque la causa no haya sido solamente la falta de conocimientos biológicos. A continuación se describe brevemente la técnica de cultivo de mejillón en líneas generales.

El cultivo de mejillón

El cultivo de mejillón comienza necesariamente con la obtención de individuos juveniles o “semilla” para su cría. Dichos juveniles pueden provenir de bancos naturales, ubicados en la región intermareal o infralitoral superior, de donde son recolectados manualmente por los cultivadores. Los problemas que subyacen en esta forma de obtención de juveniles es que los bancos naturales pueden ser diezmados por sobrecaptura y afectar, de esta forma, la tasa de reclutamiento necesaria para el mantenimiento de la población; por otra parte, las tallas de recolección son muy variables y agregan un trabajo adicional de clasificación por tamaño de la semilla, conllevando más gastos en mano de obra. Otra dificultad es que el impacto provocado en las especies presentes en el intermareal es elevado por efectos del pisoteo y la extracción de sus sitios de asentamiento en el hábitat natural. Por estas razones, la capacidad de extracción de semilla de un banco natural es limitada en función de la dinámica poblacional propia del banco en explotación. En España, por ejemplo, se considera que alrededor del 60% de los juveniles utilizados en cultivo proviene de la recolección del intermareal (Cáceres-Martínez y Figueras 2007)

Otra técnica de obtención de juveniles es a partir de su producción en ambientes controlados, en salas de cría (*hatcheries*) donde se mantiene un *stock* de reproductores y, mediante diferentes técnicas, se provoca su desove para luego fertilizar los huevos obtenidos. Las larvas que nacen de esta forma son alimentadas con fitoplancton producido en las mismas instalaciones. Una vez alcanzado el estado fisiológico necesario para el asentamiento, se

pueden coleccionar en estructuras apropiadas, como por ejemplo cuerdas, que luego son llevadas al mar y colocadas en algún sistema de cultivo para el engorde de los mejillones. La técnica de producción de semillas de mejillón en ambientes controlados se utiliza generalmente para especies de alto valor comercial. En el caso del mejillón está actualmente discutida y cada vez menos difundida debido a sus elevados costos de mantenimiento y la relación que existe entre estos y el valor final del mejillón cultivado.

Una tercera técnica de obtención de semilla es a partir de su captación en el ambiente natural, sobre cuerdas, redes u otras estructuras llamadas “colectores”, que se colocan en el mar, preferentemente durante el periodo de asentamiento de las larvas planctónicas, y funcionan como un sustrato de fijación. Esta técnica de recolección funciona en la mayoría de los países productores de mejillón y constituye una fuente importante de semillas para el engorde. El problema implícito en este tipo de recolección es preciso conocer el ciclo biológico del mejillón cultivado, sus preferencias de sustrato para la fijación y tener en cuenta que la magnitud de la captación está supeditada a condiciones fisicoquímicas y biológicas del mar que pueden variar año tras año. En la actualidad, la forma de obtención de semilla para el engorde es una combinación del conjunto de técnicas anteriormente descritas.

Los juveniles de mejillón obtenidos se colocan en cuerdas para su crecimiento (procedimiento de “encordado”). El encordado utilizado para el engorde tiene diferentes técnicas de ejecución, las que varían según el país donde se produzca. La finalidad es la misma en todos los casos: retener en cuerdas o “cuelgas” los mejillones juveniles para que alcancen la talla comercial al cabo de un tiempo variable de permanencia en el mar. En algunos casos se produce un segundo procedimiento, el “desdoble”, mediante el cual una cuerda de cría es raleada y los mejillones extraídos se colocan en una o más cuerdas hasta engordar a talla comercial. Esta técnica se utiliza para optimizar el uso del espacio y la tasa de engorde.

En términos generales, la obtención de semilla para la cría y engorde constituye el principal cuello de botella para el cultivo. Conocer los aspectos reproductivos de la especie, la dinámica de asentamiento de las postlarvas y los factores ambientales asociados a él, constituyen un elemento fundamental para una adecuada planificación productiva y una evaluación de la sustentabilidad del cultivo en la región.

De esta manera, un esquema general del cultivo implica la siguiente secuencia:

Obtención de juveniles ➡ Cría ➡ Engorde ➡ Cosecha ➡ Venta

En Comodoro Rivadavia se llevaron a cabo algunos emprendimientos que utilizaban semilla proveniente de los bancos naturales de la región intermareal, juveniles provenientes de otras áreas geográficas y también semilla obtenida en criadero, provista por la Escuela Técnica N° 721 de la localidad de Camarones. Los emprendimientos anclados en el golfo San Jorge (pasados y actuales) no han incluido entre sus fuentes de juveniles la captación sobre colectores artificiales.

En este contexto, el objeto principal de la presente tesis fue determinar la existencia del proceso de asentamiento postlavario o captación de mejillón, *Mytilus edulis platensis*, en colectores artificiales.

Biología y ecología del mejillón

La ubicación taxonómica del mejillón *Mytilus edulis platensis* es la siguiente:

Phylum Mollusca

Clase Bivalvia Blainville, 1824

Subclase Pteriomorphia Beurlen, 1944

Orden Mytiloida Férussac, 1822

Familia Mytilidae Rafinesque, 1815

Género *Mytilus* Linnaeus, 1758

Especie *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758

Subespecie *Mytilus edulis platensis* d'Orbigny, 1842

Reproducción

El mejillón es una especie dioica o de sexos separados, cuya fecundación es externa; esto es, tanto los machos como las hembras emiten sus gametas, en general de manera sincrónica, y la fertilización se produce en la masa de agua. La liberación de los productos sexuales tiene una regulación endógena a partir de la señal del ganglio cerebral que da indicación para el comienzo o fin de la gametogénesis (Gosling 2003). La reserva energética para la gametogénesis es el glicógeno, que se acumula en el periodo anterior al desove. La regulación de la liberación de gametas ocurre a nivel endócrino, principalmente debido a las concentraciones de dopamina, serotonina, noradrenalina y prostaglandinas, cuyos niveles varían de acuerdo a su grado de desencadenamiento (Gosling 2003).

A nivel exógeno, pueden mencionarse como reguladores del desove la temperatura, la concentración de alimento en el plancton, la salinidad y la presencia de productos sexuales de la especie en el agua, que actúa como inductor (Bayne 1976 y Gosling 2003).

Fertilización y estadios larvales

Los huevos liberados tienen un diámetro de unos 70 μm de diámetro y al cabo de cuatro o cinco horas de producida su fertilización los embriones tienen capacidad natatoria mediante cilios.

Al cabo de 24-48 horas aparece la llamada larva “trocófora”, caracterizada por presentar una corona ciliada y no poseer valva alguna (Fig.1). Luego de 48-72 horas se genera a partir de la “glándula de la concha”, la primera valva, denominada “prodisoconcha I”, de tamaño variable (entre 100 y 120 μm) y cuya forma le da nombre de larva “D”.

Cuando la larva **D** alcanza los 120 micrones, aproximadamente a los diez días post fecundación (Ruiz y col. 2008), se desarrolla un segundo tipo de valva larvaria secretada a partir de glándulas del manto, la “prodisoconcha II”, que exhibe líneas de crecimiento concéntricas. Las prodisoconchas I y II integran la veliconcha, la valva de la larva denominada “velíger”. Su principal característica es la presencia de un velo ciliado que permite una activa locomoción y alimentación. Cuando alcanza un tamaño aproximado de 200 μm , comienza la formación de un pequeño pie que se desarrolla a medida que se aproxima la metamorfosis. Esta larva es llamada “pedivelíger” y se caracteriza por poseer:

- ✓ Velo largo usado para nadar y alimentarse
- ✓ Pie con función de arrastre
- ✓ Palpos ciliares que atraen partículas de alimento
- ✓ Boca, esófago, estómago y un intestino simple
- ✓ Manto delgado que secreta la concha
- ✓ Sistema nervioso con ganglios cerebral, pedal y visceral, y un sistema sensorial con estatocistos y mancha ocular
- ✓ Algunos filamentos branquiales
- ✓ Sistema bisal activo

Cuando la larva pedivelíger toma contacto con una superficie apta para la fijación, se produce la metamorfosis, un proceso fisiológico de reordenamiento de órganos internos que finaliza con un individuo juvenil o postlarva, de las mismas características que un adulto, pero mucho más pequeño.

Alimentación larvaria y dispersión

La duración de la vida larvaria varía normalmente entre las tres y las cinco semanas, pudiendo extenderse si las condiciones ambientales no son propicias (Bayne 1965). Está muy influenciada por la tasa de crecimiento diaria, que depende básicamente de la temperatura, la salinidad, el estado parental al momento del desove, la concentración de materia orgánica y de fitoplancton en el agua de mar (Bayne 1976).

La mortalidad de las larvas está asociada a la depredación que sufren y a un factor de dilución o dispersión que no favorece el encuentro con sustratos adecuados para la fijación (Thorson 1950, Pechenik 1999, Rilov & Schiel 2006b, Pineda 2006, Pineda y col. 2008, Beukema y col. 2015).

Para que una larva pueda completar el periodo pelágico deben existir condiciones ambientales favorables, una adecuada alimentación, eludir la depredación por otros organismos y, por último, producirse el contacto en áreas con condiciones necesarias para el asentamiento (Hancock 1973).

Como estrategia reproductiva vinculada a la dispersión, el mejillón presenta una alta fecundidad, huevos de tamaño pequeño, es decir, baja inversión reproductiva individual, fertilización externa y una larva pelágica de duración considerable y planctotrófica (Thorson 1950, Bayne 1976). El periodo de vida de larva pelágica es prolongado, favoreciendo la dispersión de las larvas a nuevos sitios de asentamiento (Spounagle 2002).

Asentamiento y Metamorfosis

Cuando encuentra un sustrato, la larva se fija disminuyendo el batido del velo y arrastrándose con el pie hasta el sitio donde se adhiere a partir de los filamentos bisales. Luego de la fase exploratoria, la larva se asienta efectivamente en el sustrato apropiado. Numerosos factores regulan el asentamiento: la temperatura, la concentración de alimento, la salinidad, la textura del colector, la velocidad del flujo de agua, la composición química del colector, la presencia de una película de microorganismos o "biofilm" en la superficie, la concentración de extractos químicos inductores, como compuestos provenientes de algas y la presencia previa de individuos conspecíficos, entre otros (Bayne 1965 y 1976, Falmagne 1983, Gosling 2003, Rodríguez y col. 1993).

Una vez que la larva encuentra un sustrato en el cual fijarse, ocurre la metamorfosis, que se caracteriza por:

- ✓ Segregación de filamentos bisales
- ✓ Desaparición y colapso del velo

- ✓ Formación de papilas labiales
- ✓ Reordenamiento de los órganos en la cavidad del manto
- ✓ Migración del pie hacia la cavidad del manto

La metamorfosis marca el fin de la etapa larvaria y el comienzo de la vida postlarvaria y juvenil. En esta etapa es cuando los individuos son captados para luego ser utilizados en el cultivo.

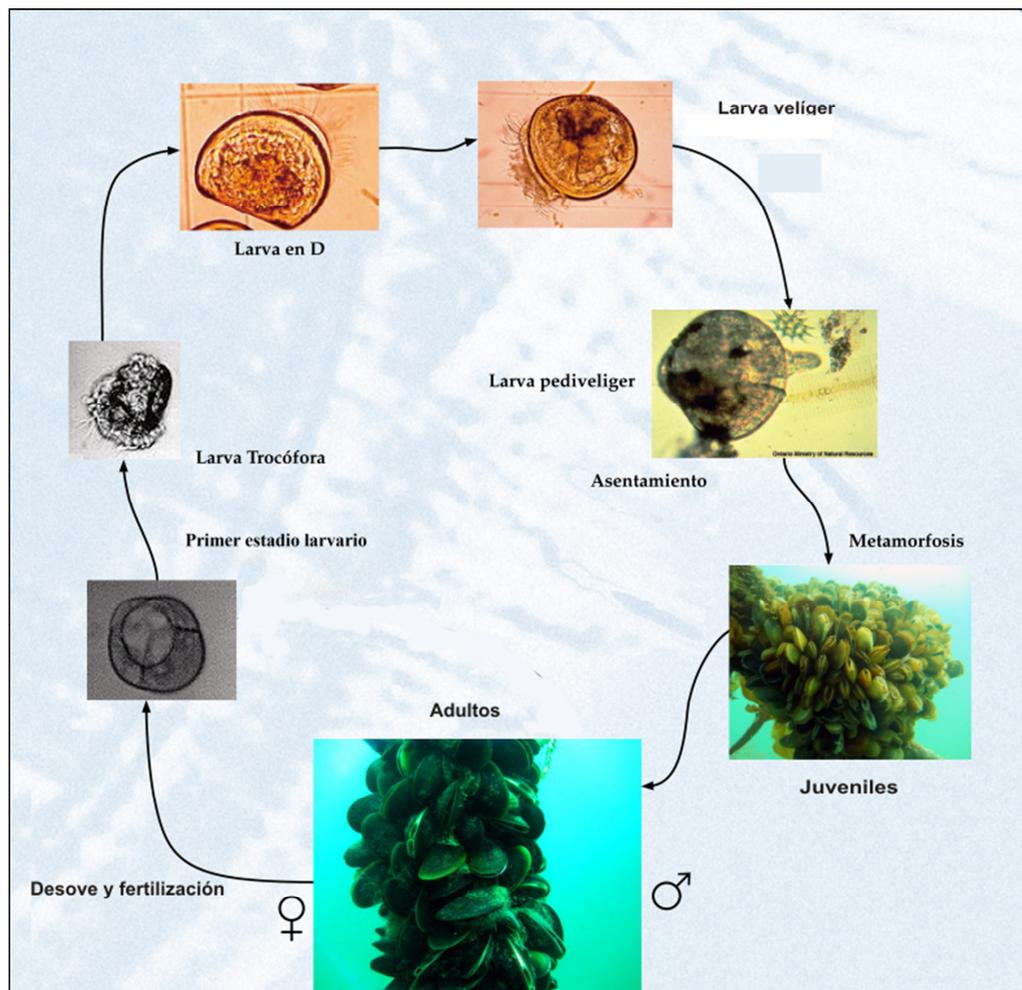


Figura 1: Esquema del ciclo biológico del mejillón.
(Adaptado de Peteiro y col. 2008)

Objetivos de la tesis

La presente tesis contempla varios objetivos que se pueden agrupar según los siguientes ítems:

- ✓ Evaluar la existencia de captación de postlarvas de mejillón en colectores artificiales en la región costera central del golfo San Jorge, Chubut.
- ✓ Realizar un monitoreo mensual durante un ciclo anual del asentamiento de las postlarvas y determinar la/s época/s en que se produce.
- ✓ Evaluar la influencia de la profundidad y la geomorfología costera en el proceso de captación.
- ✓ Realizar la identificación postlarvaria de los individuos asentados.
- ✓ Realizar un seguimiento del ciclo reproductivo del mejillón en el área central del golfo San Jorge e inferir, a partir de él, el periodo de evacuación gamética.
- ✓ Realizar un monitoreo de las variables ambientales durante el periodo de estudio y, con ellas, construir un modelo estadístico predictivo del asentamiento.
- ✓ Evaluar en términos biotecnológicos las implicancias de los resultados obtenidos.
- ✓ Brindar información de base para una planificación estratégica de la actividad.

Hipótesis de trabajo

En función de las características biológicas y las consideraciones expuestas anteriormente, se propusieron las siguientes hipótesis de trabajo para este estudio:

- ✓ Las variaciones del peso seco de los mejillones a lo largo del año, que se asume corresponden a su ciclo gonadal, están reguladas por factores ambientales tales como la temperatura, la concentración de materia orgánica y clorofila en el agua de mar.
- ✓ El ciclo sexual de los mejillones puede ser inferido a partir de las variaciones producidas en sus pesos secos y el mismo está regulado por diversos factores ambientales.
- ✓ Existe asentamiento en el medio natural y es posible detectarlo a partir del monitoreo mensual del asentamiento en colectores artificiales dispuestos en el mar.
- ✓ La estimación del ciclo sexual del mejillón permite evaluar la presencia de postlarvas en los colectores y predecir su asentamiento.
- ✓ Existe un periodo de máxima captación en el año y ocurre durante la primavera.
- ✓ La densidad de individuos asentados difiere con la profundidad, encontrando mayor densidad de postlarvas en colectores colocados en aguas más superficiales.
- ✓ La geomorfología costera tiene algún tipo de influencia oceanográfica que genera variaciones en la densidad de captación en ambientes costeros.
- ✓ La captación está regulada por diversos factores físico-químicos y biológicos del agua de mar tales como la temperatura, la concentración de materia orgánica y clorofila *a*, la salinidad y el total de sólidos disueltos.

- ✓ Es posible establecer un modelo estadístico de predicción de la densidad de animales asentados a partir de los factores ambientales más relevantes.
- ✓ No hay diferencias en las tallas de los individuos asentados en los distintos sitios de estudio.
- ✓ Es posible diferenciar postlarvas de mejillón de otras especies presentes en la zona a partir sus características morfológicas.

II. Reseña histórica del cultivo de mejillón en la Argentina: Emprendimientos y producciones científicas relacionadas

Esta reseña describe las experiencias desarrolladas en el país en relación al cultivo de mejillón, discriminadas por provincia y desde una óptica histórica, resaltando las contribuciones científicas de mayor relevancia y las experiencias productivas ejecutadas en el ámbito privado, e incluyendo las experiencias de desarrollo actual y las políticas gubernamentales de fomento para la actividad.

Por último se describe en mayor grado de detalle la situación de la localidad de Comodoro Rivadavia (Playa Belvedere) por ser el sitio de estudio de esta tesis.

Provincia de Río Negro

Según el informe de la Red de Fortalecimiento para la Maricultura Costera Patagónica (RMCP 2013), la maricultura en Río Negro se ha desarrollado básicamente en el noreste del golfo San Matías, en la zona denominada “El Sótano”, sitio de pesca artesanal y de aprovechamiento de los bancos naturales de mejillón *Mytilus edulis platensis* existentes en el infralitoral somero. El primer registro es de 1986, con una producción de dos toneladas de mejillón de cultivo a través de un emprendimiento privado que culminó en 1987. Otro antecedente data entre los años 2000 y 2002, cuando se comercializó un total de 15 toneladas de mejillón por año, en un emprendimiento empresarial constituido por ocho microemprendimientos simultáneos, registrando el máximo volumen productivo declarado oficialmente en el área. Estos proyectos estuvieron totalmente basados en captación natural como fuente de provisión de juveniles para el engorde. Dentro de las causas principales de discontinuidad de las explotaciones de la provincia se encuentra el abandono de las instalaciones, la baja rentabilidad del proyecto en relación a la competencia con el mercado de mejillón de banco, el robo de la producción y por otros motivos particulares.

Entre 2002 y 2007 se llevaron a cabo varios cultivos artesanales, que fueron mayormente llevados a cabo por pescadores artesanales y buzos marisqueros y turísticos. A lo largo de esos años se ha estimado una producción total de unas 100 toneladas, que se comercializaron totalmente en Las Grutas durante las sucesivas temporadas turísticas. (Dra. Marcela Pascual, comunicación personal).

Las actividades de investigación en el área de influencia de la localidad costera de Las Grutas se centraron en el centro de cultivo de especies marinas CRIAR y en el Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni (IBMPAS), en San Antonio Oeste.

Los primeros antecedentes en la provincia de Río Negro en materia de investigación aplicada al cultivo de mejillón datan de 1980, cuando el Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni en colaboración con el INIDEP, realizó una experiencia de captación natural de juveniles en colectores artificiales y se estudió el crecimiento en diferentes sistemas de cultivo. Este ensayo tuvo una duración de cuatro temporadas sucesivas (entre 1980 y 1984), y contempló una evaluación de la rentabilidad económica del ciclo completo de cultivo, tomando en cuenta dos posibilidades en la provisión de juveniles: captación sobre colectores y extracción del intermareal (Bertolotti y col. 1987; Pascual & Zampatti 1998). En dicho estudio se concluyó que el uso de las estructuras tipo “*longline*” (Fig. 2) es adecuado para la captación y engorde de mejillón en el golfo, encontrando un aumento de la talla de 22 a 70 mm al cabo de ocho meses. El análisis de la rentabilidad mostró tasas de retorno del 108,52% y del 181,53% para el cultivo con semilla de captación y el cultivo con semilla proveniente del intermareal, respectivamente. Un *longline* es un dispositivo utilizado para el cultivo de mejillón que consta de dos fondeos terminales, ubicados en ambos extremos de una línea central, también llamada línea madre, compuesta por un cabo de mena variable, que puede rondar los 32 mm. Sobre la cuerda madre se colocan las estructuras flotantes (boyas) que permitirán soportar el peso de toda la línea. A lo largo de la línea se colocan los dispositivos de engorde de mejillón o “cuelgas”. El largo efectivo del *longline* es variable, siendo más utilizados en la Argentina, de unos 100 m de largo.

A partir de 1981 se comenzó una línea de investigación sobre captación de semilla de mejillón, a cargo de la Dra. Marcela Pascual (CRIAR, IBMPAS) obteniendo, entre 1981 y 1991, una descripción de la época de asentamiento de mejillón en colectores artificiales con información registrada durante nueve periodos de captación. (Pascual & Zampatti 1998, RMCP 2013). El pico de captación observado en el golfo San Matías ocurre a fines de septiembre y principios de octubre.

Desde 2011 se inició un proyecto que combina cultivo y repoblamiento basado en la producción en criadero y siembras sucesivas, para intentar el repoblamiento de las poblaciones naturales de mejillón que habían sido diezimadas por efectos de la sobrepesca en el tradicional banco pesquero de El Sótano. Los juveniles utilizados para este propósito fueron provistos por producción en criadero y a través de su captación natural en colectores dispuestos en el mar. Entre 2012 y 2014 se produjeron en el criadero del CRIAR-IBMPAS y se sembraron en el mar ocho millones de semillas (Dra. M.S. Pascual comunicación personal).

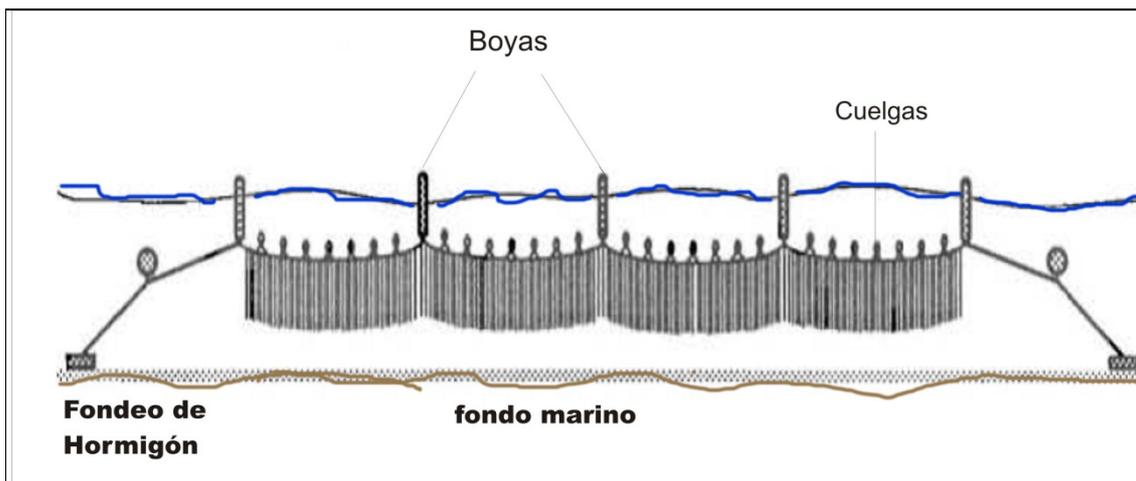


Figura 2: Esquema de un *longline* (adaptado de Bompais 1991)

Provincia de Chubut

La provincia de Chubut es la que presenta mayor número de emprendedores y proyectos vinculados al cultivo de mejillón, tanto desde la óptica científica como desde la perspectiva de amplitud geográfica. Sus proyectos se han desarrollado en cuatro enclaves principales: Puerto Lobos, golfo San José, golfo Nuevo, bahía Camarones y golfo San Jorge, en los alrededores de Comodoro Rivadavia.

Las primeras experiencias científicas registradas en la provincia fueron en el golfo San José, en la playa de Baliza Sarmiento (Trancart 1978), donde se estudió el periodo de desove de las poblaciones de mejillón local y la presencia de larvas en el plancton, como así también su asentamiento sobre colectores artificiales. El autor planteó un modelo de crecimiento para poblaciones naturales y realizó experiencias de engorde bajo el sistema español, midiendo el crecimiento durante un periodo variable y para dos fuentes de semilla: de captación y de banco natural. Obtuvo los primeros datos de crecimiento para el golfo, registrando un incremento de la talla de los animales captados en colectores de 0,5 a 5,8 cm al cabo de nueve meses.

Hacia fines de 1978 se realizó otro estudio de mayor complejidad en el mismo golfo, en el fondeadero La Argentina, donde se midieron las variaciones mensuales de la captación sobre colectores artificiales durante dos periodos bienales: 1978-1980 y 1980-1982. En el primer periodo estudiado se identificó un ciclo de captación máxima en diciembre y enero; también se observó captación a lo largo de todo el año, pero en menor magnitud. En el segundo periodo se encontraron captaciones máximas en los periodos de noviembre, diciembre y enero (Ruzzante & Toyos de Guerrero 1984).

En 1984, en el fondeadero San Román, se inició un experimento tendiente a analizar el efecto de diferentes tipos de colectores artificiales en el número de mejillones captados (Lizarralde & Zaixso 1993). Los autores analizaron cuatro tipos de colectores constituidos por redes abiertas y trenzadas con sogas de polipropileno. Los resultados mostraron que las redes abiertas funcionan mejor, captando mayor número de mejillones.

Otra experiencia científica fue realizada durante 1986, cuando se estudió el crecimiento de mejillones encordados mediante dos sistemas, el español y el francés (Zaixso & Bala 1993). En este experimento se usaron semillas del infralitoral del golfo San José, que fueron trasladadas al golfo Nuevo donde permanecieron durante un periodo de cinco meses.

El encordado español (Fig. 3) consiste en una cuerda o cabo central como soporte de los mejillones, sostenidos por una malla de algodón que se va enrollando progresivamente a medida que se adicionan individuos. El resultado es llamado "cuelga" y consiste en un cabo central, mejillones a su alrededor y finalmente la malla de algodón abierta que los recubre para evitar pérdidas. Al cabo de un tiempo variable, la malla de algodón se desintegra y los mejillones permanecen adheridos a la cuerda mediante los filamentos bisales.

En el encordado denominado francés (Fig. 4), los individuos son colocados dentro de una malla de algodón (a y b) en forma de tubo alargado que luego es introducido en una malla plástica o red en desuso (c y d); cada aproximadamente 40 cm se atraviesan palillos para evitar las pérdidas por desprendimiento (e). Conforme transcurre el tiempo, la malla de algodón se desintegra y los mejillones migran hacia afuera de la malla plástica, la cual queda como una cuerda central. Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento a favor del sistema español de encordado, con un aumento promedio de unos 22,3 mm al cabo de los cinco meses invernales de duración del estudio. No se encontraron diferencias significativas en las pérdidas de individuos para los dos sistemas de encordado.

Contemporáneamente a ese estudio, otra prueba evaluó el efecto del tamaño de la malla de encordado francés sobre el crecimiento y supervivencia de los mejillones utilizados en dos etapas, la cría y el engorde (Zaixso & Lizarralde 1994). Los autores no hallaron diferencias significativas en el crecimiento y la sobrevivencia de los individuos en etapa de cría, pero sí en la etapa de engorde, cuando observaron mayores pérdidas en mallas de mayor amplitud; el crecimiento resultó inversamente proporcional al tamaño de malla utilizado en el encordado.



Figura 3: Encordado español

A partir de fines de 1987 y hasta mediados de 1989 se analizó la variación mensual en la captación de mejillón sobre colectores artificiales dispuestos en el golfo San José, en la localidad de El Bote (Lizarralde 1997). En ese estudio se encontró un máximo de captación en los meses de septiembre, octubre y noviembre y un segundo incremento, de menor magnitud, a fines del verano.

En 1988 se efectuó un experimento para evaluar el efecto combinado del tiempo de exposición al aire y la temperatura sobre la mortalidad de mejillones captados en colectores artificiales (Zaixso 1994); el estudio buscaba predecir el porcentaje de mortalidad estimada en los tiempos de manipulación de la semilla durante el proceso de desdoble. Los resultados mostraron que los individuos expuestos a temperaturas iguales o menores a los 25°C durante 36 horas presentan una tasa de mortalidad inferior al 10 %, mientras que a temperaturas de 30°C la misma tasa se alcanza a las 20 horas de exposición y a 35°C en 4 horas.

Una experiencia de evaluación de crecimiento y pérdida de individuos para encordados franceses y españoles en el golfo Nuevo durante 1988 y 1989; en esta ocasión, se utilizaron juveniles provenientes de captación del golfo San José y con un periodo de engorde de unos 15 meses. Los resultados obtenidos indicaron que los encordados españoles tienen menores pérdidas finales y mayor crecimiento (de 23 a 78 mm) (Zaixso & Lizarralde 1999).



Figura 4: Secuencia de encordado francés

En 2001 se hizo un ensayo para analizar si existían diferencias significativas en el uso de dos diferentes formas de colocación de colectores en el golfo San José (Delatorre 2006). La experiencia contemplaba por un lado, el uso de una estructura metálica en forma de pirámide trunca en cuyo interior se colocaron los colectores de red langostinera, atados en ambos extremos; en el segundo diseño evaluado, los colectores se colocaron con fondeos y boyas

individuales. El autor no encontró diferencias significativas en la captación entre ambos sistemas.

Durante seis meses en 2011 se realizó una prueba de engorde a diferentes densidades, en encordados franceses en la localidad de Playa Belvedere (45°59'12.13" S y 67°33'17.45" O). Los resultados mostraron diferencias en las pérdidas de individuos y el crecimiento, correlacionadas positivamente con la densidad de encordado (Isola & Zaixso 2012).

A nivel productivo, en 1994 se autorizó la colocación de colectores en el golfo San José, cuya semilla sería insumo del engorde realizado en el golfo Nuevo, en Cerro Avanzado, donde se dieron permisos a dos productores para la instalación de *longlines* para producción experimental. Se utilizaron encordados españoles y la producción estimada fue de 1,5 t (Ciocco 1995). Estos proyectos se discontinuaron por dos motivos fundamentales; por un lado, el robo de parte de la producción y, por otro, la interacción de la actividad con el turismo y la presencia de ballenas francas en el sitio. En efecto, el cultivo suspendido podría llegar a interferir en el tránsito de ballenas en la zona, a causa de posibles enredos con las líneas de cultivo y afectar con esto el aprovechamiento turístico.

En Caleta Malaspina, a mediados de los años 2000, se colocó un total de nueve *longlines*, obteniéndose una producción, durante tres ciclos completos, de alrededor de 20 toneladas de mejillones (RMCP 2013). En este emprendimiento, la semilla utilizada provenía en la mayor parte de la captación de Puerto Lobos, con algunos aportes de productores de la zona de El Sótano y del golfo San José. El proyecto se discontinuó a causa de la caída en la captación de semilla de Puerto Lobos por lo cual no hubo un reemplazo para el engorde. En Caleta Sin Nombre (bahía Camarones), había una producción de tipo comercial que discontinuó el por falta de capacidad operativa y rentabilidad (RMCP 2013).

En Puerto Lobos se implementaron numerosas experiencias de captación y engorde de mejillón; la captación se realizaba en colectores dispuestos a principios de octubre, los que obtenían rendimientos cercanos a 1 kg de semilla de 1 cm por m de colector. El engorde se continuaba luego de la captación sin realizar etapa de desdoble, provocando desprendimientos de gran magnitud que eran recolectados mediante buzos marisqueros. La producción registrada fue de unas 20 toneladas anuales durante varios ciclos productivos, llegando a formar un emprendimiento asociativo con varias personas involucradas. Este proyecto se combinó con la extracción por marisqueo, dificultando la caracterización del producto obtenido; actualmente no hay datos oficiales que avalen que el mejillón proveniente de ese sitio sea, efectivamente, de cultivo.

Provincia de Santa Cruz

El desarrollo comercial de cultivo de mejillón en Santa Cruz es aún materia pendiente aunque existen numerosos registros de pruebas científico-técnicas relacionadas al desarrollo de esta actividad.

El primer informe técnico vinculado a la explotación de las poblaciones naturales e instalación de líneas para la captación y engorde se realizó en 1972 (Zaixso y col. 1972). Dicho estudio se implementó en la bahía San Julián, donde se desarrolló una prospección de los bancos naturales y una planificación para el desarrollo de la actividad, contemplando la instalación de bateas y *bouchots* dentro de la bahía. Los *bouchots* son estructuras de origen francés, que se usan para el engorde de mejillón (Fig. 5). Consisten en estructuras verticales, usualmente de madera, de sección cilíndrica y diámetro variable que son enterradas y fondeadas en el lecho marino de la región intermareal. Estos “postes” sirven de sustento para los mejillones colocados en cuelgas realizadas con redes, que se distribuyen helicoidalmente a lo largo de la altura del *bouchot*. Cientos de estas estructuras se colocan en las áreas donde se practica esta técnica y tienen la particularidad de permanecer sumergidas durante la pleamar y expuestas durante la bajamar, favoreciendo las tareas de manipulación del cultivo.

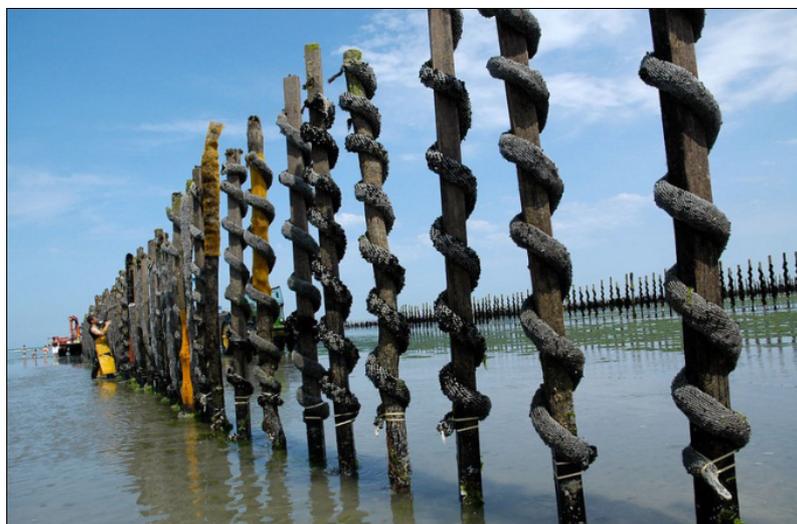


Figura 5: Vista general de cultivo en *bouchots* (adaptada de www.patricelatron.com)

Las bateas (Fig. 6) son estructuras flotantes, generalmente construidas en madera, de las cuales se tienden las cuelgas de cultivo. Son de área cuadrangular para facilitar la distribución del peso y numerosas vigas en su interior aumentan la superficie productiva.

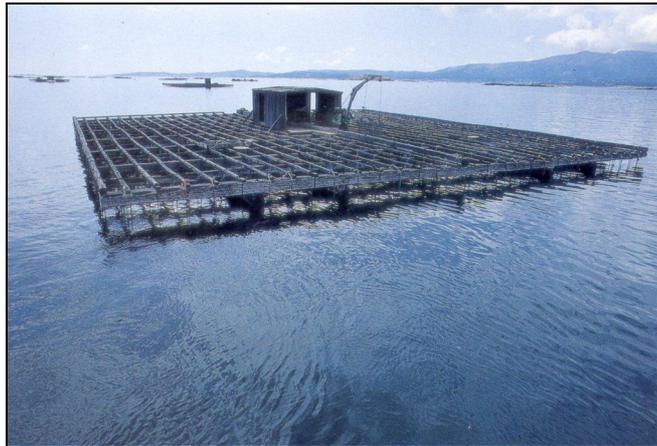


Figura 6: Vista de una batea de cultivo de la ría de Arousa España
(adaptado de Galicia Agraria.blogspot)

La primera evaluación científica de la capacidad de engorde de mejillón se realizó en Puerto Deseado en 1975, cuando se valoró el crecimiento en cultivo de juveniles provenientes de bancos mesolitorales, considerando diferentes rangos de tallas iniciales (Zaixso y col. 1976). El sistema para el engorde fue de bolsas de red suspendidas de una batea experimental construida por los investigadores. Los resultados mostraron que al cabo de un año, individuos de 11,9 mm de largo alcanzaban los 50 mm, lo que permitió determinar que el sitio era apto para el cultivo, pero haciendo la salvedad de que la ría sufre un efecto importante de las corrientes de marea factor que debía ser tenido en cuenta a la hora de diseñar un sistema de cultivo.

En el transcurso de 1990 se inició un proyecto de evaluación de engorde y captación en la ría de Puerto Santa Cruz, con resultados fallidos (Dr. H. Zaixso comunicación personal).

En 1996 la provincia contrató a un consultor chileno de la empresa Alakaluf Ltda. con la finalidad de brindar asesoramiento, formar cuadros técnicos locales y desarrollar el cultivo de mejillón en la bahía San Julián. Las experiencias realizadas incluyeron la formación de un grupo de personas como asistentes para tareas de cultivo, la instalación de varias líneas de cultivo y el encordado de semilla. Sin embargo, el resultado de estas experiencias no fue positivo, debido principalmente a la imposibilidad de asentar fondeos adecuados dentro de la bahía; como consecuencia de lo anterior, las líneas sufrieron corrimientos de sus ubicaciones originales, con pérdidas importantes por desgranamiento de los encordados (Marcos 1996).

En 1997 en San Julián, un grupo inició una cooperativa (Acuisur Ltda.) para el cultivo de mejillón con el asesoramiento de la Subsecretaría de Pesca y Asuntos Portuarios de la provincia (Marcos 1997) En ese año, se continuaron las tareas de encordado de juveniles de banco y se instaló una nueva línea de cultivo, esta vez con 3000 kg de fondeo para evitar su

desplazamiento. Aun así, las corrientes de marea desplazaron los lastres y provocaron un elevado porcentaje de pérdidas en las cuerdas de engorde. A pesar de lo sucedido, se registró el rendimiento cárnico y la longitud como indicadores de crecimiento (Zaixso 1998, Informe interno).

Estas experiencias terminaron de definir la imposibilidad de la utilización de sistemas suspendidos en la bahía San Julián y orientaron las posteriores pruebas en sistemas de *bouchots*, como una alternativa productiva, registrándose buenos rendimientos, pero con elevados porcentajes de pérdidas (Zaixso 1998 Informe interno).

Durante la década de 2000 se han desarrollado en la zona numerosas intervenciones del municipio, la Agencia de Desarrollo de San Julián y el gobierno de la provincia, direccionadas a la evaluación integral de la bahía San Julián, elaborando un plan de manejo integrado en el que se contempla la planificación estratégica de la acuicultura y particularmente del cultivo de mejillón (Zaixso y col. 2007).

En 2014 se comenzó una nueva investigación sobre el engorde del mejillón en mesadas ubicadas en el intermareal de la bahía (Zaixso inédito). Este estudio está siendo actualmente evaluado por el grupo de investigación del Instituto de Desarrollo Costero, de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (Lic. Tolosano, en redacción).

Durante 2013 y 2015 se ha estudiado la disponibilidad de larvas en el plancton, así como el reclutamiento en bancos naturales de la bahía San Julián, como una forma de predecir el posible asentamiento de juveniles en colectores y su ulterior utilización en algún sistema de cultivo (Martin y col. 2015).

En la localidad de Puerto Deseado se han registrado varios intentos de cultivo de mejillón en sistemas de *longline* y bateas, pero fueron suspendidos por causa de las condiciones oceanográficas predominantes, que imposibilitaron el normal desarrollo del cultivo en el área, y también por la interferencia de la actividad con el desarrollo turístico. (RMCP 2013).

Provincia de Tierra del Fuego

En la provincia más austral de nuestro país, las primeras pruebas experimentales de cultivo de mejillón se realizaron en los años 80 utilizando cajas como soporte para el engorde, alcanzando una talla de 50 mm al cabo de 17 meses de engorde, a partir de la fijación de las postlarvas (Vinuesa 1987).

El cultivo de mejillón a escala comercial se comenzó en 1996 a través de un proyecto con asistencia financiera de la Unión Europea, similar al obtenido para la provincia de Santa Cruz. Se evaluó la factibilidad del engorde de mejillón en sistemas de cultivo y la existencia de captación de semilla de mejillón sobre colectores artificiales. Los resultados obtenidos fueron

prometedores, observándose altas tasas de fijación en un periodo relativamente acotado del año.

La actividad continuó desarrollándose a través del asesoramiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI) con la evaluación de áreas susceptibles de ser utilizadas para la cría y luego a través de un programa de apoyo para la implementación, desarrollo y fomento del cultivo de mejillón en el canal Beagle iniciado en 2001 (Zampatti 2002). En el tránsito de esos años se produjo un reacomodamiento legal (Ley Pcial. Nº 537/2002) que permitió otorgar permisos experimentales por un lapso de aprovechamiento de cinco años (Fosati 2011). Los estudios realizados mostraron rendimiento de alcance a talla comercial (60 mm) al cabo de quince meses de engorde según sistema español. Las conclusiones de las experiencias han sido robustas, obteniendo datos de rendimientos por metro de cuerda, pesos de pulpa, rendimiento de captación y análisis de crecimiento postlarval (Zampatti 2002).

Según el informe de situación de la acuicultura de Tierra del Fuego, realizado por el Departamento de Acuicultura de la provincia (2014), en 2001 se otorgaron permisos a un total de 34 emprendimientos de cultivo de mejillón, que con el transcurso del tiempo fueron decayendo, hasta tener en 2010 solo unos diez productores que realizaban la actividad de modo discontinuado, desembocando en muchos casos en el abandono por falta de mantenimiento de las instalaciones y falta de rentabilidad por efecto de los periodos prolongados de marea roja. El máximo rendimiento productivo se alcanzó en 2005 con una producción de unas 45 toneladas por medio de la Pesquera Almanza SRL (ex Vieyra S.A). Otro pico productivo se registró en 2009 mediante la Asociación de Acuicultores Marinos y Pescadores Artesanales del Canal de Beagle.

En las zonas productivas, en 2010 y parte de 2011, se registró un fenómeno de marea roja durante todo el año, hizo imposible la extracción y venta de la producción (Álvarez y col. 2012).

La actualidad del cultivo de mejillón en la Argentina: perspectiva científico-tecnológica y políticas públicas

La mitilicultura sustentable en la Argentina es aún materia pendiente a lo largo de toda su extensión marítima. Existen numerosas experiencias de cría y engorde de mejillón en distintas localidades que han dado resultados positivos en términos estrictamente técnicos (Fig. 7). Más aun, la complejidad de su desarrollo se caracteriza por componentes que trascienden las características biotecnológicas del cultivo propiamente dicho. Históricamente, la falta de legislación específica que reglamente la actividad, una inadecuada coordinación interinstitucional y una falta de fortaleza en las decisiones políticas que promuevan y generen

recursos para fortalecer los emprendimientos, conspiran contra su desarrollo. Existen también barreras científicas, en el nivel básico y aplicado a la producción, que no garantizan el crecimiento armónico y una planificación productiva en función de las características bioecológicas de la especie en cada sitio donde se busca el desarrollo de su cultivo. No puede faltar una mención a la inadecuada exploración de la diversidad de productos que el mejillón ofrece a nivel comercial, como también la falta de conocimiento y articulación entre los organismos encargados por velar por la sanidad animal y humana para un adecuado consumo. A pesar de este panorama histórico, desde el Estado Nacional existe actualmente una intención de desarrollar la actividad a partir de la generación de políticas científico-tecnológicas y legales que promuevan el desarrollo de ciencia aplicada a la producción e impulsen el desarrollo industrial.

La primera de tales acciones fue la aprobación del plan estratégico declarado por el ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación en 2012, denominado Argentina Innovadora 2020, que contiene como uno de sus ejes estratégicos, la producción y procesamiento de recursos oceánicos y, dentro de esta categoría, la maricultura en general.

En 2014 comenzó el programa Pampa Azul, dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología en asociación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, el Ministerio de Turismo; el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Seguridad, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y diversos centros de investigación de las ciencias marinas. Esta iniciativa tiene como finalidad elaborar planes de acción conjunta para el conocimiento, uso y aprovechamiento del Mar Argentino en toda su extensión.

A nivel general, cabe mencionar la nueva ley del Programa Nacional de Investigación e Innovación Productiva en Espacios Marítimos Argentinos (Ley PROMAR) promulgada en marzo de 2015 a partir de una iniciativa del ministerio de Ciencia y Tecnología, en la que se busca poner en valor el Mar Argentino como un recurso natural susceptible de ser estudiado y manejado sustentablemente. La mencionada ley, aún sin reglamentar, presenta un presupuesto no inferior a los 250.000.000 de pesos para su ejecución, en el que se contempla el estudio científico del Mar Argentino en general, desde el desarrollo de campañas oceanográficas, adquisición de instrumental para la investigación, formación de recursos humanos especializados, construcción de infraestructura en forma de centros de investigación de las ciencias marinas, y en lo que a esta investigación atañe, el desarrollo y financiamiento de recursos para la maricultura. La norma se inscribe en la iniciativa Pampa Azul, un programa de diez años de trabajo que prioriza cinco áreas: el Banco Burdwood, el denominado Agujero

Azul en el talud continental, el golfo San Jorge, áreas marinas sub-antárticas que incluyen las Islas Georgias y Sandwich del Sur, y los estuarios bonaerenses.



Figura 7: Localidades de desarrollo de cultivo de mejillón en la Argentina

Desde el CONICET fue creada la Red de Fortalecimiento de la Maricultura Costera Patagónica, que en los últimos años ha funcionado como un promotor de la actividad a partir de la organización de talleres tendientes a favorecer la cohesión interinstitucional y la difusión del conocimiento de las acciones llevadas a cabo por los actores del sector, ya sean productores, investigadores, promotores, municipios o agencias de desarrollo. Asimismo, ha funcionado como organismo capacitador y financiador de proyectos de pequeña escala tendientes a fortalecer la maricultura en general y un como un sitio de articulación y generación de planes estratégicos para su desarrollo.

Situación actual de los emprendimientos de cultivo de mejillón en Argentina

Los sitios donde existe desarrollo de cultivo, ya sea experimental o comercial son noreste del golfo San Matías, Puerto Lobos, Bahía Camarones, Comodoro Rivadavia y Puerto Almanza. (Fig. 7). De las localidades mencionadas, solo bahía Camarones y Puerto Almanza registran actualmente producciones significativas y continuas.

En Tierra del Fuego, el sector delimitado para el desarrollo de los cultivos es bahía Brown, en el canal Beagle, al sur de la provincia. El asentamiento terrestre de Puerto Almanza, registra clasificación de aguas y allí hay un total de 12 productores de mejillón registrados, con sistemas de *longline* y bateas, de los cuales siete tienen una actividad relativamente continua, aunque con bajos volúmenes de producción. Los productores de Puerto Almanza se han agrupado en la Asociación de Acuicultores Marinos y Pescadores Artesanales del canal Beagle. Estos productores se consideran artesanales y diversificados a otras actividades pesqueras, a excepción de uno de ellos que posee cierto grado de industrialización (Bertolotti y col. 2014).

El último volumen anual extraído fue de unas 5 toneladas de mejillón de cultivo (Fosati comunicación personal, septiembre de 2015). El desafío fundamental que enfrenta la provincia es de carácter legal, ya que a través de la ley Nº 19640 se considera que cualquier producto que se comercialice fuera del territorio provincial debe cumplir todos los requerimientos de exportación, situación que se hace costosa y muy difícil para pequeños productores que aún no logran volúmenes productivos elevados. El abandono de los emprendimientos ha sido influenciado por la falta de inversión y mantenimiento por parte de los productores. Los problemas adjudicados a la falta de desarrollo de la mitilicultura en Tierra del Fuego pueden sintetizarse en:

- Elevada frecuencia mensual de marea roja
- Ausencia de un centro expeditivo
- Falta de grupos de trabajo sólidamente conformados
- Carencia de infraestructura básica en la zona de producción con viviendas de construcción precaria (gas, planta de tratamiento, planta potabilizadora de agua)
- Inaccesibilidad a líneas de crédito blandas
- Falta de un laboratorio en cercanía para el análisis sanitario de los mejillones
- Carencia de integración interinstitucional Nación- Provincia
- Competencia desleal del mejillón proveniente de Chile
- Elevados costos de transporte de la materia prima a los centros de consumo
- Falta de embarcaderos apropiados para las maniobras de cultivo

La producción de mejillón en esta zona no tiene el problema de aprovisionamiento de juveniles para el engorde (principal cuello de botella de la actividad), ya que existe un periodo del año donde se registran abundantes captaciones; aun así, la producción de mejillón se presenta como suplementaria de las actividades de pesca y recolección.

Por otra parte, en bahía Camarones existe un único productor cuyo más reciente volumen productivo declarado es de 20 toneladas (RMCP 2013), que también se ha diversificado a la venta de otros productos marinos. Cabe aclarar que el emprendimiento es de tipo familiar, sin ningún grado de asociativismo, lo que puede ser concebido como una debilidad de acuerdo a la óptica de fuerza de trabajo y capacidad productiva. Por otro lado, no tiene un grado avanzado de tecnificación que promueva el desarrollo industrial del emprendimiento, contando con una embarcación semirrígida y buceo autónomo como elementos para el trabajo en el mar. La provisión de semilla es mayoritariamente de criadero. El productor adquiere juveniles provenientes de la *hatchery* ubicada en la escuela N° 702 “Cabo de Hornos”, en la localidad de Camarones. Esta escuela forma técnicos en acuicultura y tiene una planta de procesamiento habilitada por SENASA para la elaboración de conservas de productos del mar. El desarrollo de las técnicas y proyectos de maricultura en el marco de la escuela está destinado a la formación de los estudiantes. Esto constituye, desde la óptica del productor, una debilidad en el esquema de la cadena productiva, ya que el criadero no está abocado directamente al desarrollo del cultivo de mejillón, sino a la actividad educativa. Aun así, hasta el momento el emprendimiento ha tenido continuidad. Una debilidad de este enclave productivo es el desconocimiento de que existe fijación larvaria en colectores y el periodo en que esta ocurre, así como la falta de un canal de distribución comercial formal.

En Comodoro Rivadavia y en la zona de influencia de Las Grutas no se consignan producciones con un grado avanzado de desarrollo, sino más bien trabajos de carácter experimental entre productores y el Estado.

Historia del desarrollo del cultivo de mejillón en Comodoro Rivadavia

Esta localidad es considerada en un apartado particular por tratarse del sitio de estudio y desarrollo de la presente tesis. El cultivo de mejillón en Comodoro Rivadavia ha sido considerado de importancia orgánica a partir de la elaboración del Plan Estratégico Municipal de 1999, en el cual se delimitaron, a partir de un esquema de planificación ciudadana estratégica, los principales ejes para el desarrollo de la ciudad. En él, mediante la intervención de numerosos actores, se evaluó que el cultivo de mejillón es una actividad productiva de elevado potencial.

La primera iniciativa surgió a partir de la implementación, en 2002, del proyecto denominado “Maricultura, Escuela y Comunidad” financiado por la empresa YPF que contempló la instalación de una línea de cultivo de mejillón en el área costera cercana al puerto, y que funcionaría como módulo educativo para la Escuela Técnica de Biología Marina Nº 704. Con el asesoramiento de técnicos y científicos del municipio de Comodoro Rivadavia y la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, se realizaron las primeras experiencias de cría y engorde de semilla proveniente del intermareal de la zona, encordada con el sistema español. A partir de allí, en 2003 se delimitó un área para el cultivo de mejillón comercial en cercanías del puerto de la ciudad. En esta etapa, el municipio, a través de la llamada entonces Agencia de Desarrollo Local, hizo un llamado a los interesados en participar en un proyecto de desarrollo de cultivo de mejillón. En esta primera instancia, se capacitó un total de 14 personas, otorgándoles certificaciones para realizar maniobras de buceo y embarcaciones semirrígidas. Los participantes del proyecto eran buzos profesionales, conductores náuticos, pescadores artesanales de costa, pulperos, aficionados a las actividades náuticas y recolectores de organismos del intermareal, que tenían cierto grado de conocimiento de la dinámica local del mar.

Cinco de las personas capacitadas conformaron un grupo que a través de un programa de financiamiento municipal llamado Nuevas Ideas, obtuvieron créditos para dotarse de equipamiento para la navegación y las tareas subacuáticas vinculadas al cultivo. (Lic. Tolosano, comunicación personal). La semilla utilizada para esta actividad provenía de la captación realizada en colectores artificiales de Puerto Lobos y el golfo San José. El volumen producido hasta el 2005 fue de aproximadamente 2,5 toneladas (Fig. 8). En agosto de 2007, organizaron la Asociación de Maricultores del golfo San Jorge.



Figura 8: Cuelga de mejillón de productores en Comodoro Rivadavia

En 2008 la zona afectada a los cultivos fue clausurada por interferir con las rutas o áreas navegables de los barcos que operan en la zona. Este hecho provocó la disolución del grupo de productores, ocasionando el abandono total de la actividad por parte de la mayoría.

En 2009 se asignó una nueva área para los cultivos, ubicada al sur de la localidad de Rada Tilly, a unos 15 km hacia el sur de la anterior, denominada Playa Belvedere. En ese sitio, el gobierno municipal instaló un centro de captación de semilla de mejillón constituido por 14 *longlines*, cuya finalidad era la captación propiamente dicha y el desarrollo de proyectos particulares de engorde de mejillón (Fig. 9 y 10).

Esta área funcionaría como un reservorio de semilla para los productores, un sitio para realizar pruebas experimentales de engorde y para capacitar a los potenciales productores. Paralelamente al centro de captación manejado por la Agencia Comodoro Conocimiento (ACC), se realizó un parcelamiento del área circundante, otorgando parcelas cuadrangulares de 300 m de lado a productores particulares. Se registró un total de siete productores particulares que realizaron la tramitación de las parcelas, mientras que solo cuatro de ellos se abocaron a la producción.

Como medidas de apoyo a los emprendimientos, la ACC otorgó una línea de cultivo a cada productor, encargándose de los costos de compra de los materiales para el *longline* y los costos de instalación. Los productores realizaron encordados con semilla proveniente del criadero de Bahía Camarones y también del intermareal rocoso de los alrededores de Comodoro Rivadavia. Se utilizó el sistema de encordado francés (Fig. 11 y 12).



Figura 9: Vista de *longline* de la playa Belvedere



Figura 10: Vista general del parque de maricultura de la playa Belvedere



Figura 11: Vista submarina de una cuelga de mejillón en la playa Belvedere

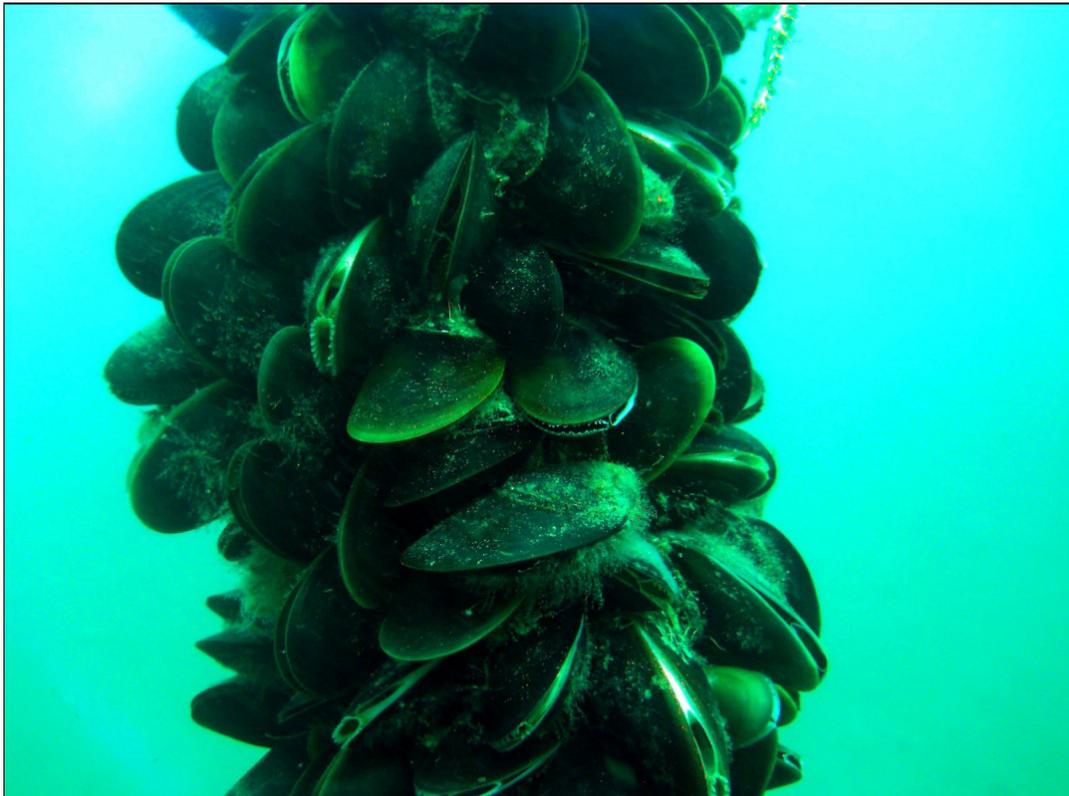


Figura 12: Cuelga de engorde en la playa Belvedere

En 2011 la ACC inauguró un Criadero de Especies de Aguas Frías en las inmediaciones del puerto de Comodoro Rivadavia (Fig. 13), destinado al desarrollo del cultivo de recursos marinos potenciales y a la provisión, al menos en su primera etapa, de juveniles de mejillón a los productores interesados. Es importante resaltar que a partir de 2012 la zona de Belvedere obtuvo la letra “A” como resultado del proceso de clasificación de agua. Luego de esa fecha algunos productores discontinuaron su labor, en algún caso por competencia con el mercado laboral petrolero, en otros por robo de la producción, ruptura de las líneas y pérdida de la producción. Uno de los integrantes del segundo grupo de productores, se ha diversificado a la elaboración de conservas de productos del mar, montando una planta de elaboración propia y manteniendo un bajo volumen de mejillón de cultivo (Fig. 14).

El volumen productivo acumulado la serie de emprendimientos descriptos hasta el 2015, fue estimado en unas 4 toneladas producidas a intervalos irregulares.

Actualmente no existe una producción significativa y no se encuentran personas abocadas a la actividad de forma continua. El criadero de especies de aguas frías está en funcionamiento, pero aún no resuelve algunos problemas de índole técnica que le permitan desarrollar un ciclo completo de cultivo de larvas y postlarvas de mejillón.



Figura 13: Vista del Criadero de Especies de Aguas Frías inaugurado por la ACC en 2011.

Los principales problemas registrados para el desarrollo de la miticultura en la región son:

- Ausencia de un centro de expedición que permita certificar la inocuidad de la producción
- Falta de vinculación interinstitucional a nivel municipal, provincial y nacional
- Falta de conocimiento del ciclo natural del mejillón en la zona y sus implicaciones en el manejo del recurso
- Falta de información del ciclo de captación en colectores artificiales
- Falta de articulación y agilidad de la relación del tiempo productor/ laboratorio de biotoxinas
- Escasa tecnificación e inversión en infraestructura productiva
- Escasa oferta de mano de obra calificada para el cultivo
- Desequilibrio del mercado de trabajo por impacto de la actividad petrolera
- No diferenciación del mejillón del cultivo respecto del de banco
- Situaciones de robo de la producción

Estos inconvenientes para el desarrollo de la actividad han implicado el abandono de muchos de los proyectos emprendidos. De las debilidades mencionadas, las de mayor envergadura son la inexistencia de un centro expeditivo que permita asegurar la trazabilidad e inocuidad del producto, como así también asegurar una fuente continua de provisión de semilla que permita planificar una producción sustentable a lo largo del tiempo. A nivel económico, el producto

tiene una elevada demanda, dado que existe un mercado interno insatisfecho que sugiere la oportunidad de invertir en la actividad.

En 2011 se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del estado del cultivo de mejillón en Comodoro Rivadavia. Para su ejecución se trabajó en una comisión conformada por productores, técnicos del municipio y de la Universidad de la Patagonia San Juan Bosco. Allí se identificó como una debilidad importante la inexistencia de estudios científicos programados del fenómeno de captación de juveniles de mejillón sobre colectores artificiales (Isola 2011).

En este marco se comienza, a fines de 2012, la experimentación que da lugar a la presente tesis doctoral. En resumen, el plan de investigación contemplaba realizar un monitoreo mensual de la captación, colocando en el mar colectores artificiales que servirían de sustento para el asentamiento de las postlarvas de mejillón. El análisis de la presencia o ausencia de individuos en los colectores permitiría describir si existe un proceso de fijación en los colectores artificiales y, en caso afirmativo, estimar en qué época se produce el máximo asentamiento.



Figura 14: Mejillones de cultivo de Belvedere en escabeche.

III. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la región costera central del golfo San Jorge, Provincia del Chubut, Argentina (Fig. 15). Se caracteriza por ser un golfo semiabierto que posee un área que abarca aproximadamente 39.340 km^2 , siendo su límite norte cabo Dos Bahías ($44^\circ 55' 46.58'' \text{ S}$ y $65^\circ 31' 8.44'' \text{ O}$) y su límite sur, cabo Tres Puntas ($47^\circ 5' 40.41'' \text{ S}$ y $65^\circ 52' 13.01'' \text{ O}$).

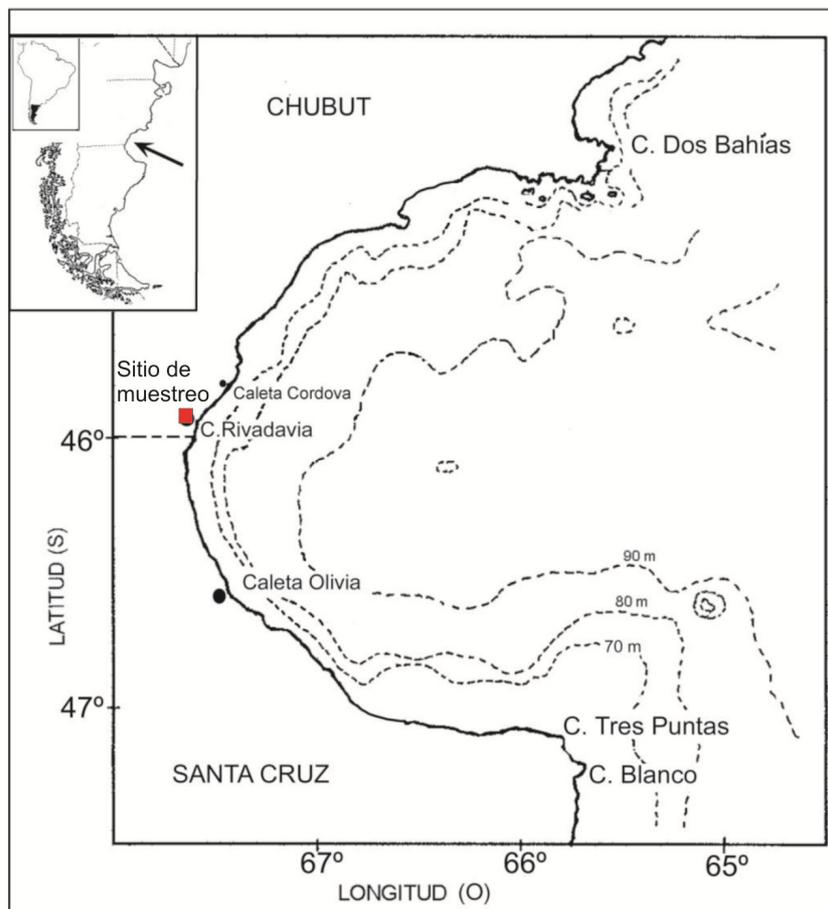


Figura 15: Mapa de localización y batimetría del área de estudio

La distribución batimétrica muestra una profundidad máxima de aproximadamente 100 m hacia el centro del golfo, más de un 90% de su superficie presenta profundidades mayores a los 80 m (Louge y col. 2004) (Fig. 15). En los extremos sur y norte hay áreas de menor profundidad, lo que facilita la generación de frentes de marea de desarrollo estacional durante la primavera y fines del otoño. Además, las aguas costeras producen en su extremo sur un intenso frente termohalino de permanencia estacional y de posición variable, por efecto de la influencia de aguas costeras de origen magallánico (Fernández y col. 2005). Estas regiones de

frentes constituyen espacios de alta actividad biológica, llamados *hot spots* que se caracterizan por ser sitios de reproducción y cría de especies de alto valor pesquero.

Las aguas de las costas australes de la Patagonia tienen su origen en la mezcla del agua subantártica, procedente de la corriente del Cabo de Hornos, con la que proviene del Estrecho de Magallanes, de baja salinidad, producida por el aporte de aguas continentales (Bianchi y col. 1982). Estas aguas costeras se bifurcan en la latitud de cabo Tres Puntas, originando un canal de circulación hacia adentro del golfo San Jorge y otra rama que circula hacia el noreste, adyacente al borde o umbral del golfo (Palma y col. 2004) (Fig. 16). La renovación del agua del fondo del golfo está dominada básicamente por la interacción entre la interfase atmósfera-mar por acción imperante de los vientos, con un reducido intercambio de agua con la plataforma (Baldoni 1990).

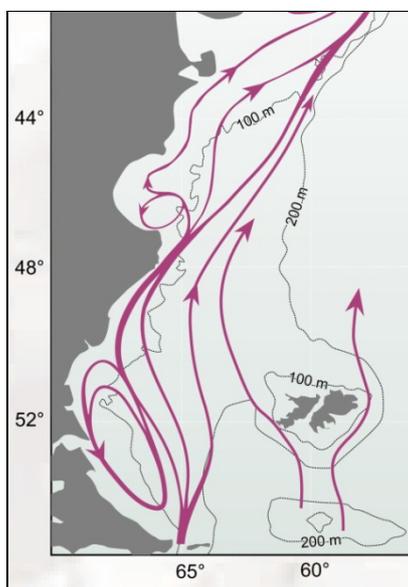


Figura 16: Corrientes predominantes en la costa patagónica y adyacencias (según Piola 2008)

Los valores de temperatura del agua del fondo dentro del golfo varían entre los 5,83° C en invierno y 15,25° C en verano, registrándose durante la estación cálida temperaturas más bajas en el centro del golfo, y durante el invierno en los sectores costeros (Fernández 2006) (Fig. 17). Según Reta (1986), la temperatura del agua superficial presenta un máximo de 15,20° C en verano y un mínimo de 7,20° C en invierno. Los rangos de salinidad registrados en diferentes campañas (Akselman 1996, Fernández y col. 2005 y 2008) muestran poca variabilidad, con valores del orden de los 33 a 33,6 psu. En aguas costeras y durante el verano, se han registrado salinidades entre 33,8 y 34,5 psu (Vinueza 2008).

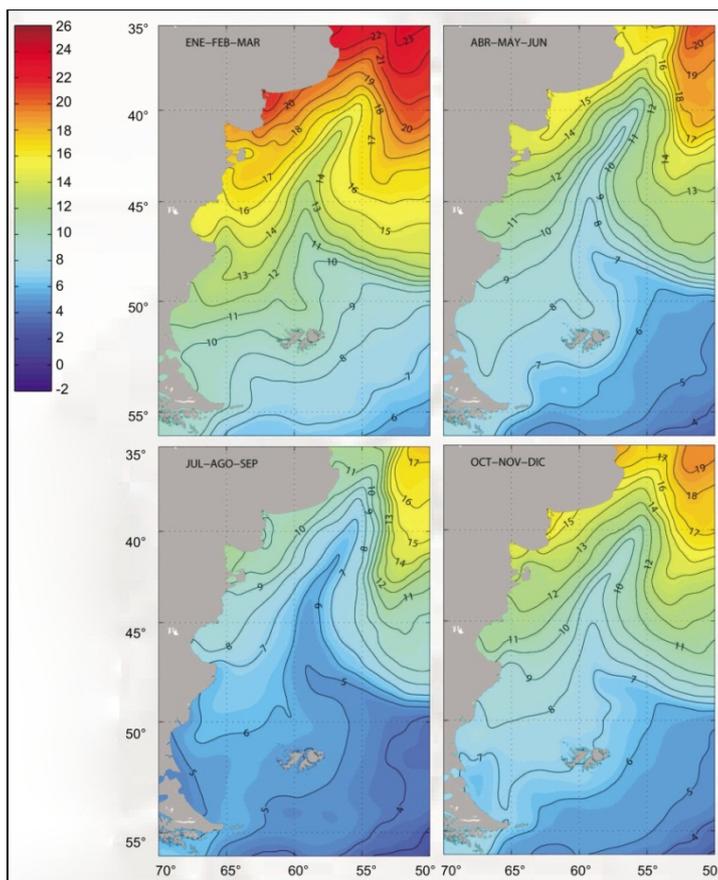


Figura 17: Temperatura media estacional del agua de mar en el Atlántico Sudoccidental (Según Piola 2008)

La presencia de nutrientes en la zona fótica del golfo presenta un máximo en invierno, cuando se produce una mezcla de las aguas superficiales y las del fondo. Conforme avanza la primavera, la columna de agua se estratifica térmicamente, provocando una disminución marcada de nutrientes en la capa superficial de hasta aproximadamente 30 m; esta reducción es debida principalmente a su aprovechamiento por el fitoplancton. Transcurrido el verano la termoclina se hace menos evidente, favorece el intercambio de las masas de agua y provoca una resuspensión de los nutrientes en el invierno (Akselman 1996). El fitoplancton predominante en el golfo está constituido por diatomeas y dinoflagelados. El ciclo de los nutrientes del golfo provoca una mayor proporción de diatomeas en el invierno, principalmente de *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma normanii*, y representantes de los géneros *Navicula*, *Thalassiosira* y *Coscinodiscus*. Luego, en la época primaveral, se observa un aumento de las densidades de la diatomea *Thalassiosira auguste-lineata* y los dinoflagelados *Alexandrium tamarense*, *Heterocapsa triquetra* y *Prorocentrummicans* sp. A lo largo del verano, el grupo de los dinoflagelados es predominante, encontrándose como principales especies *Alexandrium tamarense*, *Prorocentrummicans*, *Ceratium lineatum* y *Heterocapsa triquetra*. En el otoño se presenta otro pico productivo

compuesto fundamentalmente por diatomeas (Fernández 2006). La productividad primaria muestra una variabilidad interanual que no permite definir con exactitud los picos de producción fitoplanctónica; según estudios realizados en 2000, existe un aumento de la clorofila en octubre en toda de la superficie del golfo, y un pico de menor magnitud durante abril (Carreto y col. 2007). Un análisis temporal, a partir de imágenes del satélite SeaWiFS, que abarcó los meses de septiembre a noviembre de 1998 a 2003 en la zona de estudio, demostró que en algunos años, la máxima concentración de clorofila se encuentra en octubre (años 2000 y 2001) y en algunos casos se prolonga hasta el mes de noviembre (años 2002 y 2003) (Carreto y col. 2007). En las cartillas de imágenes satelitales, el comportamiento estacional de la concentración de clorofila (Fig. 18) indica un máximo durante la primavera (coloraciones amarillas y rojas) (Piola 2008).

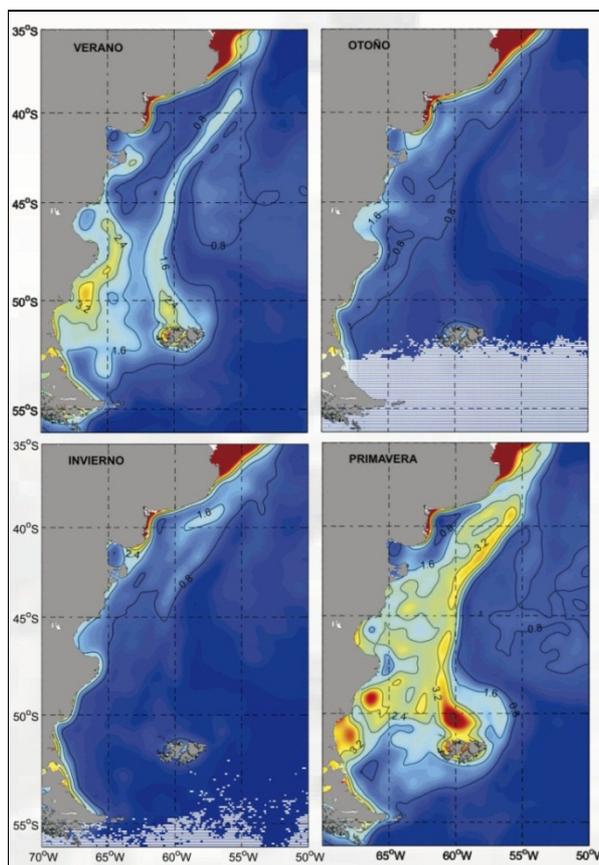


Figura 18: Distribución estacional de clorofila ($\mu\text{g/l}$) en Atlántico Sudoccidental (Según Piola 2008).

Pérez Seijas y col. (1987) describieron la abundancia de zooplancton en el golfo e identificaron a los copépodos como el grupo predominante, integrados por las familias Paracalanidae, Pseudocalanidae y Centropagidae. En densidad notoriamente menor se encuentran eufáusidos

y anfípodos pelágicos. Los copépodos son más abundantes durante los meses de octubre y enero.

En relación al fondo marino, es posible establecer tres sectores dentro del golfo en función de sus características granulométricas y físico químicas (Fig. 19). Un sector corresponde al ambiente de tipo deposicional ubicado en el centro del golfo, alrededor de la isobata de 80 m, constituido por fondos de limo y arcilla, con alto grado de materia orgánica total; el otro tipo de ambiente denominado de flujo erosivo, ubicado en los extremos sur y norte del golfo, con baja deposición de materia orgánica y sedimentos en el fondo, conformado por arenas gruesas y grava. El tercer tipo de ambiente es el denominado transicional, ubicado en los sectores costeros y en el sudeste del golfo (Fernández y col. 2003, 2005, 2006). En este último tipo se ubican los dos sitios experimentales donde se instalaron las pruebas de la presente tesis.

Los ambientes transicionales presentan características intermedias entre los de tipo deposicional y erosivo, la sedimentación de las partículas finas y la presencia de una termoclina estable en invierno contrasta con un ambiente de granulometría gruesa y la ruptura de la termoclina por un proceso de mezcla continua, por efecto de las mareas (Fernández y col. 2007) (Fig. 20).

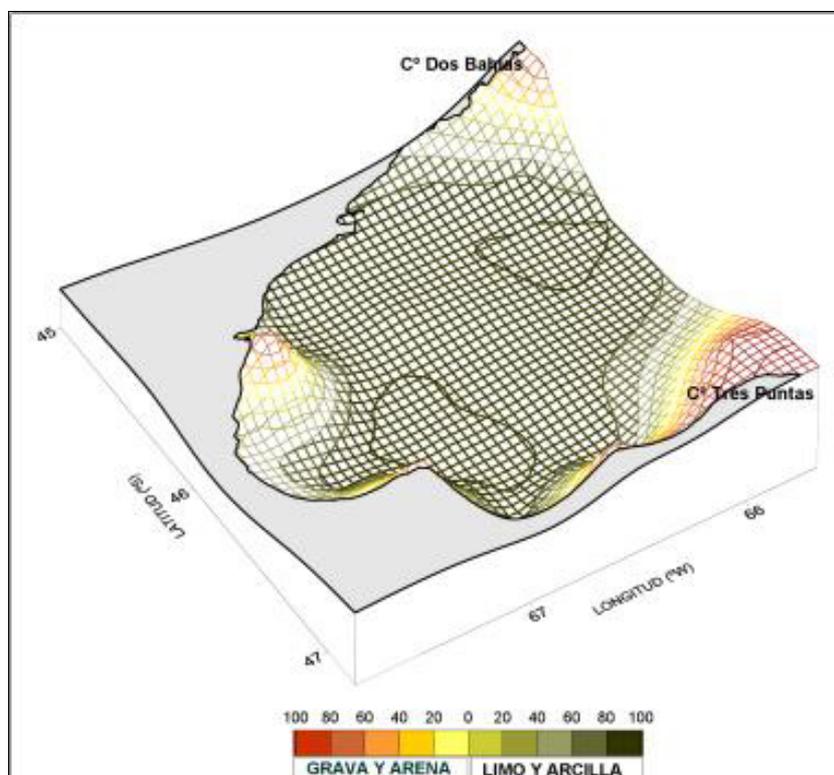


Figura 19: Granulometría del golfo San Jorge (Extraído de Fernández 2006)

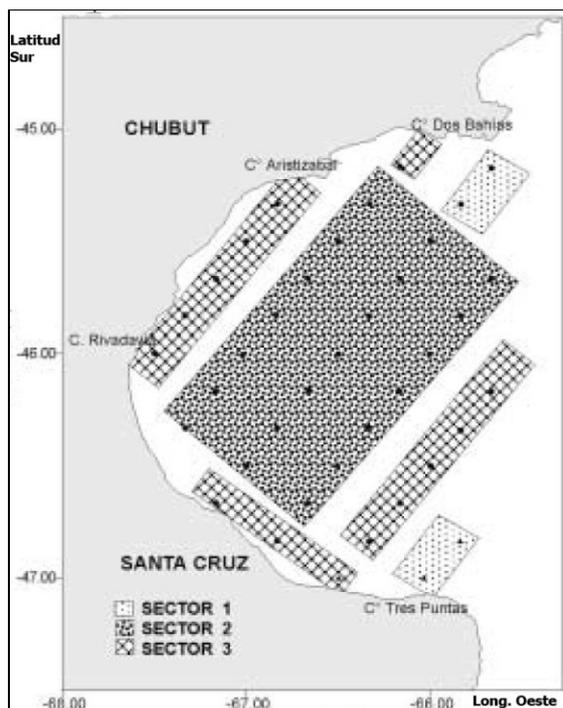


Figura 20: Sectores dentro del golfo San Jorge: (1) Erosivo (2) Depositional (3) Transicional (Extraído de Fernández y col. 2003)

Los sedimentos de los fondos marinos registrados en campañas costeras aledañas a Comodoro Rivadavia son de arena fina a gruesa (Fernández 2006), prospecciones que concuerdan con lo observado durante los muestreos realizados en la presente investigación.

Analizando los movimientos de las masas de agua, se estableció que las corrientes de la plataforma argentina patagónica están gobernadas principalmente por efecto de los fuertes vientos y las mareas (Palma y col. 2004). Observaciones realizadas mediante correntómetros *in situ*, en la plataforma interna a menos de 50 m de profundidad, dieron como resultado que el 90% de la energía cinética del agua era debida al efecto de las mareas (Rivas 1997). Tonini y col. (2006) desarrollaron un modelo de corrientes tridimensional de alta resolución (3 km) donde consideran como forzantes el viento invariante y el efecto de las mareas (Fig. 21). Las mareas describen un movimiento de las partículas de agua de tipo elipsoidal que se modifica de acuerdo a la ubicación dentro del golfo, tanto en su grado de aplastamiento como en su sentido de circulación. Las corrientes residuales de marea circulan en dirección antihoraria (indicadas en color rojo) con una velocidad promedio de unos 2 cm/s en el centro del golfo. La intensidad de las corrientes se incrementa hacia los extremos del golfo, en cabo Tres Puntas y cabo Dos Bahías, donde el modelo describe corrientes del orden de los 5 cm/s, que según los autores se deben al efecto de la geomorfología costera.

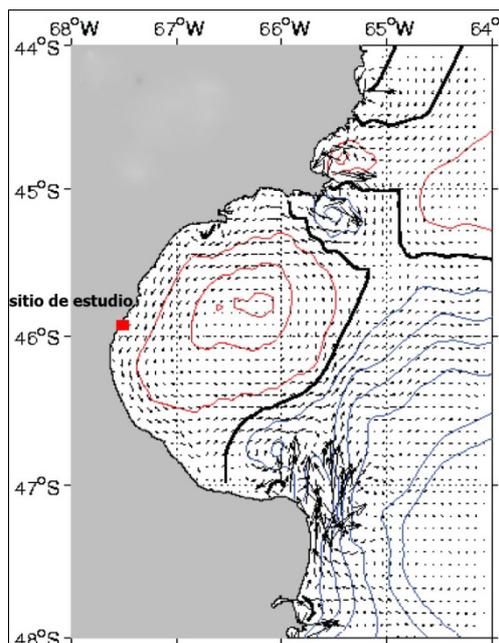


Figura 21: Corrientes residuales de marea en el golfo San Jorge (Adaptado de Tonini y col. 2006).

Según Palma y colaboradores (2004), el efecto de los vientos predominantes del oeste, producen un sentido de circulación media de dos giros opuestos que dividen al golfo en dos mitades, el sector norte exhibe un giro horario y el sur un antihorario.

El viento en contacto con la superficie del mar a lo largo de la extensión oeste-este del golfo forma una depresión en las zonas costeras (Tonini y col. 2006); esta depresión es mayor en la región sur del golfo (Fig. 22), generando una corriente residual subsuperficial en dirección al sur. En las zonas profundas del golfo, la circulación se ve afectada por la dinámica de Ekman, describiendo un sentido de circulación hacia el Noreste (antihorario). La resultante de estos dos movimientos es una circulación media antihoraria en el sector sur del golfo del orden de los 0,26 Sverdrups (Piola y col. 2004) (Fig. 23). Por otra parte, la intensidad del viento sobre la superficie del mar a lo largo de la extensión del golfo, provoca un transporte a altas velocidades del agua superficial en sentido oeste-este (12.5 cm/seg) y una recirculación en sentido inverso y de menor magnitud en el agua del fondo (Fig. 24).

En resumen, el patrón de circulación del agua superficial del golfo es hacia el este o noreste por efecto del viento, mientras que el agua del fondo describe una circulación antihoraria hacia la costa en la región sur, provocando zonas de surgencias costeras. En la mitad norte del golfo, las masas de agua se mueven en sentido horario por efecto de la configuración de la costa norte en cabo Dos Bahías, que establece gradientes menores de elevación y provoca una circulación horaria del agua del fondo que compensa los gradientes generados por el viento de dirección oeste-este.

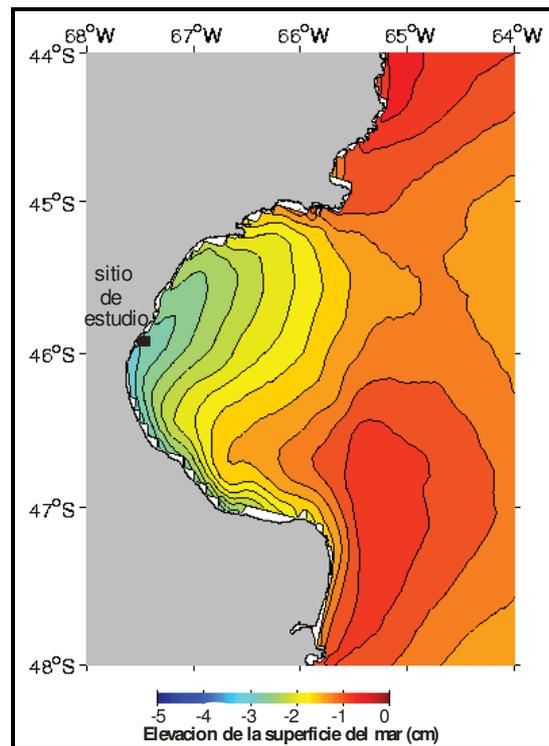


Figura 22: Elevación de la superficie libre del mar por efecto de vientos del sector oeste en el golfo San Jorge (Adaptado de Tonini y col. 2006)

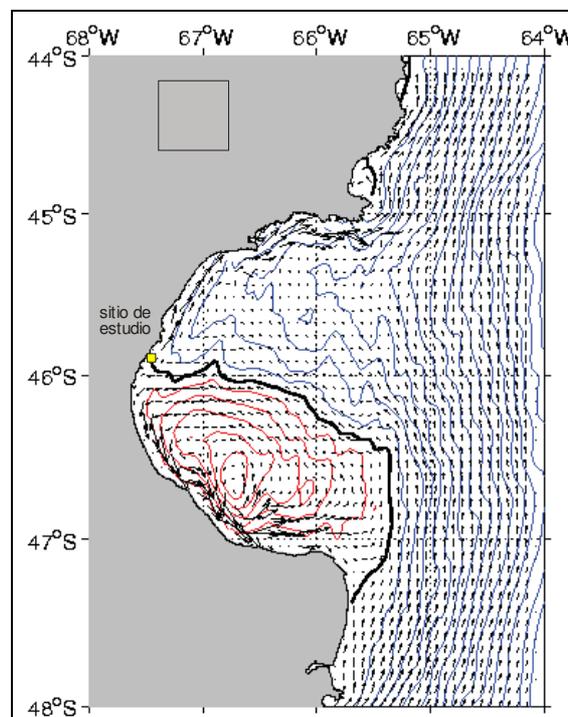


Figura 23: Líneas de circulación dentro del golfo San Jorge. Rojo, sentido antihorario. Azul, sentido horario (Adaptado de Tonini y col. 2006)

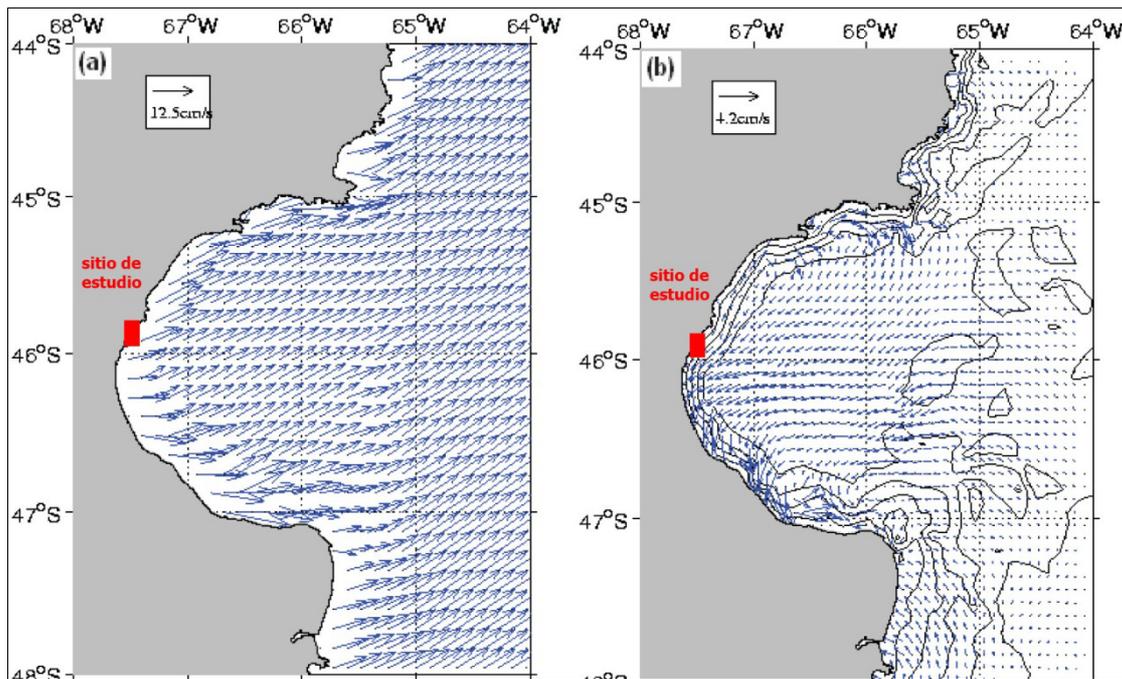


Figura 24: Modelo de desplazamiento del agua superficial (a) y el agua del fondo (b) por efecto forzante del viento en el golfo San Jorge (Adaptado de Tonini y col. 2006)

Sitio de experimentación

Las pruebas experimentales de la presente tesis se realizaron en Km 3 y Playa Belvedere, ubicados en $45^{\circ}50'12.21''$ S. y $67^{\circ}26'3.27''$ O. y $45^{\circ}59'12.13''$ S y $67^{\circ}33'17.45''$ O respectivamente (Fig. 25). Ambos sitios se hallan bajo el área de influencia del municipio de Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut.

En las figuras 25 y 26 se puede apreciar el primero de ellos, Km 3, ubicado al noreste del puerto de Comodoro Rivadavia. Presenta características de mayor exposición al oleaje y a los efectos de las corrientes por ausencia de barreras geomorfológicas costeras en su entorno cercano. El sitio de trabajo se ubica a 15 m de profundidad en relación a las mareas medias del sector. El fondo está compuesto por arena fina y gruesa y en algunos sectores se vislumbra un sector de la plataforma de abrasión subyacente. En los eventos de tormenta, este sitio presenta un elevado impacto de las ondas de propagación, que resulta en importantes velocidades de desplazamiento de agua en el fondo.

En relación a los organismos macrobentónicos observados durante los muestreos, se pudo apreciar una escasez general de organismos. El principal grupo registrado es el de los crustáceos, encontrándose mayoritariamente individuos de langostilla (*Munida gregaria*) en su forma bentónica; en menor proporción se observaron especímenes de cangrejo araña (*Eurypodius latreillei*), cangrejo tractor, (*Peltarion spinosulum*), y aisladamente algunos

ejemplares juveniles de centolla (*Lithodes santolla*). Se observaron individuos de *Renilla sp.* (*Cnidaria Pennatulacea*) con una abundancia baja a media.



Figura 25: Ubicación de los sitios de muestreo

El efecto de exposición de este sitio es reflejado en el tipo morfodinámico de las playas que se hallan en línea recta perpendicular a la costa, a unos 2300 m del sitio de muestreo (Fig. 27). Están compuestas por canto rodado de tamaño variable y es posible apreciar una pronunciada pendiente a través de la longitud del intermareal. El mismo posee unos 50 m de extensión y promueve la formación de olas de considerable altura, que aparecen repentinamente sin formar un tren de olas definido. La zona de rompientes es reducida y turbulenta, y las olas llegan a la costa con una elevada energía que, sumada al factor del tipo de sustrato, no permite el asentamiento de poblaciones permanentes en el intermareal.

Unos 15 km al sur, en el sitio de Playa Belvedere, las condiciones son distintas. Las playas que se encuentran a unos 1600 m hacia el oeste del sitio de estudio (Fig. 28 y 29) son de tipo morfodinámico disipativo (Isla y col. 2002), caracterizadas por su baja pendiente, compuestas por arena, con una zona amplia de rompiente y disipación de olas y una distancia intermareal de unos 300 m. En ellas se encuentran numerosas poblaciones de organismos excavadores.



Figura 26: Vista hacia el oeste del desde el sitio de experimentación Km 3



Figura 27: Vista bilateral de la playa de Km 3

Hacia el norte del sitio de muestreo, a unos 1800 m, se halla la denominada Punta del Marqués (Fig. 28 y 29), una barrera geomorfológica importante que penetra unos 2300 m en el mar,

modificando el comportamiento hidrodinámico costero y que le da al sitio menor exposición al oleaje.

Por otra parte, tanto la riqueza y abundancia específicas son diferentes, encontrándose una gran biomasa de crustáceos, fundamentalmente de bogavante (*Munida gregaria*) en sus dos hábitos o morfos, pelágico (Fig. 30d) y bentónico (Fig. 30b) según la época del año, centolla (*Lithodes santolla*) (Fig. 30b), cangrejo araña decorador (*Eurypodius latreillei*) (Fig. 30a), cangrejo tractor (*Peltarion spinosum*) (Fig. 30c), cangrejo araña (*Leurocyclus tuberculatus*); cangrejo nadador (*Ovalipes trimaculatus*) y langostino (*Pleoticus muelleri*) (Fig. 30f).

Dentro del grupo de los cnidarios se halla en gran abundancia *Renilla sp.* (Fig. 30e) y como representantes de los moluscos, se ha identificado un banco extenso y abundante de almeja navaja (*Ensis macha*), y uno de menor abundancia y más costero de almeja blanca o almeja rayada, (*Leukoma antiqua* antes denominada *Ameghinomya antiqua*). Existen individuos ligados a la presencia de alimento esporádico producto de las arribazones de las tormentas y que son de frecuencia rara o muy rara, como el grupo de los nudibranchios (indeterminados), las de estrellas de mar (*Cosmasterias lurida*) (Fig. 31c) y del caracol carroñero (*Buccinanops globulosum*) (Fig. 31d). Frecuentemente se encuentran lobos marinos de un pelo (*Otaria flavescens*) (Fig. 31b), que provienen de un asentamiento permanente en la Punta del Marqués. También aparecen esporádicamente toninas overas, (*Cephalorhynchus commersonii*) (Fig. 31a), que circundaban el área mientras se realizaban las tareas de muestreo.

Cabe aclarar que las especies o grupos mencionados no representan la totalidad de los organismos presentes en el área de estudio, sino aquellos que fueron registrados directamente durante la extracción de las muestras.



Figura 28: Playa Belvedere, vista noroeste desde Punta del Marqués



Figura 29: Vista de Punta del Marqués desde el mar



Figura 30: Fauna presente en los sitios de muestreo (Fotografías del autor)

a: Cangrejo araña decorador (*Eurypodius latreillei*). **b:** Grupo de centollas juveniles (*Lithodes santolla*) alimentándose sobre el cadáver de un cangrejo araña (*E. latreillei*) y, en la periferia, numerosos individuos de langostilla (*Munida gregaria*). **c:** Pareja de cangrejo tractor (*Peltarion spinosum*) en copula **d:** Enjambre de langostilla (*M. gregaria*), en su fase pelágica. **e:** *Renilla* sp. **f:** Langostino *Pleoticus muelleri*

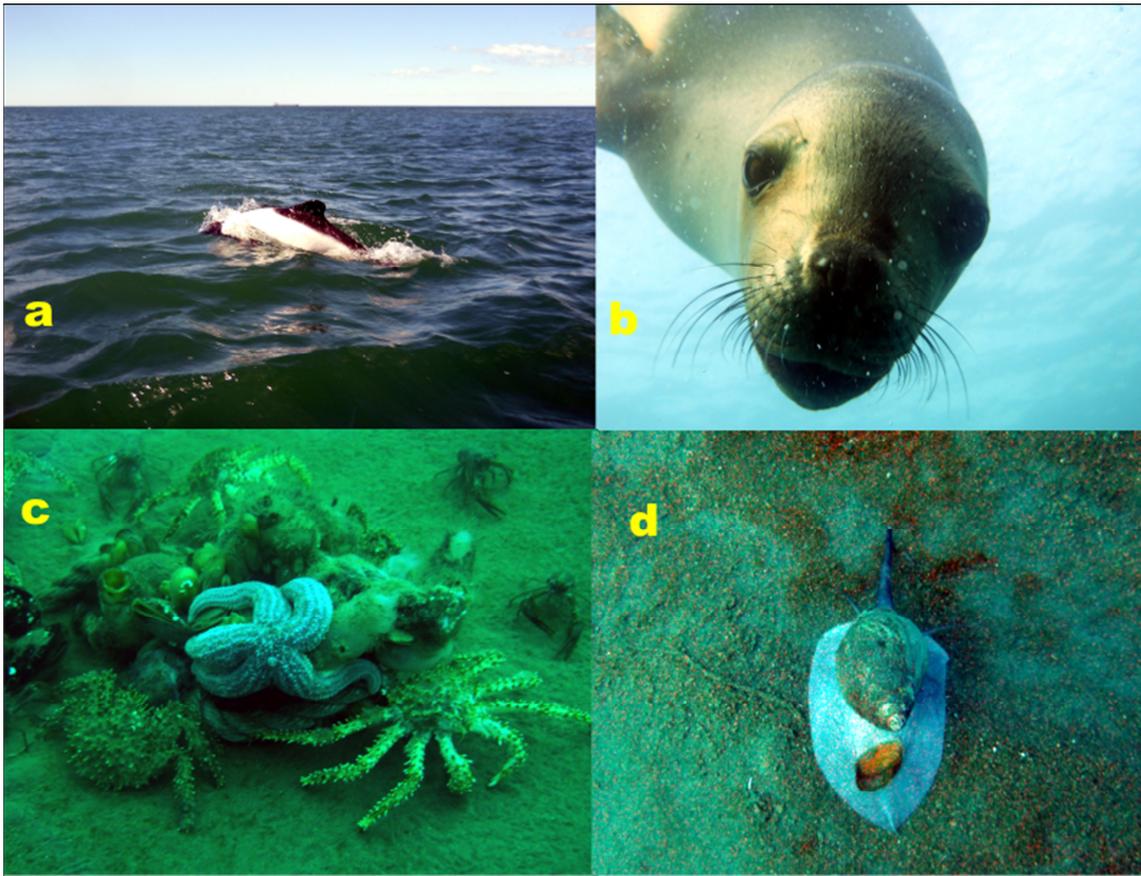


Figura 31: Fauna presente en los sitios de muestreo. (Fotografías del autor).

a: Tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*). **b:** Lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*). **c:** Estrella de mar (*Comasterias lurida*) alimentándose (en el centro) de mejillón *Mytilus edulis platensis* proveniente de algún desprendimiento ocasionado por tormenta. También se observan ejemplares de centolla, langostilla y papas de mar. **d.** caracol carroñero (*Buccinanops globulosum*).

IV. Materiales y Métodos

Se trabajó en un sector de mar cercano a la ciudad de Comodoro Rivadavia durante un periodo de 15 meses, desde septiembre de 2012 a noviembre de 2013, en los dos sitios descriptos anteriormente en la sesión “área de estudio”. Las tareas ejecutadas fueron:

1. Diseño e instalación de líneas experimentales

Se instaló en cada sitio un *longline* experimental subsuperficial, de una longitud efectiva de 10 m, colocado a una profundidad de aproximadamente un metro por debajo de la altura de las mareas de sicigia; a fin de disminuir el efecto de los cambios de tensión sobre las cuerdas colectoras, como consecuencia del movimiento de las boyas provocado por las mareas y tormentas.

Para fondear la línea se utilizaron cubiertas de auto o camioneta rellenas de hormigón (Fig. 32). A cada cubierta se le atravesó un hierro de 10 mm de diámetro doblado en “U”, rodeado de una manguera plástica, con el fin de permitir la sujeción de la línea.



Figura 32: Fotografía de los fondeos utilizados para la línea.

El cabo utilizado para la construcción del *longline* fue de polipropileno trenzado, de 16 mm de mena (Fig. 33). La línea fue boyada debidamente en sus extremos y en su punto medio mediante boyas merluceras (Fig. 34). Cada extremo de la línea fue fondeado con un peso aproximado de 250 kg. La figura 35 es un esquema general del *longline* y los colectores colocados en él.



Figura 33: Cabo del *longline* utilizado.



Figura 34: Tarea de colocación del *longline* y su sistema de boyado.

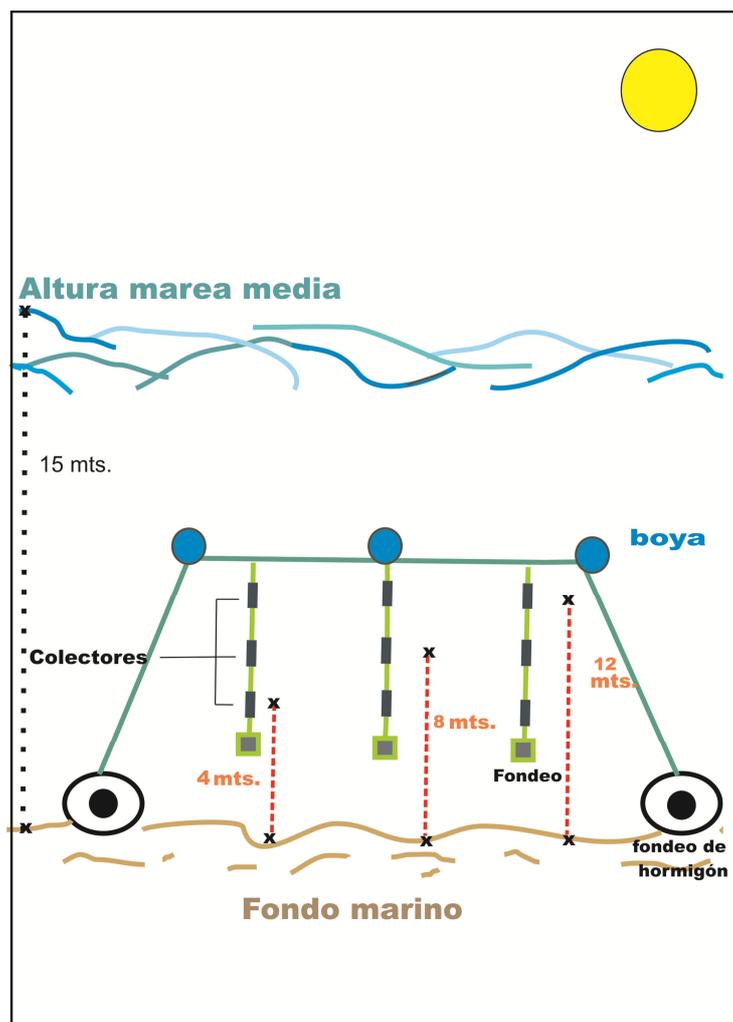


Figura 35: Esquema del sistema, sus componentes y profundidades de colocación.

La maniobra de colocación de la línea fue realizada mediante una embarcación neumática semirrígida (Fig. 36 y 37) y las tareas subacuáticas de acondicionamiento, por buceo autónomo (Fig. 38 y 39).



Figura 36: Secuencia de colocación de fondeos en la embarcación.

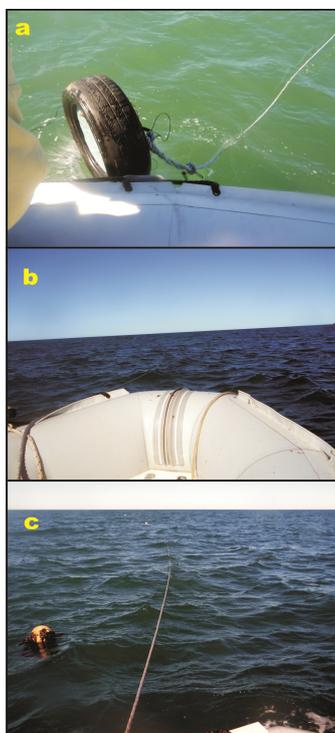


Figura 37: Acciones secuenciales de la maniobra de instalación del sistema
a: Colocación de fondeo. **b y c:** Tensado de la línea en marcha reversa.

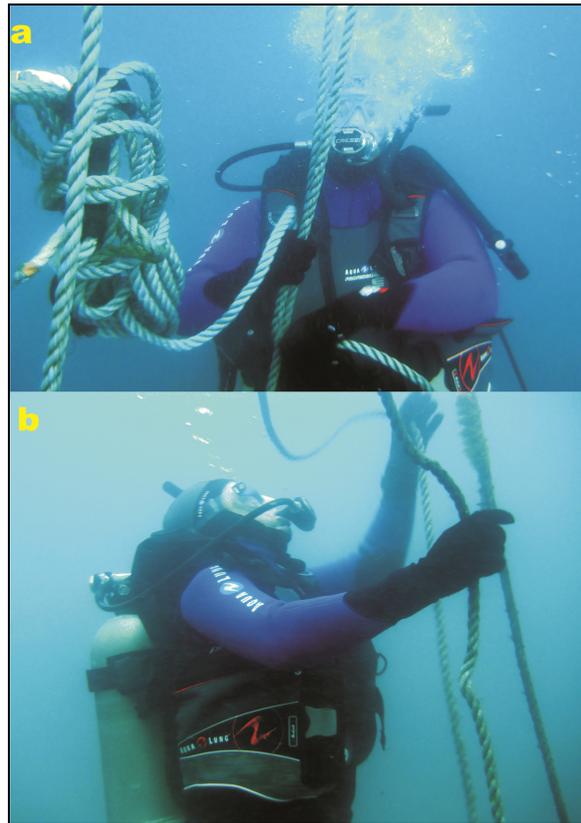


Figura 38: Imágenes subacuáticas (a y b) del trabajo de colocación del sistema.

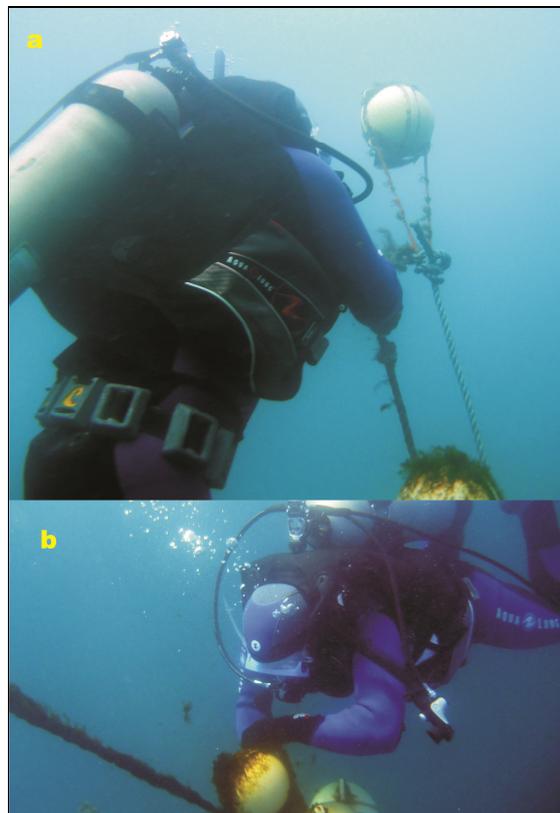


Figura 39: Imágenes subacuáticas (a y b) de la maniobra de colocación de boyas.

2. Extracción de muestras de agua

Mensualmente se extrajeron tres muestras de agua en cada uno de los sitios para el análisis del contenido de materia orgánica con la metodología descrita en Strickland & Parsons (1965). Las muestras fueron pasadas por filtros de microfibras de vidrio de 47 mm marca Munktell. Posteriormente fueron secados en estufa hasta alcanzar peso constante y calcinados en mufla a 550° C durante 48 hs. El contenido de materia orgánica total (MOT) expresado en mg/l se calculó según la siguiente fórmula:

$$\text{MOT: (PFS – PFM)/ Vol}$$

Donde:

MOT: materia orgánica total

PFS: Peso filtro seco

PFM: Peso filtro extraído de la mufla

Vol: Volumen de agua de mar filtrada

Se calculó el promedio de materia orgánica total y esta información fue posteriormente utilizada en un modelo explicativo para el fenómeno de captación postlarvaria.

3. Relevamiento de variables ambientales y análisis exploratorio

Mensualmente se registraron los valores de temperatura del agua de mar, salinidad y total de sólidos disueltos con una sonda multiparámetro marca YSI 556 MPS. La concentración mensual promedio de clorofila *a* se estimó a partir de imágenes satelitales de Modis aqua 4 km. Estos datos sirvieron para realizar un análisis exploratorio del comportamiento de las variables relevadas y la generación de un modelo explicativo del fenómeno de captación.

Para analizar el comportamiento *in situ* de las corrientes, se instaló un correntómetro Doppler marca Argonaut XR modelo E 2120 en cada uno de los dos sitios de estudio durante un ciclo de marea completo (Fig. 40). El aparato fue configurado de modo tal que producía un registro de velocidad y dirección de corrientes cada cinco minutos. En líneas generales funciona con un sistema de ultrasonido que realiza lecturas en diferentes celdas de detección de variables. Estas celdas fueron programadas para producir lecturas de velocidad promedio de la corriente (m/s) y su dirección a tres rangos de profundidades. La primera de ellas fue a 4,5 m de elevación desde el fondo; la siguiente capa, de los 4,5 a los 8 m y, la tercera celda, desde los 8 a los 11,5 m.

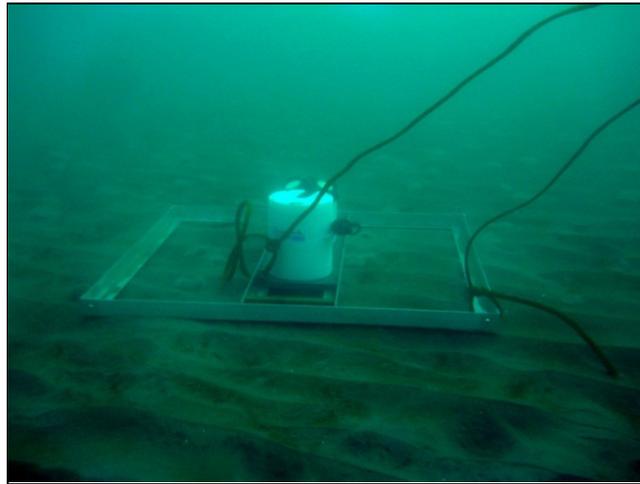


Figura 40: Fotografía que muestra el correntómetro instalado en el fondo marino.

4. Muestreo y análisis de mejillones

Se muestrearon mensualmente 30 individuos de mejillón adulto de tallas variables y se los conservó en una solución de formol al 5% hasta su procesamiento; se midió la longitud de cada uno de ellos (distancia entre el umbo y el borde posterior) (Fig. 41), se les extrajo el tejido blando (Fig. 42) que se secó en estufa a 65° C hasta alcanzar peso constante. Las variaciones de los pesos secos se consideraron como indicadoras de pérdidas de tejido por liberación de los productos sexuales (Dare 1976, Lutz y col. 1980, Vinuesa 1978). Este procedimiento fue usado en la zona de estudio por Zaixso y col. (2009).

El peso seco se utilizó como posible variable explicativa para el modelado del fenómeno de asentamiento, asumiendo que los meses que presentaron una diferencia significativa en el peso seco de los individuos, son posibles indicadores de evacuación gamética.



Figura 41: Imagen de mejillón en vista interna, que muestra la distancia medida como largo total.



Figura 42: Imagen de los mejillones, previo a su ingreso en estufa de secado.

Métodos estadísticos de análisis del ciclo reproductivo a partir de los pesos secos

El ciclo reproductivo de *M. edulis* fue inferido a través del seguimiento mensual del peso seco corporal durante el periodo de estudio. Se analizó la existencia de diferencias significativas en los pesos secos (PS) medios mensuales de los mejillones utilizando un modelo de ANCOVA de un factor con pendientes heterogéneas, considerando como covariable el largo total (LT) de los mejillones y como factor el mes del año. Tanto la variable respuesta (PS) como la covariable (LT) fueron transformadas a logaritmos naturales para linealizar la relación funcional entre ellas y homogeneizar las varianzas. Este modelo ajusta el efecto del tamaño corporal sobre el peso seco a través de procedimientos de regresión lineal. La elección del ANCOVA de pendientes heterogéneas se basó en la ausencia de homogeneidad de pendientes de las rectas de regresión mensuales ($p < 0,001$), siguiendo los procedimientos indicados en trabajos previos (Quinn & Keough 2002; Rutherford 2001).

El modelo de regresión ANCOVA de pendientes heterogéneas es una alternativa al ANCOVA tradicional cuando las pendientes tienen esta condición; es un modelo que provee una mejor representación de las relaciones de la variable y sus influencias, provocando una predicción con mayor exactitud. Maxwell and Delaney (2004) evaluaron los costos y beneficios de la aplicación de un ANCOVA de pendientes heterogéneas en relación con el tradicional ANCOVA y sugieren que debería existir una tendencia a favor de la aplicación de los modelos heterogéneos (Rutherford 2001).

Para verificar cambios mensuales progresivos en los pesos secos ajustados, se realizaron contrastes no ortogonales entre medias ajustadas sucesivas ("repeated GLM univariate non-

orthogonal contrasts”), ajustando el nivel de significación según el método Dunn Sidak, con el objeto de reducir el incremento del error tipo I (Quinn & Keough 2002).

La normalidad de los residuales fue analizada a través de métodos gráficos (Q-Q) y la prueba de Shapiro-Wilks, mientras que la homogeneidad de varianzas se analizó utilizando la prueba de Levene (Sokal & Rolf 1995).

Para detectar sincronismos entre el peso seco y otros factores ambientales, se realizó un análisis de correlación cruzada con análisis de corrimientos temporales (*lags*) entre la media ajustada del peso seco mensual y los elementos analizados. Los factores ambientales utilizados fueron: (1) temperatura del agua de mar, (2) concentración de clorofila *a* y (3) concentración de materia orgánica. Para el cómputo de estos análisis se utilizó el programa informático Statistica 7.

5. Confección y colocación de colectores

Los colectores fueron construidos con red media sombra, plegados sobre un cabo y sujetos con precintos debidamente tensionados (Fig. 43). Cada cabo medía 12 m y contenía tres colectores a tres profundidades definidas, tomando como nivel de referencia el fondo marino: a los 4, 8 y 12 m del fondo. En el extremo de mayor profundidad de cada cabo se colocaron pesos de 4 kg. Para una mejor visualización de la disposición de los colectores ver la figura 35.



Figura 43: Secuencia fotográfica (a-d) de preparación de colectores.

Para evitar el efecto de la interacción de los componentes de origen plástico sobre la fijación de postlarvas y favorecer la posterior generación de biofilm sobre la superficie de los colectores (Qian y col. 2007, Satuito y col. 1997), la media sombra fue colocada en el mar

durante un mes, provocando el comúnmente denominado efecto de “marinización”. El estudio de captación se realizó con colectores que permanecieron sumergidos por un periodo de dos meses. En la figura 44 se aprecia una secuencia grafica de la sucesión ecológica de dos meses en los colectores colocados en el mar. Este caso en particular corresponde a colectores colocados a fines de verano.

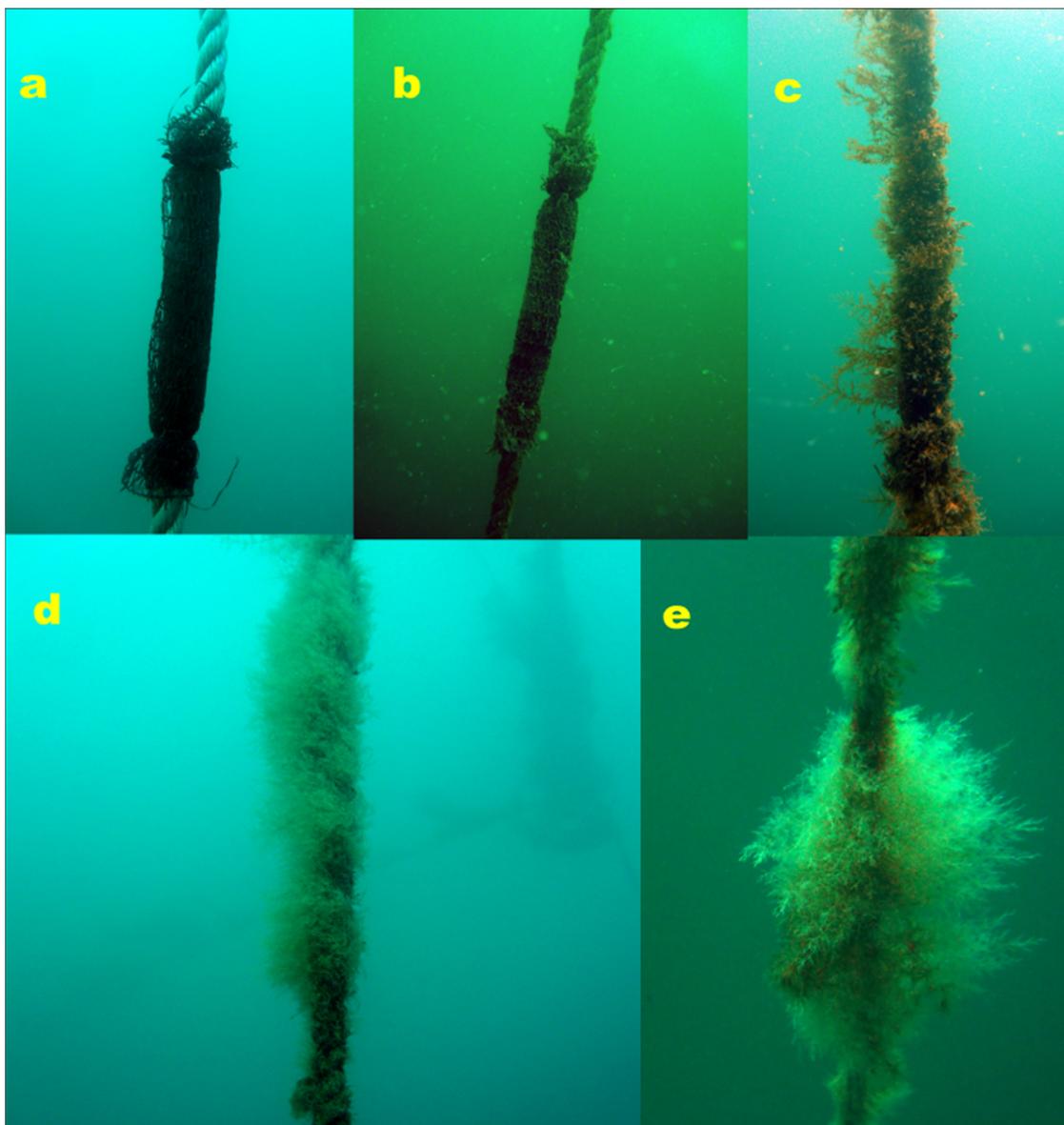


Figura 44: Sucesión ecológica dentro del colector a lo largo del tiempo.
a: recién colocado. e: a dos meses de colocado.

6. Extracción de colectores

Cada mes se extrajo un *set* de colectores colocado dos meses antes y se instaló otro que permanecería sumergido durante dos meses, para extraerlo, cumplido ese lapso. De esta

manera, el tiempo de permanencia en el agua de los colectores permitía el asentamiento y el crecimiento de postlarvas, que luego serían más fácilmente identificables. Todos los meses los colectores fueron muestreados mediante buceo autónomo. En las figuras siguientes se puede observar la diferencia de fauna adherente de un colector recién colocado en el mar, con el que ha permanecido sumergido por dos meses. Las figuras 45 y 46 pertenecen a colectores colocados durante fines de verano (a la derecha en la imagen). Las figuras 47 y 48 pertenecen a colectores colocados a principios del verano.

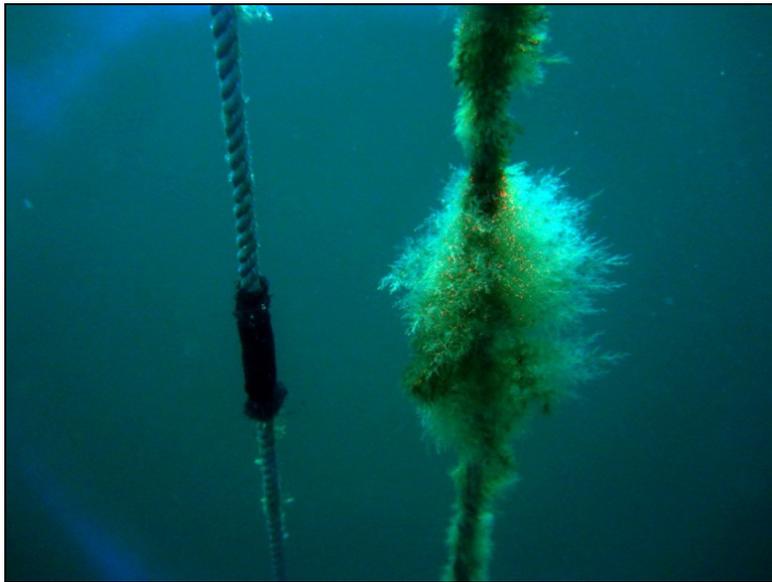


Figura 45: Fotografía subacuática de un colector recién colocado en el mar (izq.) y al ser extraído (der.)

7. Procesamiento de colectores

Los colectores extraídos en cada muestreo fueron congelados a 20° C hasta el momento de su procesamiento, que consistió en el lavado de la red y tamizado a 250 μm . Las partículas retenidas en el tamiz fueron conservadas en alcohol 70%. El análisis de las muestras se realizó mediante la observación bajo lupa binocular de 32 X de aumento. Las postlarvas encontradas fueron separadas para su identificación, conteo y medición. Por otra parte se separaron los restantes organismos integrantes del *fouling*, para su posterior agrupamiento taxonómico.



Figura 46: Fotografía subacuática de un colector en detalle, recién colocado en el mar (izq.) y al a ser extraído (der.)



Figura 47: Fotografía de un colector extraído para su procesamiento



Figura 48: Fotografía de un colector extraído (izq.) y un colector a ser colocado (der.)

7.1 Identificación postlarvaria

La identificación de las postlarvas se llevó a cabo siguiendo las pautas de Ramorino & Campos (1983) (Fig. 49). Se consideró como criterio identificación anexo la presencia de “pelos” ubicados en la parte exterior de las valvas de las postlarvas. Dichos pelos son considerados un posible criterio de sistematización según Dixon (1995), quien demostró a través de análisis genéticos la presencia de este carácter en el género *Mytilus*, característica que no se manifiesta en otros mitílidos presentes en el sitio de estudio y que permitió una apropiada diferenciación cuando los individuos tenían un tamaño apropiado.

En ausencia de la mencionada característica, situación frecuente en los individuos menores a las 400 μm de longitud, se procedió a la observación en mayor detalle de las postlarvas sin identificar, evaluando en primera instancia la presencia de mancha ocular y, si la misma no era evidente, mediante microscopía electrónica para el análisis charnelar y las características valvares. Para este análisis los individuos fueron colocados en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 5%, para digerir los tejidos internos y los ligamentos larvarios. Las valvas libres de restos orgánicos fueron observadas en el microscopio electrónico.

A modo de síntesis, pueden mencionarse algunas características distintivas de las postlarvas de mejillón, que permitieron su identificación en relación individuos de otras especies:

- ✓ Presencia de pelos en el periostraco
- ✓ Presencia de mancha ocular
- ✓ Longitud de la prodisoconcha II mayor a $250\ \mu\text{m}$ y forma ovalada
- ✓ Dientes provinculares bajos y finos
- ✓ Dientes posteriores II apenas insinuados o ausentes

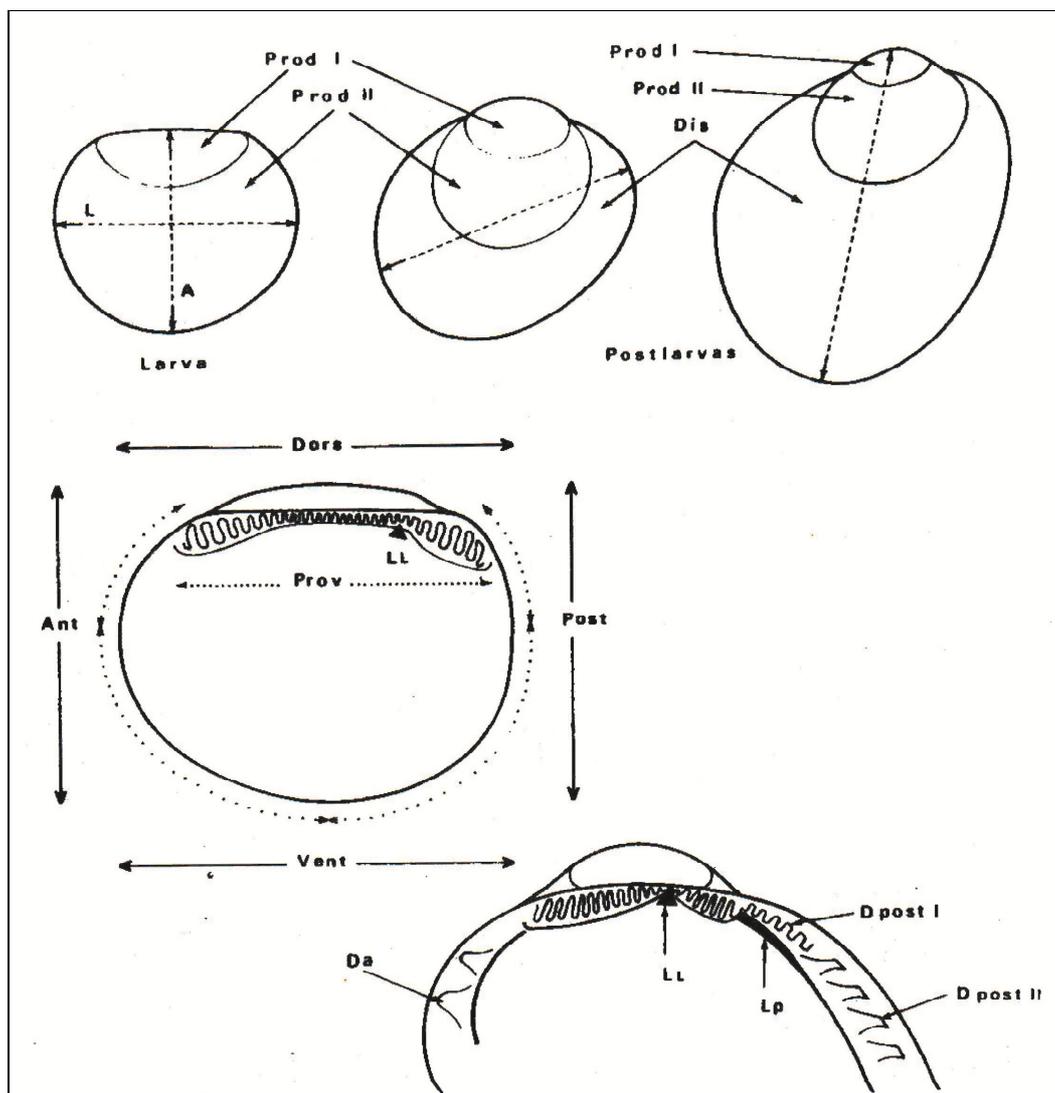


Figura 49: Esquema de las características de clasificación postlarvarias según Ramorino y Campos (1983)

Referencias:

Prod I (prodisoconcha I): Primer estadio de crecimiento con formación de concha en las larvas velígeres. No presenta líneas concéntricas y tiene forma de D.

Prod II (prodisoconcha II). Segundo estadio de crecimiento larvario que presenta líneas concéntricas de crecimiento.

Dis (disoconcha): Concha segregada a partir de la metamorfosis y asentamiento. Su inicio indica el fin de la vida larvaria. De textura y diseño diferente a las valvas de la etapa larvaria, reconocible por una marcada línea de crecimiento.

L (Largo): Dimensión mayor de las larvas y postlarvas, a medida que el animal crece, el eje de desplaza perpendicularmente al umbo.

A (alto): Máxima medida perpendicular al *provinculum* o charnela larval, referida únicamente a larvas.

Prov (provinculum): Llamado también charnela. Área media dorsal de la valva larval que lleva una serie de dientes. Conforme crece, los dientes de ambos extremos se hacen más grandes y aumentan en número.

LL (Ligamento larvario): Ligamento ubicado en el centro del provinculum, desplazado levemente atrás.

Lp (ligamento postlarvario): Ligamento que se extiende por debajo de los dientes posteriores de la disoconcha, cuando estos existen.

Dpost I (dientes posteriores I): Aquellos ubicados inmediatamente después del término posterior del provinculum.

D post II (dientes posteriores II): Dientes ubicados más allá del término del *provinculum*, a continuación de los dientes posteriores I cuando existen, o luego de un espacio sin dientes.

Dor: dorsal

Vent: ventral

Post: posterior

Ant: anterior

7.2 Tratamiento estadístico de los datos

Una vez producida la identificación y conteo de las postlarvas de mejillón, se trabajaron los datos a través de diferentes análisis estadísticos con fines particulares distintos, utilizando los programas Statistica 7 y SPSS 17.0.

Análisis del número de postlarvas captados en los sitios de estudio

Para evaluar si existían diferencias significativas en el número de animales captados entre los dos sitios de estudio y la interacción del fenómeno de captación con la profundidad, se efectuó un ANOVA de dos factores, considerándose como tales el sitio (Belvedere y Km 3) y la profundidad de captación. (4, 8 y 12 m) (Quinn & Keough 2002). Se trabajó con un nivel de significación de 0.05. Los datos fueron transformados a raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad del modelo, testeados a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente.

La normalidad de los residuales fue analizada a través de métodos gráficos (gráficos Q-Q) y prueba de Shapiro-Wilks.

Análisis de la distribución mensual de la captación

Con el objeto de comparar si existían diferencias significativas en el número de postlarvas captadas entre los meses que presentaron máxima captación, se trabajó con un diseño ANOVA de una entrada (Quinn & Keough 2002, Sokal & Rohlf 1995), considerando como factor el mes de captación y evaluando su comportamiento separadamente para cada uno de los sitios. Se

seleccionó un nivel de significación de 0.05 y los datos fueron transformados a raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (pruebas de Kolmogorov Smirnov y de Levene). Al igual que los anteriores análisis, la normalidad se testeó por gráficos Q-Q y el test se Shapiro Wilks.

Para detectar qué medias diferían entre sí, se utilizó en test *a posteriori* de Bonferroni con un nivel de significación de 0.01.

Análisis de la distribución de tallas de postlarvas asentadas

En primera instancia se realizó una estimación por intervalos mediante una prueba *t*, con una confianza del 95% para la media de la talla de las postlarvas asentadas (Sokal & Rohlf 1995). Para detectar la existencia de una relación significativa entre la profundidad de captación y la talla de las postlarvas captadas, se realizó un diseño ANOVA de un factor, considerando como tal la profundidad y comparando las medias de las tallas en las profundidades de trabajo. El análisis se realizó separadamente para cada uno de los sitios de estudio y considerando los meses de máxima captación. Se seleccionó un nivel de significación de 0.05 y los datos fueron transformados a raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (pruebas de Kolmogorov Smirnov y de Levene). Al igual que en los anteriores análisis, la normalidad se testeó por gráficos Q-Q y el test se Shapiro Wilks (Quinn & Keough 2002, Sokal & Rohlf 1995). Para identificar qué medias diferían entre sí, se utilizó un test *a posteriori* de Scheffé.

El mismo procedimiento, a partir de un ANOVA de un factor, considerando como tal al sitio, se utilizó para evaluar si existían diferencias significativas entre las tallas medias de las postlarvas asentadas en ambos sitios de estudio.

Finalmente se realizó un ANOVA factorial entre sitios y profundidades para detectar la existencia de diferencias en las medias de las tallas de las postlarvas captadas en ambos sitios de estudio a las diferentes profundidades. Se efectuó una prueba de Scheffé para identificar las medias de las tallas que diferían entre sí.

Modelo de asentamiento postlarvario

El patrón temporal en la captación de las postlarvas de mejillón y su relación con variables ambientales fue analizado con un modelo de regresión lineal múltiple. Los procedimientos utilizados y sus implicaciones teóricas fueron los propuestos por Neter y col. (1996) y Kleinbaum y col. (1988).

El supuesto de normalidad de los residuales fue analizado a través de métodos gráficos (gráficos Q-Q), mientras que el supuesto de linealidad de la variable dependiente y cada una

de las variables explicativas se realizó con el análisis de regresión parcial e identificando la existencia de comportamientos lineales de la relación entre las variables.

El modelo de regresión múltiple relaciona el número medio de postlarvas asentadas mensualmente (variable dependiente) con una serie de variables explicativas predictoras. En este caso, las variables explicativas incluidas en el modelo fueron la temperatura superficial media (T), la salinidad (S), la concentración de materia orgánica total (MO), la concentración de clorofila *a* (Cloa), el total de sólidos disueltos (TSD) y el peso seco medio de mejillón ajustado por el efecto del tamaño corporal y transformado logarítmicamente (PS). Tanto la concentración de clorofila *a* como los pesos secos medios ajustados fueron incluidos en el modelo incorporando corrimientos temporales o *lags*. Para la media de los pesos secos y la concentración de clorofila *a* se consideraron corrimientos temporales hacia adelante de uno o y dos meses (Cloalag2 y PS2), considerando que la presencia de las postlarvas en los colectores en un momento particular, podría ser explicada a través de una reducción de la media de los pesos secos ajustados previa al proceso de fijación. Asimismo, los máximos de concentración de clorofila *a* podrían tener una influencia retardada en el incremento de los pesos secos medios, la liberación gamética y por lo tanto en el periodo de fijación postlarvaria.

Se realizó una selección de variables tipo *backward* o hacia atrás para encontrar un modelo reducido que vinculase el número medio de postlarvas asentadas y las variables explicativas. Dicho procedimiento identifica las variables explicativas que no son significativas en el modelo y las elimina gradualmente mediante una secuencia de pasos. El resultado de este proceso de selección de variables es el denominado modelo reducido, según el cual la variable respuesta (número medio de postlarvas) es explicada solo por las variables predictoras relevantes en el asentamiento. Las probabilidades utilizadas para la inclusión o exclusión de variables del modelo (probabilidad de entrada y salida) fueron de 0.01 y 0.05 respectivamente. El procedimiento elimina aquellas variables que no modifican o influyen a la variable respuesta, realizando contrastes entre el modelo reducido y el modelo completo mediante pruebas de F (Neter y col. 1996). Cuando dicho contraste no es significativo, implica que la variable eliminada no agrega información al modelo general y por lo tanto debe ser descartada como variable predictora.

La colinealidad entre variables explicativas puede generar problemas en detectar cuáles son las variables del modelo reducido de regresión lineal y por lo tanto afectar la predicción de la variable respuesta. Para evaluar la existencia de colinealidad entre las variables predictoras se utilizaron tres criterios: El análisis del factor de inflación de la varianza (FIV), el valor del "índice de condición" (IC) y el número de "autovalor" (*eigenvalue*) estos últimos, resultantes de un

análisis de componentes principales de las variables explicativas. Todos ellos son indicadores de colinealidad y son utilizados de la siguientes manera, cuando el FIV es mayor a 10 implica que dicha variable presenta colinealidad, el índice de condición asume en estos casos valores mayores a 30 y los *eigenvalues* son cercanos a cero. Como análisis complementario y en concordancia con los análisis de colinealidad, se realizaron análisis de correlaciones cruzadas de Pearson para examinar qué variables estaban íntimamente relacionadas y de dicho par, se eliminaron las que no se consideraron de importancia biológica directa sobre el fenómeno de asentamiento de postlarvas.

El modelo de regresión múltiple planteado se efectuó para cada uno de los sitios estudiados, evaluando si se encontraban diferencias entre ambos y cuáles eran los factores ambientales que regulan el proceso de captación. El análisis estadístico se realizó mediante los programas SPSS 17.0 y Statistica 7.

V. Resultados

1. Identificación de las postlarvas de *Mytilus edulis platensis*

Las características mencionadas por Ramorino & Campos (1983) para *Mytilus chilensis*, se pueden observar en las postlarvas de *Mytilus edulis platensis* del área de Comodoro Rivadavia. Las figuras 50, 52, 53 y 54, obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido (MEB), muestran las características identificatorias para la especie: una hilera de dientes posteriores primarios, dientes secundarios no identificables, la presencia de un ligamento larvario y los dientes provinculares finos y bajos, la forma de la valva es ovalada y el umbo desplazado hacia adelante.

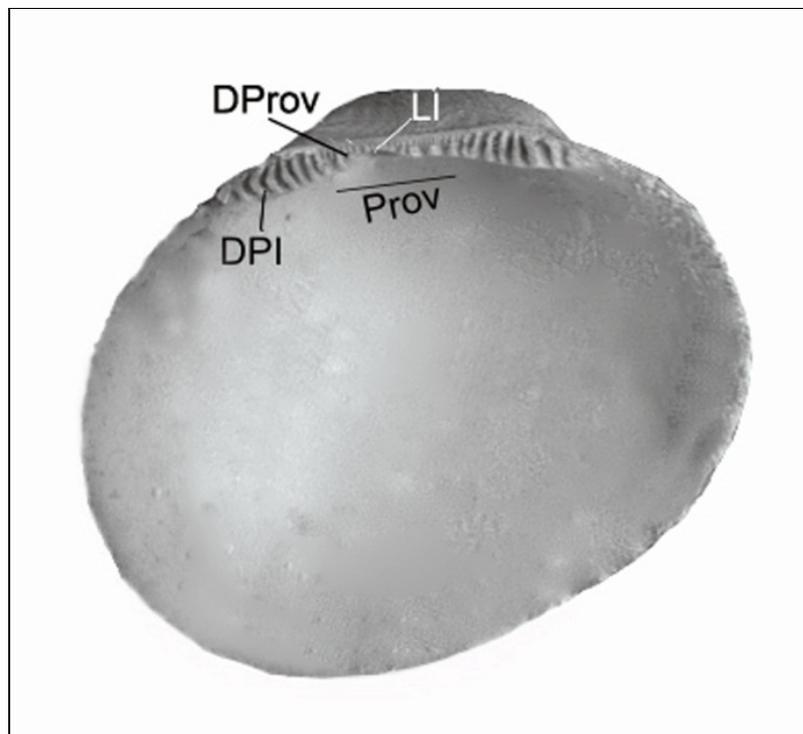


Figura 50: Imagen obtenida con microscopio electrónico de barrido de postlarva de *Mytilus edulis platensis* de 600 micras, indicando las estructuras utilizadas en la clasificación. LI: Ligamento larval. DPI: Dientes posteriores I. Prov: "Provinculum" o charnela. D Prov: Dientes provinculares o primarios

La mayor proporción de postlarvas asentadas en los periodos de máxima captación presentó un tamaño tal que permitió realizar la identificación a partir de la característica distintiva de la presencia de "pelos", ubicados en la parte exterior de las valvas. Se observó una estrecha relación entre el tamaño de las postlarvas y la presencia de esos pelos, que eran más frecuentes en los individuos de tallas superiores a 450 μm . La pequeña proporción de

postlarvas de tamaños menores fue identificada a través de la presencia de una mancha ocular, visible bajo lupa binocular (Fig. 51), y a partir de la medición de la prodisoconcha II cuando resultó necesario.

La diferenciación del estadio de prodisoconcha II se hizo notoria en las muestras analizadas, por una marca de crecimiento claramente diferenciable, desde la cual se percibe un cambio de textura. (Fig. 52). La longitud promedio de las prodisoconchas analizadas fue de 260 micrones.



Figura 51: Postlarva de mejillón *Mytilus edulis platensis* de 400 μm , con indicación de la mancha ocular. Fotografía obtenida bajo microscopio estereoscópico

En la región del umbo de las postlarvas (Fig. 53 y 54) se observan dos líneas concéntricas, la primera de las cuales correspondería a la prodisoconcha I, mientras que la segunda marca la prodisoconcha II, indicativa del momento en el cual se produce el asentamiento y el comienzo de la vida postlarval.

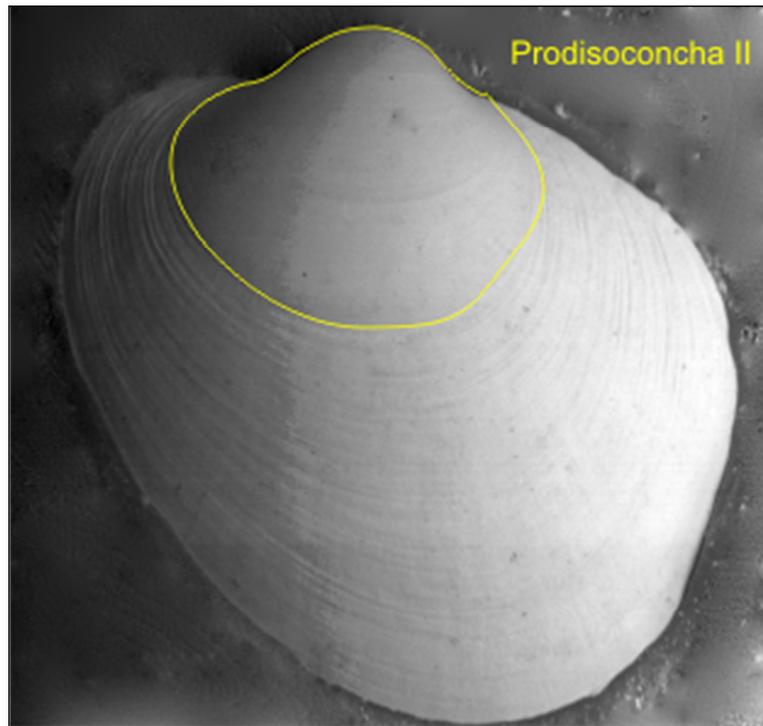


Figura 52: Imagen obtenida con microscopio electrónico de barrido de una postlarva de 600 μm de *Mytilus edulis platensis* en la que se remarcó el límite de la prodisoconcha II



Figura 53: Vista bajo MEB de una postlarva de *Mytilus edulis platensis* de 850 μm de largo total

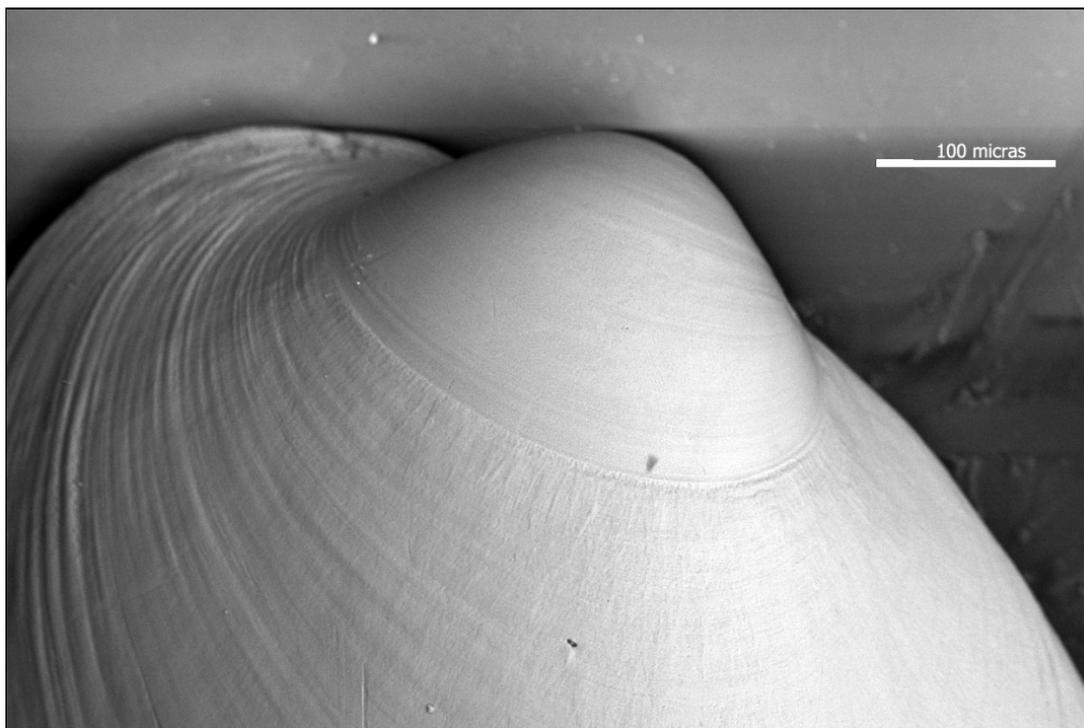


Figura 54: Detalle bajo MEB del umbo de una postlarva de *Mytilus edulis platensis*

a. Proyecciones periostracales o “pelos” adventicios

Los “pelos” que frecuentemente cubren las valvas de *Mytilus edulis platensis* del área de Comodoro Rivadavia (Fig. 55), están adheridos al periostraco mediante una base irregular.

La distribución de los pelos presentó un patrón relativamente uniforme a lo largo de las valvas de las postlarvas analizadas, observándose una disminución hacia el margen ventral. Su longitud fue variable, desde unos pocos micrones en individuos más pequeños, hasta unos 20 μm en individuos de tamaño cercano a 600 μm . La distribución de tallas de los pelos para una misma postlarva es heterogénea, presentándose diversos tamaños en toda su extensión. Las postlarvas con mayor tiempo de asentamiento presentaron pelos de mayor longitud.

Los pelos observados sobre las postlarvas estaban rodeados de material orgánico e inorgánico, formando una suerte de película continua a lo largo de la extensión de la valva. En las figuras 55 y 56 se observan estas acumulaciones, de mayor densidad en el borde dorso-posterior de la valva.

En las figuras 57 y 58 se ve en mayor detalle la estructura y forma de los pelos. En general la base presenta un ensanchamiento y se hacen progresivamente más finos hacia el extremo distal, donde presentan una torsión helicoidal



Figura 55: Postlarva de *Mytilus edulis platensis* de 1 mm de longitud y pelos adosados al periostraco



Figura 56: Postlarva de *Mytilus edulis platensis* con pelos adosados al periostraco (individuo de 900 µm)

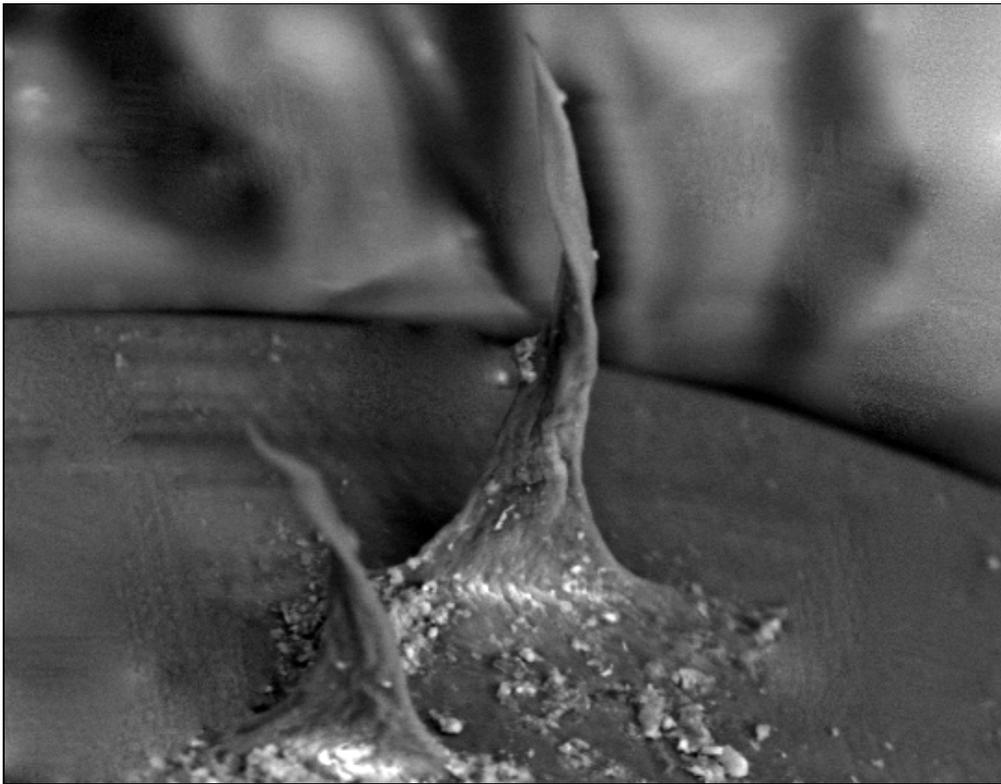


Figura 57: Detalle de pelos adosados al periostraco. Aumento: 850X

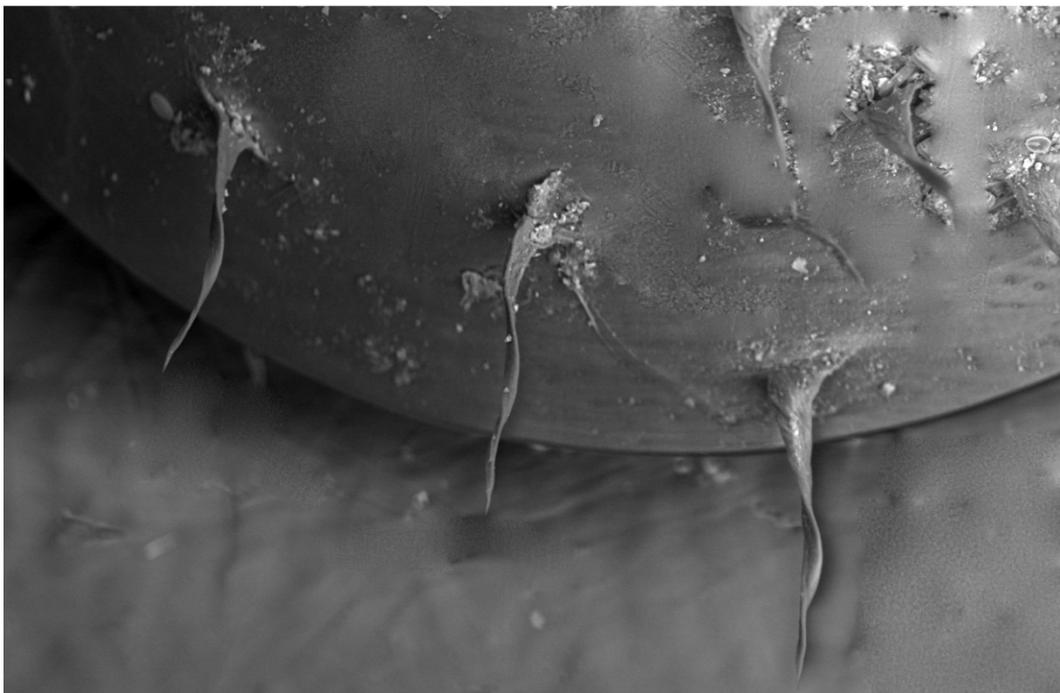


Figura 58: Detalle de pelos adosados al periostraco. Aumento: 300X

Las figuras 59 y 60 son fotografías bajo lupa binocular de una postlarva de mejillón en distintos ángulos, para mostrar la posición de los pelos adosados al periostraco.



Figura 59: Postlarva de mejillón *Mytilus edulis platensis* de 800 μm de longitud



Figura 60: Postlarva de mejillón *Mytilus edulis platensis* de 850 μm

b. Interferentes biológicos

Durante el estudio de captación se observaron organismos de diferentes grupos adheridos a los colectores. En primer lugar se distinguió la formación de un *biofilm* compuesto posiblemente de diatomeas y bacterias, cuya composición no fue analizada. En los colectores extraídos se encontraron anfípodos, eufáusidos, isópodos, copépodos, foraminíferos, poliquetos (principalmente espirórbidos), algas verdes, pardas y rojas.

El grupo más abundante en los colectores, durante todo el año, fue el de los hidrozooos *Amphisbetia operulata* L. 1758. La mayor biomasa se asentó en los colectores durante los meses de verano. Estos organismos forman colonias de aspecto filamentososo que cubren a los colectores en su totalidad. Resultó evidente la diferencia de asentamiento de hidrozooos entre un colector que permaneció dos meses sumergido en el agua, en comparación con aquel que fue recientemente colocado (Fig. 61).

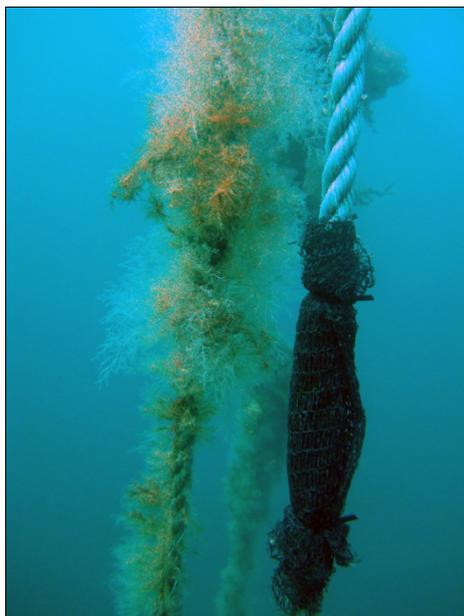


Figura 61: Colector luego de dos meses de inmersión (izquierda) y uno recién colocado (derecha)

Otros organismos adherentes de elevada importancia fueron las ascidias. En los colectores colocados entre septiembre y diciembre de 2012 se encontraron numerosos individuos, que alcanzaron tamaños de 2 a 3 cm al cabo de dos meses. Estos corresponden a las especies *Ciona intestinalis*, *Ascidella aspersa* y *Paramolgula gregaria*. De estas tres, la primera se observó en mayor cantidad, invadiendo los colectores en forma masiva. En una serie de colectores que permanecieron sumergidos de octubre de 2012 a marzo de 2013 en Belvedere, *Ciona*

intestinalis alcanzó tamaños de unos 5 cm de largo, formando un tapiz compacto que recubría toda la superficie de las cuerdas (Fig. 62).



Figura 62: Cuerdas colectoras invadidas por ascidias en Belvedere

2. Relevamiento y análisis de variables ambientales

A continuación se exponen los resultados obtenidos de la medición de las variables ambientales en los sitios de estudio para el periodo que abarca desde septiembre de 2012 al mismo mes de 2013.

La temperatura superficial del agua de mar presentó una distribución típica de aguas templado frías. Para el periodo septiembre 2012–2013 se observó un valor máximo en febrero de 15,81° C, al igual que para el promedio histórico (16,2° C); el mínimo valor se registró en septiembre de 2013 y fue de 8,03° C, mientras que la mínima temperatura promedio histórica se observa para el mes de agosto con 7,3° C (Fig. 63).

La salinidad presentó un rango de variación reducido, entre 34,00 y 34,24 ppm. El máximo alcanzado se registró en los meses de septiembre y octubre de 2012 y el mínimo durante enero de 2013. Durante el mes de marzo se observó un segundo pico de 34,23 ppm (Fig. 64).

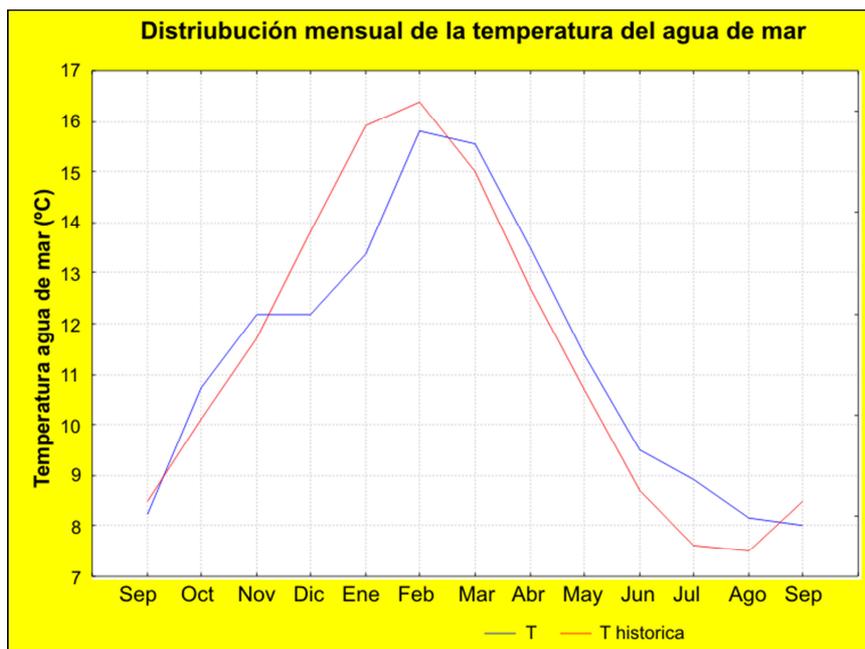


Figura 63: Distribución mensual de la temperatura superficial del mar. Período: septiembre 2012/2013 (trazo azul) y curva de promedio histórico (trazo rojo)

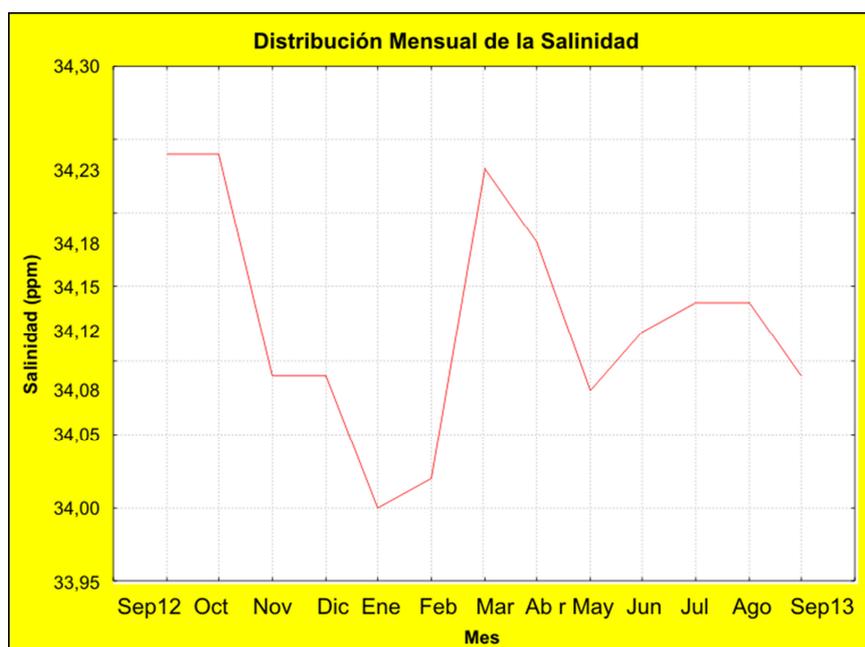


Figura 64: Distribución mensual de la salinidad del agua de mar. Período: septiembre 2012 /2013

El total de sólidos disueltos exhibió una distribución con máximos en los meses de septiembre del 2012 y 2013, de 34,14 y 34,04 g/m³ respectivamente. El registro mínimo ocurrió en el mes febrero (33,6 g/m³) (Fig. 65).



Figura 65: Distribución mensual del total de sólidos disueltos en el agua de mar
Período: septiembre 2012 /2013

La concentración de materia orgánica total presentó un máximo durante el mes de abril (25 g/m³). También se registraron valores elevados durante los meses de verano, en enero y febrero (20 g/m³), y en invierno, en julio (16 g/m³). El valor mínimo fue en septiembre del 2012 (Fig. 66).

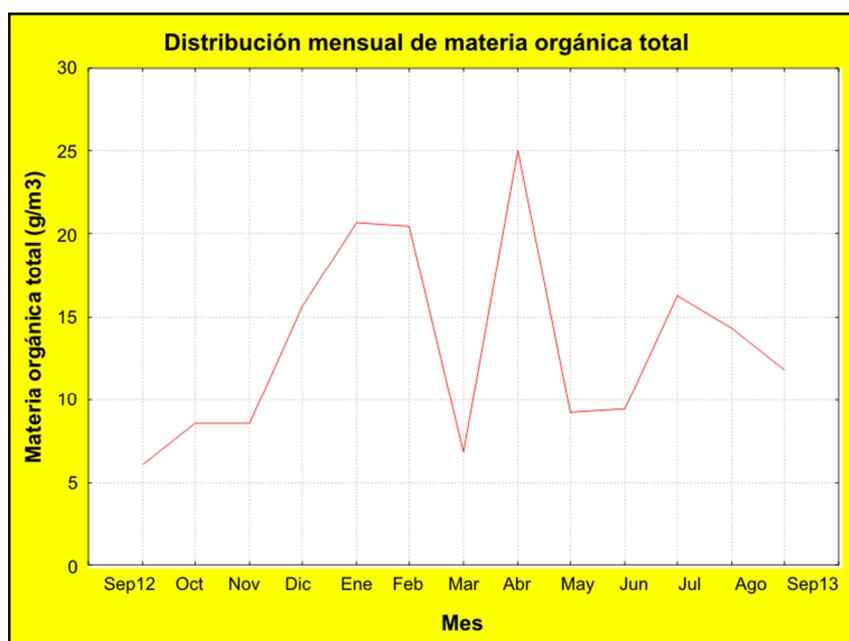


Figura 66: Distribución mensual de la concentración de materia orgánica total en el agua de mar
Período: septiembre 2012 /2013

La concentración de clorofila a presentó una distribución bimodal, con un pico máximo durante noviembre ($3,7 \text{ mg/m}^3$) y otro en abril ($3,5 \text{ mg/m}^3$). El valor mínimo registrado fue durante el invierno, en el mes de junio ($0,0003 \text{ mg/m}^3$). Esta distribución sería indicativa de dos periodos de máxima producción fitoplanctónica, en primavera y otoño (Fig. 67).

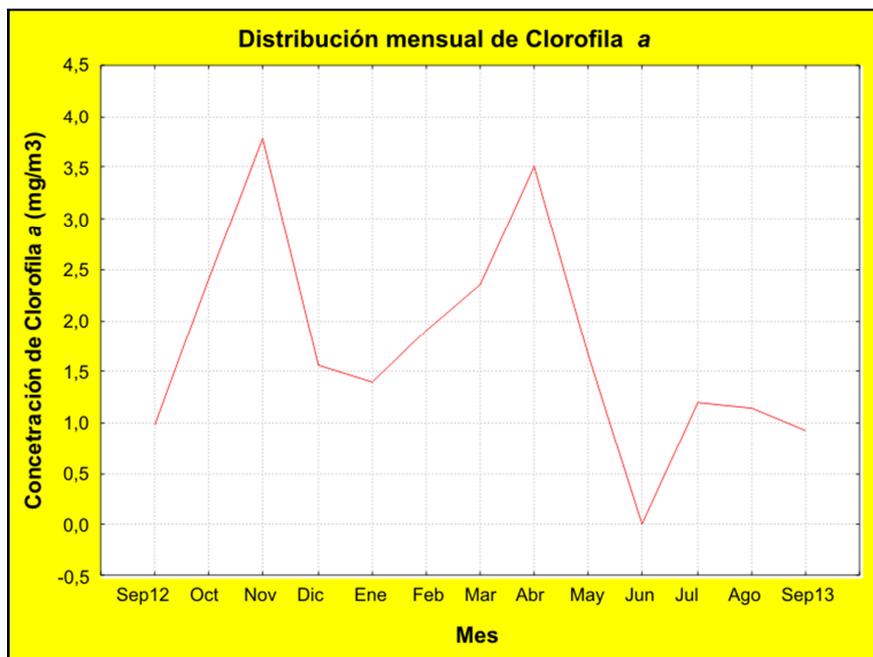


Figura 67: Distribución mensual de la concentración de clorofila a en el agua de mar. Período: septiembre 2012 /2013

Relaciones entre variables ambientales

La distribución de las variables ambientales (Fig. 68) muestra que la concentración total de sólidos disueltos y la salinidad se comportaron de modo relativamente constante, con pequeñas variaciones intermensuales, sin una relación significativa entre estas variables y el conjunto restante. La concentración de sólidos disueltos y la temperatura presentaron una relación inversa y elevada, manifestada en el valor de su coeficiente de correlación ($r = -0.89$, $p < 0,05$).

La concentración de clorofila a exhibió un máximo en sincronía con la concentración de materia orgánica en el mes de abril, a pesar de que el patrón general de las dos variables no sea comparable, ya que el resultado de su correlación no fue significativa ($p > 0,05$). Se encontró una relación significativa y positiva entre la concentración de clorofila y la temperatura, manifestada en el valor y signo del coeficiente de correlación ($r = 0,566$, $p < 0,05$),

indicando que las máximas producciones fitoplanctónicas se hallan en concordancia con temperaturas elevadas.

La materia orgánica presentó uno de sus máximos valores al mismo tiempo que la temperatura, aunque ambas variables no presentan una relación estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

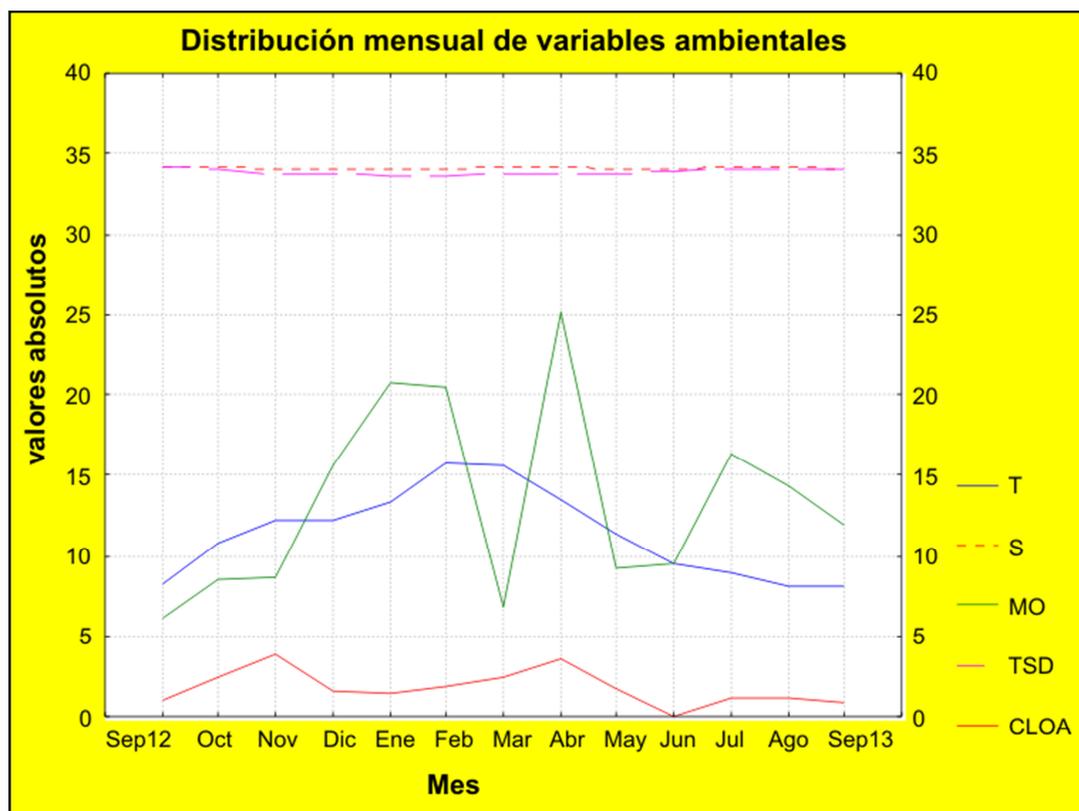


Figura 68: Distribución mensual de la concentración de clorofila *a* (CLOA, mg/m³); total de sólidos disueltos (TSD, g/m³); salinidad (S, ppm); concentración de materia orgánica total (MO, gr/m³) y temperatura (T, °C) en el agua de mar. Período: septiembre 2012 /2013

Análisis de las corrientes marinas locales

Los resultados expuestos a continuación corresponden al análisis de un ciclo completo de marea. Las mediciones de la velocidad de corriente y su intensidad a lo alto de la columna de agua fueron subdivididas en tres rangos de lectura o celdas de medición. La celda nº 1 registró las corrientes en el estrato inferior de la columna de agua, desde los 0 a los 4,5 m a partir del nivel del fondo, la celda nº 2 lo hizo desde los 4,5 a los 8 m y la nº 3 desde los 8 a los 11,5 m. Para la representación de cada celda se hizo un gráfico de líneas, cuyo eje x representa al tiempo, con dos ejes de ordenadas: el de la velocidad de la corriente (línea azul; en cm/s,

ubicado en el eje izquierdo) y el eje de ángulos respecto al norte del vector velocidad de corriente (línea verde, escala de la derecha) (Fig. 69 y 73).

También se incluyó en el gráfico el periodo de la marea con una línea de trazo continuo negro y se indicó con flechas rojas la dirección predominante en cada periodo de marea, considerando mareas alta, baja, creciente y decreciente.

Finalmente se construyó para cada celda el desplazamiento neto de la masa de agua realizando una integración de su posición en cada intervalo medición. El resultado es un gráfico de dispersión cuyos ejes representan los cuatro ejes cardinales (Fig. 70-72 y 74-76).

El comportamiento de la dirección e intensidad de corriente de cada celda se encuentra resumido, por sitio de estudio, en la tabla 1.

a) Sitio Km3

En marea alta, la dirección de la corriente fue sureste, mientras que en marea decreciente, oeste. En marea baja, las primeras dos celdas, que abarcan el sector de la columna de agua desde el fondo a los ocho m por encima de él, registraron una corriente hacia el norte o noroeste, mientras que la celda tres, más superficial, circuló en dirección sureste. En el periodo de marea creciente la dirección predominante de la corriente fue hacia el oeste (Fig. 69). Las intensidades promedio de las corrientes son expuestas en la tabla 1.

El análisis del desplazamiento de la columna de agua de la celda nº 1 (Fig. 70), indica que se desplazó hacia el sur, ubicándose a unos 1000 m en relación a su ubicación al momento de inicio. El sentido de circulación del agua fue horario, con una trayectoria helicoidal. La celda nº 2 registró el mismo tipo de trayectoria y la masa de agua se desplazó unos 1000 m hacia el Sureste. (Fig. 71). La capa de agua más superficial (celda nº 3), presentó un comportamiento diferente a las capas más profundas (celdas nº 1 y 2). El desplazamiento resultante fue de 5500 m hacia el Sureste y la trayectoria fue irregular (Fig. 72).

b) Sitio Belvedere

La corriente en marea alta tuvo dirección este, con una leve inclinación sur en todas las celdas. En marea decreciente toda la columna de agua mostró un movimiento hacia el norte, mientras que en el periodo de marea baja, las dos celdas más profundas registraron una corriente en dirección noreste y la celda más superficial, hacia el sureste. En marea creciente el agua tuvo un movimiento en dirección este con inclinación hacia el sur (Fig. 73 y Tabla 1).

El desplazamiento resultante de capa de agua más profunda (celda nº 1), mostró una trayectoria parabólica inversa, con una ubicación final 2600 m hacia el este en relación a su posición inicial (Fig. 74). La celda nº 2 describió una trayectoria similar con un leve desplazamiento hacia el norte, el movimiento neto fue de 3100 m hacia el este y 200 m al norte (Fig. 75). La capa de agua más superficial (celda nº 3), se desplazó unos 3500 m hacia el este y unos 250 m al sur (Fig. 76).

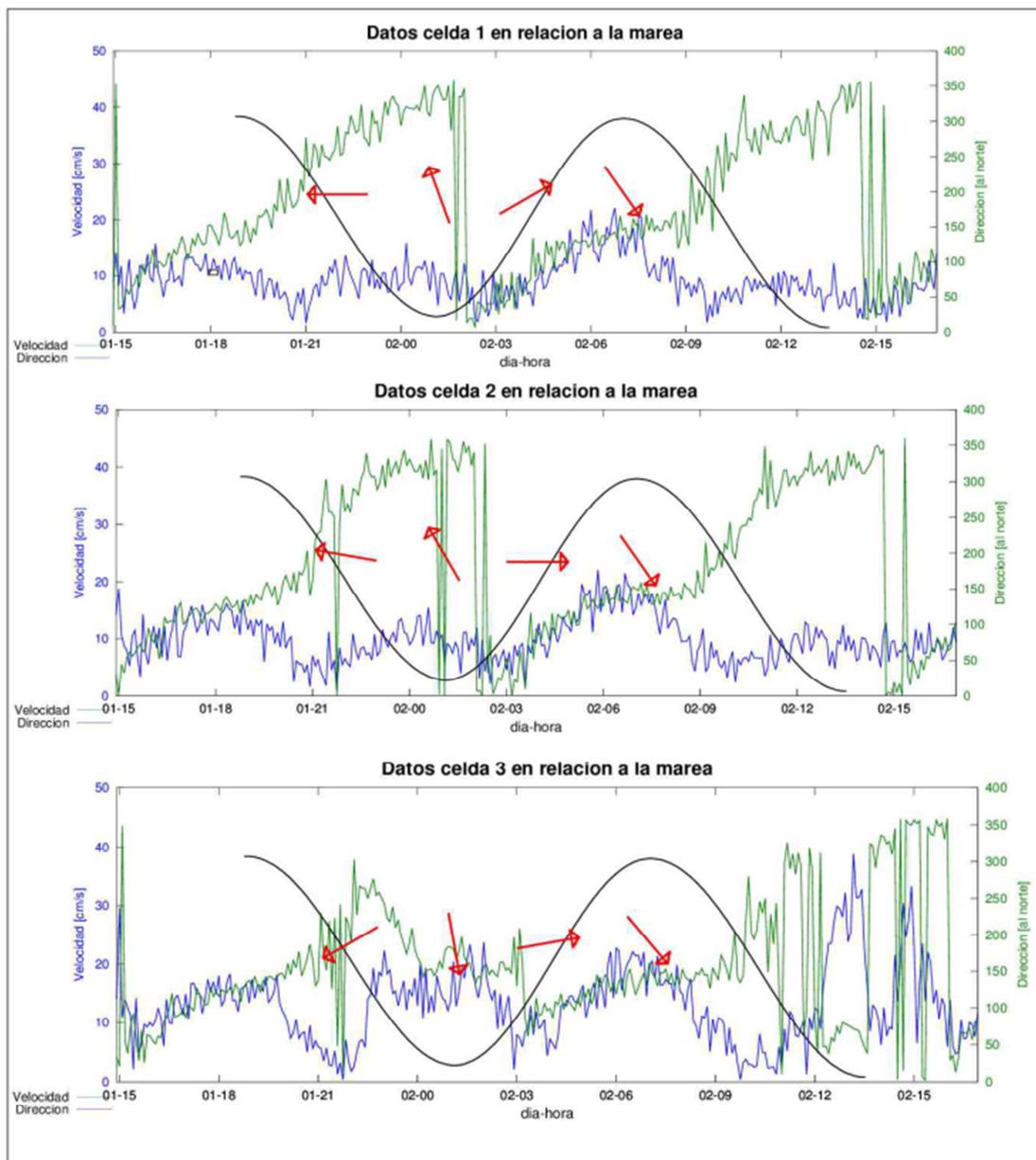


Figura 69: Distribución de la velocidad y dirección de la corriente en Km 3

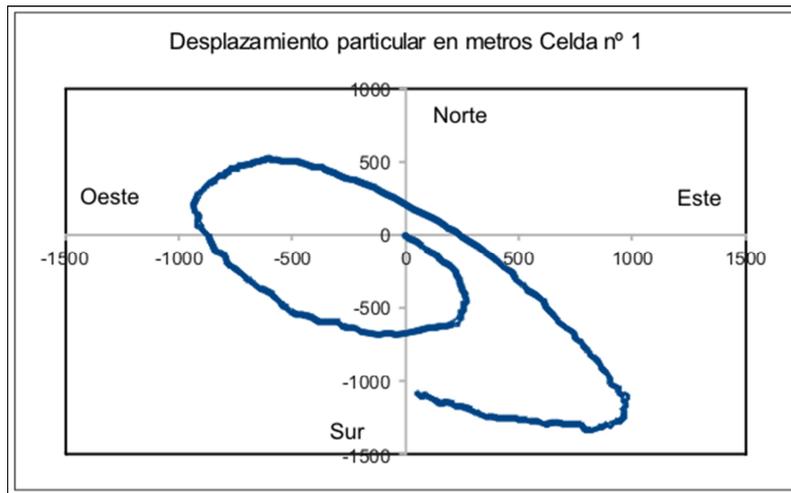


Figura 70: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 1

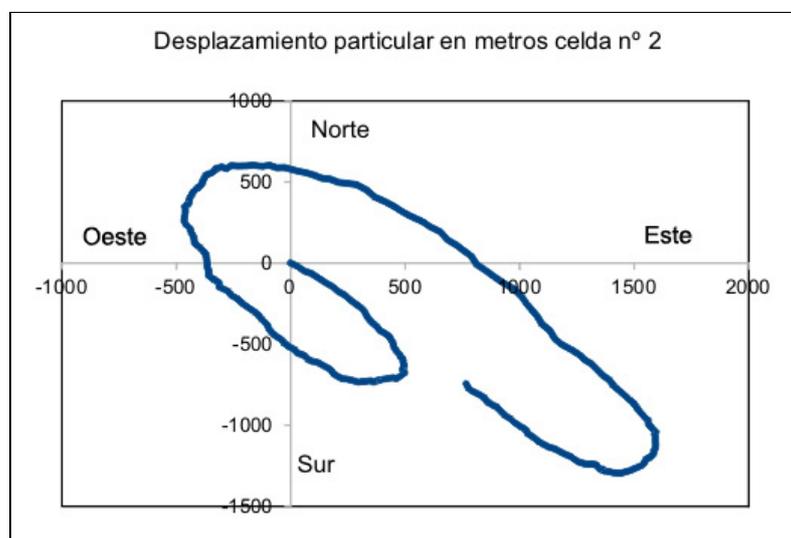


Figura 71: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 2

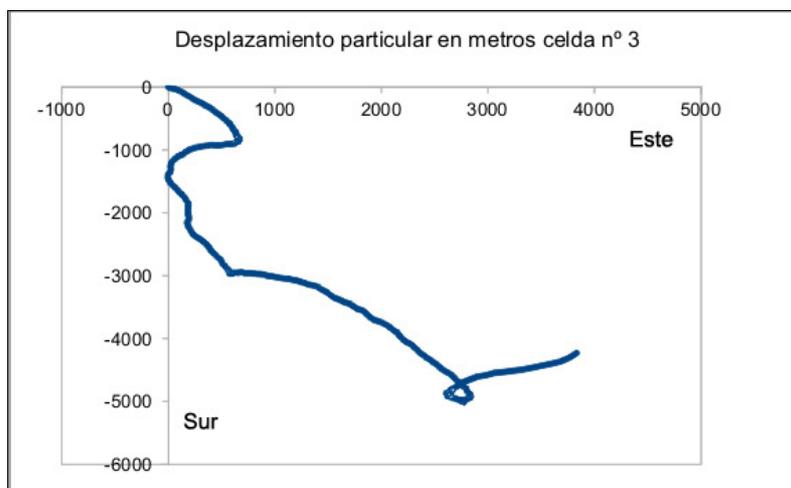


Figura 72: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 3

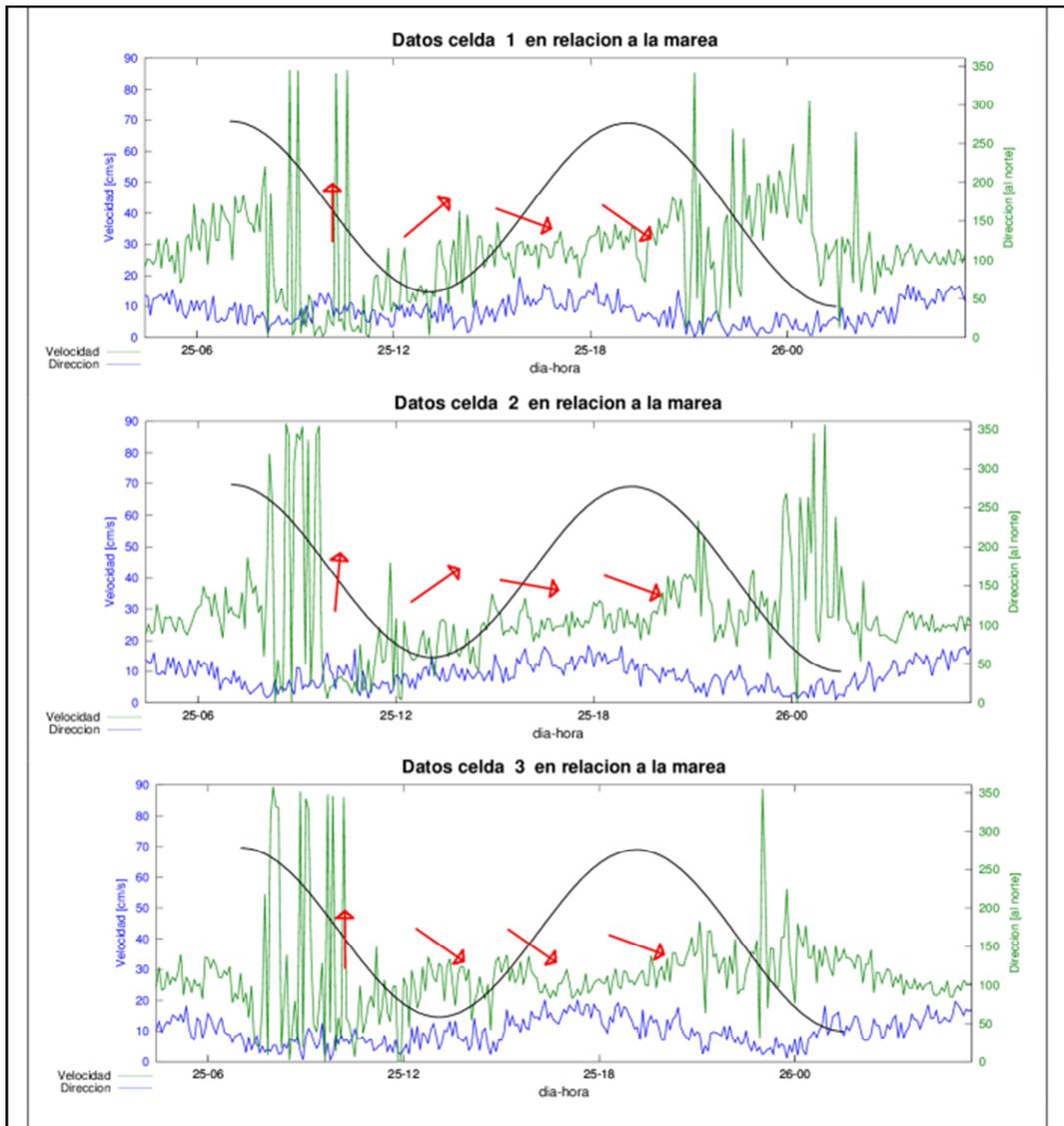


Figura 73: Distribución de la velocidad y dirección de la corriente en Belvedere

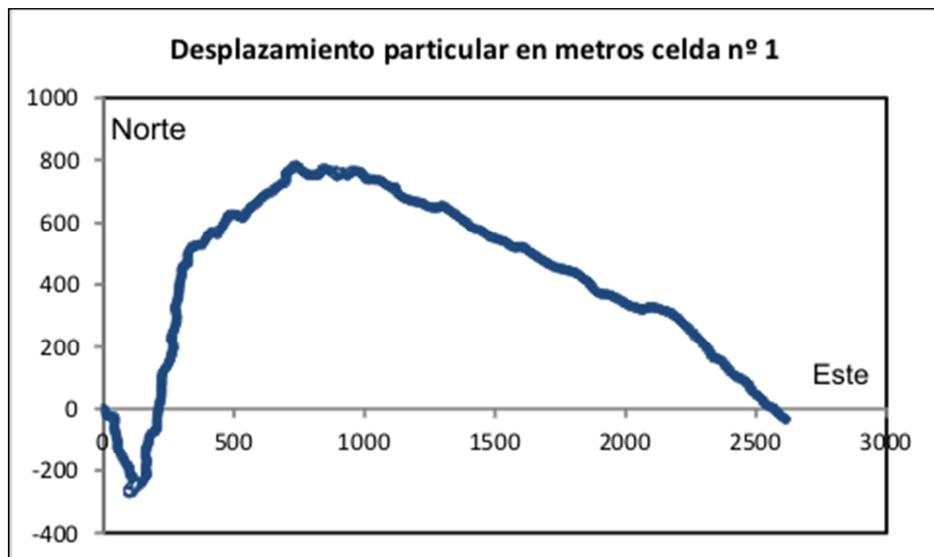


Figura 74: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 1

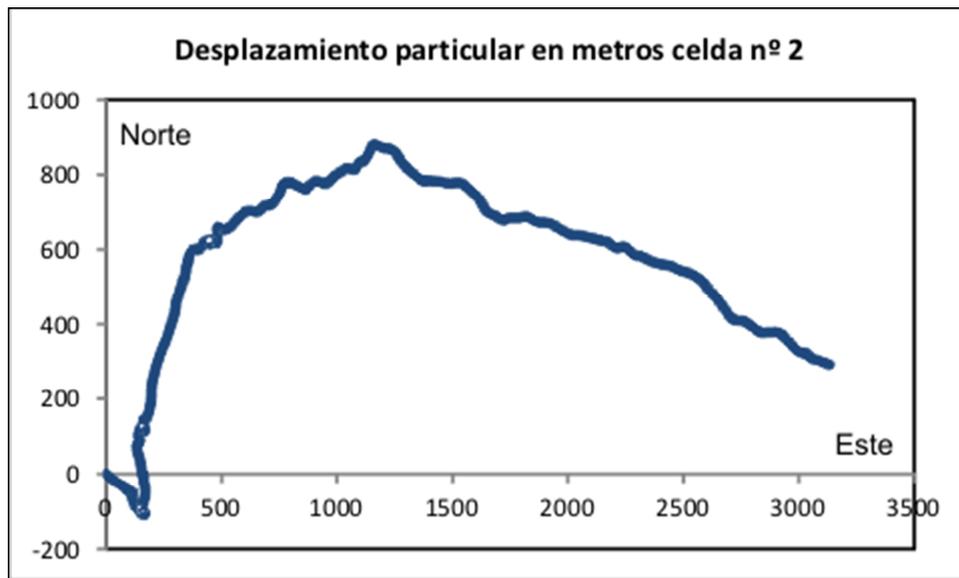


Figura 75: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 2

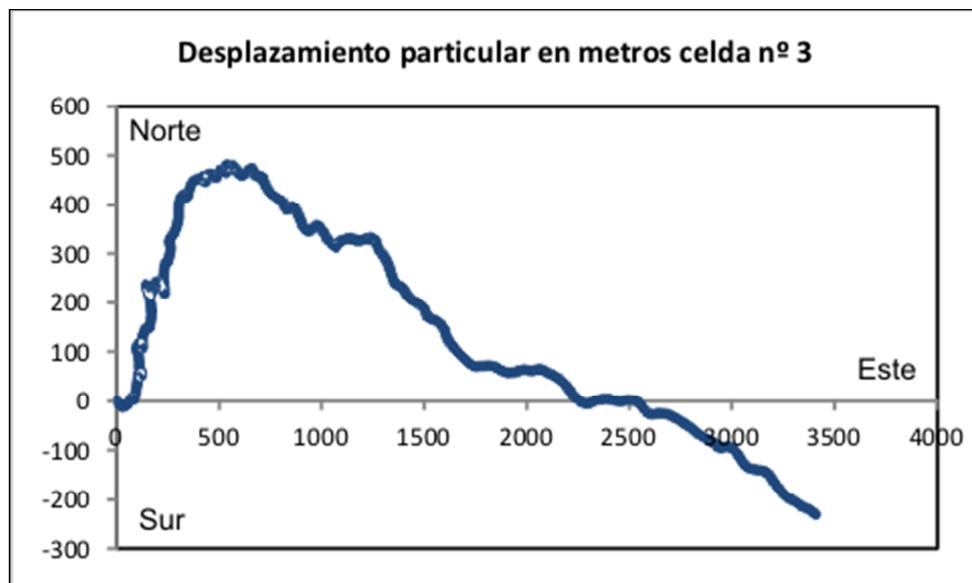


Figura 76: Desplazamiento de la columna de agua. Celda nº 3

Tabla 1: Velocidad de corriente y dirección (entre paréntesis) por celda y sitio.

Celda		Celda n° 1	Celda n° 2	Celda n° 3
Profundidad/Marea	Sitio	0 - 4,5 m	4,5 - 8 m	8 - 11,5 m
Alta	Km 3	20 cm/s (S↗E)	20 cm/s (SE)	20 cm/s (SE)
Decreciente		10 cm/s (O)	10 cm/s (O↗N)	< 7 cm/s (O↗S)
Baja		10 cm/s (N↗O)	10 cm/s (NO)	20 cm/s (S)
Creciente		15 cm/s (NE)	15 cm/s (SE)	20 cm/s (SE)
Alta	Belvedere	15 cm/s (SE)	15 cm/s (SE)	15 cm/s (SE)
Decreciente		10 cm/s (N)	15 cm/s (N)	10 cm/s (N)
Baja		10 cm/s (NE)	10 cm/s (NO)	15 cm/s (SE)
Creciente		15 cm/s (S)	15 cm/s (E)	20 cm/s (SE)

Referencias:

0m: fondo marino

N, S, E, O: Puntos cardinales

↗ : Leve inclinación hacia el punto cardinal indicador

3. Estudio reproductivo del mejillón

Entre septiembre de 2012 y septiembre 2013, se recolectaron 396 mejillones para el estudio del ciclo reproductivo, a partir del análisis del peso seco. Se seleccionaron del submareal ejemplares adultos, de tallas que oscilaron entre 35 y 100 mm, con un promedio de 65,30 mm y la distribución de tallas que muestra la figura 77. En base a los datos obtenidos se obtuvieron los resultados expuestos a continuación.

Homogeneidad de pendientes

El análisis de homogeneidad de pendientes de las regresiones mensuales de la variable logaritmo del peso seco (dependiente) y el largo total de los individuos (independiente) mostró diferencias altamente significativas (Tabla 2). En la tabla 3 se resumen las ecuaciones de las rectas de regresión para el peso seco transformado (variable dependiente) y la talla del mejillón (variable independiente) para el periodo septiembre 2012–septiembre 2013.

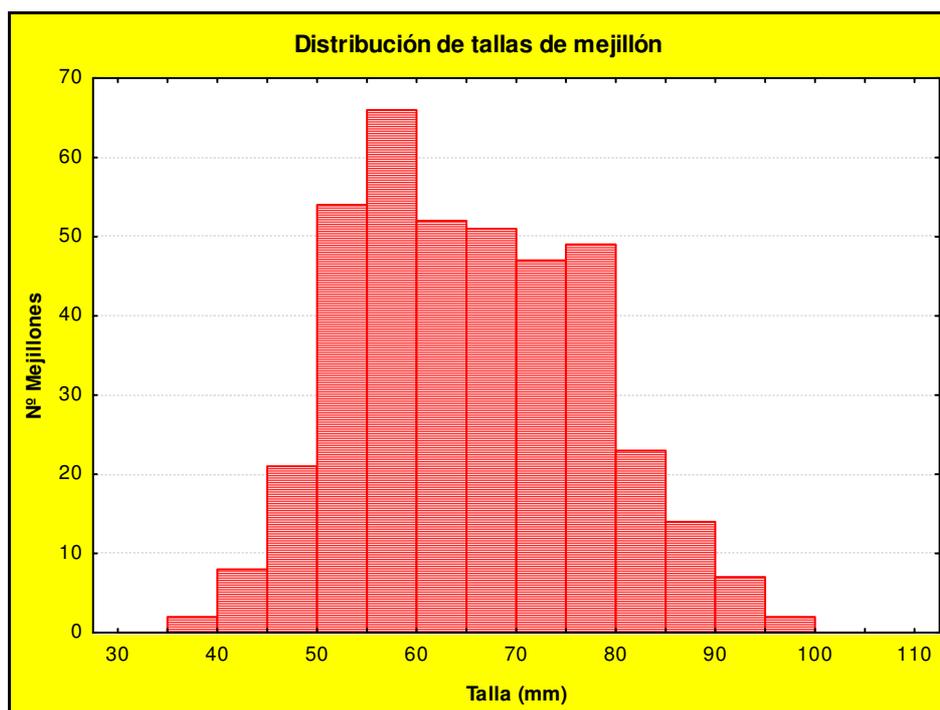


Figura 77: Distribución de tallas (mm) de los mejillones muestreados para el análisis de pesos secos. N= 396, media=65,30 mm, desvío estándar=11,89 mm

Tabla 2: Análisis de homogeneidad de pendientes de las rectas de regresión mensuales del logaritmo del peso seco y el largo total de los mejillones

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	58,46196	1	58,46196	1185,389	<0,0001
Mes	4,02515	12	0,33543	6,801	<0,0001
Log talla	57,24237	1	57,24237	1160,661	<0,0001
Mes*Log talla	3,57186	12	0,29765	6,035	<0,0001
Error	18,24795	370	0,04932		

FV: Fuente de variación; SC: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; p: valor de probabilidad asociado.

Análisis de la Covarianza (ANCOVA) de pendientes heterogéneas

El ANCOVA indicó diferencias significativas en los valores de las medias ajustadas del peso seco (Tabla 4) para el valor medio de la covariable, encontrando variaciones intermensuales en el peso seco medio de los mejillones durante el periodo estudiado.

El patrón mensual de los pesos medios ajustados (Fig. 78) muestra las diferencias entre los meses analizados. En la tabla 5 se observan las medias ajustadas de los pesos secos, con sus respectivos límites del intervalo de predicción, con una confianza del 95%.

Tabla 3: Ecuaciones de las rectas de regresión mensual de las medias ajustadas de los pesos secos

Mes	Función de regresión ajustada	N	R ²	p
Sep 2012	$\log \text{ peso} = -17,4237 + 4,1208 * \text{Log LT}$	30	0,69766	<0,0001
Oct 2012	$\log \text{ peso} = -9,0906 + 2,2526 * \text{Log LT}$	30	0,774930	<0,0001
Nov 2012	$\log \text{ peso} = -9,6209 + 2,4037 * \text{Log LT}$	29	0,873773	<0,0001
Dic 2012	$\log \text{ peso} = -10,5492 + 2,6435 * \text{Log LT}$	40	0,735373	<0,0001
Ene 2013	$\log \text{ peso} = -8,501 + 2,0777 * \text{Log LT}$	30	0,729491	<0,0001
Feb 2013	$\log \text{ peso} = -14,9475 + 3,5366 * \text{Log LT}$	28	0,872402	<0,0001
Mar 2013	$\log \text{ peso} = -13,3703 + 3,1683 * \text{Log LT}$	29	0,891668	<0,0001
Abr 2013	$\log \text{ peso} = -7,13 + 1,7819 * \text{Log LT}$	30	0,686990	<0,0001
May 2013	$\log \text{ peso} = -11,8507 + 2,9224 * \text{Log LT}$	30	0,864852	<0,0001
Jun 2013	$\log \text{ peso} = -12,6708 + 2,9833 * \text{Log LT}$	30	0,462178	<0,0001
Jul 2013	$\log \text{ peso} = -9,2433 + 2,1487 * \text{Log LT}$	30	0,917987	<0,0001
Ago 2013	$\log \text{ peso} = -14,2379 + 3,3243 * \text{Log LT}$	30	0,827813	<0,0001
Sep 2013	$\log \text{ peso} = -12,304 + 2,8693 * \text{Log LT}$	30	0,916480	<0,0001

N: tamaño de la muestra; R²: coef. de determinación; P: probabilidad asociada a la regresión.

Tabla 4. Tabla ANCOVA de pendientes heterogéneas de las medias ajustadas de los pesos secos covariadas por el logaritmo de la talla

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	58,46	1	58,46	1185,389	<0,0001
Mes x Log LT	81,46	13	6,26	127,059	<0,0001
Mes	4,02	12	0,33	6,801	<0,0001
Error	18,24	370	0,04		

FV: Fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: estadístico de la prueba de Fisher; p: probabilidad asociada a la prueba.

Tabla 5: Medias ajustadas e intervalos de confianza de los pesos secos mensuales del mejillón

Mes	Log. peso	Log. peso	Log. peso	Log. peso	N
	Media	Error est.	-95,00%	95,00%	
Sep 2012	-0,282597	0,053084	-0,3870	-0,1782	30
Oct 2012	0,279254	0,048323	0,184232	0,374275	30
Nov 2012	0,377524	0,046357	0,286367	0,468681	29
Dic 2012	0,446794	0,041709	0,364778	0,528811	40
Ene 2013	0,141319	0,041013	0,06067	0,221967	30
Feb 2013	-0,236461	0,046647	-0,328187	-0,144735	28
Mar 2013	-0,191399	0,04396	-0,277843	-0,104956	29
Abr 2013	0,281953	0,041029	0,201274	0,362633	30
May 2013	0,305582	0,04056	0,225826	0,385338	30
Jun 2013	-0,261171	0,098966	-0,455778	-0,066564	30
Jul 2013	-0,305393	0,040767	-0,385557	-0,225228	30
Ago 2013	-0,410121	0,041989	-0,492688	-0,327553	30
Sep 2013	-0,368865	0,043645	-0,454688	-0,283041	30

Media. Error estándar y límites inferior y superior del intervalo de confianza al 95%.

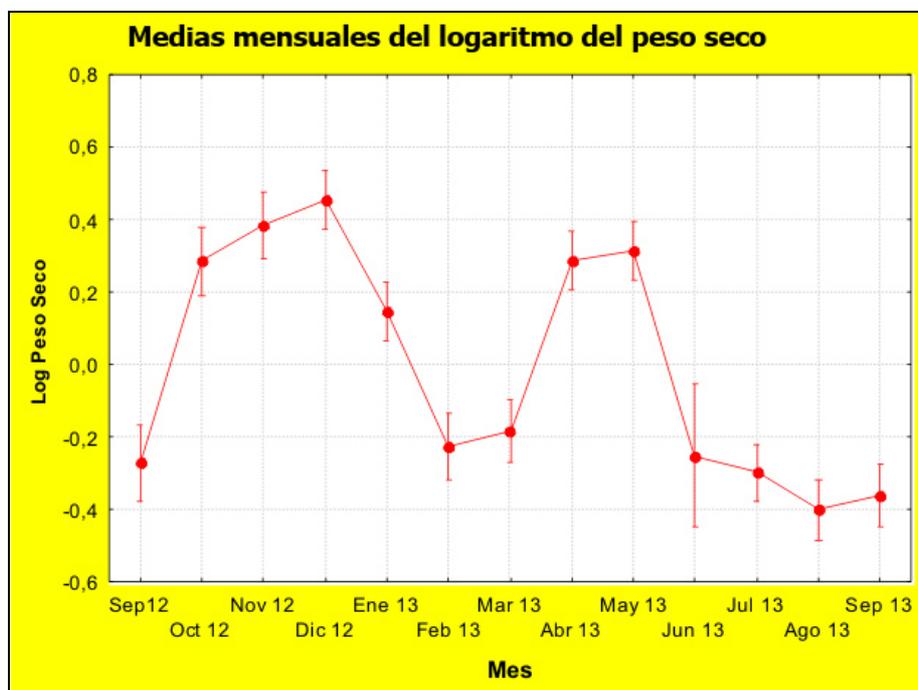


Figura 78: ANCOVA de pendientes heterogéneas. Medias mensuales de los pesos secos ajustados por el efecto del tamaño corporal y sus intervalos de confianza al 95%. Covariable, LT media: 61,55 mm

El peso seco de los individuos aumentó significativamente durante el transcurso de septiembre de 2012, llegando a valores elevados en octubre (Tabla 5, Fig. 78) y presentó una tendencia creciente, aunque no significativa, en noviembre y diciembre. En enero y febrero de 2013 se registró un descenso significativo del peso seco, que indicaría una fase de liberación importante de gametas. Entre de febrero y marzo de 2013, los mejillones mantuvieron su condición corporal, con valores mínimos de peso seco. Durante marzo de 2013 se produjo un incremento de peso rápido y altamente significativo, que llevó a un pico durante abril, aunque de menor magnitud que el ocurrido en el verano, y que se mantuvo, haciéndose máximo en mayo, luego del cual se observó un descenso significativo en el peso de los mejillones (Tabla 5; Fig. 78). Este nuevo descenso podría indicar otro evento de evacuación de gametas. A partir de junio los individuos registraron pesos secos bajos y estables durante el invierno, indicando una fase de recuperación, durante la cual comenzaría nuevamente la gametogénesis.

Los contrastes ortogonales entre meses sucesivos mostraron diferencias significativas y crecientes entre septiembre y octubre del 2012 y entre marzo y abril de 2013, indicando ganancia de peso, mientras que entre diciembre y enero, enero y febrero, y mayo y junio de 2013 se registraron tendencias negativas, por efecto de la pérdida de peso de los mejillones (Tabla 6).

Tabla 6: Contrastes ortogonales repetidos para las medias ajustadas de los pesos secos. Corrección de Dunn Sidak $\alpha'=0.0042$

Contraste	DM	Desv. Std.	t	p	LSC 95%	LIC 95%
Sep/Oct 12	-0,561851	0,071784	-7,826940	< 0001	-0,703007	-0,420695
Oct/Nov 12	-0,098270	0,066963	-1,467530	0,143082	-0,229947	0,033406
Nov/Dic 12	-0,069270	0,062359	-1,110830	0,267362	-0,191893	0,053352
Dic/Ene	0,305476	0,058496	5,222200	< 0001	0,190450	0,420501
Ene/Feb 13	0,377780	0,062113	6,082140	< 0001	0,255641	0,499918
Feb/Mar 13	-0,045062	0,064097	-0,703020	0,482484	-0,171102	0,080979
Mar/Abr 13	-0,473353	0,060132	-7,871830	< 0001	-0,591597	-0,355108
Abr/May 13	-0,023629	0,057693	-0,409560	0,682367	-0,137076	0,089819
May/Jun 13	0,566753	0,106955	5,298970	< 0001	0,356436	0,777069
Jun/Jul 13	0,044222	0,107034	0,413150	0,679733	-0,166250	0,254693
Jul/Ago 13	0,104728	0,058524	1,789480	0,074355	-0,010354	0,219809
Ago/Sep 13	-0,041256	0,060564	-0,681190	0,496175	-0,160348	0,077837

DM: valor central del intervalo de la diferencia de medias; T: valor del estadístico de prueba t de Student; P: valor de probabilidad asociado a la prueba; LSC- LIC Límite superior e inferior del intervalo de confianza 95%

Correlaciones cruzadas con variables ambientales

El estudio de correlaciones cruzadas con análisis de corrimientos (*lags*) entre las medias ajustadas de los pesos secos transformados logarítmicamente y la concentración de clorofila *a*, indicó valores máximos de correlación ($r = 0,6649$, $p < 0.05$) con un corrimiento de un mes hacia adelante (*lag +1*), junto con diferencias significativas sin corrimiento, pero con menor correlación ($r = 0,6220$, $p < 0.05$) (Fig.79). Por su parte, las correlaciones cruzadas entre las medias de los pesos secos transformados con la temperatura (Fig. 80) y la concentración de materia orgánica (Fig. 81) no resultaron significativas ($p > 0.05$).

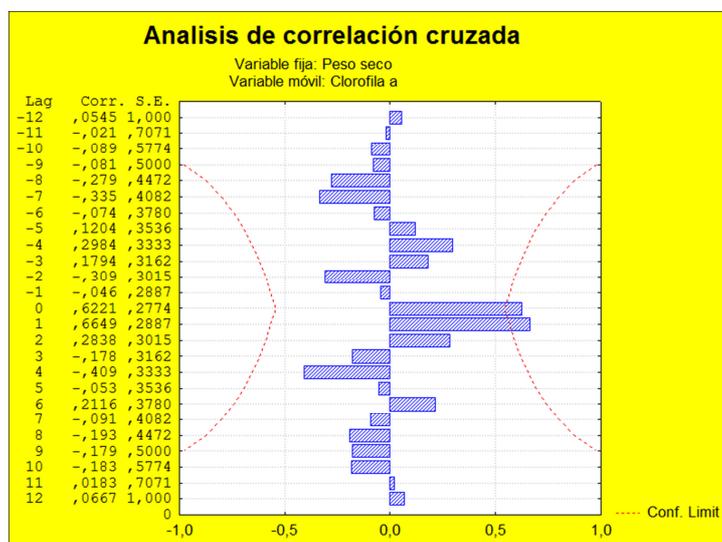


Figura 79: Correlaciones Cruzadas entre el peso (fijo) y la concentración de clorofila *a*; Lag: Corrimiento temporal de la variable móvil; Corr: Coeficiente de correlación de Pearson; SE: Error estándar

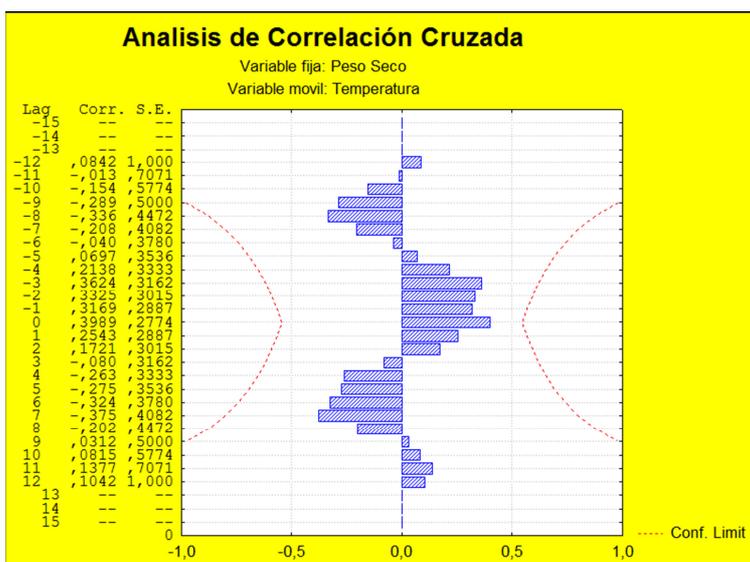


Figura 80: Correlaciones Cruzadas entre el peso (fijo) y la temperatura (móvil). Lag: Corrimiento temporal de la variable móvil; Corr: Coeficiente de correlación de Pearson; SE: Error estándar

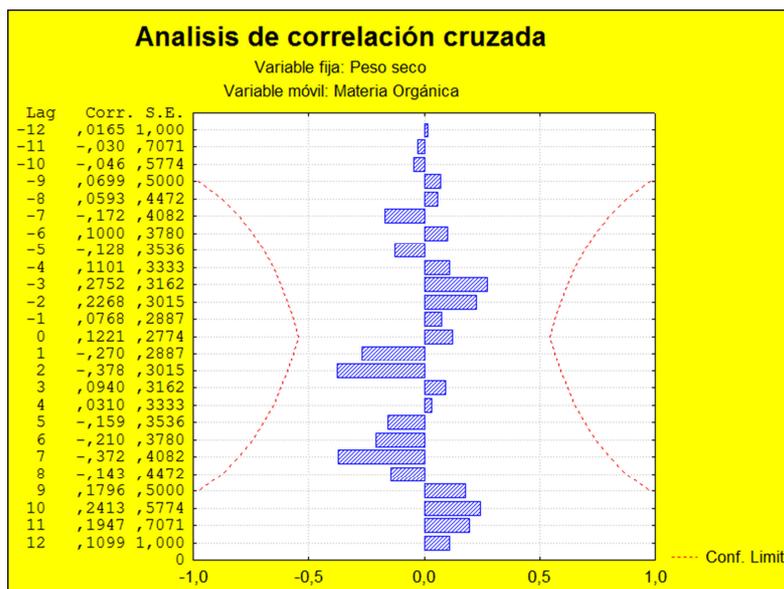


Figura 81: Correlaciones Cruzadas entre el peso (fijo) y la materia orgánica (móvil). Lag: Corrimiento temporal de la variable móvil; Corr: Coeficiente de correlación de Pearson; SE: Error estándar

Estos resultados indican una alta asociación y sincronía entre la concentración de clorofila a en el agua de mar y el incremento de los pesos secos de los mejillones. Esta asociación se hace más notoria, aumentando la correlación, cuando la serie temporal de clorofila a se desplaza un mes hacia adelante, indicando que la ganancia de peso de los mejillones tiene un efecto retardado en relación a la concentración de clorofila a . Esta tendencia se aprecia en la figura 82 donde se observa un claro retraso de un mes del peso seco de los mejillones respecto de la concentración de clorofila a .

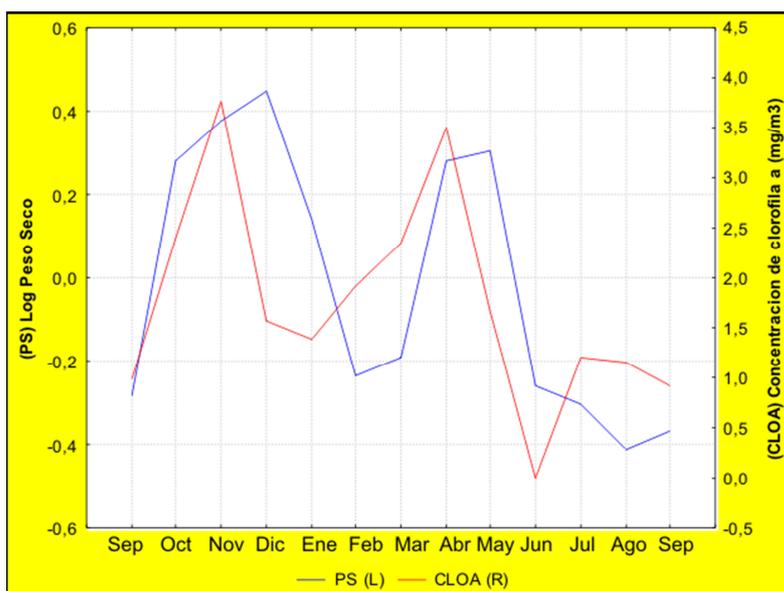


Figura 82: Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y la concentración de clorofila a en agua de mar (mg/m^3). Periodo septiembre 2012/2013

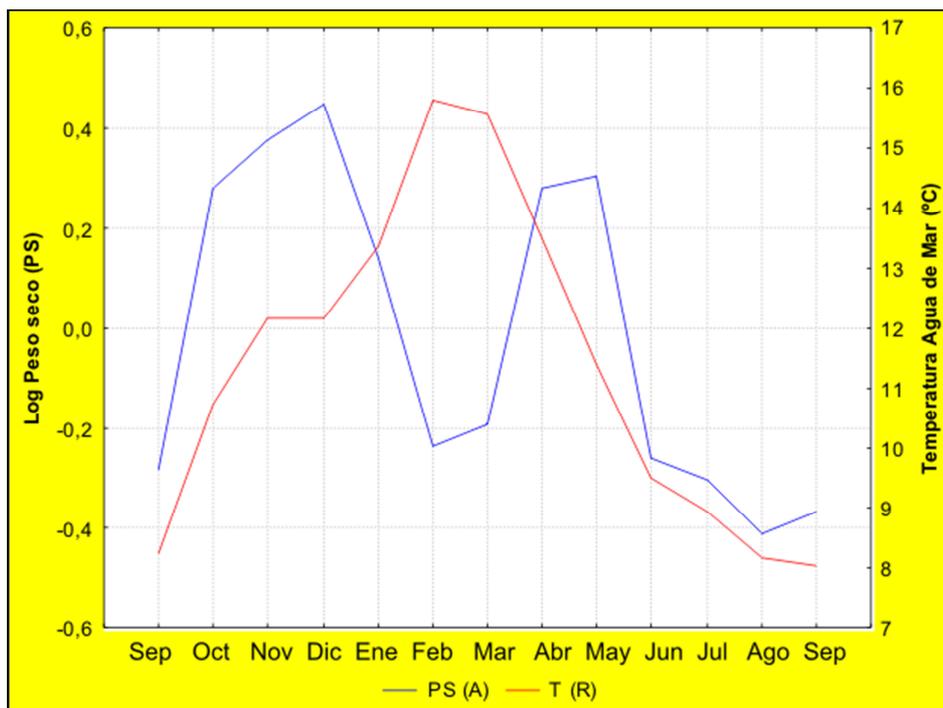


Figura 83: Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y la temperatura del agua de mar (°C). Periodo: septiembre 2012/2013

La temperatura del agua de mar presentó un mínimo al comienzo del estudio, en septiembre de 2012, y aumentó a lo largo de la primavera, cuando alcanzó aproximadamente 12° C; una notoria disminución del peso seco de los mejillones, extendida desde diciembre a febrero, sugiere que el desove de verano tendría una temperatura umbral de 12° C. y, que se amplía a medida que esta aumenta (Fig. 83).

La temperatura máxima fue en febrero (15,8° C) y a partir de marzo comenzó a descender con un ritmo relativamente constante. El peso seco descendió bruscamente en el mes de mayo cuando el agua se encontraba a una temperatura de 11° C, lo que podría estar indicando una fase de evacuación genética otoñal. Luego, hasta septiembre de 2013, ambas variables registraron una tendencia decreciente no significativa.

El comportamiento de la concentración de materia orgánica no mostró un claro patrón con relación al peso seco (Fig. 84). Hubo un corrimiento de un mes en relación a los máximos de ambas variables, pues el peso seco alcanzó su máximo un mes antes del pico de materia orgánica. A pesar de este retraso, la concentración de materia orgánica total presentó dos picos anuales, en enero y abril, este último aparentemente sincrónico con el pico producido en el peso seco.

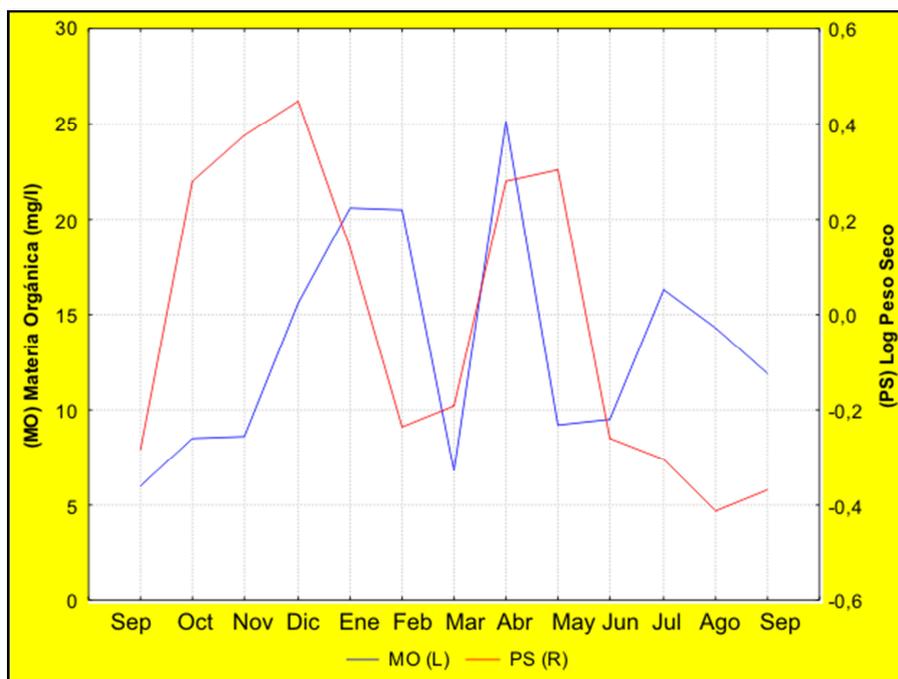


Figura 84: Distribución mensual de la media del log de los pesos secos y la concentración de materia orgánica total (mg/l). Periodo: septiembre 2012/2013

4. Análisis de la captación

Generalidades

A partir de las series temporales analizadas, se observó captación de postlarvas de mejillón en los dos sitios de estudio. Estos resultados indican un proceso exitoso de asentamiento, aunque de magnitud variable entre sitios.

El asentamiento postlarvario presentó un máximo marcadamente diferenciado para ambos sitios (Fig. 85), el que se manifestó en los colectores colocados en febrero, que permanecieron sumergidos hasta principios de abril, de modo que las captaciones observadas corresponderían a las acumuladas durante febrero y marzo. Para este periodo, el asentamiento en Belvedere fue mayor que en Km 3, con un promedio por colector de 580 y 310 postlarvas respectivamente. El máximo valor de captación registrado fue de 974 postlarvas en un colector de Belvedere y el mínimo fue de 35 individuos, en Km 3. En este último lugar, la captación tuvo un segundo pico de menor magnitud, en los colectores colocados en diciembre y retirados a comienzos de febrero (periodo de inmersión diciembre/enero). En Belvedere, por su parte, se observó otro pico de captación más pequeño en los colectores colocados en enero y extraídos a principios de marzo (periodo de inmersión enero/febrero).

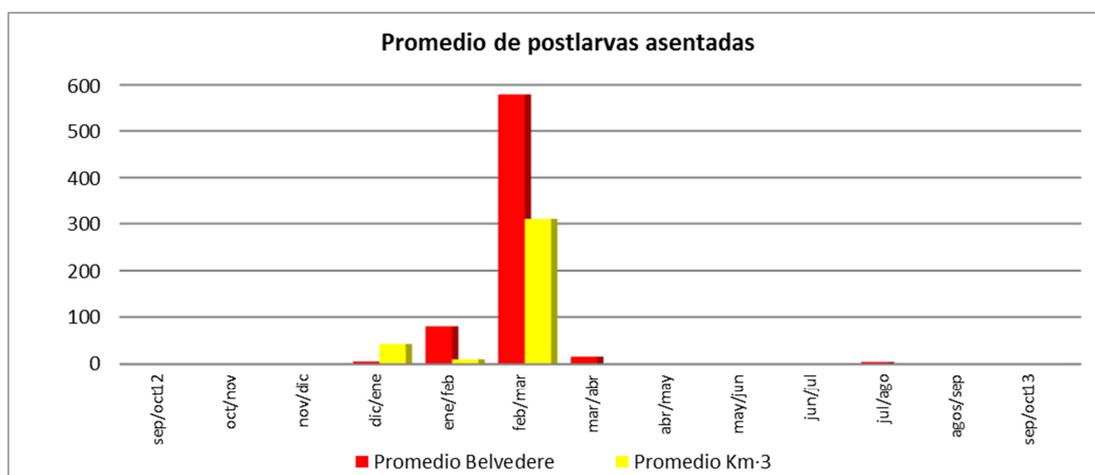


Figura 85: Distribución del número promedio de postlarvas asentadas en Km 3 y Belvedere por periodo bimensual de inmersión (septiembre 2012/octubre2013)

El periodo de asentamiento se concentró en ambos sitios durante los meses de verano y otoño temprano, aunque se encontraron registros poco significativos de animales asentados fuera de estas estaciones.

Análisis estadísticos

Las datos de captación transformados a sus raíces cuadradas se ajustaron a los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p < 0.01$) requeridos para el modelo empleado.

El resultado del ANOVA de una vía (considerando el mes como factor) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre las medias mensuales de las postlarvas captadas en los dos sitios de estudio (Tabla 7 y 8). El test "a posteriori" de Bonferroni indicó que la media que difería significativamente del conjunto ($p < 0.001$), correspondía a la captación de febrero/marzo. Este comportamiento se manifestó en los dos sitios por igual, pero con el agregado de que en Km 3 hubo otro pico significativo de asentamiento, de menor magnitud, durante diciembre y enero (Fig. 86 y 87).

Tabla 7: Tabla ANOVA para la raíz cuadrada del número mensual de postlarvas asentadas en Belvedere

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	1384,284	1	1384,284	457,0025	<0,001
Mes	4741,695	12	395,141	130,4506	<0,001
Error	315,021	104	3,029		

FV: Fuente de variación; SC: suma de cuadrados. GL: grados de libertad. CM: cuadrados medios. F: estadístico de prueba de Fisher. P: valor de probabilidad asociado

Tabla 8: Tabla ANOVA para la raíz cuadrada del número mensual de postlarvas asentadas en Km 3.

FV	SC	GL	MS	F	p
Intercepción	580,595	1	580,5951	113,3890	<0,001
Mes	2259,885	12	188,3237	36,7792	<0,001
Error	532,520	104	5,1204		

FV: Fuente de variación; SC: suma de cuadrados. GL: grados de libertad. CM: cuadrados medios. F: estadístico de prueba de Fisher. p: valor de probabilidad asociado

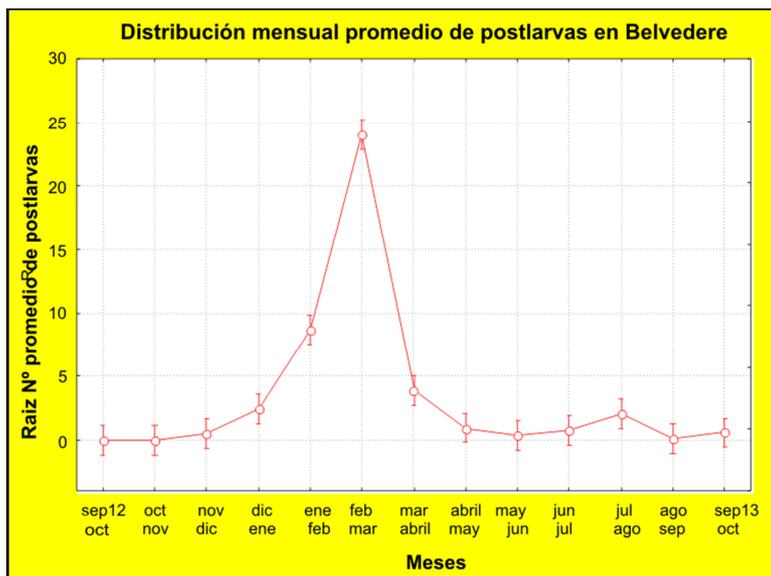


Figura 86: Distribución mensual de la raíz cuadrada del número promedio de postlarvas asentadas en Belvedere

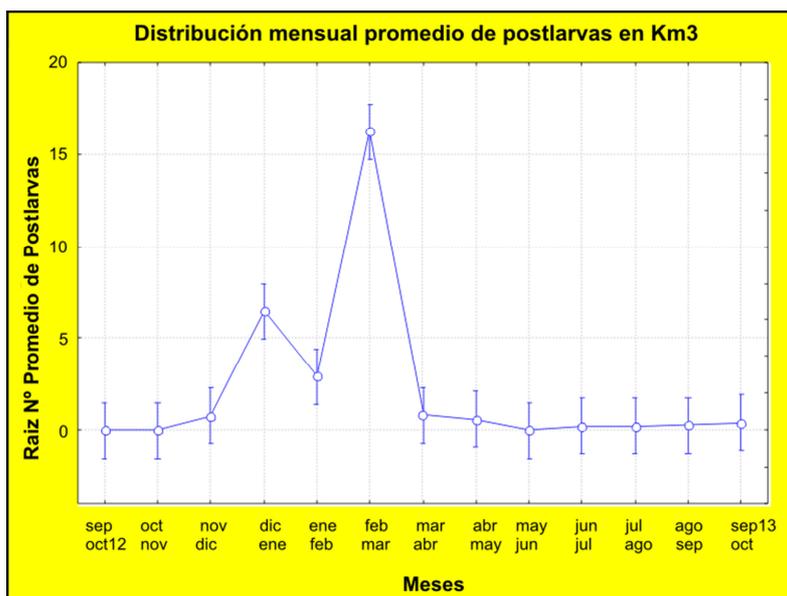


Figura 87: Distribución mensual de la raíz cuadrada del número promedio de postlarvas asentadas en Km 3

El análisis parcial del número de postlarvas asentadas en el periodo de máxima captación (febrero-marzo) mostró diferencias significativas entre los dos sitios ($p < 0.01$), siendo Belvedere el lugar de mayor asentamiento. No se detectaron diferencias significativas en la captación entre las profundidades contempladas en la experiencia (Tabla 9 y Fig. 88), lo cual indica que la profundidad no tendría efecto sobre la densidad de asentamiento postlarvario.

Tabla 9: Tabla ANOVA factorial (sitio y profundidad) del promedio de postlarvas captadas

FV	GL	SC	CM	F	p
Intercepción	1	7075,82	7075,82	163,9360	0,000001
Profundidad	2	100,50	50,25	1,1643	0,345042
Sitio	1	250,58	250,58	5,8058	0,032942
prof*sitio	2	75,63	37,81	0,8762	0,441391
Error	12	517,94	43,16		

FV: Fuente de variación; GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: estadístico de prueba de Fisher. p: valor de probabilidad asociado

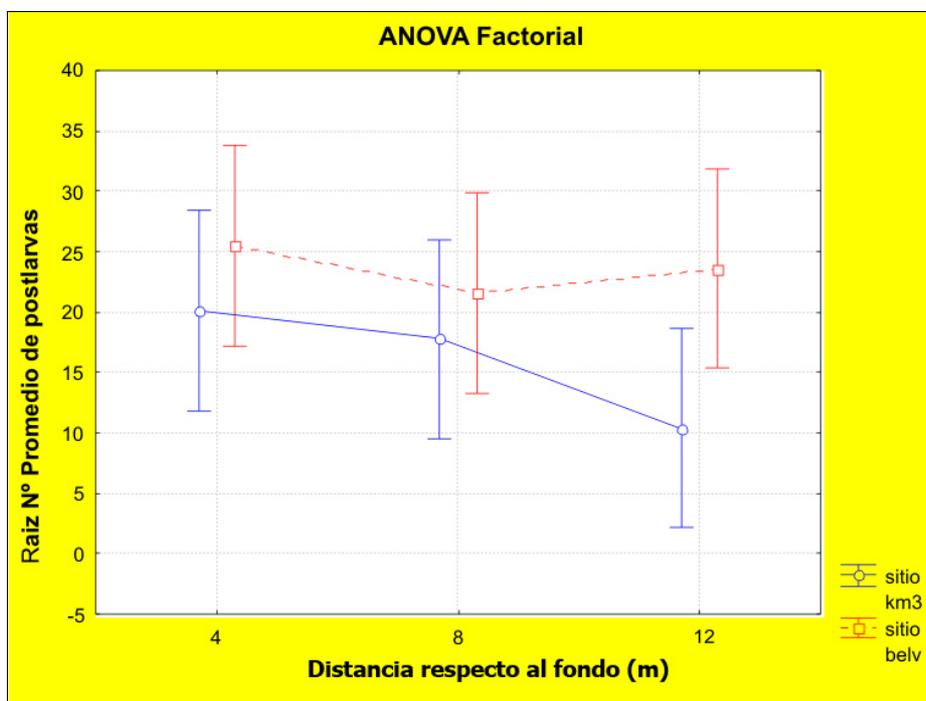


Figura 88: ANOVA factorial de la raíz cuadrada del número promedio de postlarvas asentadas en Km 3 y Belvedere a 4, 8 y 12 m del nivel del fondo marino

5. Análisis de las variables ambientales y la captación

Dado que la tendencia de la distribución mensual del asentamiento en ambos sitios fue similar, ocurriendo el pico de máxima captación en el mismo periodo de tiempo y que la localidad de Belvedere es donde se realiza cultivo de mejillón, se evaluaron las relaciones de las variables ambientales y el asentamiento para este sitio. Por otro lado, la distribución mensual en el que la temperatura exhibió un máximo en el mismo periodo en el que se observó el pico de captación (febrero/marzo). (Fig. 89).

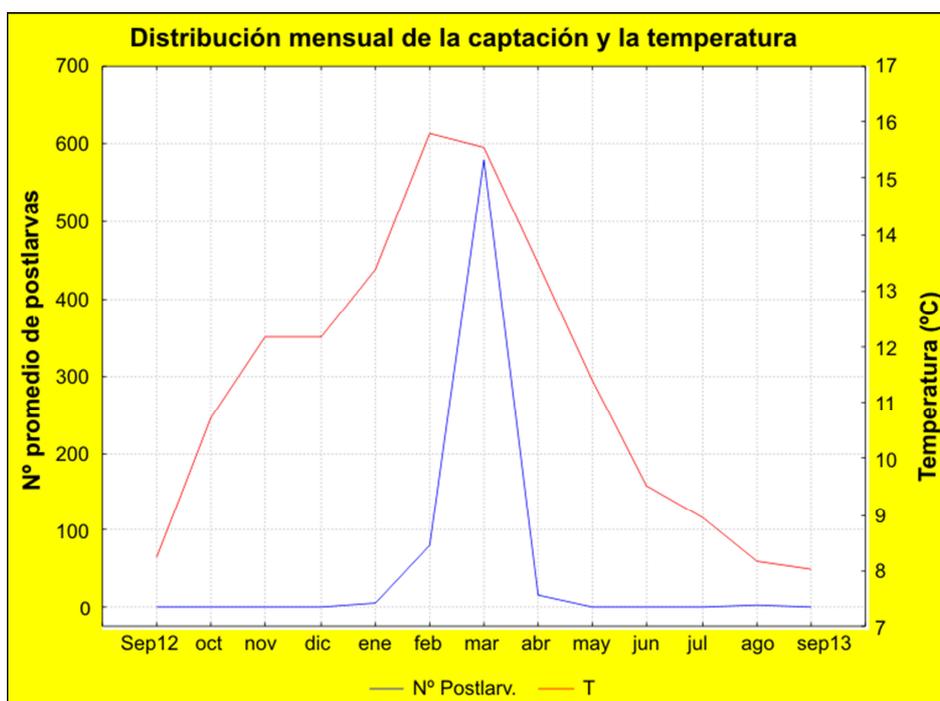


Figura 89: Distribución mensual de la temperatura del agua y la captación promedio en Belvedere

La concentración de materia orgánica presentó los valores máximos uno y dos meses antes del máximo asentamiento larvario, indicando una posible relación de alimentación de reproductores y un posterior desove (Fig. 90). Un mes después de ocurrida la máxima captación, se produjo otro máximo de la concentración de materia orgánica, funcionando como alimento de las postlarvas captadas.

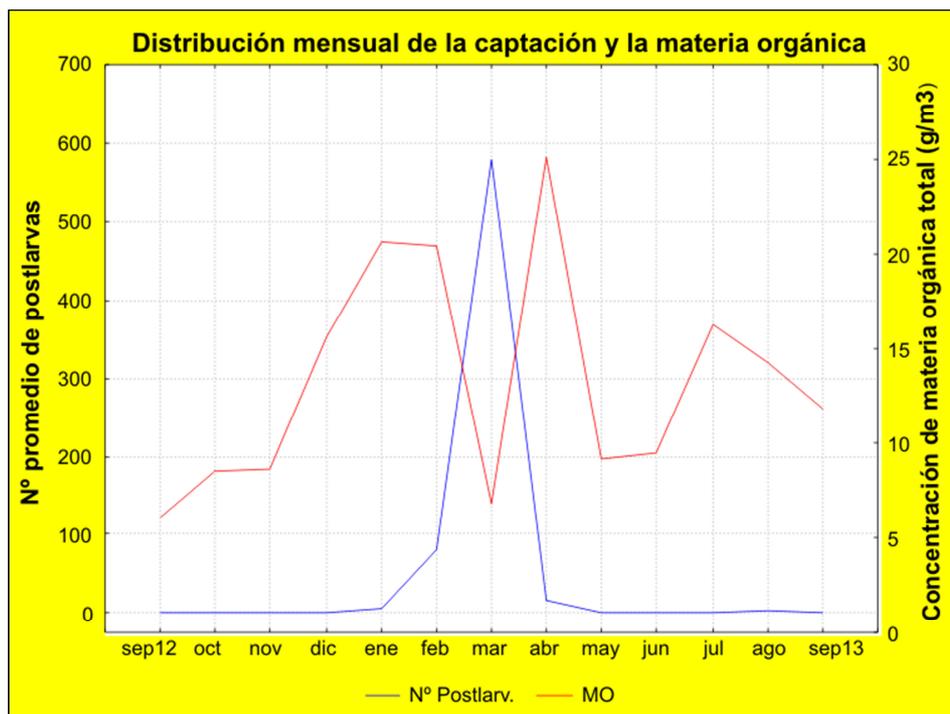


Figura 90: Distribución mensual de la concentración de materia orgánica total (g/m^3) y la captación promedio en Belvedere

Captación postlarval y variaciones del peso seco de los mejillones

La distribución del promedio de peso seco ajustado de los mejillones en relación con el número de postlarvas captadas en los colectores mostró una distribución bimodal, mientras que el número de postlarvas asentadas fue unimodal (Fig. 91). El peso seco disminuyó progresivamente desde diciembre hasta el muestreo de febrero, indicando la existencia de evacuación gamética durante todo ese periodo y con magnitud intermensual similar; es decir, el cambio de peso seco de diciembre a enero es semejante al ocurrido entre enero y febrero. Este periodo de liberación de gametas podría explicar el fenómeno de máxima captación ocurrido en los colectores colocados en febrero y que permanecieron sumergidos hasta marzo inclusive. El segundo máximo de peso seco se registró durante los meses de abril y mayo, periodo en el cual los mejillones alcanzarían nuevamente la madurez de sus gónadas produciendo una nueva emisión de gametas; estos máximos no fueron sincrónicos con las captaciones observadas posteriormente.

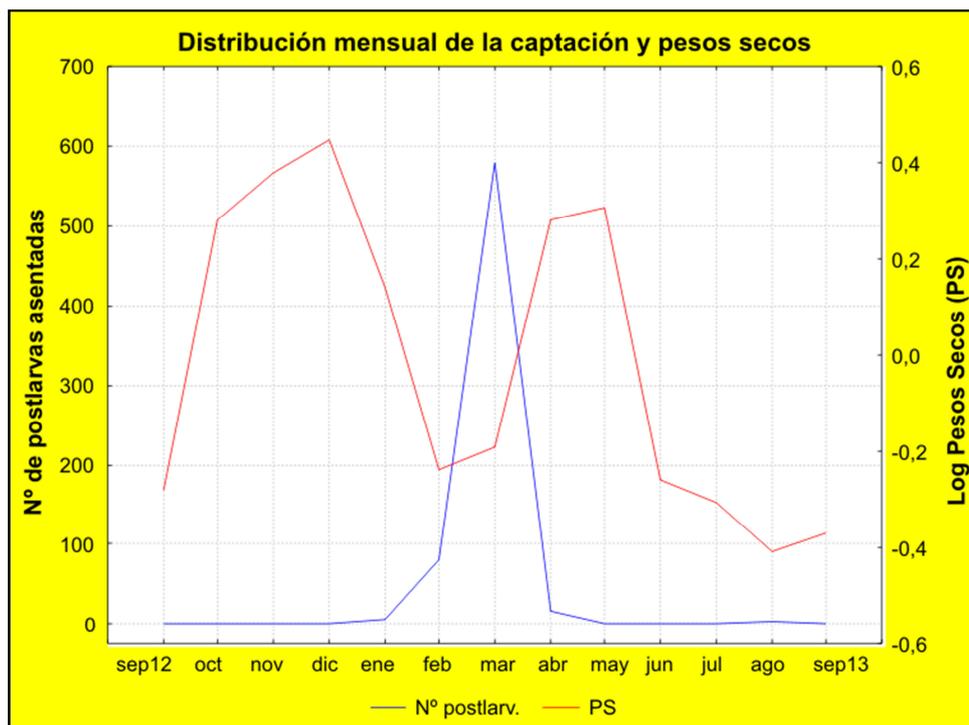


Figura 91: Distribución mensual de la media del logaritmo de los pesos secos y el número de postlarvas asentadas en los colectores. Periodo: Sep. 2012/2013

6. Análisis de regresión múltiple

Localidad: Belvedere

Valoración de colinealidad y supuestos

El análisis de los residuales indicó que los datos de las variables ambientales se ajustaron al supuesto de linealidad y el peso seco de los mejillones también, aplicando previamente una transformación logarítmica.

A partir del estudio de colinealidad, se eliminó el total de sólidos disueltos por presentar valores fuera del rango de tolerancia, tanto para el factor de inflación de la varianza, el índice de condición, y para el autovalor (Tabla 10). El análisis de correlación cruzada indicó que la mencionada variable estaba correlacionada alta y positivamente con la temperatura ($p < 0,05$). La temperatura fue conservada dentro del modelo, por haber sido considerada la mejor variable explicativa de los fenómenos de reproducción en mejillones en aguas templadas (Bayne 1965, Gosling 2003, Vinuesa 1978). En una segunda instancia se eliminó del modelo la salinidad por presentar valores indicativos de colinealidad y correlaciones significativas ($p < 0,05$) con la variable peso seco de los mejillones (*lag 1*).

Tabla 10: Valores de los indicadores de colinealidad de las variables explicativas para el modelo completo de regresión múltiple de Belvedere

Variable	FIV	Autovalor	I. C.
T	787,239	1,877	1,964
MO	3,059	1,269	2,389
Cloa	10,750	0,286	5,029
Cloalag1	6,577	0,125	7,600
Cloalag2	6,728	0,089	9,014
PS	24,344	0,076	9,792
PS1	28,604	0,028	16,128
PS2	6,828	0,006	33,644
S	197,414	0,000	3540,847
TSD	1506,167	0,000	28018,579

FIV: valores del factor de inflación de la varianza; IC: Índice de condición. T: temperatura; MO: materia orgánica; Cloa: concentración de clorofila *a* y desplazamientos (*lags*); PS: Peso seco de los mejillones y desplazamientos PS1/2; S: salinidad; TSD: total de sólidos disueltos.

Las variables explicativas del modelo completo resultante fueron la temperatura, la media del peso seco de los mejillones ajustado y transformado logarítmicamente, con corrimientos o *lags* de 1 y 2 meses; la concentración de materia orgánica total, y la concentración de clorofila *a*, con corrimientos o *lags* de 1 y 2 meses.

Modelo de regresión

El modelo de regresión múltiple con selección de variables *backward* permitió eliminar las variables ambientales que presentaron bajo efecto sobre la captación de mejillón. Este procedimiento se efectuó mediante una secuencia de seis pasos, las variables desechadas fueron la concentración de clorofila *a* junto con sus corrimientos y la media de los pesos secos y su corrimiento de dos meses (Tabla 11).

El ANOVA en regresión resultó ser significativo para las variables contenidas en el modelo reducido, obteniendo finalmente como variables explicativas, la concentración de materia orgánica, la media del peso seco de los mejillones ajustado con un corrimiento de un mes y la temperatura ($p < 0.01$) (Tabla 12).

Tabla 11: Cuadro que muestra la secuencia de eliminación de las variables según criterio *backward*

Modelo	Variables Incluidas	Variables Removidas	Método
1	Cloa, Cloalag1, Cloalag2, T, PS, PS1, PS2, MO	.	Inicial
2	Cloalag1, Cloalag2, T, PS, PS1, PS2, MO.	Cloa	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$).
3	Cloalag1, T, PS, PS1, PS2, MO.	Cloalag2	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$).
4	. Cloalag1, T, PS1, PS2, MO	PS	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$).
5	T, PS1, PS2, MO.	Cloalag1	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$).
6	T, PS1, MO.	PS2	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$).

Cloa: concentración de clorofila a y desplazamientos (*lags*) ; T: temperatura; PS: Peso seco de los mejillones y desplazamientos PS1/2; MO: materia orgánica

El modelo de regresión múltiple planteado presentó un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 0,627, que indica que las variables independientes incluidas en él explican un 62,7% de la variabilidad total en la respuesta de la variable dependiente o número promedio de postlarvas captadas (Tabla 12).

Tabla 12: Tabla ANOVA en regresión para el modelo reducido indicando el coeficiente de determinación asociado al modelo predictivo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.	R ²	R ² ajustado
Regresión	220491,700	3	73497,200	7,710	0,007	0,720	0,627
Residual	85799,400	9	9533,200				
Total	306291,200	12					

SC: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; Sig.: Valor de significancia de la prueba; R²: Coef. de determinación.

Los valores de los índices aplicados indicaron la ausencia de colinealidad entre las variables incluidas en el modelo reducido (Tabla 13).

Tabla 13: Valores de los indicadores de colinealidad para el modelo de regresión múltiple reducido

Variable	VIF	Autovalor	I. C.
T	1,347	1,005	1,692
MO	1,148	0,095	5,502
PS1	1,218	0,021	11,847

VIF: Factor de inflación de la varianza; IC: índice de condición. T: temperatura; MO: materia orgánica
PS1: Peso seco de los mejillones con corrimiento de un mes

A través de los coeficientes de regresión (B y Beta= β) obtenidos por el modelo para cada variable explicativa (Tabla 14), se determinó que la temperatura presentaba una tendencia positiva en relación al número promedio de postlarvas asentadas, con máximas captaciones a temperaturas mayores.

La concentración de materia orgánica total presentó una tendencia negativa o inversa con el número promedio de postlarvas asentadas; la captación ocurre a valores bajos de concentración de materia orgánica.

La relación existente entre la media de los pesos secos ajustados con un corrimiento de un mes y el número promedio de postlarvas asentadas en los colectores, presentó una tendencia negativa (la presencia de las postlarvas en los colectores tiene una relación inversa con el peso seco de los mejillones).

La comparación de los coeficientes estandarizados permitió distinguir que la concentración de materia orgánica y la media del peso seco (*lag 1*) tienen una influencia similar en el proceso de captación, mientras que la temperatura tendría un efecto mayor.

Tabla 14: Cuadro de valores de los coeficientes de regresión estandarizados y sin estandarizar para las variables del modelo de regresión reducido

Modelo reducido	Coeficientes sin estandarizar		Coeficientes Estandarizados	t	sig.	Intervalo de 95,0% de Confianza para B	
	B	Error Std.	Beta			Lim. inferior	Lim. Superior
Cte.	-393,24	135,86		-2,894	0,018	-700,59	-85,89
T	54,45	12,06	0,924	4,512	0,001	27,14	81,75
MO	-13,23	5,03	-0,497	-2,629	0,027	-24,62	-1,84
PS1	-239,20	96,47	-0,483	-2,479	0,035	-457,45	-20,95

Intervalo de confianza del 95% para el valor de B; t: los valores resultantes de la prueba t para cada coeficiente estandarizado de cada variable explicativa. Sig: nivel de significación de la prueba T: temperatura; MO: materia orgánica; PS1: peso seco de los mejillones con corrimiento de un mes

A partir de los valores del coeficiente de regresión sin estandarizar (B), se obtuvo la siguiente función de regresión múltiple que vincula el promedio de postlarvas asentadas con la concentración de materia orgánica, la temperatura del agua de mar y la media de los pesos secos de los mejillones.

$$NPA = 54,45 \times T - 13,23 \times MO - 239,20 \times PS1 - 393,24$$

$$R^2_{\text{ajus}} = 0,627$$

Donde:

NPA: Número promedio de postlarvas asentadas por colector

T: Temperatura del agua de mar (°C).

MO: Concentración de materia orgánica total (mg/m³)

PS1: Peso seco medio ajustado (transformado logarítmicamente con corrimiento de una mes hacia adelante).

Localidad: Km 3

Valoración de colinealidad y supuestos

Los datos de las variables ambientales se comportaron como en Belvedere y fueron procesados del mismo modo, desechando aquellas que indicaban colinealidad (Tabla 15) mostrando diferencias solo en la incorporación de la salinidad al modelo general de regresión.

Tabla 15: Valores de indicadores de colinealidad para el modelo completo de regresión múltiple de Km 3

Variable	FIV	Autovalor	IC
T	787,2	1,877	2,0
MO	3,1	0,286	5,0
Cloa	10,8	0,089	9,0
Cloalag1	6,6	0,076	9,8
Cloalag2	6,7	0,028	16,1
PS	24,3	0,006	33,6
PS1	28,6	0,000	3540,8
PS2	6,8	0,000	28018,6
S	197,4	1,269	2,4
TSD	1506,2	0,125	7,6

FIV: valores del factor de inflación de la varianza; IC: Índice de condición. T: temperatura; MO: materia orgánica; Cloa: concentración de clorofila a y desplazamientos (*lags*) ; PS: peso seco de los mejillones y desplazamientos PS1/2; S: salinidad; TSD: total de sólidos disueltos

Modelo de regresión

El modelo de regresión múltiple con selección de variables *backward* permitió eliminar las variables ambientales que presentaron un reducido efecto sobre la captación de mejillón; este procedimiento se efectuó mediante una secuencia de siete pasos, siendo las variables desechadas la concentración de clorofila *a* junto con sus corrimientos, la media del peso seco ajustado y su corrimiento de dos meses y la salinidad (Tabla 16).

El ANOVA en regresión resultó ser significativo para las variables contenidas en el modelo reducido, obteniendo finalmente como variables explicativas ($p < 0.05$), la concentración de materia orgánica, la media del peso seco ajustado con un corrimiento de un mes y la temperatura, (Tabla 17).

El modelo de regresión múltiple planteado presentó un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 0,511, indicativo de que las variables independientes incluidas en él explican un 51,1% de la variabilidad total en la respuesta de la variable dependiente o número promedio de postlarvas captadas (Tabla 17).

Los valores de factor de inflación de la varianza, autovalores e índice de condición no indicaron colinealidad entre las variables del modelo reducido (Tabla 18).

Tabla 16: Cuadro que muestra la secuencia de eliminación de las variables según criterio *backward*

Modelo	Variables incluidas	Variables Removidas	Método
1	Cloa, Cloalag1, Cloalag2, T, PS, PS1, PS2, MO, S	.	Inicial
2	Cloa, Cloalag1, Cloalag2, T, PS, PS1, PS2, MO	S	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)
3	Cloalag1, Cloalag2, T, PS, PS1, PS2, MO	Cloa	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)
4	Cloalag1, Cloalag2, T, PS1, PS2, MO.	PS	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)
5	Cloalag2, T, PS1, PS2, MO.	Cloalag1	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)
6	T, PS1, PS2, MO.	Cloalag2	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)
7	T, PS1, MO.	PS2	Backward (criterio: Probab. de F para remover $\geq 0,050$)

Cloa: concentración de clorofila *a* y desplazamientos (*lags*); T: temperatura; PS: peso seco de los mejillones y desplazamientos PS1/2; MO: materia orgánica; S: salinidad

Tabla 17: Tabla ANOVA en regresión para el modelo reducido indicando el coeficiente de determinación asociado al modelo predictivo.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.	R ²	R ² ajustado
Regresión	55507,6	3	18502,5	5,185	0,024	0,633	0,511
Residual	32117,1	9	3568,5				
Total	87624,8	12					

SC: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; Sig.: Valor de significancia de la prueba; R²: Coef. de determinación.

Tabla 18: Valores de los indicadores de colinealidad para el modelo de regresión múltiple reducido.

Variable	VIF	Autovalor	I. C.
T	1,347	1,005	1,692
MO	1,148	,095	5,502
PS1	1,218	0,21	11,847

VIF: Factor de inflación de la varianza; IC: índice de condición. T: temperatura; MO: materia orgánica
PS1: Peso seco de los mejillones con corrimiento de un mes

A partir del análisis de los coeficientes de regresión (B y β) obtenidos por el modelo para cada variable explicativa (Tabla 19), se determinó que la temperatura presentaba una tendencia positiva en relación al número promedio de postlarvas asentadas, con máximas captaciones a temperaturas más altas.

La concentración de materia orgánica total y el peso seco presentaron, al igual que el modelo de Belvedere, una tendencia negativa en relación a la captación.

La comparación de los coeficientes estandarizados permitió distinguir que la concentración de materia orgánica y la media de los pesos secos *lag 1* tendrían una influencia similar en el proceso de captación, mientras que la temperatura tendría un efecto mayor.

Tabla 19: Cuadro de valores de los coeficientes de regresión estandarizados y sin estandarizar para las variables del modelo de regresión reducido

Modelo reducido	Coeficientes sin estandarizar		Coeficientes Estandarizados	t	sig.	Intervalo de 95,0% de Confianza para B	
	B	Std. Error	Beta			Lim. inferior	Lm. Superior
Cte.	-189,742	83,125		-2,28	,048	-377,7	-1,69
T	27,278	7,384	0,865	3,694	,005	10,57	43,98
MO	-7,038	3,080	-0,494	-2,28	,048	-14,00	-,07
PS1	-120,648	59,028	-0,412	-1,85	,049	-242,82	-1,52

Intervalo de confianza del 95% para el valor de B; t: los valores resultantes de la prueba t para cada coeficiente estandarizado de cada variable explicativa. Sig: nivel de significación de la prueba T: temperatura; MO: materia orgánica; PS1: peso seco de los mejillones con corrimiento de un mes

Considerando los valores del coeficiente de regresión sin estandarizar (B), se obtuvo una función de regresión múltiple que vincula el promedio de postlarvas asentadas con la concentración de materia orgánica, la temperatura del agua de mar y la media de los pesos secos. Dicha función es:

$$NPA = 27,278 \times T - 7,038 \times MO - 120,648 \times PS1 - 189,742$$

$$R^2_{ajus} = 0,511$$

Donde:

NPA: Número promedio de postlarvas asentadas por colector.

T: Temperatura del agua de mar (°C)

MO: Concentración de materia orgánica total (mg/m³)

PS1: Peso seco medio ajustado (y transformado logarítmicamente con corrimiento de un mes hacia adelante)

7. Análisis estadístico de las tallas de las postlarvas asentadas

Estadísticas descriptivas del sitio Km 3

La distribución de las tallas de las postlarvas asentadas mostró un máximo de 1500 µm y un mínimo de 260 µm, con la distribución de tallas que muestra la figura 92 y los valores estadísticos de la Tabla 20. El 2 % de los animales captados midieron entre 260 y 500 µm. Los colectores donde se asentaron estas postlarvas habían sido colocados a principios de febrero y extraídos el 10 de abril del 2013; este corrimiento de la fecha óptima (diez días de retraso) se

debió a que las condiciones meteorológicas y el consecuente estado del mar no permitieron el ingreso al sitio de muestreo.

Tabla 20: Medidas de posición y dispersión de la talla de postlarvas asentadas en Km3

Medida	Resultado
Media	860,6
Mediana	900,0
Modo	900,0
Desviación estándar	186,5

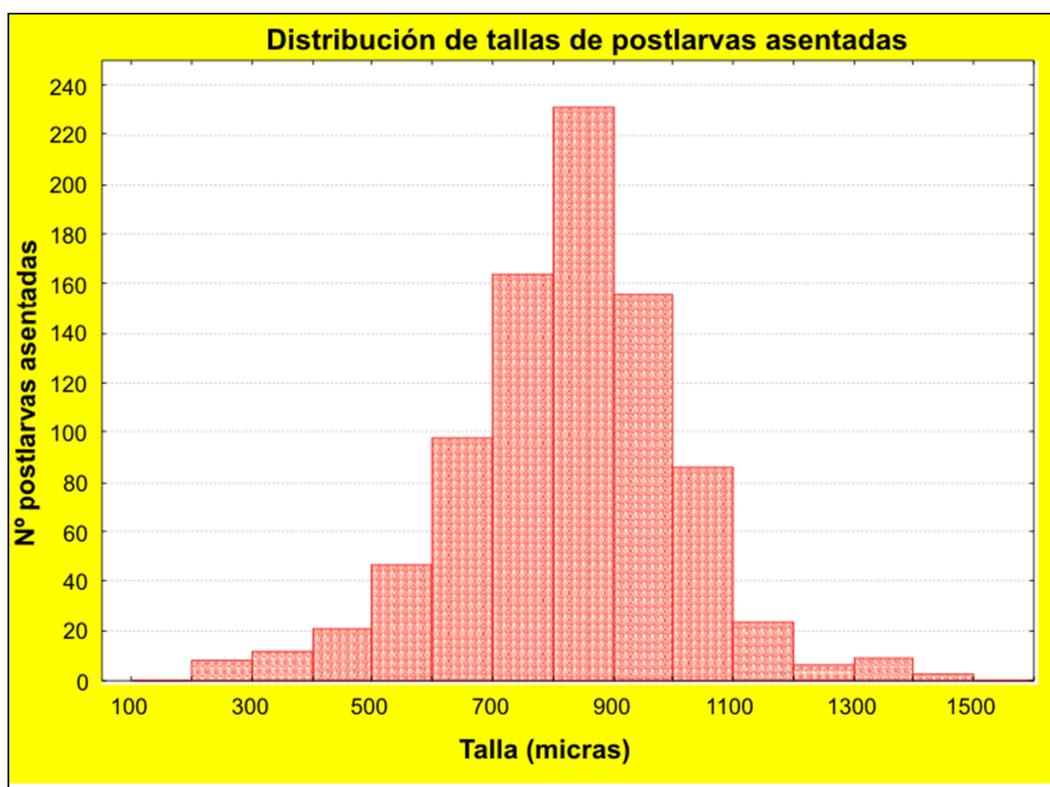


Figura 92: Distribución de tallas de postlarvas asentadas en Km 3

La mayor talla promedio se obtuvo a 12 m en relación al fondo, es decir, en la capa más superficial evaluada, mientras que la media de menor valor resultó la de la mayor profundidad (Tabla 21).

Tabla 21: Talla media (μm) por profundidad analizada en Km 3

Nivel respecto al fondo	Talla media(μm)
4 (más profundo)	832,1
8 (medio)	860,0
12 (más superficial)	907,2

Análisis estadísticos

La estimación de la media general de la talla de las postlarvas asentadas con una confianza del 95%, fue de $788 \pm 8 \mu\text{m}$.

El análisis ANOVA de un factor, considerando como tal la profundidad de asentamiento, detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en la talla de postlarvas captadas a diferentes profundidades (Tabla 22 y Fig. 93).

La prueba de Scheffé dio como resultado que la media de las postlarvas captadas a 12 m del fondo difería significativamente ($p < 0.05$) de las tallas medias a profundidades mayores (Tabla 23), es decir, la talla media de las postlarvas asentadas en la capa más superficial fue mayor al momento de ser extraídas del agua (Fig. 93).

Tabla 22: ANOVA para la comparación de tallas medias por profundidad en Km 3.

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	703363,9	1	703363,9	65189,2	<0,001
Profundidad	202	2	101	9,3	<0,001
Error	9289,8	861	10,8		

FV: Fuente de variación. GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; p: valor de probabilidad asociado.

Tabla 23: Resultado de la prueba de Scheffé para la diferencia de las tallas medias por profundidad en Km 3

Nivel respecto del fondo (m)	4	8	12
4 (más profundo)		0,272	0,001
8 (medio)	0,272		0,016
12 (más superficial)	0,001	0,016	

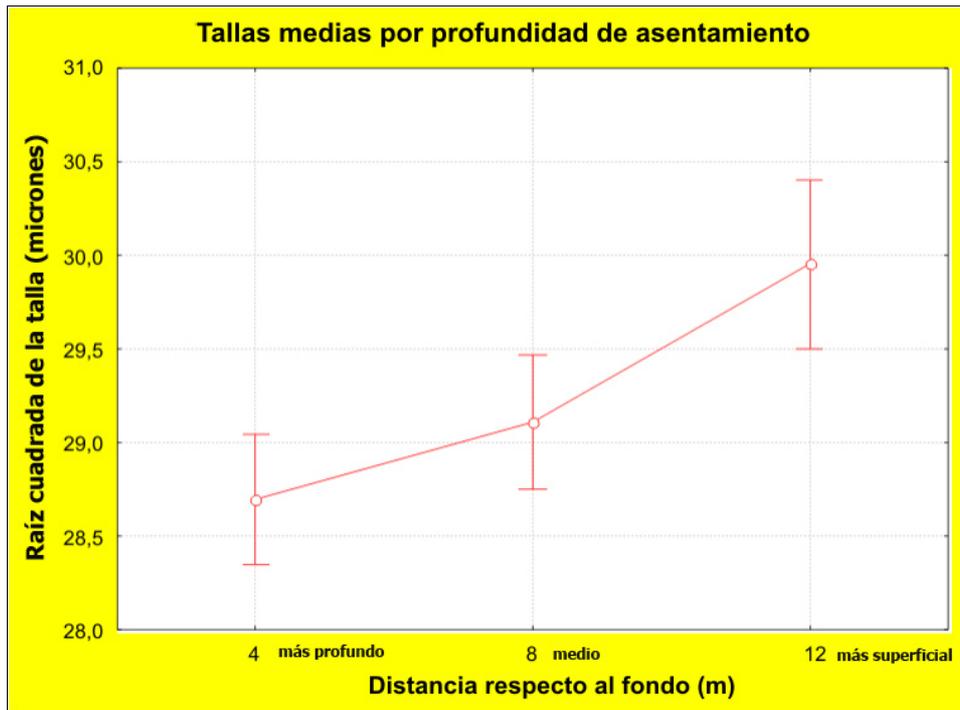


Figura 93: Distribución de la raíz cuadrada de las tallas medias de postlarvas asentadas y los límites de sus intervalos de confianza al 95% de Km 3 para las profundidades evaluadas

Estadísticas descriptivas Belvedere

La distribución de las tallas de las postlarvas asentadas en Belvedere mostró un máximo de 1500 μm y un mínimo de 300 μm , con la distribución de tallas que muestra la figura 94 y los estadísticos descriptivos de la Tabla 24.

El 13 % de las postlarvas captadas presentaron tallas entre 300 y 500 μm (un 11 % más que lo encontrado en Km 3). Los colectores donde se asentaron estas postlarvas fueron colocados a principios de febrero y extraídos en la primera semana de abril, produciéndose un desfase de diez días entre la extracción de estos colectores y los obtenidos en Km 3.

Tabla 24: Medidas de posición y dispersión de la talla de postlarvas asentadas en Belvedere.

Medida	Valor
Media	757,6
Mediana	800,0
Modo	800,0
Desviación estándar	224,3

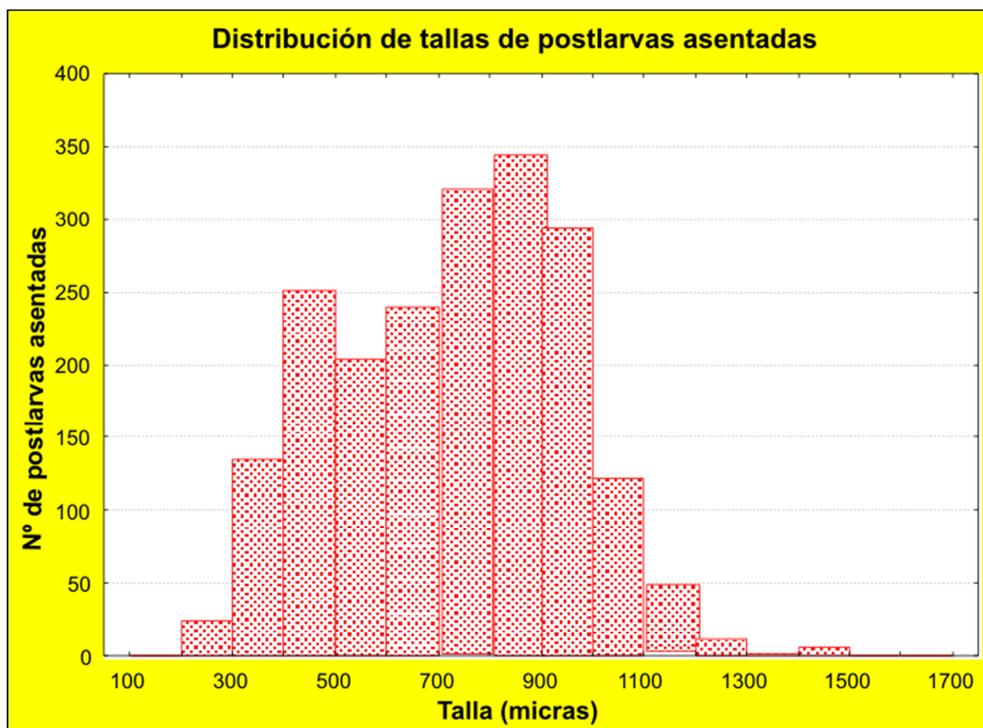


Figura 94: Distribución de tallas de postlarvas asentadas en Belvedere.

La mayor talla promedio se obtuvo a 12 m en relación al fondo, es decir, en la capa más superficial, mientras que la media de menor valor fue la del nivel de profundidad medio (Tabla 25).

Tabla 25: Tallas medias (μm) por profundidad analizada en Belvedere

Nivel respecto al fondo	Talla media (μm)
4 (más profundo)	692,2
8 (medio)	615,6
12 (más superficial)	847,4

Análisis estadísticos

La estimación de la media general de la talla de las postlarvas asentadas con una confianza del 95%, fue de $757 \pm 10 \mu\text{m}$. El análisis ANOVA de un factor (profundidad), detectó diferencias significativas ($p < 0.001$) en la talla de postlarvas captadas a diferentes profundidades (Tabla 26, Fig.95).

Tabla 26: ANOVA para la comparación de tallas medias por profundidad en Belvedere

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	980502	1	980501	65340	<0,001
Prof.	5410	2	2704	180	<0,001
Error	29952	1996	15		

FV: Fuente de variación. GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. F: estadístico de prueba de Fisher. p: valor de probabilidad asociado.

La prueba de Scheffé indicó diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) en la talla media de las postlarvas a todas las profundidades (Tabla 27). Las tallas mayores se obtuvieron a los 12 m respecto del fondo, mientras que las menores lo hicieron a una distancia de 8 m. Tallas intermedias se encontraron en las postlarvas de los colectores más cercanos al fondo. Las tallas registradas en aguas más superficiales fueron mayores que las registradas en colectores de mayor profundidad (Fig. 95).

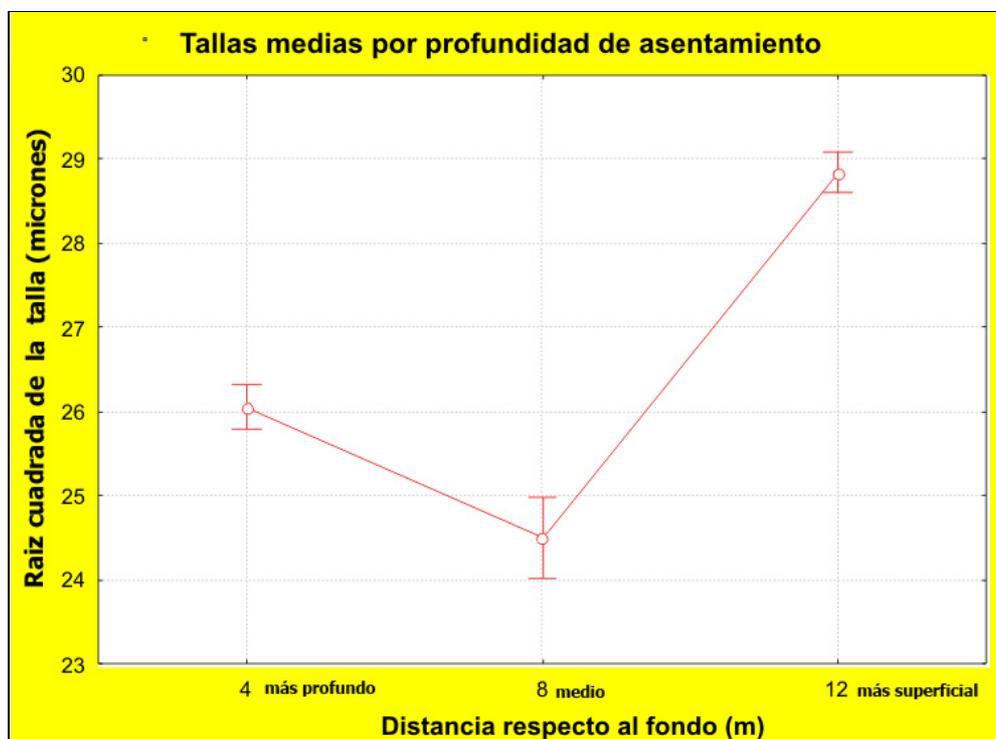


Figura 95: Distribución de la raíz cuadrada de las tallas medias de postlarvas asentadas y los límites de sus intervalos de confianza al 95% en Belvedere

Tabla 27: Resultado de la prueba de Scheffé para la diferencia de las tallas medias por profundidad en Belvedere

Nivel respecto al fondo (m)	4	8	12
4 (más profundo)		<0,001	<0,001
8 (medio)	<0,001		<0,001
12 (más superficial)	<0,001	<0,001	

Análisis comparativo de las tallas de asentamiento entre sitios

Los resultados del ANOVA de una vía, al comparar la media de las tallas de las postlarvas en ambos sitios, indicaron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$). La talla media de Km 3 fue mayor que la de Belvedere (Tabla 28, Fig. 96). El análisis descriptivo indicó para Km 3 una talla media de 861 μm , mientras que para Belvedere fue de 758 μm .

Tabla 28: ANOVA para diferencias entre tallas medias generales de Belvedere y Km 3

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	1912810	1	1912810	120676,5	<0,000
Sitio	2301	1	2301	145,2	<0,000
Error	45365	2862	16		

FV: Fuente de variación; GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; p: valor de probabilidad asociado.

El resultado del ANOVA factorial, con la profundidad y el sitio como factores, detectó interacción entre ambos factores analizados (Tabla 29), indicando que las medias de las tallas de las postlarvas poseen una talla significativamente diferente entre sitios. Esta tendencia se hace evidente en la figura 97.



Figura 96: Tallas medias generales en Belvedere y Km 3

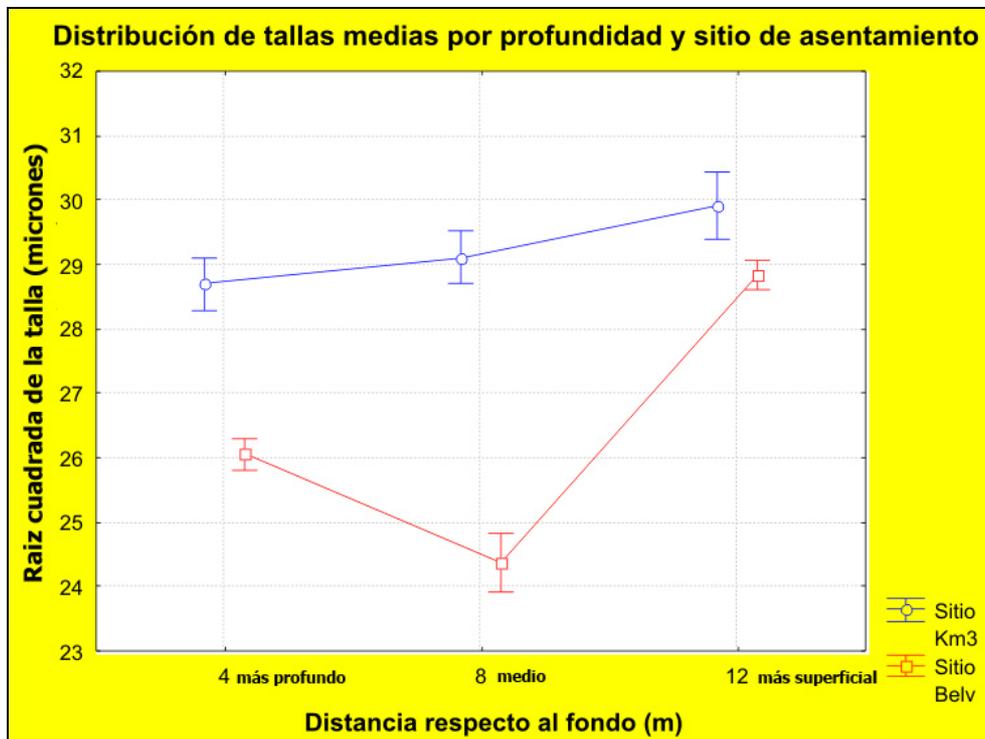


Figura 97: Tallas medias por profundidad para Belvedere y Km 3

Tabla 29: ANOVA factorial de tallas medias por sitio y profundidad

FV	SC	GL	CM	F	p
Intercepción	1605598	1	1605598	115901,8	<0,000
Sitio	4109	1	4109	296,6	<0,000
Prof.	2467	2	1234	89,0	<0,000
Sitio*Prof.	1022	2	511	36,9	<0,000
Error	39592	2858	14		

FV: Fuente de variación; GL: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios; F: estadístico de prueba de Fisher; p: valor de probabilidad asociado.

La prueba de Scheffé indicó diferencias altamente significativas entre las medias de las tallas de los dos sitios en la mayoría de las combinaciones de profundidades (Tabla 30). Las medias de las tallas de las postlarvas asentadas en Belvedere a 12 m del fondo, no fueron significativamente diferentes en relación con las que se asentaron en los 4 y 8 m en relación al fondo en Km 3. Se encontraron diferencias significativas entre las medias de las tallas de los individuos asentados a 12 m del fondo para ambos sitios.

Tabla 30: Prueba de Scheffé para los sitios por profundidad de asentamiento

Sitio/Nivel del fondo	Belv. 4 (m)	Belv. (8 m)	Belv. (12 m)
Km 3 (4 m)	<0,001	<0,001	0,996
Km 3 (8 m)	<0,001	<0,001	0,941
Km 3 (12 m)	<0,001	<0,001	0,016

VI. Discusión y conclusiones

Identificación de las postlarvas de *Mytilus edulis platensis*

La identificación de larvas y postlarvas tempranas es una tarea difícil, no sólo en los mitílidos, sino en los bivalvos en general. Las postlarvas de *Mytilus edulis* han sido descritas en la literatura con más frecuencia que las de otros lamelibranquios. Los caracteres morfológicos utilizados tradicionalmente son: longitud, altura, estructura de la charnela y forma, textura y color de las valvas. Más recientemente se ha usado microscopía electrónica de barrido (MEB), que permite describir con buen detalle el sistema charnelar y que según algunos autores sería útil para la identificación de géneros y especies (Chanley 1970, Le Pennec 1978, Loosanoff y col. 1966, Lutz & Hidu 1979, Turner & Boyle 1974).

El reconocimiento de las postlarvas más pequeñas resulta problemático, ya que los caracteres diferenciables de los distintos tipos de bivalvos no se hacen evidentes desde el inicio del desarrollo. Por este motivo, Ramorino & Campos (1983) describieron postlarvas de distintos tamaños para indicar mejor los cambios morfológicos que ocurren en cada etapa. El uso de estas claves para el material patagónico se justifica por la evidencia de que el mejillón patagónico (*platensis*) y el mejillón chileno (*chilensis*) corresponden a una única subespecie sudamericana de *Mytilus edulis*, como se detalla más adelante.

El problema es mayor cuando, como en las costas patagónicas, coexisten varias especies de la familia. En el área de Comodoro Rivadavia encontramos una especie de mejillín, *Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819), el mejillón, *Mytilus edulis platensis* (d'Orbigny, 1942) y la cholga, *Aulacoya atra atra* (Molina, 1782), (Zaixso y col. 2015).

Se ha debatido intensamente sobre la presencia del mejillón mediterráneo *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) y el mejillón del Báltico, *Mytilus trossulus* (Gould 1850), en las costas chilenas donde tradicionalmente se menciona a *Mytilus chilensis* (Hupé, 1854).

Las tres especies nominales pertenecen al complejo *Mytilus edulis*, Linnaeus, 1758, con lo que suelen confundirse, dada la gran variabilidad morfológica de todas ellas. *Mytilus trossulus* y *Mytilus galloprovincialis* se hibridan naturalmente entre sí y con *Mytilus edulis* (Comesaña y col 1999, Gosling y col 2008, McDonald y col. 1991, Miranda y col. 2010, Saarman y col. 2015, Skibinski y col. 1978).

Toro y col. (2005) con tres marcadores de ADN nuclear demostraron la presencia de *M. edulis* y *M. galloprovincialis* e incluso un 39% de híbridos entre esas especies en Chile, pero no hallaron evidencias de *M. trossulus*.

Tarifeño y col. (2012) identificaron como *M. galloprovincialis* al mejillón de la bahía Concepción al que se había citado como *M. Chilensis* y Borsa y col. (2012) confirmaron la presencia de la especie invasora en el sur de Chile incluso con cierto grado de introgresión con *M. edulis*. En cambio, Larraín y col. (2012) informaron sobre posibles híbridos *M. chilensis* x *M. trossulus* y *M. chilensis* x *M. galloprovincialis*, pero sin rastros de *M. edulis*. Por su parte, Ouagajjou y col. (2011) demostraron que *M. chilensis* es una especie diferente desde el punto de vista molecular de los tres mejillones europeos, *M. edulis*, *M. galloprovincialis* y *M. trossulus*. Como estos autores no estudiaron material de la Argentina, no opinaron sobre su relación con *M. edulis platensis*.

Según Oyarzún y col. (2016) el sur chileno sería el único lugar del mundo donde están presentes genes de las que interpretan como cuatro especies del complejo *edulis*: *M. edulis*, *M. chilensis* (o el linaje austral de *M. galloprovincialis*), *M. galloprovincialis* del linaje boreal y *M. trossulus*.

Posiblemente el problema no haya sido planteado en los términos adecuados ya que continúa centrándose en la identificación de especies sin acordar previamente el concepto de especie en cada caso (Lheminier 2009) y bajo una óptica unidimensional (Crisci 2006).

En los últimos años prevaleció la opinión de que *chilensis* y *platensis* son coespecíficos (Gaitán-Espitia y col. 2016). La posición de *chilensis* como subespecie de *M. edulis* fue propuesta por Soot-Ryen (1955) sobre bases morfológicas, sostenida por Mc Donald y col (1991), con datos de morfología y alozimas, y corroborada por Toro (1998) luego de un estudio de ADN nuclear y mitocondrial. El mejillón patagónico fue mayoritariamente identificado como *Mytilus platensis* d'Orbigny, 1842 hasta mediados del siglo XX, cuando Soot-Ryen (1955) propuso que debía considerarse como otra subespecie de *M. edulis*, conclusión que, con el correr del tiempo y con el conjunto de datos aportados por distintos estudios, es la posición taxonómica actual más frecuente en estudios ecológicos (Acuña 2004, Borthagaray & Carranza 2007, Buschbaum y col. 2008, Genzano y col. 2003, Gil & Zaixso 2008, Juanicó & Rodríguez Moyano 1976, Kandratavicius & Brazeiro 2014, Lizarralde & Pittaluga 2011, Martinelli y col. 2013, Penchazadeh y col. 2004, Riestra & Defeo 1994, Rosenfeld y col. 2013) y en el área de la acuicultura y pesquerías (Bala 1996, Carranza y col. 2009, Ciocco 1998, Dellatorre 2007, López y col. 2008, Monticelli y col. 1991, Morsán 2007, Navarrete y col. 2007, Niggemeyer & Masello 1992, Orenzan y col. 2007, Roux & Bremec 1997).

Borsa y col. (2012) fundamentaron con datos genéticos que *Mytilus chilensis* y *Mytilus platensis* deben considerarse sinónimos, les corresponde el rango de subespecies de *Mytilus edulis* y, por razones de prioridad nomenclatural, deben llevar el nombre de *Mytilus edulis platensis* d'Orbigny, 1842.

A la misma conclusión llegaron Astorga y col. (2015) y esta denominación comenzó a usarse en estudios ecológicos (Ojeda y col. 2014) y de acuicultura (Díaz y col. 2014) entre otros.

Asumiendo entonces la sinonimia entre el mejillón patagónico y el mejillón chileno, se intentó la identificación de las postlarvas mediante los caracteres propuestos por Ramorino & Campos (1983), corroborando su utilidad para el material argentino.

Dados los antecedentes publicados, no sería extraño que en las costas patagónicas también se descubrieran híbridos u otras formas afines a *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis* o *M. trossulus*, pero al no existir evidencias concretas de esto, se mantuvo aquí la identificación de todo el material como *Mytilus edulis platensis*, siguiendo los trabajos de Zaixso & Bala (1993); Zaixso & Lizarralde (1994 y 1999), Zaixso y col. (2007), Isola & Zaixso (2012), Zaixso y col. (2015).

Solo el 2% de las postlarvas asentadas en Km 3 y el 13% en Belvedere, presentaron un tamaño menor a los 500 μm , facilitando las tareas de identificación ya que a partir de esta talla los ejemplares presentan pelos adventicios adheridos al periostraco. La presencia de estos pelos demostró ser un criterio válido de identificación taxonómica, al menos en el área de estudio, ya que se vieron en postlarvas de mejillón. Esta característica ha sido antes descripta para el género *Mytilus* por otros autores (Board 1983, Ockelman 1983, Trevelyan & Chang 1987). Dixon y colaboradores (1995) confirmaron, mediante análisis genéticos, la presencia de pelos periostracales en *Mytilus edulis* de las costas de Inglaterra. En *M. galloprovincialis* también ha sido una característica de identificación, en relación a otras dos especies, como *Perna perna* y *Choromytilus meridionalis*, presentándose en individuos mayores a 600 μm (Bownes y col. 2008).

La posible función fisiológica de estos pelos no ha sido estudiada aún en *Mytilus edulis*, se sabe que su formación es a partir de filamentos secretados por el pie del propio mejillón portador (Ockelman 1983, Trevelyan & Chang 1987), por lo que la denominación y traducción apropiada sería “pelos bisales”.

A partir de los resultados de la presente tesis, la presencia de los mencionados pelos en *Mytilus edulis platensis* es notoria a partir de tallas de aproximadamente 450 μm . La elevada concentración de material depositado entre los espacios libres y en la base de pelos, podría interpretarse como un mecanismo reductor del flujo de agua, con consecuencias no excluyentes entre sí: el aumento de la resistencia al flujo de agua provocaría velocidades menores en las cercanías de la superficie de las valvas, favoreciendo la acumulación de materia orgánica y su posterior aprovechamiento a partir de las acciones auto limpiantes del pie; también puede verse como una estrategia de aumento de la superficie de contacto con el agua circulante, que generaría mayor fricción al flujo de agua y favorecería la dispersión.

Este fenómeno resulta consistente con la teoría de la existencia de fijación secundaria (Bayne 1964) mediante la cual las postlarvas de una talla aproximada de 500 μm se resuspenden en la columna de agua para buscar un sustrato final de asentamiento.

En individuos de *Modiolus trailli*, la presencia de pelos ha sido documentada como proveniente del pie (Choo y col. 2014), que los secreta en tiempos y largos variables. Los autores les atribuyen funciones sensoriales frente al flujo del agua circundante, un efecto antidepredatorio y de camuflaje.

Situación general del cultivo de mejillón

El estudio realizado y expuesto en la presente tesis, es el primer registro científico del asentamiento del mejillón, *Mytilus edulis platensis*, sobre colectores artificiales en el golfo San Jorge.

La creación del parque de maricultura en Playa Belvedere por resolución de la Secretaria de Pesca de Chubut en 2010, instauró la base para una serie de emprendimientos que se encuentran con interrogantes científicos y tecnológicos no resueltos. Conocer la existencia efectiva de asentamiento y su dinámica es fundamental para una adecuada planificación estratégica de la actividad en la región.

Las variables ambientales relevadas, su interpretación y el análisis del fenómeno de captación propiamente dicho, representa información de base que brinda mayores elementos para la toma de decisiones futuras. Los resultados obtenidos y las conclusiones expuestas aquí permitirán, en alguna medida, aproximarse a un manejo productivo más apropiado.

En este contexto, las conclusiones de la presente investigación son un primer paso hacia la mejor comprensión de la dinámica biológica vinculada al cultivo de mejillón en la zona de Comodoro Rivadavia.

En la actualidad, no se registran producciones sustentables de mejillón en nuestro país; las limitantes para su desarrollo son de índole legal, sociocultural, comercial y la falta de una adecuada articulación interinstitucional que promueva el desarrollo armónico de la actividad.

A lo largo de la historia del desarrollo del cultivo de mejillón en el país, se efectuaron varios trabajos científicos que estudiaron el ciclo reproductivo y la captación del mejillón, con la finalidad de aplicar los resultados a emprendimientos de cultivo.

Estudios reproductivos y de captación del mejillón argentino

El ciclo reproductivo de *Mytilus edulis platensis* y su correlación con los periodos de captación varía a lo largo de las costas argentinas. En las costas bonaerenses, el ciclo reproductivo fue estudiado por Penchaszadeh (1971), en base al análisis histológico y citometría de oocitos de individuos adultos recolectados en fondos circalitorales, de 36-54 m de profundidad. Para su categorización, utilizó la escala propuesta por Chipperfield (1953), redefinida más tarde por Lubet (1959), pero simplificada. Halló maduraciones sincrónicas en la población, con picos de desove en los meses de septiembre y octubre, aunque en algunos individuos ocurren en agosto y en noviembre. Luego se inicia una fase de reabsorción de elementos gonadales y reposo sexual que se extiende desde diciembre hasta abril o mayo. No existen registros formales de experiencias donde se haya monitoreado la captación de postlarvas en colectores en la provincia de Buenos Aires.

Para el golfo San Matías, Río Negro, el estudio del ciclo reproductivo ha sido descrito por Calvo y col. (1998), indicando una evacuación gamética en los meses de julio y agosto con emisiones menores hasta octubre. El periodo de máxima captación de postlarvas registrado en este golfo, ocurre a fines de septiembre y principios de octubre (Pascual y Zampatti 1998; Informe RMCP 2013).

En el golfo San José, Chubut, se realizaron dos estudios sobre el comportamiento reproductivo del mejillón. El primero de ellos en ambientes infralitorales del llamado banco San Román y El Riacho, entre 1976 y 1978 (Trancart 1978), donde se observó una estrecha relación del ciclo sexual con la temperatura y, por ende, con las estaciones del año. El ciclo de maduración en los animales adultos comienza a mediados del verano, seguido por la maduración de las gónadas que se extiende hasta el mes de julio-agosto; en este último mes comienza el período de puestas, que se prolonga hasta diciembre, concentrándose el principal en agosto o septiembre y uno secundario en noviembre o diciembre. Otro estudio encontró que en mejillones del mesolitoral y el infralitoral del golfo las emisiones de gametas se concentraban básicamente durante los meses de septiembre a diciembre (Bala 1989).

El análisis de la captación sobre colectores en el golfo San José, se realizó en otros dos estudios; en el primero (Ruzzante & Toyos de Guerrero 1984), encontraron durante dos periodos de estudio, de 1978 a 1980 y de 1980 a 1982, una captación máxima en diciembre y enero para el primer periodo analizado y captaciones máximas en noviembre, diciembre y enero para el segundo. El otro estudio (Lizarralde 1997) obtuvo como resultado un pico máximo de captación en los meses de septiembre y octubre y otro de menor magnitud en marzo y abril.

En la ría Deseado, Santa Cruz, el ciclo sexual del mejillón fue estudiado mediante el análisis histológico y citológico, describiendo las células sexuales y analizando su evolución en ejemplares del mesolitoral inferior–Infralitoral superior (Vinuesa 1978). La maduración de las células sexuales se inicia en junio y se extiende hasta diciembre. La emisión de las gametas comienza entre fines de noviembre y enero, pero continúa hasta el mes de mayo, con emisiones menores.

Según Zaixso (2011 Informe interno) en la bahía San Julián (Santa Cruz), las máximas captaciones se encuentran en los meses de verano, principalmente entre diciembre y febrero.

Martin y col. (2015) analizaron la disponibilidad de larvas de mejillón en el plancton con muestreos mensuales en esa bahía, encontrando mayor abundancia en febrero. El análisis histológico realizado en dos temporadas reproductivas (2014 y 2015) registró un porcentaje máximo de individuos en estado de liberación de gametas en los meses de diciembre y febrero.

En las islas Malvinas el estudio fue realizado con muestras del mesolitoral inferior mediante técnicas histológicas, analizando también su crecimiento y algunos aspectos parasitológicos. La conclusión principal es que la especie comienza su desarrollo reproductivo durante fines de invierno y la primavera y el desove ocurre principalmente entre enero y febrero (Gray y col. 1997). No se ha registrado en las islas ningún estudio de asentamiento de mejillón sobre colectores artificiales.

En el canal Beagle el ciclo sexual del mejillón fue estudiado por Tortorelli (1987). Allí se registran prolongados periodos de desoves, en primavera (octubre y noviembre) y otoño (mayo y junio) con cortos periodos de reposo. Los estudios de asentamiento de postlarvas sobre colectores indicaron que se produce en entre diciembre y febrero y entre diciembre y enero (Zampatti 2002).

Estos antecedentes aportan un marco de referencia para interpretar la información, original y bibliográfica, sobre las poblaciones de mejillón en el golfo San Jorge. Aquí el estudio del ciclo sexual fue inferido a partir de la variación del peso seco de los individuos, que indicó dos periodos de desove, el primero de ellos durante dos meses desde fines de primavera, en diciembre y enero; este patrón también había sido observado para la zona por Zaixso y col. (2009); el otro desove se presentó a mediados del otoño, en el mes de mayo. El periodo de captación observado en los sitios analizados se concentró en los meses de verano, con un pico significativamente mayor en los colectores que permanecieron sumergidos durante febrero y

marzo; de acuerdo al análisis cronológico de la captación en colectores, marzo fue el mes principal de asentamiento.

En líneas generales, se puede concluir que existe una tendencia generalizada a que la captación comience al mes siguiente o subsiguiente de producido el desove, indicando un periodo de vida larvaria de entre 30 y 60 días (Tabla 31).

Tabla 31: Periodos de desove y captación para mejillón en las costas argentinas

Sitio↓/ Mes→	Proceso	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Golfo San Matías	Desove							■	■				
	Captación									■	■		
Golfo San José	Desove								■	■	■	■	■
	Captación	■		■	■					■	■	■	■
Golfo San Jorge	Desove					■							■
	Captación	■	■	■									
Ría Deseado	Desove	■	■			■						■	■
	Captación	Sin dato											
Bahía San Julián	Desove	■	■										■
	Captación			■									
Canal Beagle	Desove					■	■				■	■	
	Captación	■	■									■	■
Islas Malvinas	Desove	■	■										
	Captación	Sin dato											

Referencias: Desove (amarillo); elevada captación (rojo), media captación (verde)

El comportamiento del desove en el golfo San Jorge es en parte coincidente con el descrito por Vinuesa (1978) para Puerto Deseado; según este autor, el desove comienza en noviembre y se extiende hasta enero, cuando se inicia una etapa de reposo y luego, una emisión final en mayo. Este patrón es el observado también en el presente estudio, con la diferencia de que el primer desove se manifestó en diciembre. Tortorelli (1987), en el canal Beagle, también encontró un periodo de desove en el otoño, durante mayo y junio. Este tipo de ciclo sexual bimodal, con dos picos de desove, en primavera y otoño, fueron descritos para *Mytilus edulis* del hemisferio norte (Lutz y col. 1980, Pulfrich 1996).

Otra tendencia observable es que conforme aumenta la latitud, el periodo de desove de los animales se desplaza desde fines de invierno y comienzos de la primavera (julio-agosto en golfo San Matías) hasta avanzado el verano (bahía San Julián). Un caso particular es el canal Beagle que presenta desoves todo el año, aunque las mayores emisiones ocurran en los meses antes señalados. Este comportamiento es inusual, ya que se esperaría una corta época de

florecimiento fitoplanctónico y una concentración de desoves en verano. Una interpretación de este comportamiento podría ser la escasa variación de la temperatura entre verano e invierno (menor a los 6º C), al igual que lo que ocurre con especies de zonas tropicales donde existe poca variación de la temperatura y su periodo de fresa se prolonga a lo largo del año (Thorson 1950). En la mayoría de los sitios analizados las captaciones ocurren entre primavera y verano, aunque tanto el golfo San José como el San Jorge también presentan captaciones hacia fines de verano y comienzos del otoño (marzo y abril).

La tabla 31 resulta del resumen de experiencias realizadas en años distintos y por diferentes autores, por lo que su interpretación debe ser considerada como aproximativa. Más allá de esta circunstancia, los resultados expuestos son coherentes y consistentes con la bibliografía donde se trata la temática de la duración de la fase planctónica de las larvas de mejillón. La reproducción está íntimamente ligada con la temperatura del agua y las variaciones anuales en ella deben producir, invariablemente, diferencias en la maduración gamética y el desove (Bayne 1965 y 1976, Gosling 2003).

Ciclo sexual del mejillón en el golfo San Jorge y factores ambientales asociados

Clorofila

El patrón sincrónico de la concentración de clorofila *a* y el aumento de los pesos secos observado parece indicar que el aumento de clorofila *a* representa el aumento de alimento disponible y, cuando esta es máxima, la tasa de ganancia de peso diaria de los mejillones también lo es. Esta tendencia de aumento sincrónico entre la clorofila, ganancia de peso y evacuación gamética fue señalada también por Bala (1989) en el golfo San José. La asociación se hace más notoria al observar que el coeficiente de correlación aumenta cuando la clorofila se relaciona con los valores de peso seco correspondientes a un mes más tarde, ya que la ganancia de peso de los mejillones tiene un efecto retardado en relación a la mayor disponibilidad de autótrofos microscópicos. La productividad primaria es uno de los principales factores reguladores del ciclo sexual de los mejillones (Bayne 1976, Seed & Suchanek 1992).

Temperatura

El primer desove ocurrió cuando la temperatura del agua alcanzó los 12º C (diciembre 2012), produciéndose en ese momento una caída abrupta del peso seco, que luego fue gradualmente compensada hasta alcanzar un nuevo máximo en mayo de 2013; en ese momento la temperatura del agua de mar alcanzó unos 11º C y se produjo una nueva disminución abrupta

de la media del peso seco de los mejillones, indicando un desove otoñal. Esta tendencia permite suponer la existencia de valores óptimos de temperatura para el desove, estableciendo un posible umbral entre los 11 y 12°C para la evacuación gamética. Por encima de este umbral la especie estaría en etapa de proliferación de células y recuperación para un segundo desove y por debajo se encontraría en etapa de maduración. Este comportamiento, acompañado de las condiciones ambientales y fisiológicas apropiadas, abundancia de alimento (elevada concentración de clorofila) y masa corporal elevada (alto peso seco), llevaría a la evacuación gamética.

Vinuesa (1978) informó que en Puerto Deseado, durante dos años consecutivos, las emisiones se produjeron cuando la temperatura del agua alcanzaba los 11°C en primavera-verano y luego en otoño, cuando dicho umbral de temperatura se alcanzó en forma descendente. Según ese trabajo, los 11°C marcan un límite sobre el cual se producen todas las emisiones.

Hacia el norte, en el golfo San José, Bala (1989) relacionó el ciclo reproductivo con las temperaturas locales, concluyendo que el comienzo de la gametogénesis activa se produce cuando la temperatura desciende por debajo de los 13°C y la maduración finaliza en la época de temperaturas más bajas, aproximadamente los 8°C. En esta dirección, para el mismo sector, Trancart (1978) mencionó que el proceso de maduración comienza cuando la temperatura desciende por debajo de los 15°C y la emisión de las gametas se produce cuando el agua alcanza las temperaturas mínimas (9-10°C).

El comportamiento descrito podría sugerir la presencia de un umbral de temperatura que promueve la gametogénesis, quizá variable en función de la latitud, que sería a temperaturas más elevadas a menores latitudes. Chipperfield (1953) observó que un incremento natural de la temperatura en el agua de mar de 11,5 a 13°C induce la liberación gamética en las costas de Inglaterra.

Si bien la temperatura puede tener variabilidad interanual, así como otros factores ambientales, se la reconoce como la variable de mayor importancia en la regulación del comportamiento reproductivo de los mejillones (Bayne 1965, Vinuesa 1978, Bala 1989, Gosling 2003, Seed 1976, Seed & Suchanek 1992 y Trancart 1978, entre otros).

Materia orgánica

La concentración mensual de materia orgánica total en el agua de mar presentaría un sincronismo con la ganancia y reducción de los pesos secos en los mejillones estudiados. Se observó la tendencia al aumento del peso seco en correspondencia con aumento de la concentración de materia orgánica total, indicando un papel preponderante de esta variable sobre el proceso de gametogénesis. La incorporación de la materia orgánica al modelo

predictivo de asentamiento sería un buen predictor del proceso de fijación. La concentración de clorofila *a* exhibió un máximo sincrónico con la concentración de materia orgánica en abril; esta correlación no fue significativa durante el resto del periodo en estudio, indicando que las fracciones de materia orgánica para este lapso provendrían de otros componentes distintos al fitoplancton.

Ciclo reproductivo y captación

En los colectores colocados en febrero y extraídos en abril de 2013, se observaron las máximas captaciones, la media del peso seco disminuyó progresivamente desde diciembre hasta el muestreo de febrero, indicando que posible evacuación de las gametas durante todo ese periodo y de una magnitud intermensual similar; es decir, la variación del peso seco entre diciembre y enero es equivalente a la ocurrida entre enero y febrero. Por lo tanto, la biomasa de gametas desovada en ambos meses también lo sería. Esta tendencia permite suponer que las postlarvas asentadas en los colectores colocados en febrero y extraídos en abril provendrían del desove ocurrido en diciembre y enero.

Consideraciones sobre la captación

El estudio realizado permite afirmar que existe captación en el sector costero central del golfo San Jorge. El monitoreo mensual del asentamiento en colectores artificiales colocados todos los meses, extraídos bimestralmente, permitió realizar un modelo de los parám ambientales de mayor relevancia para este fenómeno. El principal periodo de asentamiento registrado fue en marzo.

Sitios de captación

La localidad de Belvedere presentó un mayor número de postlarvas asentadas en comparación con el sitio de Km 3. La punta del Marqués, que penetra en el mar unos 2300 m, podría funcionar como una barrera para la circulación costera, que generaría un centro de mayor retención larvaria en el sector orientado hacia el sur, donde se halla la localidad de Belvedere.

Captación y corrientes

El comportamiento de las corrientes durante un ciclo de mareas mostró diferencias entre los dos sitios en lo relativo al patrón de desplazamiento del agua. La trayectoria de las corrientes predominantes en Km 3 es de tipo helicoidal (en las primeras dos celdas), en sentido horario y con desplazamientos finales hacia el sur o sureste. El agua superficial, en cambio, presentó un recorrido hacia el sudeste pero la trayectoria fue irregular. Estos resultados están de acuerdo con los modelos presentados por Tonini y col. (2006) en el golfo San Jorge, que describieron un

movimiento neto de circulación del agua hacia el sur. Por su parte, en Belvedere la circulación conformó una trayectoria parabólica inversa en toda la columna de agua; la ubicación final de la masa de agua mostró una posición al este de su ubicación inicial. Este comportamiento puede ser consecuencia del efecto de la punta del Marqués en el cambio de dirección de las corrientes, presentando una barrera a la circulación hacia el norte y provocando por lo tanto, un desplazamiento neto hacia el este por un desvío en la trayectoria de la masa de agua.

En Km 3 la trayectoria observada de la columna de agua parece describir un movimiento más armónico, sin alteraciones producto de la morfología costera; la intensidad de la corriente observada en este sitio es levemente superior a la registrada en Belvedere, sugiriendo un mayor grado de exposición.

La diferencia de comportamiento en las corrientes indica que la Punta del Marqués presenta algún tipo de influencia en la dinámica local de circulación, funcionando quizás como promotor de un mayor tiempo de permanencia de las larvas de mejillón en la zona de estudio. La dirección predominante de las corrientes hacia el sur formarían, a sotavento de la Punta del Marqués, un sitio de mayor tiempo de residencia del agua, favoreciendo la acumulación de posibles larvas planctónicas, mecanismo bien descrito por Sponaugle y col. (2002).

Los resultados de esta tesis constituyen el primer registro de corrientes para las localidades evaluadas y deben ser considerados como preliminares. Existe una elevada influencia del viento y las tormentas en el golfo sobre el comportamiento de las corrientes. Estos factores presentan una gran variabilidad, sugiriendo que se necesitan estudios de mayor lapso, para un mejor conocimiento de la dinámica de las corrientes en la zona, de modo que el modelado sea más preciso.

No obstante, los resultados obtenidos están de acuerdo con los modelos descritos para la zona, donde existe un flujo neto de las masas de agua hacia el sur del golfo, como lo demuestran los datos de Km 3, que por su lejanía a proyecciones geomorfológicas, quizá sea un buen representante de lo que ocurre en aguas un poco más alejadas del borde costero.

La velocidad de las corrientes registradas en ambos sitios de estudio no mostró diferencias significativas, indicando que no existiría un efecto de facilitación del asentamiento por efectos de diferentes intensidades de corriente.

Profundidad de captación

El efecto no significativo de la profundidad sobre el fenómeno de captación en los sitios estudiados, se debe posiblemente a un continuo intercambio del agua del fondo con la superficie; este fenómeno ocurre particularmente en aguas costeras por el efecto de mezcla que pueden tener las corrientes de marea. Otro factor a tener en cuenta, de mayor

importancia a nivel local, es el efecto del viento, que tiene una dirección proveniente del oeste y que provocaría el desplazamiento de la capa de agua más superficial hacia afuera del golfo, favoreciendo la surgencia (*upwelling*) de agua más profunda (Tonini y col. 2006). Estos procesos generan un permanente intercambio entre el agua de superficie con la más profunda, ocasionando una distribución homogénea de postlarvas en la columna de agua y, por lo tanto, en los colectores. El efecto del viento en las corrientes marinas y sobre la distribución de las larvas y postlarvas de mejillón es de gran importancia, regulando en algunos casos el manejo del reclutamiento en su pesquería (Young y col. 1998). La surgencia y la generación de frentes aparecen como un factor distributivo de larvas y postlarvas para los colectores de mejillón y otras especies de invertebrados (Broitman y col. 2005, Shanks & Brink 2005, Shanks y col. 2000, Shanks y col. 2003).

Los antecedentes de evaluaciones de la influencia de la profundidad sobre la captación de postlarvas no presentan un patrón definido; en la mayoría de esos estudios, el asentamiento presentó mayores valores en superficie (Chipperfield 1953, Curriel Ramirez & Cáceres Martínez 2010, Dobretsov & Miron 2001, Frantzen 2007, Lekang y col. 2003, Meredyth-Young & Jenkins 1978, Peteiro 2009, Yildiz & Beber 2010). También en el canal Beagle se registró mayor captación en las boyas utilizadas y en los colectores en los primeros 0,5 m de profundidad (Dr. Vinuesa, comunicación personal). En otros casos no se encontraron diferencias significativas (Alfaro & Jeffs 2003, Zampatti 2002) e incluso existen investigaciones en las que la captación registrada fue mayor en el fondo (Knights y col. 2006, McQuaid & Phillips 2000, Pulfrich 1996). El comportamiento larvario indica un fototropismo positivo pero en el momento del asentamiento se observa una tendencia de fototropismo negativo o geotropismo positivo (Bayne 1964b, Thorson 1950), señalado que las larvas se asentarían en mayor proporción en aguas más profundas.

Los resultados expuestos sugieren que la profundidad no tiene un mayor efecto sobre la densidad de asentamiento, posiblemente debido a la escasa diferencia de profundidad entre el fondo y la superficie, y también por efecto de un continuo movimiento vertical del agua a causa de los fenómenos descritos anteriormente.

Captación y materia orgánica

La materia orgánica total presentó uno de sus valores más altos uno y dos meses antes del momento de máxima captación; la elevada concentración de materia orgánica en el agua en esos meses podría servir como alimento de los adultos de mejillón, permitiéndoles alcanzar la condición necesaria para la evacuación de gametas. Por otra parte, luego de un mes de producido el pico de captación, se presentó otro máximo en la concentración de materia

orgánica, indicando que las postlarvas captadas estarían aprovechando dicho aumento para su alimentación y crecimiento, sugiriendo una posible existencia de acople entre la abundancia de postlarvas y la concentración alimenticia, en concordancia con la teoría de Cushing (1990). La concentración de materia orgánica ha sido seleccionada por el modelo estadístico de regresión como un predictor de la época de captación, estableciéndose una relación negativa entre su concentración y el asentamiento.

Captación y temperatura

La distribución mensual de la temperatura exhibe un comportamiento sincrónico con el asentamiento promedio; cuando la temperatura alcanzó sus valores máximos, cercanos a los 15º C, también se observó el máximo de captación. La temperatura fue considerada como un predictor de la captación a partir del modelo de regresión, indicando una relación positiva entre ambas variables y una alta correspondencia. Si bien estos dos fenómenos presentan una elevada correlación, se considera que la temperatura tiene un efecto regulatorio sobre el ciclo sexual de los mejillones (Bayne 1965) y que la captación sería la manifestación posterior del fenómeno de liberación gamética y fecundación. Por otra parte, el rol de la temperatura sobre la duración de la vida larvaria de los mejillones ha sido también ampliamente estudiado (Bayne 1965, Beaumont & Budd 1982, Martel y col. 2014, Ruiz y col. 2008).

Captación y concentración de clorofila

El proceso de captación no mostró correlación con la concentración de clorofila en el agua del mar; la influencia de la clorofila en el desarrollo de la gametogénesis ya fue tratada anteriormente en esta tesis. La importancia de la concentración de alimento y la duración de la vida larvaria está ampliamente documentada (Bayne 1965, Gosling 2003, Pechenik y col. 1990, Thorson 1950, Widdows 1991). Hubo un máximo sincrónico con el mes de máxima captación en abril, indicando que las postlarvas asentadas estarían alimentándose y creciendo en uno de los momentos del año en que la disponibilidad de alimento es elevada. Resultados similares fueron expuestos por Lizarralde (1997) para el golfo San José. Este fenómeno es compatible con la teoría de encuentro/desencuentro de Cushing (1990), según la cual la elevada concentración de alimento en el agua estaría sincronizada con el periodo de reclutamiento de mejillón. Toupoint y col. b (2012) encontraron que los máximos de concentración fitoplanctónica de alta calidad se correlacionaron positivamente con los picos de asentamiento de postlarvas de *Mytilus edulis*, agregando evidencia del posible acople entre la producción de alimento y el asentamiento. Por su parte Dobretsov y Miron (2001) encontraron que la

abundancia de las larvas pedivelígeres previa al asentamiento estaba altamente correlacionada con la concentración de fitoplancton.

Origen de las postlarvas

Analizar en profundidad el posible origen de las postlarvas asentadas en los colectores excede en mucho los objetivos de esta tesis, pero caben algunas observaciones sobre este tema. Los bancos de mejillón ubicados en el intermareal del golfo San Jorge son escasos en número y tienen baja densidad de individuos.

Si bien el esfuerzo reproductivo de los mejillones es muy elevado, aportando en cada fresa entre 7 y 40 millones de huevos (Seed & Suchanek 1992) que generan una adecuada capacidad dispersiva (Sponaugle y col. 2002), la dispersión dentro del volumen del golfo sería significativa y en general, los efectos de pérdida y depredación de larvas planctónicas son muy importantes (Thorson 1950, Pechenik 1999, Rilov & Schiel 2006b, Pineda 2006, Pineda y col. 2008, Beukema y col. 2015)). La fijación sobre los colectores parece indicar la existencia de una biomasa importante de larvas disponible para ser captadas mayor que la observada por Lizarralde (1997) en el golfo San José.

Hay bancos circalitorales de mejillones en el sudeste del golfo San Jorge, en los fondos de pesca de langostino y en el área exterior del noreste del golfo, con valores de presencia del 8 al 3% del total de la fauna capturada en los lances para la pesca, respectivamente (Roux 2000). Esto aumenta la complejidad del análisis sobre el origen de las larvas de mejillón captadas en los colectores, agregando la posibilidad de que provengan, al menos parcialmente, de bancos submareales. Los extremos sureste y noreste del golfo se caracterizan por presentar frentes de marea de carácter estacional, que funcionan como sitios de alta productividad y generan condiciones propicias para la reproducción de los mejillones de bancos submareales. El registro reproductivo de las poblaciones de mejillón de la ría Deseado indica que el momento de evacuación masiva de las gametas en la población ocurre mayoritariamente a fines de primavera y comienzos del verano (Vinuesa 1978), por lo que los bancos submareales podrían tener su periodo de puesta en esa época. El comportamiento reproductivo de estos bancos submareales es desconocido, pero es posible que ocurra un fenómeno de desove sincrónico, como describió Thorson (1950), según el cual la evacuación gamética simultánea de machos y hembras facilita la fertilización de los óvulos y la formación de embriones; de este modo los sitios de frentes funcionarían como una probable fuente de larvas que serían transportadas por las corrientes hacia el norte, en sentido antihorario, según Tonini y col. (2006). Estas larvas completarían su ciclo planctónico en su trayectoria hacia el norte-noroeste, pudiendo llegar a

la zona de estudio en condiciones de aptitud fisiológica para el asentamiento. El viento de predominancia oeste desplaza la capa superficial de agua y lleva aguas más profundas hacia la costa (Palma y col. 2004), pudiendo generar también un aporte de larvas a zonas costeras. El frente norte también podría actuar como fuente de larvas a la zona de estudio por efecto de las corrientes residuales en sentido horario que ponen en contacto aguas más profundas con aguas costeras. En un sistema de corrientes marinas como estas, el tipo de larva planctotrófica de los mejillones permitiría un eficiente comportamiento dispersivo.

Las postlarvas de *Mytilus edulis* segregan, a partir de una glándula especializada ubicada en el pie, un filamento bisal extenso, diferente al utilizado para la adhesión de los individuos al sustrato de asentamiento (Lane y col. 1985). El diámetro varía en función del largo de la postlarva; por ejemplo, para individuos de 500 μm se encontraron valores de 1 a 4 μm . Lane y col. (1985) encontraron que el largo del filamento bisal es dos veces mayor en orden de magnitud que la postlarva que lo porta. La frecuencia de aparición es mayor en individuos más pequeños, pero puede presentarse hasta una talla aproximada de 2,5 mm. Este filamento bisal contrarresta el efecto del hundimiento de las postlarvas y propicia el arrastre por las corrientes, lo que resulta en una migración hacia otros sitios. Esta “deriva bisal” o “migración bisopelágica” constituye un importante elemento para la dispersión de postlarvas, que pueden ser transportadas grandes distancias.

Los resultados obtenidos en la presente tesis permiten suponer que las postlarvas fijadas en los colectores, provienen de poblaciones cercanas a los sitios de estudio, según lo sugiere la relación temporal entre la pérdida de peso seco, el desove y la posterior fijación postlarvaria observada. El posible aporte de postlarvas provenientes de los extremos del golfo es una incógnita que queda por resolver.

Consideraciones sobre las tallas de asentamiento

El análisis de las tallas de las postlarvas asentadas permite predecir el momento en el cual teóricamente ocurrió la captación, es decir, a partir de una tasa de crecimiento diaria estimativa, contabilizar el número de días necesarios para alcanzar la talla final encontrada en el colector analizado y hacer el cálculo retrospectivo. Por otra parte, con los datos de tallas promedio por profundidad, es posible analizar si hubo diferencias en las tallas de los individuos captados en esas profundidades y sus posibles explicaciones biológicas.

Los estudios que estimaron tasas de crecimiento diarias en condiciones controladas para larvas y postlarvas de mejillón muestran diferencias en los valores estimados (Bayne 1964a, Bownes & McQuaid 2009, Jespersen & Olsen 1982, Martel y col. 2014, Pechenik y col. 1990, Satuito y

col. 1994, Sprung 1984a, Widdows 1991, Zampatti 2002). Estas tasas se calcularon a partir de diferentes condiciones experimentales y, por lo tanto, su generalización y aplicación al sitio de estudio solo puede ser una aproximación preliminar. La tasa de crecimiento de las larvas está influida por una serie de factores como el estado nutricional parental —que limita la capacidad de reserva del huevo—, la disponibilidad de alimento en el plancton, la influencia de patrones genéticos (Widdows 1991) y la temperatura (Bayne 1976, Beaumont & Budd 1982, Gosling 1992, Sprung 1984 a, b, entre otros), que deben sumarse a las condiciones fisiológicas iniciales de las postlarvas al momento del asentamiento (Sprung 1984b).

Otro factor importante que regula la tasa de crecimiento de las larvas y postlarvas es la capacidad que tienen los mejillones de demorar la metamorfosis según las condiciones ambientales y la disponibilidad de sustrato (Bayne 1965); esto agrega incertidumbre a la estimación. Martel y col. (2014) encontraron tallas de asentamiento hasta un 50% mayores que las de asentamiento inmediato, por efecto del retraso de la metamorfosis.

La imposibilidad de trazar un paralelismo entre las medidas de concentración de clorofila encontradas en el presente estudio y las concentraciones explicitadas en células por volumen de los estudios realizados en laboratorio, no permite decidir cuál de los resultados sería el más indicado para aplicar en este caso.

Un estudio realizado en ambiente natural en el canal Beagle (Zampatti 2002), sugiere un crecimiento promedio de 14 $\mu\text{m}/\text{día}$, aunque no existe un registro simultáneo de la concentración de clorofila o materia orgánica. A partir de un promedio de los resultados obtenidos por Bayne (1964a), Martel y col. (2014) y Zampatti (2002), se puede aproximar una tasa promedio de incremento de 19,5 $\mu\text{m}/\text{día}$. Considerando que la talla promedio de asentamiento para *Mytilus edulis* es de 260 μm (Bayne 1965), es posible predecir la edad de asentamiento en los colectores por diferencia entre la talla promedio de las postlarvas asentadas y la talla media teórica de asentamiento, dividida por la tasa de crecimiento diario, como se detalla a continuación para los dos sitios de muestreo.

Localidad Km 3

Los colectores que fueron utilizados para el análisis de las tallas se colocaron en febrero y se extrajeron el 10 de abril. La talla media de las postlarvas fue de 861 μm . Las pruebas estadísticas mostraron diferencias significativas entre las tallas de las postlarvas a diferentes profundidades, los resultados estarían indicando una mayor tasa de crecimiento en las postlarvas asentadas más superficialmente. Según estudios previos (Maslov 2000) el fitoplancton se concentra sobre todo en la superficie por el aprovechamiento de la radiación solar.

El crecimiento medio obtenido para el periodo post asentamiento fue de 501 μm y, por lo tanto, el tiempo necesario para alcanzar ese tamaño sería de aproximadamente 31 días: las postlarvas encontradas en los colectores extraídos en abril se habrían asentado a principios de marzo.

Localidad Belvedere

La talla promedio de las postlarvas captadas en este sitio fue de 758 μm y las pruebas estadísticas indicaron que las postlarvas ubicadas a menor profundidad presentaban mayor tamaño que las subyacentes. No se detectó una relación directa en la distribución de tamaños en función de la profundidad, ya que los individuos captados en la mitad de la columna de agua tenían tallas significativamente menores que los más cercanos al fondo. Este patrón irregular solo permite concluir que los individuos captados en superficie eran de mayor tamaño que los de mayor profundidad. Estas diferencias estarían indicando un mayor crecimiento en las postlarvas ubicadas más cerca de la superficie, tal como ocurrió en Km 3, debido a una mayor calidad y concentración de alimento, como fue descrito en las experiencias de distribución de fitoplancton en cultivo de mejillón realizadas por Maslov (2000).

Un análisis retrospectivo basado en un crecimiento aproximado de 19,5 $\mu\text{m}/\text{día}$ y un crecimiento postlarvario de 498 μm , sugiere que el periodo necesario para alcanzar esa talla correspondería a unos 25 días desde el asentamiento. Si esta estimación es correcta, las postlarvas se habrían asentado a principios de marzo, ya que la fecha de muestreo en este sitio fue el 2 de abril de 2013. Por esta razón, los colectores colocados en enero y extraídos en marzo (antes del período de máximo asentamiento), presentaron bajas captaciones y los colocados en febrero, extraídos en abril, presentaron mayores captaciones.

Comparación entre sitios

Se encontraron diferencias significativas entre las tallas promedio de los individuos asentados en Belvedere y Km 3 —103 μm — que podrían deberse al mayor tiempo de inmersión de los colectores de Km 3.

El análisis comparativo de la talla media de las postlarvas por profundidad y por sitio mostró diferencias significativas para cada par de valores de profundidad analizado; esto es, las postlarvas ubicadas a 4 m del fondo presentaron una talla mayor en Km 3 que en Belvedere y este comportamiento se mantuvo constante para el resto de las profundidades. La diferencia de tallas medias a iguales profundidades podría deberse a la distancia temporal entre los muestreos realizados en ambos sitios. El periodo de inmersión diferente habría resultado en un periodo de alimentación más prolongado de las postlarvas asentadas en Km 3.

La comparación de los promedios de tallas de las postlarvas captadas en los dos sitios y en las tres profundidades mostró que las postlarvas asentadas en superficie en Belvedere no diferían significativamente de las captadas a menores profundidades en Km 3. Este resultado indicaría que, como el crecimiento en superficie sería mayor que en profundidad, las postlarvas captadas en los colectores superficiales de Belvedere no presentarían diferencias con aquellas captadas en Km 3 a mayor profundidad, a pesar de que estas últimas hayan permanecido sumergidas más tiempo, alimentándose y creciendo.

Así, la comparación de la talla media de los individuos captados en los colectores más superficiales en ambos sitios registró diferencias significativas, con un mayor tamaño de las postlarvas de Km 3. Esto explicaría que las postlarvas asentadas a menor profundidad en ambos lugares presentarían tasas de crecimiento similares y que las postlarvas de Km 3, que permanecieron mayor tiempo sumergidas, presentarían un tamaño mayor.

En razón a lo expuesto es posible que exista un gradiente positivo en las tasas de crecimiento desde el fondo a la superficie, probablemente debido a una mayor concentración de alimento. Esta conclusión debería ser contrastada con un diseño experimental específico, que excede los objetivos de esta tesis.

Conclusiones sobre los modelos de regresión

Los modelos de regresión obtenidos para explicar la captación representan una interpretación de carácter teórico sobre un fenómeno natural de gran variabilidad intrínseca. Por esta razón deben ser considerados como un patrón móvil, sujeto a modificación y reformulación a medida que se incorporen nuevos datos y se amplíe el espectro de conocimiento sobre el asentamiento de mejillón en la zona de estudio.

A partir de los coeficientes de regresión obtenidos por el modelo (B y β) para cada variable explicativa se puede concluir que el número promedio de postlarvas asentadas presenta una tendencia positiva en relación con la temperatura, dado que las máximas captaciones ocurrieron cuando se registraron las temperaturas más elevadas.

Por su parte, la concentración de materia orgánica total presenta una tendencia negativa o inversa con el número promedio de postlarvas asentadas, pues la captación ocurrió a valores bajos de concentración de materia orgánica. Cuando la concentración de materia orgánica presentó uno de sus picos, no se encontraron postlarvas en los colectores. La materia orgánica es un insumo para el engorde y maduración fisiológica de los reproductores, que al liberar gametas al medio marino producen luego las larvas captadas. La interpretación biológica de la concentración de materia orgánica dentro del modelo y su relación funcional respecto al

asentamiento resulta incierta debido a que las fluctuaciones de su concentración no se deben adjudicar solo a la alimentación de los mejillones. A diferencia de estos resultados, Peteiro (2009) encontró una correlación positiva entre el asentamiento y la concentración de materia orgánica para *Mytilus galloprovincialis* en las rías gallegas.

La relación entre la media del peso seco ajustado con un corrimiento de un mes y el número promedio de postlarvas asentadas en los colectores presentó una tendencia negativa, sugiriendo que la disminución de biomasa de los mejillones adultos de la misma localidad se debe a la evacuación gamética. Más allá de posibles aportes de individuos de otras poblaciones por efecto de las corrientes marinas que se registran dentro del golfo (como se señaló antes), estos resultados no rechazan la hipótesis más parsimoniosa de que el proceso de captación estudiado se sostuvo, totalmente o en gran medida, por la actividad reproductiva de los bancos locales.

La comparación de los valores de los coeficientes estandarizados (β) permite distinguir que la concentración de materia orgánica y la media de los pesos secos (*lag 1*) tienen una influencia similar en el proceso de captación, mientras que la temperatura tendría un mayor efecto sobre ese proceso y sería el factor ambiental de mayor importancia en la fresa y captación de las poblaciones de mejillón en el golfo San Jorge.

La similitud de los modelos de regresión obtenidos para ambos sitios indicaría que las variables incluidas en ellos son robustas frente los cambios de escenario; es decir, son mantenidas a pesar de que el comportamiento de la captación no es idéntico en ambos sitios. Por otro lado, el valor de ajuste de la función de regresión en Belvedere permitiría suponer que dicho modelo es más apropiado para la predicción de las captaciones postlarvales.

El modelo de regresión desarrollado es el primero realizado en el área de estudio y busca explicar el asentamiento de mejillón a partir de una serie de variables ambientales. Sin embargo, aunque las variables explicativas tienen relevancia biológica y resultan consistentes, es preciso considerar también la importancia que tiene en las poblaciones naturales, la variabilidad interanual de los factores ambientales y su influencia en el número de larvas de invertebrados en el plancton (Thorson 1950). Esta elevada variabilidad permitiría adecuar el modelo de regresión planteado, ajustándolo y completándolo a partir de nuevos estudios sobre el tema. La estimación de la densidad de asentamiento debería hacerse en la estación o periodo que tenga significancia biológica, no pudiéndose extrapolar a otros momentos del año, donde dicha estimación carece de sentido biológico por falta de madurez reproductiva de los parentales.

La relación negativa existente entre el peso seco con corrimiento de un mes, es quizás la mejor variable para estimar el periodo de permanencia larvaria en el plancton. La relación entre el

asentamiento postlarval y la reducción de los pesos secos indicaría que cuando los mejillones desovan, las larvas permanecen en el plancton por un periodo aproximado de un mes, antes de asentarse en los colectores. Este comportamiento es efectivo en términos del modelo, pero en realidad la permanencia de las larvas en el plancton está sujeta a la diversidad de variaciones ambientales, pudiendo retrasarse o adelantarse el asentamiento según las condiciones ambientales sean adversas o apropiadas respectivamente (Bayne 1965). Adicionando complejidad al problema, es preciso mencionar la hipótesis de asentamiento primario y secundario descrita primeramente por Bayne (1964a), según la cual las postlarvas asentadas pueden resuspenderse en el plancton y buscar nuevos sitios y sustratos de asentamiento. Según este proceso las postlarvas se asentarían primariamente en sustratos como láminas algales, hidrozoos o sustratos filamentosos como las algas coralinas (Seed 1969a), presentes en el submareal del sitio de estudio y, luego de un tiempo variable, volverían al plancton. Algunos autores han documentado la presencia de un solo proceso de asentamiento (Lasiak & Barnard 1995, McGrath y col. 1998) sin observar una secuencia primaria y secundaria, de modo que la hipótesis del asentamiento primario no sería universal, sino un fenómeno a escala local o regional que varía de acuerdo a las condiciones del sitio de estudio. Navarrete y col. (2015) encontraron que, en *Perumytilus purpuratus* y *Semimytilus algosus*, la teoría de un sustrato intermedio no explica el fenómeno de retraso en el asentamiento de las larvas, y que las larvas permanecen en la zona de *surf* o rompiente en ciclos de hundimiento y reflote durante periodos variables, antes de asentarse en los bancos de forma permanente.

Más allá de las variaciones posibles del modelo expuesto y de las variables incluidas en él, puede concluirse que la temperatura sería un factor fundamental en el proceso reproductivo y de fijación larvaria de los mejillones, resultando un indicador apropiado para predecir la captación. Un mes después de producida la disminución del peso seco se produciría el asentamiento de postlarvas de mejillón en el colector y, por lo tanto, sería también un predictor de aplicación sencilla.

Si bien la concentración de clorofila *a* no se incorporó al modelo de regresión, se encontró una correlación significativa y positiva entre la ella y la temperatura, manifestada en el valor y signo de su coeficiente ($r= 0,566$, $p<0.05$): las máximas producciones fitoplanctónicas se registraron con temperaturas elevadas, momento indicado para la dispersión y asentamiento de las postlarvas de mejillón.

Interferentes

Se identificó la presencia de numerosos organismos de diferentes grupos taxonómicos asentados en los colectores a lo largo del periodo de estudio. Hay que destacar la importancia de la interacción de los biocomponentes (*biofilm*) que se adhieren al colector, ya que tiene efectos inhibidores o facilitadores del proceso de fijación larval del mejillón (Gribben y col. 2011, Qian y col. 2007,).

Según Morello y Yund (2016), las larvas de mejillón se asientan en función de señales de olor de los depredadores o conspecíficos, evitando los primeros y eligiendo los segundos como sitios de asentamiento.

La edad del *biofilm* influye también sobre la concentración del asentamiento larval de mejillón, fundamentalmente por influencia de la densidad de diatomeas y bacterias (Bao y col 2007, Satuito y col. 1997,). Peteiro y col. (2007) sugirieron que en las rías gallegas la población microbiana que compone el *biofilm* se estabiliza al cabo de 40 días. Toupoint y col. (2012a) concluyeron que el *biofilm* actúa como fuente de alimento para las postlarvas asentadas en los colectores y sugirieron que el asentamiento aumenta luego de que los colectores permanecen una semana inmersos en el mar. García-Lavandeira y col. (2005) encontraron en ensayos de laboratorio, que un extracto del ácido γ -aminobutírico (GABA) de un alga roja producía la inducción al asentamiento y metamorfosis en *M. galloprovincialis*. Resulta obvio entonces que la interacción entre los organismos fijados a los colectores y el asentamiento de las postlarvas de los mejillones reviste una alta complejidad.

Los hidrozooos representaron los organismos de mayor biomasa y presencia continua encontrados en los colectores a lo largo del ciclo estudiado; el papel que podrían jugar en este caso es aún confuso; algunos autores le atribuyen la función de facilitadores de la captación por presentar una estructura filamentosa susceptible de ser utilizada como colectores de postlarvas (Bayne 1976, Blok & Geelen 1958, Genzano y col. 2003, Hickman y col. 2005, Newell y col. 2007 y 2010, Pulfrich 1996, Seed 1969). Otros autores sugirieron también que la presencia de hidrozooos no solo tiene un efecto de inducción a la fijación por su estructura física, sino también por su estructura química (Gribben y col. 2011). La frecuencia y abundancia de estos organismos fue mayor en los colectores que presentaron máxima captación, sugiriendo que los hidrozooos actuarían, efectivamente, como facilitadores en el sitio de estudio, encontrándose juveniles de mejillón fijados a sus estructuras filamentosas.

Otro grupo que merece especial atención es el de las ascidias, en particular *Ciona intestinalis* y *Ascidella aspersa*, que colonizaron masivamente los colectores colocados de septiembre a diciembre. Estos organismos se asentaron sobre las superficies libres de los colectores y cabos

de la línea, formando luego de dos o tres meses una masa compacta que rodeaba las cuerdas y los colectores (observación personal). Esto sugiere que las ascidias funcionarían como inhibidoras de la captación, ya sea por competencia por espacio, oclusión, o algún fenómeno de inhibición química (Krug 2006). También podrían pensarse en un fenómeno de competencia alimentaria, como fue registrado para organismos adultos por Daigle y Herbingler (2009) o por filtración de larvas de mejillón (Thorson 1950), es decir, por depredación. La elevada tasa de crecimiento que presentan estos organismos representa una competencia agresiva para las larvas de mejillón que se encuentran en el plancton o las postlarvas recientemente asentadas. Paetzold y col. (2012) encontraron que *Ciona intestinalis* colonizaba colectores de mejillón y al cabo de dos meses lograba la dominancia dentro de la cuerda, dejando sin posibilidad de crecimiento a otros organismos. Trancart (1978), también registró elevadas cantidades de ascidias, hidrozoos y briozoos en los colectores colocados en el golfo San José.

Estos resultados evidencian la gran importancia del asentamiento de las ascidias en las cuerdas colectoras como reguladoras del posible asentamiento de juveniles de mejillón, ya sea por competencia instantánea en el momento de la captación o por competencia tardía, ya que si un colector captara primeramente juveniles de ascidias, quedaría imposibilitado de captar postlarvas de mejillón por falta de espacio físico. Más allá de su rol ecológico en las cuerdas colectoras, en el presente estudio no se encontraron individuos de ascidias en los colectores con máxima captación.

Conclusiones y reflexiones finales

Como resumen de las actividades de investigación realizadas, se pueden mencionar las siguientes:

- ✓ Se avanzó en el conocimiento e identificación de la especie en talla de captación.
- ✓ Se comprobó la existencia del fenómeno de asentamiento de postlarvas de mejillón *M. edulis platensis* sobre colectores artificiales en el golfo San Jorge.
- ✓ Se completó el primer monitoreo anual de este fenómeno.
- ✓ Se identificó el lapso en el cual ocurre la captación para el periodo de estudio.
- ✓ Se relevaron variables ambientales *in situ* durante el transcurso del experimento, generando información de base útil desde la perspectiva local, regional y nacional.
- ✓ Se compararon dos sitios potenciales de captación de juveniles.
- ✓ Se construyó un modelo estadístico que considera las variables ambientales relevadas y su importancia relativa en el fenómeno de captación.
- ✓ Se contrastó la hipótesis de diferencias significativas en el asentamiento a distintas profundidades.

- ✓ Se evaluó el posible rol ecológico de la interacción con otros organismos.

Como resultados de estas acciones, se arribó a las siguientes conclusiones particulares:

- ✓ La temperatura, la concentración de clorofila *a* y la concentración de materia orgánica en el agua de mar serían variables ambientales de máxima importancia en el fenómeno de reproducción de los mejillones del golfo, regulando el reclutamiento larval en colectores artificiales.
- ✓ Las variaciones del peso seco de los mejillones resultaron satisfactorias para inferir su ciclo reproductivo, al mostrar sincronismo con la época de captación, salvo para el desove inferido de otoño que no mostró captación posterior.
- ✓ La máxima captación se registró en el mes de marzo de 2013 en ambos sitios.
- ✓ La densidad de postlarvas captadas fue significativamente mayor en Belvedere que en Km 3.
- ✓ La diferencia de la geomorfología costera entre los dos sitios estudiados podría generar comportamientos distintos en las corrientes del agua del mar y explicar la mayor abundancia de asentamiento en Belvedere.
- ✓ No se encontraron diferencias en la densidad de asentamiento y la profundidad, indicando que no sería necesario que los colectores permanecieran a una profundidad determina. El efecto del viento y las mareas provocarían una distribución homogénea de postlarvas en la columna de agua.
- ✓ La temperatura sería la variable ambiental de mayor relevancia en el fenómeno de captación, favoreciendo o demorando el crecimiento de las larvas de mejillón. Debe considerarse como un factor de importancia, combinada con la clorofila *a* y la materia orgánica como indicadores de la productividad del sistema.
- ✓ Las postlarvas asentadas en los colectores podrían provenir tanto de los bancos infralitorales como de las poblaciones ubicadas en el intermareal rocoso, y captadas en los colectores por deriva larvaria.
- ✓ El análisis retrospectivo de la captación en función de la tasa teórica de crecimiento diario permitiría realizar una predicción del periodo de asentamiento. En esta experiencia se produjo en los primeros días de marzo en ambos sitios.
- ✓ Las diferencias encontradas en las tallas de las postlarvas asentadas a diferentes profundidades indicarían que las postlarvas que se asientan más superficialmente presentan mayor tasa de crecimiento, probablemente por efecto de una mayor concentración alimenticia.

- ✓ Se modeló la densidad de asentamiento postlarvario mediante un análisis de regresión múltiple, que identifica a la temperatura como principal variable ambiental relevante en el asentamiento, seguida por la concentración de materia orgánica en el agua de mar y la variación del peso seco de los mejillones reproductores.
- ✓ Se realizó la identificación de las postlarvas asentadas y la presencia de pelos bisales sobre las valvas de los mejillones permitió una mayor velocidad de identificación y un criterio de clasificación. Las técnicas anexas de MEB son útiles para individuos de tallas pequeñas cercanas al asentamiento, que en este estudio representaron una muy baja proporción de las muestras recolectadas.
- ✓ Los organismos adherentes a los colectores y generadores del *biofilm*, al igual que la colonización por hidrozoos, podrían funcionar como facilitadores de la captación.
- ✓ La presencia de ascidias en los colectores tiene un efecto inhibitorio en el proceso de fijación; por lo tanto, si las cuerdas colectoras se colocaran en la época de asentamiento de ascidias, los colectores serían colonizados masivamente por estas y la subsiguiente captación de mejillón podría ser nula.

Aplicaciones biotecnológicas

A nivel general se comprobó la factibilidad del proceso de captación en colectores artificiales, que podrían ser insumo para la cría de juveniles. La abundancia de individuos encontrada permite pensar que, Belvedere es un sitio apropiado desde una perspectiva de sustentabilidad, para la captación de postlarvas. El periodo óptimo para esta tarea es a fines del verano, aunque puede ser variable en función de las condiciones ambientales de cada año.

No existiría una relación crítica entre la profundidad de colocación de los colectores y la densidad de asentamiento; por lo tanto, los colectores podrían tener un largo tal que abarcaran la profundidad de ubicación de las líneas. Los resultados sugieren que existe un mayor crecimiento en los juveniles captados cerca de la superficie, lo que llevaría a una mayor variabilidad en las tallas de cría de los individuos captados, agregando más labor de clasificación por tamaños durante el proceso de desdoble para el engorde.

Las variables predictoras más sencillas de monitorear serían:

- Temperatura, ya que se espera que la liberación de las gametas ocurra aproximadamente entre los 11 y 12 °C. Los colectores deben colocarse un tiempo antes de este pico, para facilitar la formación del *biofilm* que promueve la fijación.
- El peso seco de los mejillones reproductores, pues a partir de su descenso podría inferirse la proximidad de la época de captación.

Una forma sencilla de establecer si está ocurriendo la captación es colocar colectores de monitoreo y, a partir de la aparición de postlarvas de mejillón identificables, prever la ocurrencia del asentamiento.

El rol de los interferentes en los colectores y cuerdas de cultivo es fundamental; hay que evitar la colocación de colectores en el periodo de máximo asentamiento de ascidias (presumiblemente a fines de primavera), porque la elevada tasa de crecimiento de estos organismos no permitiría la posterior captación de mejillón. Por otra parte, la elevada adherencia de las ascidias a las superficies libres de la línea de cultivo obligaría al mantenimiento periódico de las cuerdas para evitar su hundimiento. Este hundimiento podría poner en contacto a los colectores o cuelgas con el fondo marino, provocando desprendimientos por roce y la introducción de depredadores del bentos que afectarían el rendimiento final de cosecha.

Perspectivas de estudios futuros

Las líneas de trabajo e investigación propuestas para su futura realización dentro del golfo son:

- ✓ Analizar el ciclo reproductivo de bancos ubicados en diferentes localidades dentro del golfo para detectar diferencias a escala regional y completar este estudio con muestreos de plancton para detectar la presencia de las larvas.
- ✓ Establecer un plan de monitoreo continuo de la captación durante varios periodos anuales, con registros de variables ambientales y muestras de plancton para mejorar la calidad de la información disponible,.
- ✓ Realizar prospecciones de bancos submareales de mejillón y estudiar su dinámica poblacional, para evaluar el rol que cumplen en la captación sobre colectores artificiales y el reclutamiento en bancos naturales de la región intermareal.
- ✓ Evaluar si existen diferencias en la calidad del alimento incorporado por las postlarvas a diferentes profundidades, ya que las diferencias encontradas en las tallas de asentamiento quizás se deban a una menor concentración de alimento de calidad en aguas más profundas.
- ✓ Colocar en el momento de máxima captación una serie de colectores para medir el crecimiento acumulado entre muestras quincenales y establecer una tasa de crecimiento, registrando datos de temperatura, clorofila y materia orgánica entre otros.
- ✓ Releva las variables ambientales de modo continuo en función de la captación, para mejorar el modelado del proceso.

- ✓ Realizar mediciones continuas de corrientes en los sitios del golfo donde sea posible como estudio de base de elevada importancia.
- ✓ Considerar en futuros estudios el rol de los organismos facilitadores y competidores, en particular estudiar el ciclo de vida de las especies de mayor dominancia, sobre todo del grupo de las ascidias, y analizar el efecto a largo plazo que tendrían las especies que coexisten con los juveniles de mejillón en los colectores, determinando la prevalencia de las que resulten exitosas en el asentamiento y posterior crecimiento.
- ✓ Estudiar la captación en diferentes tipos de colectores, con el fin buscar mayor eficiencia en el asentamiento de postlarvas, evaluando diferencias que pudieran producirse por la textura, permeabilidad, composición química, color, microestructura y presencia de sustancias promotoras de la fijación.

Bibliografía

- Acuña, F.H., Excoffon A.C., Zamponi M.O., Genzano G.N. 2004. Feeding habits of the temperate octocoral *Tripalea clavaria* (Studer, 1878) (Octocorallia, Gorgonaria, Anthothelidae), from sublittoral outcrops off Mar del Plata, Argentina. *Belgian Journal of Zoology* 134(1): 65–66.
- Akselman, R. 1996. Estudios ecológicos en el golfo San Jorge y adyacencias (Atlántico sudoccidental). Distribución, abundancia y variación estacional del fitoplancton en relación a factores fisicoquímicos y a la dinámica hidrográfica. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 234 pp.
- Alfaro, A.C. & Jeffs A.G. 2003. Variability of mussel settlement on suspended ropes placed at Ahipara Bay, Northland, New Zealand. *Aquaculture* 216: 115–126.
- Álvarez, M., Duffard R., Ferino M. 2012. Situación actual de las zonas productivas moluscos bivalvos de Tierra del Fuego. Informe técnico Dirección de Acuicultura Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Agroindustria de la Nación. 5 pp.
- Astorga, M.P., Cardenas L., Vargas J. 2015. Phylogenetic approaches to delimit genetic lineages of the *Mytilus* complex of South America: How many species are there? *Journal of Shellfish Research* 34(3): 919–930.
- Bala, J.L. 1989. Biología y ecología del mejillón en el gofo San José, provincia de Chubut. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. 288 pp.
- Bala, L.O. 1996. Edad y crecimiento de *Mytilus edulis platensis d'Orbigny*, 1846, en el Golfo San José, Argentina. *Biología Pesquera* 25: 59–66.
- Baldoni, A. 1990. Renovación del agua de fondo del golfo San Jorge. Tesis de Grado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 37 pp.
- Bao, W.Y., Satuito, C.G., Yang, J.L., Kitamura, H. 2007. Larval settlement and metamorphosis of the mussel *Mytilus galloprovincialis* in response to biofilms. *Marine Biology* 150: 565–574.
- Bayne B.L. 1964a. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). *Journal of Animal Ecology* 33(3): 513–523.
- Bayne, B.L. 1964b. The responses of the larvae of *Mytilus edulis* L. to light and to gravity. *Oikos* 15: 162–174
- Bayne, B.L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2: 1–47.

- Bayne, B.L. 1976. Marine mussels: their ecology and physiology. International Biological Programme 10. Bayne, B.L. (editor). Cambridge University Press, 1976. 506 pp.
- Beaumont, A.R. & Budd, M.D. 1982. Delayed growth of mussel (*Mytilus edulis*) and scallop (*Pecten maximus*) veligers at low temperatures. *Marine Biology* 71: 97–100.
- Bertolotti, M., Lasta, M., Zampatti, E.A. 1987. Cultivo experimental del mejillón (*Mytilus edulis platensis*): características biológicas, técnicas y análisis económico de la actividad. *Revista La industria Cárnica Argentina* 65: 42-54.
- Bertolotti, M., Pagani, A., Gualdoni, P., Fosati, J. 2014 . Cadena de producción de cultivo de mejillón en el año 2011 en la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Argentina. *Revista Gallega de Economía*. 23:33-50.
- Beukema, J. J., Dekker, R; van Stralen, M. R., de Vlas, J. 2015. Large-scale synchronization of annual recruitment success and stock size in Wadden Sea populations of the mussel *Mytilus edulis* L. *Helgoland Marine Research*. 69:4. 327-333
- Bianchi, A., Masonneau, M., Oliviera, R. 1982. Análisis estadístico de las características T-S del sector austral de la plataforma continental argentina. *Acta Oceanográfica Argentina*, 3: 93-118.
- Blok, J.W. & Geelen, J.F.M. 1958. The substratum required for the settling of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Archives Néerlandaises de Zoologie* 13: 446–460.
- Board, P. 1983. The settlement of post larval *Mytilus edulis*. *Journal of Molluscan Studies* 49: 53–60.
- Bompais X., Dardignac, M.J., Piclet, G. 1991. Les filières pour l'élevage des moules: Guide pratique. Plouzané. Institut de recherche pour l'exploitation de la Mer. Brest. Francia. ISBN 2-905434-36-8.
- Borsa, P., Rolland, V., Danguin-Thiebaut, C. 2012. Genetic and taxonomy of the Chilean smooth-shelled mussels, *Mytilus* spp. (Bivalvia: Mytilidae). *Compte Rendus Biologies* 335: 51-61.
- Borthagaray, A.I. & Carranza A. 2007. Mussels as ecosystem engineers: their contribution to species richness in a rocky littoral community. *Acta Oecologica* 31(3): 243–250.
- Bownes, S., Barker, N.P., McQuaid, C.D. 2008. Morphological identification of primary settlers and post-larvae of three mussel species from the coast of South Africa. *African Journal of Marine Science* 30(2): 233–240.
- Bownes, S.J. & McQuaid, C.D. 2009. Mechanisms of habitat segregation between an invasive and an indigenous mussel: settlement, post-settlement mortality and recruitment. *Marine Biology* 156: 991–1006.

- Broitman, B.R., Blanchette, C.A., Gaines, S.D. 2005. Recruitment of intertidal invertebrates and oceanographic variability at Santa Cruz Island, California, U.S.A. *Limnology and Oceanography* 50: 1473–1479.
- Buschbaum, C., Dittmann, S., Jae-Sang Hong, In-Seo, H., Strasser, M., Thiel, M., Valdivia N., San-Pil, Y, Reise K. 2008. Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgoland Marine Research* 63(1): 47–58.
- Cáceres-Martínez, J. & Figueras, A. 2007. *Biología y Cultivo de mejillón (Mytilus galloprovincialis) en Galicia.: Vida larvaria del mejillón. El desarrollo larvario del mejillón: 61-69. Consejo de investigaciones Científicas (España). ISBN 978-84-00-08526-1*
- Calvo, J., Morriconi, E., Orlor, P.M. 1998. Estrategias reproductivas de moluscos bivalvos y equinoideos. En: E. Boschi (ed.) *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros 2. Los moluscos de interés pesquero. Cultivos y estrategias reproductivas de bivalvos y equinoideos. Publicaciones Especiales, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Mar del Plata): 195–231.*
- Carranza, A., Defeo O., Beck M., Castilla J.C. 2009. Linking fisheries management and conservation in bioengineering species: the case of South American mussels (Mytilidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19(3): 349–366.
- Carreto, J.I., Carigan, M.O., Montoya, N.G., Colleoni Cucchi, A.D. 2007. Ecología del fitoplancton en los sistemas frontales del Mar Argentino. . Pp: 11-31. en: Carreto, J.I. & Bremec, C. (editores). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo . Mar del Plata. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 169 pp.*
- Chanley, P. 1970. Larval development of the hooked mussel *Brachidontes recurvus* Rafinesque (Bivalvia: Mytilidae) including a literature review of larval characteristics of the Mytilidae. *Proceedings of the National Shellfisheries Association* 60: 86–94.
- Chipperfield, P.N.J. 1953. Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in British waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 32: 449–476.
- Choo, L.M., Choo, L.Q., Tan, K.S. 2014. The origin and formation of hair on external valve surfaces of the tropical marine mussel *Modiolus traillii* (Reeve, 1857). *Journal of Molluscan Studies* 80: 111–116.
- Ciocco, N.F. 1995. Marisquearía mediante buceo en el Golfo San José y primeras experiencias privadas de cultivo de bivalvos en los Gofos San José y Nuevo. Fundación

- Patagonia Natural. Plan de manejo integrado de la zona costera patagónica. Informe Técnico Nº 2. ISBN 0328-462
- Ciocco, N.F., Lasta M.L. & Bremec C. 1998. Pesquerías de bivalvos: mejillón, vieiras (tehuélche y patagónica) y otras especies. Pp. 115-142 en: Boschi E. (ed.). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 2: Los moluscos de interés pesquero. Cultivos y estrategias reproductivas de bivalvos y equinoideos. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). 229 pp.
- Comesaña, A.S., Toro, J.E., Innes, D.J., Thompson, R.J. 1999. A molecular approach to the ecology of a mussel (*Mytilus edulis* ± *M. trossulus*) hybrid zone on the east coast of Newfoundland, Canada. *Marine Biology* 133: 213–221.
- Crisci, J.V. 2006. One-dimensional systematist: Perils in a time of steady progress. *Systematic Botany* 31(1): 217–221.
- Curriel Ramírez, S. & Cáceres Martínez, J. 2010. Settlement of *Mytilus galloprovincialis* on collectors suspended at different depths in Bahía de Todos los Santos B. C., Mexico. *Aquaculture* 300: 102–106.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations—an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology* 26: 249–293.
- Daigle, R.M. & Herbinger, C.M., 2009. Ecological interactions between the vase tunicate (*Ciona intestinalis*) and the farmed blue mussel (*Mytilus edulis*) in Nova Scotia, Canada. *Aquatic Invasions* 4: 5–10.
- Dare, P. J. 1976. Settlement, growth, and production of the mussel *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. *Fishery Investigations, Series 11, (28)*: 1-25.
- Delatorre, F.G. 2006 Captación de semilla de mejillón *Mytilus edulis platensis* (D'Orb 1846) sobre colectores artificiales: Sistema tradicional vs. estructuras rígidas sobreelevadas. VI JNCM. Puerto Madryn. Libro de resúmenes.
- Dellatorre, F.G., Pascual, M.S., Barón, P.J. 2007. Feeding physiology of the Argentine mussel *Mytilus edulis platensis* (d'Orbigny, 1846): does it feed faster in suspended culture systems? *Aquaculture International* 15(6): 415–424.
- Departamento de Acuicultura de D.G.D.P.y A. Situación de la acuicultura en Tierra del Fuego. Informe 065/2014. 2014. Tierra del Fuego. 29 pp.
- Díaz, C., Figueroa, Y., Sobenes, C. 2014. Seasonal effects of the seeding on the growth of Chilean mussel (*Mytilus edulis platensis* d'Orbigny 1846) cultivated in central Chile. *Aquaculture* 428: 215–222.

- Dixon, D.R, Sole-Cava, A.M., Pascoe, P.L., Holland P.W.H. 1995. Periostracal adventitious hairs on spat of the edible mussel *Mytilus edulis*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 75: 363–372.
- Dobrestov, S.V., & Miron, G. 2001. Larval and post-larval vertical distribution of the mussel *Mytilus edulis* in the White Sea. Marine Ecology Progress Series 218: 179–187.
- Falmagne, C 1983. Problems associated with the rearing and setting of larvae of the California mussel *Mytilus californianus* Conrad, in a hatchery. J Shellfish Res.:3:112.
- Fernández, M. 2006 Características físico químicas de los sedimentos del golfo San Jorge y su relación con los organismos bentónicos del sector. Universidad Nacional de Mar del Plata. Tesis Doctoral. 314 pp.
- Fernández, M. Carreto J. I., Mora, J. Roux A. 2005. Physico-chemical characterization of the benthic environment of the golfo San Jorge, Argentina. Journal of the . Marine Biological Association. U.K.,85: 1317-1328.
- Fernández, M., Roux, A., Caló, J. Marcos, A. Aldacur, H. 2003. Grain-size analysis of surficial sediments from golfo San Jorge, Argentina. J of the Mar. Biological Association of the UK, 83: 1193 -1197.
- Fernández, M., Mora, J., Roux A., Cucchi Colleoni, D.H., Gasparonia, J.C. 2008. New contribution on spatial and seasonal variability of environmental conditions of the golfo San Jorge benthic system, Argentina. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 88: (02), 227-236.
- Fosati, J. 2011. Situación de la acuicultura en Tierra del Fuego. (Informe 55/11). : Departamento Acuicultura. Tierra del Fuego.
- Frantzen, S. 2007. Recruitment of blue mussels, *Mytilus edulis* L., on suspended collectors in Finnmark, North Norway (70-71°N). Marine Biology Research 3(1): 37–48.
- Gaitán-Espitia, J.D., Quintero-Galvis, J.F., Mesas, A., D'Elía, G. 2016. Mitogenomics of southern hemisphere blue mussels (Bivalvia: Pteriomorpha): Insights into the evolutionary characteristics of the *Mytilus edulis* complex. Scientific Reports 6. <http://www.nature.com/articles/srep26853>. doi:10.1038/srep26853.
- Garcia-Lavandeira, M., Silva, A., Abad, M., Pazos, A.J., Sánchez, J.L., Pérez-Paralle, M.L. 2005. Effects of GABA and epinephrine on the settlement and metamorphosis the larvae of four species of bivalve molluscs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 316(2): 149–156.

- Genzano, G.N., Excoffon, A.C., Acuña, F.H., Zamponi, M.O. 2003. Hydroid colonies as primary substrata for recruits of the mussel *Mytilus edulis platensis* front off Mar del Plata, Argentina. *Ophelia* 57(2): 53–61.
- Gil, D.G. & Zaiuso, H.E. 2008. Feeding ecology of the subantarctic sea star *Anasterias minuta* within tide pools in Patagonia, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 56(3): 311–328.
- Gosling, E. 1992. The Mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture (Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 25). Gosling, E. (Editor). Elsevier Science Publishers. 589 pp.
- Gosling, E. 2003. Bivalve Molluscs: Biology, Ecology, and Culture. Fishing News Books Gosling, E. (Editor). Blackwell Publishing. 443 pp.
- Gosling, E., Doherty, S., Howley N. 2008. Genetic characterization of hybrid mussel (*Mytilus*) populations on Irish coasts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(2): 341–346.
- Gray A.P.; Seed R., Richardson, C.A. 1997. Reproduction and growth of *Mytilus edulis chilensis* from the Falkland Islands. *Scientia Marina* 61 (Suppl. 2): 39–48.
- Gribben, P.E., Jeffs, A.G., de Nys, R., Steinberg, P.D. 2011. Relative importance of natural cues and substrate morphology for settlement of the New Zealand Greenshell™ mussel, *Perna canaliculus*. *Aquaculture* 319: 240–246
- Hancock, D.A. 1973. The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. Rapport P.- V. Reun. Conseil permanent International pour l'exploration de la Mer. 164: 113-131.
- Hickman, N.J., Gasior R., Mercer J. 2005. Mussel larval monitoring and spat settlement at the Werribee Spat collecting zone. Season 2004-05. Fisheries Victoria. Research report Series 26, 22 pp.
- Isla, F., Iantanos, N., Estrada, E. 2002. Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo San Jorge. *Asociación Argentina de Sedimentología*. 9: 155-164.
- Isola, T.E. 2011. Taller de planificación productiva y comercialización de mejillones. Resumen ejecutivo interno Agencia Comodoro Conocimiento. 2011. 6 pp. Comodoro Rivadavia.
- Isola, T.E. & Zaiuso H.E. 2012. Efecto de la densidad de mejillón sobre la biomasa cosechable en cuerdas de engorde de tipo mixto (francés español) VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Libro de resúmenes.
- Jespersen, H. & Olsen, K., 1982. Bioenergetics in veliger larvae of *Mytilus edulis* L. *Ophelia* 21: 101–113.

- Juanicó, M. & Rodríguez-Moyano, M. 1976. Composición faunística de la comunidad de *Mytilus edulis platensis* d'Orbigny, 1846, ubicada a unas 55 millas al SE de La Paloma. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 4(29): 113–116.
- KandrataVICIUS, N. & Brazeiro A. 2014. Effects of wave exposure on morphological variation in *Mytilus edulis platensis* (Mollusca, Bivalvia) of the Atlantic Uruguayan coast. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 9(1): 31–38.
- Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. 1988. *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. PWS-Kent, Boston, Mass. ISBN 0-87150-123-6. 718 pp.
- Knights, A.M., Crowe, T.P. y Burnell, G. 2006. Mechanisms of larval transport: vertical distribution of bivalve larvae varies with tidal conditions. *Marine Ecology Progress Series* 326: 167–174.
- Krug, P.J. 2006. Defense of benthic invertebrates against surface colonization by larvae: a chemical arms race. In: Fusetani N., Clare A.S., (editors). *Antifouling compounds*. Berlin: Springer-Verlag: 1–53.
- Lane, D.J.W., Beaumont, A.R., Hunter J.R. 1985. Byssus drifting and the drifting threads of the young postlarval mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 84: 301–308.
- Larraín, M.A., Díaz, N.F., Lamas, C., Vargas, C., Araneda C. 2012. Genetic composition of *Mytilus* species in mussel populations from southern Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40(4): 1077–1084.
- Lasiak, T.A. & Barnard, T.C.E. 1995. Recruitment of the brown mussel *Perna perna* onto natural substrata: a refutation of the primary/secondary settlement hypothesis. *Marine Ecology Progress Series* 120: 147–153.
- Lekang, O., Stevik, T., Bomo A. 2003. Evaluation of different combined collectors used in *longlines* for blue mussel farming. *Aquacultural Engineering* 27: 89–104.
- Le Pennec, M. 1980. The larval and post-larval hinge of some families of bivalve molluscs. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 60: 601–617.
- Lherminier, P. 2009. *Le mythe de l'espèce*. Paris: Ellipses. 239 pp.
- Lizarralde, Z.I. & Zaixso, H.E. 1993. Captación de mitílidos en diferentes tipos de colectores artificiales en Chubut, Argentina. *Biología Pesquera* 22: 13-21.
- Lizarralde, Z.I. 1997. Monthly changes in mussel spat (*Mytilus edulis platensis*) settlement on artificial collectors in San Jose gulf, Argentina. *Biología Pesquera* 26: 43–48.

- Lizarralde, Z.I. & Pittaluga, S. 2011. Distribution and temporal variation of the benthic fauna in a tidal flat of the rio Gallegos estuary, Patagonia, Argentina. *Thalassas* 27(1): 9–20.
- Loosanoff, V.L., Davis, H.C. y Chanley, P.E., 1966. Dimensions and shapes of larvae of some marine bivalve molluscs. *Malacologia* 4: 351–435.
- López, R.A., Penchaszadeh, P.E. & Marcomini, S.C. 2008. Storm-related strandings of mollusks on the Northeast coast of Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Research* 24(4): 925–935.
- Louge, E.B., Reta, R., Santos, B.A., Hernández, D.R. 2004. Variaciones interanuales (1995-2000) de la temperatura y la salinidad registradas en los meses de enero en el golfo San Jorge y agua adyacentes. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. 16:27-42.
- Lubet, P. 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilides et les Pectinidés (Mollusques bivalves). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 23: 389–548.
- Lutz R.A. & Hidu, H. 1979. Hinge morphogenesis in the shells of larval and early post-larval mussels (*Mytilus edulis* L. and *Modiolus modiolus* (L.)). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 59: 111–121
- Lutz, R.A., Incze, L.S., Porter, B., Stotz J.K. 1980. Seasonal variation in the condition of Raft-cultivated mussel (*Mytilus edulis* L.). *Proceedings World Mariculture Society* 11:262-268.
- Marcos, F. 1996. Acuerdo Unión Europea Argentina. Unidad Ejecutora Provincia de Santa Cruz. Relevamiento de bancos naturales de moluscos bivalvos en la provincia de Santa Cruz. Informe técnico. Rio Gallegos, Santa Cruz. 12 pp.
- Marcos F. 1997. Acuerdo Unión Europea Argentina. Unidad Ejecutora Provincia de Santa Cruz. Relevamiento de bancos naturales de moluscos bivalvos en la provincia de Santa Cruz. Informe técnico. Rio Gallegos, Santa Cruz. 12 pp.
- Martel, A.L., Tremblay, R., Frédéric Olivier, N.T., Myrand, B. 2014. Veliger size at metamorphosis and temporal variability in prodissoconch II morphometry in the blue mussel (*Mytilus edulis*): Potential impact on recruitment. *Journal of Shellfish Research* 33(2): 443–455.
- Martin, J.P., Sar, A., Caminos C., Fernández R., Kroeck M., Morsán E. 2015. Ciclo reproductivo y reclutamiento del mejillón *Mytilus edulis* platensis en la Bahía de San Julián (Patagonia Austral Argentina). IX Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Ushuaia. Libro de resúmenes.

- Martinelli, J.C., Gordillo, S., Archuby F. 2013. Muricid drilling predation at high latitudes: Insights from the southernmost Atlantic. *Palaios* 28(1): 33–41.
- Maslov, Y.I. 2000. Sea suspended matter as a food in the aquaculture blue mussel. In: Minichev Y., Maximovich N.V. (editors) Investigation of the experience of aquaculture of blue mussel at the White Sea. St. Petersburg University Press, St. Petersburg, pp. 144–151.
- Maxwell, S.E. & Delaney H.D. 2004. Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective. Lawrence Erlbaum Associates. 868 pp.
- McDonald, J.H., Seed R., Koehn, R.K. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern Hemispheres. *Marine Biology* 111: 323–333.
- McGrath, P.A. King, D., Gosling, E.M. 1988. Evidence for the direct settlement of *Mytilus edulis* larvae on adult mussel beds. *Marine Ecology Progress Series* 47: 103–106.
- McQuaid, C.D. & Phillips, T.E. 2000. Limited wind-driven dispersal of intertidal mussel larvae: in situ evidence from plankton and the spread of the invasive species *Mytilus galloprovincialis* in South Africa. *Marine Ecology Progress Series* 201: 211–220.
- Meredyth-Young, J. & Jenkins, R. 1978. Depth of settlement of two mussel species on collector in Marlborough Sounds, New Zealand (note) *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 12(1): 83–86.
- Miranda, M.B.B., Innes, D.J., Thompson, R.J. 2010. Incomplete reproductive isolation in the blue mussel (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) hybrid zone in the Northwest Atlantic: Role of gamete interactions and larval viability. *Biological Bulletin* 218(3): 266–281.
- Monticelli, L.S., Costagliola, M., Carella E.V. 1991. Estudio microbiológico del mejillón (*Mytilus edulis platensis*) comercializado en el Puerto de Mar del Plata. *Frente Marítimo* 9: 137–143.
- Morello, S.L., Yund, P.O. 2016. Response of competent blue mussel (*Mytilus edulis*) larvae to positive and negative settlement cues. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 480: 8–16.
- Morsán, E. 2007. Pesquerías del mejillón *Mytilus edulis platensis*. En: Pesquerías de moluscos bivalvos y gasterópodos en el Mar Argentino. Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino. Disponible en línea en: <http://atlas.ambiente.gov.ar>. (Consultado en junio de 2016).

- Navarrete, S.A., Largier, J.L., Vera, G., Tapia, F.J. y otros. 2015. Tumbling under the surf: wave-modulated settlement of intertidal mussels and the continuous settlement-relocation model. *Marine Ecology Progress Series* 520: 101–121.
- Neter J., Kutner M. H, Nachtsheim C. J., Wasserman W. 1996. Applied linear statistical model. Fourth edition. Mc Graw Hill. ISBN 0-256-11736-5 .1408 pp.
- Newel, C.R., Hidu H., McAlice, B.J., Podniedsinski G., Short, F., Kindblom, L. 2007. Recruitment and commercial seed procurement of the blue mussel *Mytilus edulis* in Maine. *Journal of the World Aquaculture Society* 22: 134–152.
- Newel, C.R, Short, F., Hoven, H. Healey, L., Panchang, V., Cheng, G. 2010. The dispersal dynamics of juvenile plantigrade mussels (*Mytilus edulis* L.) from eelgrass (*Zostera marina*) meadows in Maine, U.S.A.. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 394(1–2): 45–52.
- Niggemeyer, F. & Masello, A. 1992. La pesquería del mejillón (*Mytilus edulis platensis*): análisis de los desembarques en el puerto de Punta del Este (Maldonado, Uruguay). *Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (Uruguay) A* 12: 83–88.
- Ockelman, K. W. 1983. Descriptions of mytilid species and definition of the Dacrydilinae n. subfam. (Mytilacea -Bivalvia). *Ophelia* 22: 81–123.
- Ojeda, J., Rosenfeld, S., Marambio, J., Rozzi, R., Mansilla A. 2014. Patrones estacionales y espaciales de la diversidad de moluscos intermareales de bahía Róbaló, canal Beagle, Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 49(3): 493–509.
- Ouagajjou, Y., Presa, P., Astorga, M., Pérez, M. 2011. Microsatellites of *Mytilus chilensis*: A genomic print of its taxonomic status within *Mytilus* sp. *Journal of Shellfish Research* 30(2): 325–330.
- Oyarzún, P.A., Toro, J.E., Cañete, J.I., Gardner J. 2016. Bioinvasion threatens the genetic integrity of native diversity and a natural hybrid zone: smooth-shelled blue mussels (*Mytilus* spp.) in the Strait of Magellan. *Biological Journal of the Linnean Society* 117(3): 574–585.
- Paetzold, S.C., Giberson D.J., Hill, J., Davidson, J.D.P., Davidson J. 2012. Effect of colonial tunicate presence on *Ciona intestinalis* recruitment within a mussel farming environment. *Management of Biological Invasions* 3(1): 15–23.
- Palma, E.D., Matano, R.P., Piola, A.R. 2004. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf Circulation. A barotropic response to tidal and wind forcing. *Journal of Geophysical Research*. 109.

- Pascual, M.S. & Zampatti, E. 1998. El Cultivo de Moluscos Bivalvos. En: Los Recursos Pesqueros del Mar Argentino. Tomo II. Dr. E. Boschi (Editor). INIDEP. Mar del Plata, Argentina. PP. 167-193.
- Pechenik, J. A. 1999. On the advantages and disadvantages of larval stages in benthic marine invertebrate life cycles. *Marine Ecology Progress Series*. 177:269–297.
- Pechenik J.A., Eyster, L.S., Widdows J, Bayne B.L. 1990. The influence of food concentration and temperature on growth and morphological differentiation of blue mussel *Mytilus edulis* L. larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 136: 47–64.
- Penchaszadeh, P.E. 1971. Estudios sobre el mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb.) en explotación comercial del sector bonaerense, Mar Argentino. I- Reproducción, crecimiento y estructura de la población. Documento Técnico 12, C.A.R.P.A.S.: 15 pp.
- Penchaszadeh, P.E., Bigatti, G., Miloslavich, P. 2004. Feeding of *Pseudechinus magellanicus* (Philippi, 1857) (Echinoidea: Temnopleuridae) in the SW Atlantic coast (Argentina). *Ophelia* 58(2): 91–99.
- Perez Seijas, G. M., Ramirez, F.C., Vinas, M.D. 1987. Variaciones de la abundancia numérica y biomasa del zooplancton de red en el golfo San Jorge (Año 1985). *Revista de Investigación y Desarrollo. Pesquero*. 7:5-20.
- Peteiro, L., Filgueira, R., Labarta L., Fernández-Reiriz, M.J. 2007. Effect of submerged time of collector ropes on the settlement capacity of *Mytilus galloprovincialis* L. *Aquaculture Research* 38: 1679–1681.
- Peteiro, L., Filgueira, R., Ayala, A., Fernández Rieriz, M.J. 2008. Unidades didácticas de acuicultura. Bivalvos 3. Departamento de Fisiología, Nutrición y Cultivo de Moluscos Bivalvos (IIM-CSIC). Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, España.
- Peteiro L. 2009. Patrones de asentamiento y reclutamiento de *Mytilus galloprovincialis* en la Ría de Ares-Betanzos e implicaciones para su cultivo en batea. Tesis Doctoral. Universidad de la Coruña. 152 pp.
- Piola, A. 2008. Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y mar argentino. Oceanografía física. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Secretaria de ambientes. 1000 pp.
- Pulfrich, A. 1996. Attachment and settlement of postlarval mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Schleswig-Holstein Wadden sea. *Journal of Sea Research* 36: 239–250.

- Qian, P.Y., Lau S. C.K., Dahms, H.U., Dobretsov, S., Harder, T. 2007. Marine biofilms as mediators of colonization by marine macroorganisms: Implications for antifouling and aquaculture. *Marine Biotechnology* 9: 399–410.
- Quinn, G.P., Keoug, M.J. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. ISBN–13- 9780 5110 78125. 537pp.
- Ramorino, M.L. & Campos, M.B. 1983. *Revista de Biología Marina*. Valparaíso. 19(2): 143-192.
- Red de Fortalecimiento para la Maricultura Costera Patagónica. 2013. Relevamiento de la actividad de la maricultura en la Patagonia Argentina. Informe técnico I. Puerto Madryn, Argentina. 222 pp.
- Reta, R. 1986. Aspectos oceanográficos y biológico-pesqueros del golfo San Jorge. Seminario de grado de Licenciatura en Oceanografía. Universidad Nacional del sur, Bahía Blanca, Argentina. 135 pp.
- Rivas, A.L. 1997. Current meter observations in the Argentine continental shelf. *Continental Shelf Research*. 17: 391-406.
- Riestra, G. & Defeo, O. 1994. Aspectos de la dinámica poblacional y estructura de la comunidad del mejillón *Mytilus edulis platensis* en la costa atlántica uruguaya. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 7(66-67): 345–356.
- Rilov, G. & Schiel, R.D. 2006b. Trophic linkages across seascapes: subtidal predators limit effective mussel recruitment in rocky intertidal communities. *Marine Ecology Progress Series*. 327: 83–93
- Rodriguez, S.R., Ojeda, F.P., Inestrosa, N.C. 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. *Marine Ecological Progress Series* 97:193–207.
- Rosenfeld, S., Marambio, J., Aldea, C. 2013. Comparación de ensamblajes de moluscos en dos sustratos intermareales de la cuenca central del Estrecho de Magallanes intermareales de la cuenca central del Estrecho de Magallanes. *Amici Molluscarum* 21(2): 7–18.
- Roux, A. 2000. Evaluación del estado de los fondos de pesca de langostino (*Pleoticus muelleri*) a través del análisis de la fauna bentónica acompañante en el golfo San Jorge y litoral de Chubut, Argentina. *Frente Marítimo*, 18:143-149.
- Roux, A. & Bremec, C. 1997. Resultados del análisis de una campaña de investigación pesquera sobre comunidades bentónicas asociadas a bancos de mejillón (*Mytilus edulis platensis* d'Orb.) en costas de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 11: 153–166.

- Ruiz M., Tarifeño E., Llanos–Rivera A., Padgett C., & Campos B. 2008. Temperature effect in the embryonic and larval development of the mussel, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(1): 51–61.
- Rutherford A. 2001. *Introducción Anova and Ancova. A GLM Approach*. Sage Publications Ltd. ISBN 0 7619 5160 1. 182 pp.
- Ruzzante, D.E. & Toyos de Guerrero, M. A. 1984. Captación de mitílicos sobre colectores. I. Variaciones en la captación de *Mytilus platensis* D' Orb. y de *Aulacomya ater* (Molina). *Physys. Secc. A*, 42 (102): 55- 62.
- Saarman, N.P. & Pogson, G.H. 2015. Introgression between invasive and native blue mussels (genus *Mytilus*) in the central California hybrid zone. *Molecular Ecology* 24(18): 4723–4738.
- Satuito G., Natoyama, K., Yamazaki M., Fusetani N. 1994. Larval development of the mussel *Mytilus galloprovincialis* cultured under laboratory conditions. *Fisheries Science* 60(1): 65–68.
- Satuito, C.G., Shimizu, K., Fusetani, N., 1997. Studies on the factors influencing larval settlement in *Balanus amphitrite* and *Mytilus galloprovincialis*. *Hydrobiologia* 358: 275–280.
- Seed, R. 1969. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. *Oecologia* 3: 277–316.
- Seed, R. 1976. Ecology. In: *Marine Mussels: their Ecology and Physiology* (editor. B.L. Bayne), pp. 13–65. Cambridge University Press, Cambridge.
- Seed, R. & Suchanek, T.H. 1992 Population and community ecology of *Mytilus*. In: *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture* (ed. E.M. Gosling), pp. 87–169. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Shanks, A.L., & Brink, L. 2005. Upwelling, downwelling, and cross-shelf transport of bivalve larvae: test of a hypothesis. *Marine Ecology Progress Series* 302: 1–12.
- Shanks, A.L., Largier, J., Brink, L. 2000. Demonstration of the onshore transport of larval invertebrates by the shoreward movement of an upwelling front. *Limnology and Oceanography* 45: 230–236.
- Shanks, A., McCulloch, A., Miller, J. 2003 Topographically generated fronts, very nearshore oceanography and the distribution of larval invertebrates and holoplankters. *Journal of Plankton Research* 25: 1251–1277.
- Skibinski, D.O.F., Ahmad M., Beardmore J.A. 1978. Genetic evidence for naturally occurring hybrids between *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*. *Evolution* 32(2): 354-364.

- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 3rd edn. New York: WH. Freeman & Company
- Pineda J., Starczak V., Stueckle, T.A. 2006 Timing of successful settlement: demonstration of a recruitment window in the barnacle *Semibalanus balanoides*. Marine Ecology Progress Series. 320:233–237.
- Pineda J., Reyns, N.B., Starczak, V. R. 2008. Complexity and simplification in understanding recruitment in benthic populations. Population Ecology 51:17–32.
- Sponaugle, S., Cowen, R.K., Shanks, A., Morgan, S.G., Leis, J.M., Pineda J., Boehlert, G.W., Kingsford, M.J., Lindeman, K., Grimes, C., y Munro, J.L. 2002. Predicting self-recruitment in marine populations: Biophysical correlates and mechanisms. Bulletin of Marine Science 70(Suppl. 1): 341–375.
- Sprung, M. 1984a. Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). I. Shell growth and biomass. Marine Ecology Progress Series 17: 283-293
- Sprung, M. 1984b. Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). II. Food uptake. Marine Ecology Progress Series 17:295-303.
- Strickland, J.D.H. & Parsons T. R. 1965. A manual of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada Bull: 125.
- Tarifeño, E., Galleguillos, R., Llanos-Rivera, A., Arriagada, D., Ferrada, S., Canales-Aguirre, C.B., Seguel A. 2012. Erroneous identification of the mussel, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) as the species, *Mytilus chilensis* (Hupe 1854) in the Bay of Concepcion, Chile. Gayana 76(2): 167–172.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society 25: 1–45.
- Tonini, M., Palma E., Rivas A. 2006. Modelos de alta resolución de los golfos patagónicos. Mecánica Computacional. 25: 1441-1460.
- Toro, J.E. 1998. PCR-based nuclear and mtDNA markers and shell morphology as an approach to study the taxonomic status of the Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis* (Bivalvia). Aquatic Living Resources 11(5): 347–353.
- Toro, J.E., Ojeda, J.A., Vergara, A.M., Castro, G.C., Alcapan A.C. 2005. Molecular characterization of the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupé 1854) demonstrates evidence for the occurrence of *Mytilus galloprovincialis* in southern Chile. Journal of Shellfish Research 24(4): 1117–1121.
- Tortorelli, M.C., 1987. Contribución al estudio de los ciclos reproductivos del mejillón patagónico, *Mytilus chilensis* Hupé, y de la cholga, *Aulacomya ater* (Molina), en el canal de Beagle. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 257 pp.

- Toupoint, N., Mohit, V., Linossier, I., Bourgougnon, N., Myrand, B., Olivier, F., Lovejoy C., Tremblay, R. 2012a. Effect of biofilm age on settlement of *Mytilus edulis*. *Biofouling* 28(9): 985–1001.
- Toupoint, N., L. Solomon-Gilmore, F. Bourque, B. Myrand, F. Pernet, F. Olivier, Tremblay R. 2012b. Match/mismatch between the *Mytilus edulis* larval supply and seston quality: effect on recruitment. *Ecology* 93: 1922–1934.
- Trancart, M. 1978. Biologie et possibilités d'exploitation de *Mytilus platensis* (D'Orb.) dans le Golfe San Jose, Péninsule Valdes, Argentine. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Océanologie. U.E.R. des Sciences de la Mer et de L'Environnement, Université d'Aix-Marseille-II: 86 pp.
- Trevelyan, J.A. & Chang E.S., 1987. Light-induced shell pigmentation in post-larval *Mytilus edulis* and its use as a biological tag. *Marine Ecology Progress Series* 39: 137–144.
- Turner, R.D. & Boyle, P.J., 1974. Studies of bivalve larvae using the scanning electron microscope and critical point drying. *Bulletin of the American Malacological Union* 40: 59–65
- Vinuesa, J.H. 1978. Ciclo gonadal y primera madurez sexual del mejillón patagónico *Mytilus edulis chilensis* Hupé, en Puerto Deseado. *Physis*, sec. "A" 38(95):35–47.
- Vinuesa, J.H. 1987. El crecimiento del mejillón en el canal Beagle. I Reunión Argentina de Acuicultura. Bariloche. Libro de resúmenes.
- Vinuesa, J.H. 2008. Dinámica del asentamiento de poblaciones bentónicas en fondos duros del golfo San Jorge. Informe final. Subproyecto A B-67. 75 pp.
- Widdows, J. 1991. Physiological ecology of mussel larvae. *Aquaculture* 94: 147–163.
- Yildiz, H & Berber, S. 2010. Depth and seasonal effects on the settlement density of *Mytilus galloprovincialis* L. 1819 in de Dardanelles. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 4: 756–759.
- Young, E.F., Grant, R.H., Grand, A., Walker, P., Brown J. 1988. Modelling study of environmental influences on bivalve settlement in The Wash, England. *Marine Ecology Progress Series* 172: 197–214.
- Zaixso, H.E. 1994. Efecto de la exposición al aire y la temperatura en la mortalidad de juveniles de mejillón provenientes de colectores. *Medio Ambiente* 12 (1): 50–56.
- Zaixso, H.E. & Bala, J.L. 1993. Crecimiento de mejillones cultivado en encordados franceses y españoles. *Naturalia patagónica* 1: 8–21.

- Zaixso, H.E. & Lisarralde, Z.I. 1994. Efecto del tamaño de malla sobre el crecimiento y sobrevivencia del mejillón (*Mytilus platensis* D' Orb) en cultivos con encordados franceses. *Biología Pesquera* 23:49-57.
- Zaixso, H.E. & Lisarralde Z.I. 1999. Efecto del método de encordado sobre el crecimiento y perdida de mejillones (*Mytilus platensis* D' Orb) en cultivos suspendidos. *Biología Pesquera* 27:47-62.
- Zaixso, H.E. & Boraso, A. 2015. La zona costera patagónica. Vol. II. Comunidades biológicas y Geología. UNPSJB, E-book. 232 pp. ISBN 978-987-1937-47-9.
- Zaixso, H.E., Otaegui, A.V., Jerez, H. 1972. Informe técnico a pedido de empresario particular Sr. Miguel Aydar. San Julián. Santa Cruz.
- Zaixso, H.E., Vinuesa, J.H., Pastor C.T. 1976. Observaciones preliminares de crecimiento de mejillón *Mytilus edulis chilensis* Hupé en condiciones de cultivo. Centro de Investigación de Biología Marina Estación Puerto Deseado. Contribución Técnica Nº 25.
- Zaixso, H.E., Stoyanoff, P., Gil, D.G. 2009. Detrimental effects of the isopod, *Edotia doellojuradoi*, on gill morphology and host condition of the mussel, *Mytilus edulis platensis*. *Marine Biology*. 156: 2369–2378.
- Zaixso, H.E., Boraso, A., Pastor, C., Vinuesa, J., Gosztonyi, A., Lizarralde, Z., Ferrari, S., Arce, M., Albrieu, C., Belchior, S.; Raimondo, A., Monti, A., Sar, A., Abril, M., Coicaud, S., Cerdá, R., Gil, D., Stoyanoff, P., Tolosano, J., Rios, R. 2007. Informe PNUDARG 02/018 Subproyecto BB70. Estudio de base para una gestión integrada de la bahía San Julián. Agencia de Desarrollo San Julián.
- Zampatti, E. 2002. Apoyo para la implementación desarrollo y fomento del cultivo de mejillón en la provincia de Tierra del Fuego. Informe Final. CFI. 117 pp.