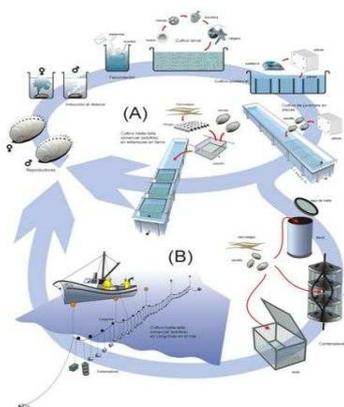




INFORME FINAL
PROYECTO FIP
2008-33

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DEL CULTIVO DE ABALONES EN RELACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE



ENERO 2010



REQUIRENTE



FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA - FIP

EJECUTOR

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
SEDE COQUIMBO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR



EQUIPO DE INVESTIGADORES

- Joel Barraza S. (Ing. Civ.) / Jefe de Proyecto
- Shizuo Akaboshi (Dr.)
- Juan Enrique Illanes B. (Dr.)
- Eduardo Uribe T. (Dr.)
- Julio Moraga O. (M. of Sc.)
- Rodrigo Rojas A. (Magíster)
- Guido Drago L. (MBA (c))
- Macarena Morales G. (Ing.)
- Ximena Bravo C (Ing, Civ.)
- Jorge Godoy O. (Ing.)
- Luz Hurtado A. (Magíster)

EMPRESAS PARTICIPANTES

- ✓ Cía. Pesquera Camanchaca S.A.
- ✓ Live SeaFood



RESUMEN EJECUTIVO

El Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de contar con información sobre aspectos ambientales y sanitarios relacionados con el cultivo del abalón en el mar, es que incluyó en el Programa de Investigación Pesquera del año 2008 el Proyecto FIP 2008-33: *“Evaluación de las condiciones operacionales del cultivo de abalones en relación a la normativa vigente”*.

En este informe se exponen antecedentes de los términos básicos de referencia, objetivos del proyecto, antecedentes sobre las especies y su cultivo, metodología y materiales para los resultados y conclusiones del estudio encargado por la Subsecretaría de Pesca, donde la Universidad Católica del Norte (UCN) actúa como consultor con un equipo multidisciplinario para evaluar y verificar si las limitantes impuestas por las Resoluciones (SUBPESCA) N° 231/05; N° 4842/05; y N° 2820/06 reducen los riesgos de las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar y de los impactos ambientales y sanitarios asociados a ellos.

Con este propósito, en las bases técnicas, se estableció el siguiente objetivo general: *Evaluar las actuales condiciones de cultivo de abalones en sistemas suspendidos en el mar en relación a la normativa vigente, en la zona norte (III y IV Regiones), y los objetivos específicos: 1) Evaluación de la normativa vigente en relación a minimizar los riesgos asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar. 2) Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar. 3) Proponer cambios y/o nuevas normativas, que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad.*



En su carácter de *Informe Final*, se incorporan las metodologías y resultados propuestos en las bases técnicas. Las actividades corresponden al período marzo/2009 – Febrero/2010, con campañas de muestreos en las Regiones III^a y IV^a en las localidades de Bahía Inglesa y Bahía Coquimbo respectivamente y con la colaboración de empresas de la III^a y IV^a Región relacionadas al cultivo de Abalón.

Los resultados relacionados con el Objetivo Específico 1 y que dicen relación con: *Determinar la viabilidad y fecundidad de los gametos en sistemas abiertos en relación a las condiciones oceanográficas de la zona norte*, se basaron en información de manejo de abalones en laboratorio (normativa no permite hacerlo en el mar) mantenidos en agua de mar filtrada y agua de mar cruda tomada de la bahía. Se demostró que es difícil lograr sobrevivencias significativas en ambiente controlado, en consecuencia se supone la viabilidad y éxito en mar abierto debería ser muy inferior. Luego de sesenta días los mejores resultados de sobrevivencia post-larva (juveniles) se obtuvieron sobre sustrato duro con placa de policarbonato (2,0% con agua filtrada y 0,6% con agua cruda); luego sobre sustrato rocoso (0,6% con agua filtrada y 0,3% con agua cruda); y finalmente sobre sustrato arenoso (0,0% con agua filtrada y 0,0% con agua cruda).

Para la *Medición de la madurez gonadal* se realizaron muestreos mensuales de animales de diferentes tallas: de 30 hasta 65 mm en Coquimbo (Cultivo experimental de la UCN) y de 30 a 90 mm en Caldera (Cultivo industrial de Camanchaca S.A). Se encontró un bajo desarrollo gonadal en ambas localidades, en donde los individuos de hasta los 70 mm, que alcanzaron un máximo desarrollo gonadal de (IG=3) fue sólo el 0,2% en Caldera y un 0,0% en Coquimbo. Con ejemplares sobre los 80 mm, tanto en tierra como en mar, sólo el 10% alcanzó el IG=3.

Respecto de la *Capacidad de desplazamiento de los abalones en distinto tipo de suelo* se seleccionaron individuos entre 25 a 60 mm, y se colectaron en un estanque con cuadrículas de 40x40 cm, conteniendo distintos tipos de fondo (arena, gravilla y fondo



duro), y se mantuvieron en observación tanto de día como de noche, comprobándose que estos animales sobre un fondo blando (arena) o semi-duro (gravilla) reducen en un 95% su capacidad de desplazamiento respecto de un sustrato duro (rocoso), pudiendo desplazarse sobre arena sólo unos 2,0 cm/20 min, diastacia y considerando su comportamiento natural respecto de su preferencia por sustrato sólido y protegido (grietas de rocas), la arena representa justamente lo contrario, un sustrato inestable y blando produciendo estrés en los abalones e inhibiendo el crecimiento, además de quedar expuestos a los predadores con mucha facilidad.

Aún cuando es favorable, desde el punto de vista del riesgo, autorizar cultivos suspendidos de abalones sólo sobre fondos blandos y suponiendo además que las larvas permanecerían en el sector, sin ser arrastradas por las corrientes, se puede concluir que el tipo de fondo carecería de importancia si se considera la profundidad de la columna de agua en donde se localiza el sistema de cultivo suspendido, ya que cuando supera los 15 metros de profundidad se hace inviable la sobrevivencia de una larva, por la alta demanda de oxígeno que requieren a diferencia de lo que les proporciona el intermareal rocoso, que es su hábitat natural. A lo dicho anteriormente se suma la escasez de diatomeas bentónicas en este tipo de fondo, que son vitales al momento del asentamiento larval.

En un escenario hipotético en donde coexistan ambos sexos en un cultivo suspendido (sin restricciones de tallas ni proporción de sexos) y que se conjuguen una serie de variables positivas pro-desove y fecundación, la probabilidad de asentamiento y sobrevivencia a los sesenta días de un juvenil es de 0,000042% ($p = 0,00000042$).

Para *Evaluar la talla mínima para determinación del sexo en 40 mm*, se realizó un muestreo mensual (entre abril de 2009 y enero de 2010) y se encontró que tanto en Caldera como en Coquimbo que a la talla de 40 mm de longitud no es posible determinar el sexo con certeza. En una condición de autorización del cultivo suspendido de animales monosexo, sólo una proporción inferior al 20% de los animales serían

vi



susceptibles de ser seleccionados para ingresar al mar, lo cual es prácticamente inviable e ineficiente desde el punto de vista productivo.

Los resultados relacionados con el objetivo específico 2 y que dicen relación con: *Evaluar la condición sanitaria de centros de cultivo de abalón*, se implementaron muestreos, en Caldera y Coquimbo y los individuos fueron sometidos a análisis histológicos. En general se detectó baja intensidad de infecciones. No se encontró sabélidos y baja cantidad de polidóridos.

Respecto de la *Caracterización oceanográfica de las principales bahías de la III^a y IV^a Región*, se caracterizaron dichas bahías desde el punto de vista de corrientes, batimetría, sustrato y especies bentónicas dominantes. Las corrientes promedios son de 7,5 a 8 cm/seg. En vientos la componente N-S es mayor que la E-O.

Para la *Competencia por alimento y depredadores potenciales del abalón*, se realizó experiencias entre abalón y erizo (ambos se alimentan de las mismas macroalgas), aunque existen otros organismos como Lapas y Chitones, que ocasionalmente también consumen macroalgas, no se consideraron por no representar una competencia seria de acuerdo a la experiencia de la UCN (Proyecto sobre cultivo de Lapa). Evaluando sus tasas de consumo, el erizo rojo consume alrededor de un 400% más que el abalón. Respecto de la depredación, la especie más voraz fueron las jaibas (100% en 4 días), luego las estrellas (12 días) y en tercer lugar los locos (19 días).

El análisis de la condición de cultivo de abalón en sistemas suspendido en mar apunta a que no hay riesgo de asentamiento y sobrevivencia ninguna con su cultivo, aún considerando la co-existencia de ambos sexos. Además, en la talla mínima actual (40 mm) no hay presencia de masa gonadal y no habría riesgo de impacto con desove espontáneo masivo con individuos de hasta 80 mm. Tampoco hay riesgo con el tipo de fondo (duro o blando), siendo más determinante la profundidad y el



borde costero. Cualquiera sea el método de sexaje para mantener una condición de monosexo es ineficiente desde el punto de vista productivo, puesto que sólo el 20% de los ejemplares sexados tiene probabilidad de ser seleccionado.

En base a lo anterior y de acuerdo a las probabilidades calculadas, los ejecutores del presente proyecto concluyen que el sexaje y la talla mínima no son pertinentes como normativa para el cultivo en mar de esta especie, considerando todos los resultados y observaciones descritas. En tal sentido el equipo multidisciplinario de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE a cargo de la investigación propone ingresar abalones de ambos sexos a cultivos suspendidos en el mar, recomendando autorizar el cultivo sólo sobre fondos blandos y a profundidades sobre los 15 mts



ÍNDICE

	Página
EQUIPO DE INVESTIGADORES	<i>iii</i>
EMPRESAS PARTICIPANTES	<i>iii</i>
RESUMEN EJECUTIVO	<i>iv</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>ix</i>
PROYECTO	1.
I. OBJETIVOS	1.
1. Objetivo General	1.
2. Objetivos Específicos	1.
II. ANTECEDENTES DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS DE REFERENCIA	2.
III. ANTECEDENTES SOBRE LA ESPECIE Y SU CULTIVO	4.
1. Sobre la especie	4.
2. Taxonomía	6.
3. Morfología del abalón	8.
4. Ciclo de vida del abalón	10.
5. Cultivo del abalón	13.
6. Producción y mercado del abalón	18.
IV. METODOLOGÍA Y MATERIALES	20.
1. Objetivo Específico 4.1	20.
4.1.a Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos	21.
4.1.b Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos	32.
4.1.c Grado de madurez gonadal en abalones de centros de cultivo en la zona norte	33.
4.1.d Cuantificar en Relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y/espacio disponibles, la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las Resoluciones (SubPesca) N°231 DE 2005 y N°2820 de 2006.	37.
4.1.e Capacidad de desplazamiento del abalón en sustrato duro, blando y mixto	37.
4.1.f Pertinencia del requerimiento de un sustrato blando (Res. N° 4282/05)	42.
4.1.g Riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro	43.



4.1 h	Evaluación del error en la determinación visual del sexo a partir de los 40 mm	44.
2. Objetivo específico 4.2		46.
4.2.a	Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón	46.
4.2.b	Evaluación de procedimientos y metodologías empleadas en certificaciones	50
4.2.c	Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV regiones	50.
4.2.d	Causas posibles de no asentamiento de abalones en las costas chilenas	62.
4.2.e	Posibles competidores y depredadores	62.
4.2.f	Propuesta distancia mínima en centros de cultivo de abalón monosexo	67.
4.2.g	Factibilidad que biofactores naturales del medio marino	68.
4.2.h	Evaluar la condición sexual de los individuos “sexo indeterminado”	70
3. Objetivo específico 4.3		70.
V. RESULTADOS		72.
1. Objetivo específico 4.1		72.
4.1.a	Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos	72.
4.1.b	Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos	80.
4.1.c	Grado de madurez gonadal en abalones de centros de cultivo en la zona norte	85
4.1.d	Cuantificar en Relación a las áreas autorizadas AAAN°231 DE 2005 y N°2820 de 2006.	94.
4.1.e	Capacidad de desplazamiento del abalón en sustrato duro, blando y mixto	98.
4.1.f	Pertinencia del requerimiento de un sustrato blando (Res. N° 4282/05)	
4.1.g	Riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro	114
4.1.h	Evaluación error en la determinación visual del sexo a partir de los 40mm	122
2. Objetivo específico 4.2		123
4.2.a	Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón	123
4.2.b	Evaluación de procedimientos y metodologías empleadas en certificaciones	137
4.2.c	Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV regiones	142
4.2.d	Causas posibles de no asentamiento de abalones en las costas chilenas	179
4.2.e	Posibles competidores y depredadores	180
4.2.f	Propuesta Distancia mínima en centros de cultivo de abalones monosexo	193
4.2.g	Factibilidad que biofactores naturales del medio marino induzcan a desoves espontáneos, fijaciones y sobrevivencia.	194
4.2.h	Condición sexual de individuos considerados como “sexo indeterminado”	195
3. Objetivo específico 4.3		196



VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1. Objetivo específico 4.1	209
4.1.a Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos	209
4.1.b Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos	217
4.1.c Grado de madurez gonadal en abalones de centros de cultivo en la zona norte	219
4.1.d Cuantificar en Relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y/espacio disponibles, la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las Resoluciones (SubPesca) N° 31 DE 2005 y N°2820 de 2006 .	224
4.1.e Capacidad de desplazamiento del abalón en sustrato duro, blando y mixto	225
4.1.f Pertinencia del requerimiento de un sustrato blando (Res. N° 4282/05)	229
4.1.g Riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro	231
4.1.h Evaluación error en la determinación visual del sexo a partir de los 40mm	237
2. Objetivo específico 4.2	241
4.2.a Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón	241
4.2.b Evaluación de procedimientos y metodologías empleadas en certificaciones	241
4.2.c Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV regiones	243
4.2.d Causas posibles de no asentamiento de abalones en las costas chilenas	245
4.2.e Posibles competidores y depredadores	249
4.2.f Proponer distancia mínima	251
4.2.g Factibilidad que biofactores naturales del medio marino induzcan a desoves espontaneos, fijaciones y sobrevivencia.	252
4.2.h Condición sexual de individuos considerados como “sexo indeterminado”	254
3. Objetivo específico 4.3	254
VII. CONCLUSIONES	258
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	268
IX. ANEXOS	271



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Haliotis discus hannai (ezo awabi o Abalón japonés)	6.
Figura 2:	Haliotis rufescens (Abalón rojo o californiano)	7.
Figura 3:	Descripción general de las partes blandas de un Abalón	10.
Figura 4:	Escala de índice gonádico de Abalón	11.
Figura 5:	Ciclo de vida del Abalón	12.
Figura 6:	Preparación reproductores	15.
Figura 7:	Placas dispuestas en holder en estanque rectangular	16.
Figura 8:	Refugios en canastos utilizados en la etapa de engorda	16.
Figura 9:	Instalaciones de cultivo de Abalón en la UCN (Centro Awabi, Coquimbo)	17.
Figura 10:	Evolución de las cosechas de Abalón en Chile	18.
Figura 11:	Selección de reproductores	23.
Figura 12:	Esquema de acuarios para tratamiento de inducción al desove	24.
Figura 13:	Esquema de acuario, según tratamiento de agua utilizados para el desove	26.
Figura 14:	Proyector de perfiles NIKON con muestras de larvas de abalón.	28.
Figura 15:	Sustratos preparados para probar la sobrevivencia del asentamiento	30.
Figura 16:	Balanza analítica y pié de metro, ambos digitales.	36.
Figura 17:	Selección de individuos desde los estanques de engorda	38.
Figura 18:	Esquema de subdivisión de estanque	39.
Figura 19:	Secuencia del Desarrollo de la actividad en el fondo marino.	41.
Figura 20:	Análisis estadísticos para contrarrestar los resultados	42.
Figura 21:	Detalle de la experiencia error determinación del sexo.	45.
Figura 22:	Tuboshabitados por <i>T. heterouncinata</i> en una concha de abalón	48.
Figura 23:	a) Malla flexible para dominio Bahía Inglesa, y b) Batimetría.	56.
Figura 24:	a) Malla flexible para el dominio Bahía Tongoy-Guanaqueros	56.
Figura 25:	Serie de tiempo del viento de Bahía Inglesa (Diciembre 2009)	58.
Figura 26:	Índices de surgencia y turbulencia de Bahía Inglesa (Diciembre 2009)	59.
Figura 27:	Serie de tiempo del viento (m/s), Punta Lengua de Vaca. (Diciembre 2009)	59.
Figura 28:	Posición Liveracion derivadores en Bahía Inglesa	59.
Figura 29:	Posición Liveracion derivadores en Tongoy- Guanaqueros.	61.
Figura 30:	Canasto-refugio para erizo negro (Tetrapigus Níger).	63.



Figura 31: Estanque para prueba de competencia por alimento	65.
Figura 32: Estanque para pruebas de depredación sobre abalón	66.
Figura 33: recursos carnívoros: A) Jaiba B) Estrella de mar, y C) Loco	67.
Figura 34: Preparación de experimento Biofactores influencia de desove ostión	68.
Figura 35: Preparación Algas calcáreas en las placas de fijación de abalones	69.
Figura 36: Resultados totales del efecto de la inducción química para el desove	73.
Figura 37: Supervivencia larval primer desove de <i>H. rufescens</i> (julio/2010).	76.
Figura 38: Supervivencia larval tercer desove de <i>H. rufescens</i> (octubre/2010).	76.
Figura 39: Supervivencia larval cuarto desove de <i>H. rufescens</i> (diciembre/2010).	77.
Figura 40: Supervivencia larval quinto desove de <i>H. rufescens</i> (enero/2010).	77.
Figura 41: Asentamiento y supervivencia larval de <i>H. rufescens</i> en sustrato de arena.	78.
Figura 42: Asentamiento y supervivencia larval de <i>H. rufescens</i> en sustrato de roca.	79.
Figura 43: Asentamiento y supervivencia larval sustrato de policarbonato.	79.
Figura 44: Índice gonadal (IG) mar/ sistema de estanques en tierra (III Región, Julio 2009)	82.
Figura 45: Índice gonadal (IG) mar/ sistema de estanques en tierra (III Región, Nov. 2009)	83.
Figura 46: Evolución índice gonadal (IG) por talla (III Región, jun/2009 – ene/2010)	92.
Figura 47: Evolución índice gonadal (IG) mensual (III Región, jun/2009 – ene/2010)	92.
Figura 48: Evolución índice gonadal (IG) por talla (IV Región, abr/2009 – ene/2010).	93.
Figura 49: Evolución índice gonadal (IG) mensual (IV Región, abr/2009 – ene/2010)	93.
Figura 50: Evolución índice gonadal (IG), en tallas mayores a 70 mm.	94.
Figura 51: Inclusiones de dos tipos de RLOs	128.
Figura 52: Corte de nefridio derecho	129.
Figura 53: Concha de abalón es proveniente del cultivo en mar	135.
Figura 54: Ubicación y distribución de perfiles batimétricos en sector de bahía Inglesa	144.
Figura 55: Perfil batimétrico N° 1	144.
Figura 56: Perfil batimétrico N° 2.	145.
Figura 57: Perfil batimétrico N° 3	145.
Figura 58: Perfil batimétrico N° 4	146.
Figura 59: Perfil batimétrico N° 5.	146.
Figura 60: Perfil batimétrico N° 6.	147.
Figura 61: Perfil batimétrico N° 7	147.
Figura 62: Perfil batimétrico N° 8	148.



Figura 63: Perfil batimétrico N°9	148.
Figura 64: Corrientes registradas en bahía Inglesa en Julio 2009	150.
Figura 65: Histogramas de dirección y magnitud de las corrientes	151.
Figura 66: Información de viento y presión atmosférica de la estación de Bahía Inglesa	152.
Figura 67: Información de nivel del mar para bahía Caldera en Julio 2009, según datos SHOA.	152.
Figura 68. Distribución de los perfiles batimétricos Bahía Tongoy	154.
Figura 69: Perfil batimétrico N°1.	155.
Figura 70: Perfil batimétrico N°3.	156.
Figura 71: Perfil batimétrico N°5	157.
Figura 72: Perfil batimétrico N°7.	158.
Figura 73: Estaciones de muestreo de sedimentos Bahía Tongoy (2009).	159.
Figura 74: Registro de corrientes a 10 m en bahía Tongoy	163.
Figura 75: Registro de nivel del mar a 10 m	163.
Figura 76. Registros de corriente	165.
Figura 77: Promedio de las componentes de velocidad de las corrientes	165.
Figura 78: Serie de tiempo de viento registrado en Pta. Lengua de Vaca	166.
Figura 79: Perfil de temperatura en Bahía Tongoy en octubre, 2009.	168.
Figura 80: Perfil de temperatura en Bahía Tongoy en octubre, 2009.	168.
Figura 81. Distribución del O.D. y pH en Bahía Inglesa entre superficie	169.
Figura 82. Distribución del OD y pH en Bahía Inglesa entre superficie y los 10 m	170.
Figura 83. Distribución del Oxígeno disuelto en la columna de agua Bahía Tongoy	171.
Figura 84. Patrón de circulación, temperatura y salinidad	173.
Figura 85. Corrientes superficiales promedio en surgencia y en relajación (Bahía Inglesa).	174.
Figura 86: Derivadores liberados a 0, 5, 10, y 15 m (Bahía Inglesa)	176.
Figura 87: Corrientes superficiales (Bahías Tongoy- Guanaqueros)	177.
Figura 88. Derivadores liberados a 5, 10, y 20 m (Bahías Tongoy-Guanaqueros)	179.
Figura 89: Pruebas de competencia erizos y abalones	182.
Figura 90: Consumo promedio diario de macroalga	185.
Figura 91: Muestreo de potenciales depredadores carnívoros de abalón rojo.	191.
Figura 92: Pruebas de depredación de abalón rojo.	192.
Figura 93: Sobrevivencia de abalón rojo a la depredación	192.
Figura 94: Frecuencia "Sexo Indeterminado" (Abril – Octubre, 2009).	195.



Figura 95: Escenarios de probabilidad de sobrevivencia de <i>H. rufescens</i>	215.
Figura 96: Escenarios de probabilidad de sobrevivencia de <i>H. rufescens</i>	234.
Figura 97: Sexage de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), por Talla (III Región)	239.
Figura 98: Sexage de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), por Talla (IV Región)	239.
Figura 99: Ilustración modelos biogeográficos para el origen de los Haliotidae	246.



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I: Planilla de muestreo longitud, peso, sexo y estado gonadal de abalón rojo	36.
Tabla II: Planilla de muestreo para tiempos de desplazamiento de abalón rojo en distintos sustratos	40.
Tabla III: Escala arbitraria para categorizar las conchas de abalón de acuerdo al daño producido por la infestación de gusanos polidóridos	49.
Tabla IV: Valor arbitrario asignado por los investigadores a las variables estudiadas en las diferentes disciplinas.	71.
Tabla V: Resultados de desove (2009-2010) y tiempo de asentamiento de larvas.	73.
Tabla VI: Resultados de fecundación Desove Agua de Mar filtrada	74
Tabla VII: Resultados de fecundación Desove Agua de mar Sin filtración	75
Tabla VIII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en III Región, Julio 2009.	82.
Tabla IX: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en III Región, Noviembre 2009.	83.
Tabla X: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en III Región, Julio 2009.	84.
Tabla XI: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en III Región, Noviembre 2009,	84.
Tabla XII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) muestreos en III y IV Regiones.	85.



Tabla XIII:	Frecuencia promedio mensual de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en Centro de cultivo comercial de Pesquera Camanchaca, Caldera (III Región).	86.
Tabla XIV:	Frecuencia promedio mensual de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>), en muestreos en Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo(IV Región).	86.
Tabla XV:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial de Pesquera Camanchaca,Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10	87
Tabla XVI:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) porTalla - en muestreos en Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10	87.
Tabla XVII:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (Sin gónada e Indeterminado) De Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial de Pesquera Camanchaca, Caldera (III Región) y Centro de cultivo experimental UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10	88.
Tabla XVIII:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10	88.



Tabla XIX:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Machos de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.	89.
Tabla XX:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.	89.
Tabla XXI:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10	90.
Tabla XXII:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.	90.
Tabla XXIII:	Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Machos de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.	91.
Tabla XXIV:	Frecuencia promedio desarrollo gonadal Hembras y Machos de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla -en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.	91.
Tabla XXV:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Duro (HDPE), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	98.
Tabla XXVI:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla – en sustrato Semi-Duro(Gravilla), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	98.
Tabla XXVII:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	99
Tabla XXVIII:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Duro(HDPE), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	99.



Tabla XXIX:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla -en sustrato Semi-Duro (Gravilla), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo(IV Región, 2009).	100.
Tabla XXX:	Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	100
Tabla XXXI:	Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Duro (HDPE), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región,2009).	101
Tabla XXXII:	Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Semi-Duro (Gravilla), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).	102
Tabla XXXIII:	Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (<i>H. rufescens</i>) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimentalde la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009	103
Tabla XXXIV:	Cuadro de resumen resultados de los análisis estadísticos entre tratamientos, (tallas sustratos y condiciones de luz /oscuridad).	104
Tabla XXXV:	Comparacion entre SUSTRATOS	105.
Tabla XXXVI:	Comparaciones entre Sustrato en el día	105.
Tabla XXXVII:	Comparaciones de: SUSTRATO de Noche	106.
Tabla XXXVIII:	Comparaciones de los factores: HORARIO dentro de HDPEE	106.
Tabla XXXIX:	Comparaciones de los factores: HORARIO dentro de ARENA	106
Tabla XL:	Comparaciones de los factores: HORARIO dentro de GRAVILLA	106



Tabla XLI:	Comparaciones de los factores: TALLA EN HDPEE	106.
Tabla XLII	Sexage de Abalón rojo (H. rufescens) - por Talla - en muestreos en Centro de experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.	122.
Tabla XLIII:	Sexage de Abalón rojo (H. rufescens) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.	123.
Tabla XLIV:	Hallazgos (Nº infectados/Nº examinados; porcentaje presencia de parásitos)	127. 129
Tabla XLVII:	Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de primavera)	130.
Tabla XLVIII:	Hallazgos (Nº infectados/Nº examinados; porcentaje de presencia de parásitos).	131
Tabla XLIX:	Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de invierno)	133
Tabla L:	Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de primavera).	133
Tabla LI:	Frecuencia de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (invierno).	134
Tabla LII:	Frecuencia de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (primavera).	134
Tabla LIII:	Número de ejemplares de abalón en las 4 categorías de acuerdo al daño de la concha por infestación de gusanos polidóridos (invierno).	135
Tabla LIV:	Número de ejemplares de abalón en las 4 categorías de acuerdo al daño de la concha por infestación de gusanos polidóridos (primavera).	136
Tabla LV:	Especies pertenecientes a gusanos polidóridos y su porcentaje detectadas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (invierno)	136



Tabla LVI:	Especies pertenecientes a gusanos polidóridos y su porcentaje detectadas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultiv (primavera).	137
Tabla LVII:	Coordenadas de perfiles batimétricos analizados	143
Tabla LVIII:	Estadística básica de los datos registrado por el correntómetro FSI (tomando los datos horarios).	149
Tabla LIX:	Estadística básica de los promedios diarios de las componentes de velocidad obtenidas del correntómetro FSI.	151
Tabla IL:	Características granulométricas, grado de selección, asimetría y contenido de materia orgánica de los sedimentos marinos superficiales en bahía Inglesa.	153
Tabla ILI:	Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.	155
Tabla ILII:	Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.	157
Tabla ILIII:	Coordenadas geográficas de estaciones de muestreo de sedimentos marinos. Tongoy 2009	160
Tabla ILIV:	Características granulométricas, grado de selección, asimetría y contenido de materia orgánica de los sedimentos marinos superficiales	161
Tabla ILV:	Estadística básica Correntómetro FSI, Datos Horarios	164
Tabla ILVI:	Posición y ubicación correntómetros del análisis de las bahías.	167
Tabla ILVII:	Muestra el porcentaje de individuos que fueron avanzando hasta el alimento E.R: ejemplares erizo rojo: E.N de erizo negro; AB: abalón rojo, seleccionados para prueba de competencia por alimento (<i>Macrocystis Sp.</i>).	181
Tabla ILVIII:	Ejemplares de erizo negro, erizo rojo y abalón rojo, seleccionados para prueba de competencia por alimento (<i>Macrocystis Sp.</i>).	184



Tabla ILIX:	Clasificación de Ejemplares de macro y microfauna acompañante en las bahías estudiadas.	186
Tabla IIL:	Densidad y biomasa Promedio Biodiversidad Bahía Inglesa.	189
Tabla IIII:	Densidad y biomasa promedio Biodiversidad Bahía Tongoy	190.
Tabla IIIII:	Resumen de las probabilidades que ocurran Indicadores o variables relevantes a considerar para el cultivo suspendido del abalón en el mar.	203.



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: REFERENCIAS TALLER 1	272.
ANEXO 2: REFERENCIAS TALLER 2	281.
ANEXO 3: PLAN DE ACTIVIDADES	298.



PROYECTO FIP 2008 – 33:

“Evaluación de las condiciones operacionales del cultivo de abalones en relación a la normativa vigente”.

I. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar las actuales condiciones de cultivo de abalones en sistemas suspendidos en el mar en relación a la normativa vigente, en la zona norte (III y IV Regiones).

2. Objetivos Específicos

1. Evaluación de la normativa vigente en relación a minimizar los riesgos asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.
2. Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.
3. Proponer cambios y/o nuevas normativas, que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad.



II. ANTECEDENTES DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS DE REFERENCIA

Uno de los principales desafíos para el desarrollo de la acuicultura chilena ha sido la diversificación de especies de cultivo. Para alcanzar este objetivo, una de las estrategias empleadas ha sido el cultivo de especies exóticas; sin embargo, esta actividad conlleva riesgos ambientales y sanitarios asociados al propio cultivo y a la introducción de especies, entre los que se señalan la generación de competencias entre las especies introducidas o exóticas con respecto a las especies nativas, lo que puede generar un cambio en los nichos ecológicos y la introducción de nuevas enfermedades, que deben ser evaluadas con objeto de determinar y fijar condiciones que minimicen los riesgos asociados al cultivo de éstas.

En la actualidad, se han generado diversos tipos de cultivo de especies exóticas, entre las que se destacan el cultivo de abalón y turbot principalmente. Los abalones, moluscos gasterópodos con hábitos herbívoros fueron introducidos en Chile en la década de los '80, pero no es hasta la presente década que han experimentado un gran crecimiento en términos de su producción, superando las 300 toneladas exportadas anuales equivalentes a casi 8 millones de dólares.

Hasta ahora el cultivo de abalones en Chile ha sido autorizado en todo el territorio nacional en circuitos controlados (cultivos en tierra) y en sistemas abiertos (suspendidos en el mar) y semicerrados en sólo dos zonas del país: 1) Zona sur: En la zona de aguas marítimas interiores comprendidas entre las latitudes 41° 21' 55" S y 46° 00' 00" S (X Región); y 2) Zona norte: En la zona de aguas marítimas comprendidas entre las latitudes 26° 03' 30" S (límite norte de la III Región) y 30° 20' 00" S (límite sur de la Bahía de Tongoy, en la IV Región); dichas restricciones se encuentran contenidas en la "Nómina de especies hidrobiológicas vivas de importación autorizada", establecida mediante Resolución (SUBPESCA) N° 2800 de 2007.



En relación a la autorización de cultivo en la zona norte de nuestro país, el D.S. (MINECON) N° 231 de 2005, establece las condiciones particulares de cultivo de abalón verde o japonés (*Haliotis discus hanna*) y de abalón rojo (*Haliotis rufescens*) en sistemas abiertos. Al respecto, en los artículos 2º, 4º y 5º del documento antes citado, se establecen las condiciones especiales para el cultivo suspendido en mar, con objeto de minimizar los riesgos operaciones de la actividad mediante el cultivo de ejemplares monosexo (sólo hembras o sólo machos) por bahía o zona geográfica, ejemplares con certificación sanitaria y tipo de fondo en el cual se autoriza el desarrollo de la actividad (fondo blando).

En consideración a las restricciones de la actual normativa que rige el cultivo de abalón en la zona norte de nuestro país, es que surge la necesidad de evaluar y verificar si estas limitantes reducen los riesgos de las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar y de los impactos ambientales y sanitarios asociados a ellos como producto de la actividad *in-situ* y la necesidad de evaluar nuevos métodos alternativos que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad, con la finalidad de reducir los posibles impactos en la fauna nativa.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de contar con información sobre aspectos ambientales y sanitarios relacionados con la acuicultura, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera del año 2008.



III. ANTECEDENTES SOBRE LA ESPECIE Y SU CULTIVO

Aunque los términos básicos de referencia del presente proyecto hacen mención a las dos especies de abalón que han sido objeto de cultivo en la zona norte del país (*Haliotis discus hannai* o abalón verde y *Haliotis rufescens* o abalón rojo), en la actualidad y luego de más de una década y numerosas experiencias, tanto por parte de la Universidad Católica del Norte (en adelante UCN o la Universidad) como de las empresas privadas de la zona norte de Chile, sólo se cultiva con fines comerciales el abalón rojo.

En razón a lo anterior, es que los antecedentes de abalón y las experiencias requeridas por los términos básicos de referencia para la consecución de los objetivos del presente proyecto estarán referidos al abalón rojo o californiano *Haliotis rufescens*.

1. Sobre la especie

Existen más de 100 especies de abalón en el mundo. La mayor cantidad de especies se encuentra en el Pacífico central y sur, siendo menos del 15% de estas especies las cultivables (aquellas que se pueden reproducir artificialmente en laboratorio) y con importancia comercial. Su hábitat se extiende desde el intermareal, al límite de la profundidad de las algas marinas (aproximadamente 80 a 100 m). Las especies más comunes que son de interés para los cultivadores son: *Haliotis rufescens*, *Haliotis discus hannai*, *Haliotis rubra*, *Haliotis concipora*, *Haliotis laevigata*, *Haliotis kamtschatkana*, *Haliotis tuberculata*, *Haliotis midae*, *Haliotis iris*, *Haliotis diversicolor*, *Haliotis diversicolor supertexta*, *Haliotis gigantea*, *Haliotis discus discus*, *Haliotis fulgens* y *Haliotis sieboldii*



Desde la antigüedad los abalones han sido apreciados como un alimento exquisito al cual también se le atribuye ciertos poderes terapéuticos y afrodisíacos. Los primeros desembarques se reportan en China y Japón hace más de 1.500 años, pero sólo en los últimos 100 años para la pesquería y 60 años para el cultivo, han adquirido una importancia relevante. En el último tiempo las investigaciones sobre abalones han aumentado en forma exponencial, este nuevo conocimiento está relacionado principalmente con el manejo pesquero, incluida la repoblación y en especial con las actividades cada vez más intensivas en Acuicultura (Rivera, 1999).

Los abalones son gasterópodos marinos de gran tamaño y se concentran todas sus especies en un solo género: *Haliotis*. Son moluscos de concha ovalada en forma de oreja por lo que también se les denomina “orejas de mar”. Son animales herbívoros que al inicio de su vida se alimentan de microalgas preferentemente de diatomeas bentónicas y luego la mayor parte de su vida son consumidores de macroalgas, especialmente las algas pardas laminariales. Este hábito alimenticio, además de su lento crecimiento, ha sido sindicado como una de las tantas razones que ha permitido la disminución de la población mundial de abalones, dado que las algas son intensamente explotadas para múltiples usos.

2. Taxonomía

Reino	:	<i>Animalia</i>
Phyllum	:	<i>Mollusca</i>
Clase	:	<i>Gastropoda</i>
Sub Clase	:	<i>Prosobranchia</i>
Orden	:	<i>Archaeogastropoda</i>
Sub Orden	:	<i>Zygobranchia</i>
Super Familia	:	<i>Pleurotomariacea</i>
Familia	:	<i>Haliotidae</i>
Género	:	<i>Haliotis</i>
Especies	:	<i>Haliotis discus hannai</i> (Nombre común abalón japonés o verde)
	:	<i>Haliotis rufescens</i> (Nombre común abalón rojo o californiano)

El abalón japonés (*Haliotis discus hannai*) es un gasterópodo de concha oval de color verdoso, con poros respiratorios, superficie interna nacarada, el pie es de color crema (Figura 1). La distribución natural es a lo largo de la costa del Pacífico norte de la prefectura de Ibaraki y en las costas del mar japonés Hokkaido, ha sido encontrado desde Siberia hasta China (Hahn, 1989). En Chile es una especie introducida por la Universidad Católica del Norte en el año 1986. Actualmente es una especie cultivada sólo en carácter experimental en la III Región.



Figura 1: *Haliotis discus hannai* (ezo awabi o abalón japonés)

El Abalón rojo (*Haliotis rufescens*), se encuentra naturalmente en el pacífico nororiental, a lo largo de la costa de California, desde la región sur de Oregon (Sunnet Bay, EE.UU.) hasta la parte central de baja California (Punta Concepción) en México. En 1988 se decretó un largo período de veda del abalón rojo en Norteamérica por el drástico agotamiento del recurso. En Chile fue introducido por Fundación Chile, y UCN en 1979 para realizar su cultivo experimental. Posteriormente Fundación Chile decidió incursionar con el cultivo de esta especie suspendidos en el mar en la X Región, pero actualmente su mayor producción en Chile se concentra en cultivos intensivos en estanques entre la III^a y V^a Regiones. Es una de las especies más grandes que existe en el mundo llegando a medir entre 280 a 312 mm como máximo (California Department of Fish and Game, December 2001), con un peso aproximado de 1.700 gr, aunque las cosechas comerciales de cultivo en Chile son ejemplares de unos 100 mm y 150 gr (Figura 2).



Figura 2: *Haliotis rufescens* (abalón rojo o californiano)

El exterior de la concha es de un color rojo ladrillo apagado con el borde de la concha rojo producto de la presencia de pigmento en el periostraco; posee poros respiratorios levemente levantados y de forma oval. (Hahn, 1989). Tiene una concha en espiral cónica oval, asimétrica, con el borde interno angosto y superficie interior cubierta de nácar. La cabeza y el pie se encuentran retraídos al interior de la concha, el pie es de color negro (Fundación Chile, 1996).



3. Morfología del abalón

Tanto el abalón verde como el rojo tienen un ciclo de vida similar, difieren en color y tamaño, pero su ciclo de vida se puede describir como equivalente. En su concha, dorsalmente, se puede observar una fila de poros respiratorios (4 a 5), ubicados a lo largo del borde lateral izquierdo de la concha (Figura 1 y 2); el agua es inhalada por estos poros hasta una cavidad paleal en el lado derecho del cuerpo del abalón, pasa por las branquias y vuelve a los poros respiratorios, eliminando excreciones, heces y productos sexuales. La concha recubre la mayor parte de las partes blandas y a medida que el organismo crece la concha también va creciendo en forma de espiral, en el caso del abalón rojo la concha es más gruesa, resistente y de mayor peso que en el abalón verde. Al interior de la concha, su concavidad es suave y nacarada, generalmente iridiscente.

Su cuerpo es corto, parcialmente o totalmente incluido en una excrescencia carnosa de la pared del cuerpo denominada manto, que puede estar modificada de modo diverso. Entre el manto y la masa visceral se encuentra la cavidad del manto. (Storer *et al.*,1982). La concha con hendiduras, es secretada por el manto para permitir la salida del agua y evitar la suciedad; cabeza y pie ventral muscular y muy afines, con el pie modificado para reptar (Storer *et al.*,1982).

Internamente posee un tubo digestivo completo, complejo y con conductos ciliados para separar las pequeñas partículas. La boca posee una rádula provista de hileras de pequeños dientes quitinosos para roer el alimento; el ano se abre en la cavidad del manto; una gran glándula digestiva (Storer *et al.*,1982).

La respiración se verifica por las branquias, de estructura única que se hallan en la cavidad del manto (Storer *et al.*,1982).



La excreción es por riñones (nefridios), que se comunican con la cavidad pericárdica del manto; el celoma reducido a las cavidades de los nefridios, gónadas y pericardio (Storer *et al.*,1982).

El sistema nervioso está formado por un anillo nervioso circunmesofágico con diversos pares de ganglios y dos pares de cordones nerviosos, masa visceral en torsión, órganos táctiles, estatocistos para el equilibrio (Storer *et al.*,1982).

La sangre del abalón tiene color cobre, basado en los pigmentos respiratorios hemocianina, que es igual cuando está muy oxigenada pero de color muy leve cuando no hay oxígeno presente (Fallu, 1991). El corazón del Abalón bombea sangre oxigenada desde las branquias hacia el pie por dos vasos con ramas que son unos tubos pequeñísimos. Por estos tubos pequeños, la sangre es drenada a otro sistema de pequeños tubos y hacia el camino de regreso hasta la cavidad central en el pie que sigue hasta las branquias para ser oxigenadas de nuevo (Fallu, 1991).

En la Figura 3, se puede apreciar en la parte ventral de un abalón un gran pie carnoso, tentáculos (epipodiales y cefálicos) y la boca. Si se observa un abalón desde arriba (vista dorsal), sin la concha, se puede distinguir fácilmente el testículo de color amarillento (machos), el ovario de las hembras de color verde (en abalón japonés) y café-azuloso (en abalón rojo) y el manto de color crema.

Los abalones poseen sexo separados con gónadas con conductos; fecundación externa, larva velígera y trocófora (Storer *et al.*,1982). Las glándulas reproductivas o gónadas envuelven los tubos del intestino y juntos forman un largo apéndice con forma de cono entre la concha y el pie. La gónada no está en el mismo lado de la concha que los hoyos y se extiende sobre el vértice en espiral de la concha (Fallu, 1991).

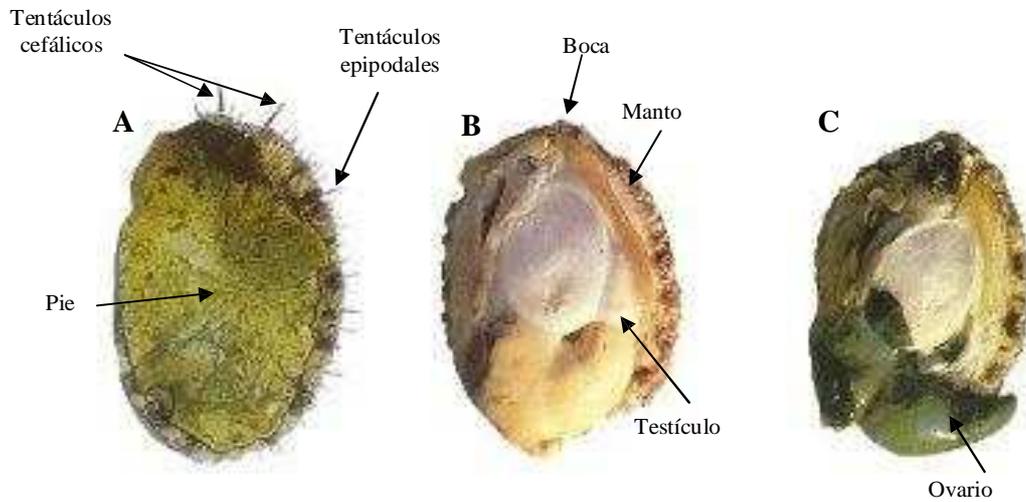


Figura 3: Descripción general de las partes blandas de un abalón: A) Vista ventral, B) partes blandas abalón macho, C) partes blandas abalón hembra.

4. Ciclo de vida del abalón

El ciclo de vida del abalón en cultivo, desde huevo a adulto comercial, es de aproximadamente 36 a 48 meses. Los abalones son organismos dioicos (sexos separados) y cuando sus gónadas están llenas de ovocitos y espermatozoides, los productos sexuales son liberados al medio (desove en las hembras y evacuación en los machos). En la naturaleza la proporción de machos y hembras es de 1:1 y normalmente el desove comienza una hora después de la puesta del sol asociado con una disminución de la temperatura del agua (Hahn, 1989). El abalón madura sexualmente a un tamaño relativamente pequeño (45 a 50 mm) y tiene un índice de fertilidad muy bajo en los juveniles tempranos que se incrementa exponencialmente con el tamaño. Los sexos son separados y la fertilización es externa. La gónada se ubica alrededor del hepatopáncreas y su color indica el sexo, siendo verde oscuro el ovario en las hembras maduras que tienen ovocitos que pueden ser azules, verde o café, los machos adultos tienen las gónadas de color crema o marfil. Usualmente las gónadas sexuales inmaduras de cualquier sexo son de color gris.

En animales maduros, la gónada es claramente definida (Fallu, 1991). Puede ser difícil diferenciar el sexo de los abalones, especialmente en especies que tienen fuertemente pigmentada la piel. Los ovocitos y espermatozoides son expulsados y diseminados en el agua a través de una corriente que sale por los poros respiratorios. (Lindberg, 1992).

El índice gonádico puede ser tomado como un indicador efectivo de la maduración gonadal, una forma simple de medir este nivel de madurez en el abalón está representada en la Figura 4; en los resultados se mostrará una escala modificada a utilizar en el presente proyecto y que corresponde a la empleada en los centros de cultivo comerciales de abalón. La escala simple es la siguiente:

- GI=0 Gónada no se ha desarrollado y solo es visible el hepatopáncreas
- GI=1 Gónada en vías de desarrollo
- GI=2 Gónada desarrollada pero inmadura
- GI=3 Gónada desarrollada ocupando todo el espacio periférico de la concha e incluso rebasando.

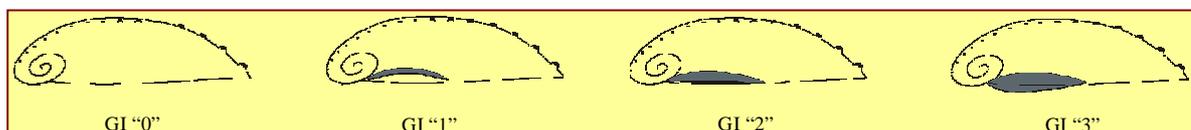


Figura 4: Escala de Índice gonádico de abalón.

Una vez liberados los productos sexuales (Figura 5), los ovocitos de la hembra se fecundan con los espermatozoides del macho, se forma un cigoto que se desarrolla hasta una larva nadadora y que después de unas cien horas de vida busca un sustrato y se fija ya metamorfoseado, ya que el individuo fijado presenta características similares a las que posee un adulto.



Figura 5: Ciclo de vida del abalón

Las larvas planctónicas adquieren la habilidad de reptar después de la formación del primer tentáculo epipodial. La morfogénesis continúa hasta la formación del cuarto túbulo en el tentáculo cefálico. Las larvas velígeras que pueden reptar se denominan pedivelígeras, las que en forma temporal repiten el comportamiento de reptar para explorar un lugar favorable para el asentamiento, enseguida continúa reptando en el sustrato mientras mueve los cilios del velo intermitentemente, lo cual se denomina como comportamiento de asentamiento. La larva deja de moverse, levanta la parte posterior de la concha y se orienta de tal forma que el borde anterior de la concha y el extremo del tentáculo cefálico entra en contacto con el sustrato. (Illanes, 1999)

La etapa de fijación es muy importante puesto que es aquí donde ocurren las mayores mortalidades y sólo se fijan las larvas competentes.



Luego de alimentarse de su saco vitelino, continúa la etapa de post larva y aquellas competentes que se fijan se quedan viviendo en el sustrato y empiezan a alimentarse externamente. Los abalones son herbívoros y en las primeras etapas del ciclo de vida se alimentan de microalgas, preferentemente diatomeas silvestres bentónicas (*Ulveella lens*, *Navicula Sp.*, *Cocconeis Sp.* y *Nitzchia Sp.*, entre otras) y lo hace hasta aproximadamente el cuarto o quinto mes de vida cuando ya tiene a los menos dos poros respiratorios que lo faculta para desplazarse, su talla alcanza unos 10 mm. Luego, en su etapa juvenil, comienza a ingerir macroalgas, en especial algas pardas (*Ulva*, *Macrocistys*, *Lessonia*, etc.), consumiendo diariamente el equivalente a un 7% y un 20% de su peso corporal diario, lo cual depende de la temperatura del agua (Drago, 2003).

El abalón, inicia su etapa de engorda a partir de los 30 – 35 mm y después de alrededor de cuatro años de cultivo intensivo, llega a alcanzar una talla de 90 y 100 mm, que equivale a 120 a 150 gr de peso corporal, que es cuando están listos para ser cosechados y comercializados.

5. Cultivo del abalón

El abalón en la zona norte se ha cultivado fundamentalmente en circuito semi-cerrado en estanques en tierra; el cultivo en sistemas suspendidos (al igual que en el sur) se ha experimentado en individuos que ya han alcanzado la primera madurez, momento en que es posible determinar visualmente su sexo, ya que la disposición legal obliga al monosexo para su cultivo suspendido en la zona norte. En consecuencia, el ciclo de cultivo del abalón rojo es el mismo hasta la fase de engorda que es donde se puede diferenciar su sexo y permanecer en tierra o destinar al mar.



Anteriormente se describió el ciclo de vida de un abalón, el cual se basa en su proceso morfológico. Desde el punto de vista operacional el ciclo de cultivo del abalón se puede dividir en tres etapas o fases claramente definidas: a) Fase de desove, b) Fase de semilla y c) Fase de engorda (Drago, 2004).

a) Fase de desove: el cultivo de abalones en Chile se fundamenta en su reproducción en ambientes controlados, ya que una especie introducida que no está presente en el medio natural; en consecuencia la fase de desove se desarrolla al interior de un laboratorio (hatchery) y consiste en obtener huevos y larvas de abalones de calidad y en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de producción. Uno de los primeros pasos para la obtención de huevos y larvas de abalones es mantener un stock de reproductores y de ellos obtener los organismos parentales que darán origen al desove mismo (Figura 6.A).

Una vez obtenidos los reproductores se procede a su acondicionamiento, a temperatura controlada, fotoperíodo artificial y alimentación adecuada, hasta alcanzar su grado de madurez máximo para así poder inducirlos al desove (Figura 6.B).

El método más comúnmente utilizado para inducir al desove (Figura 6.C y D) es el uso de agua de mar irradiada con luz ultravioleta, combinado con variaciones bruscas de temperatura. Luego de realizado el desove de hembras y machos, se procede a la fertilización asistida de los ovocitos con los espermatozoides.

Posteriormente y por un período de aproximadamente 100 horas, los huevos fertilizados son cuidadosamente mantenidos hasta que su metamorfosis le permite la fijación a un sustrato, la cual se realiza dentro del hatchery en placas previamente biologizadas en estanques dispuestos con agua de mar microfiltrada, esterilizada y temperada.

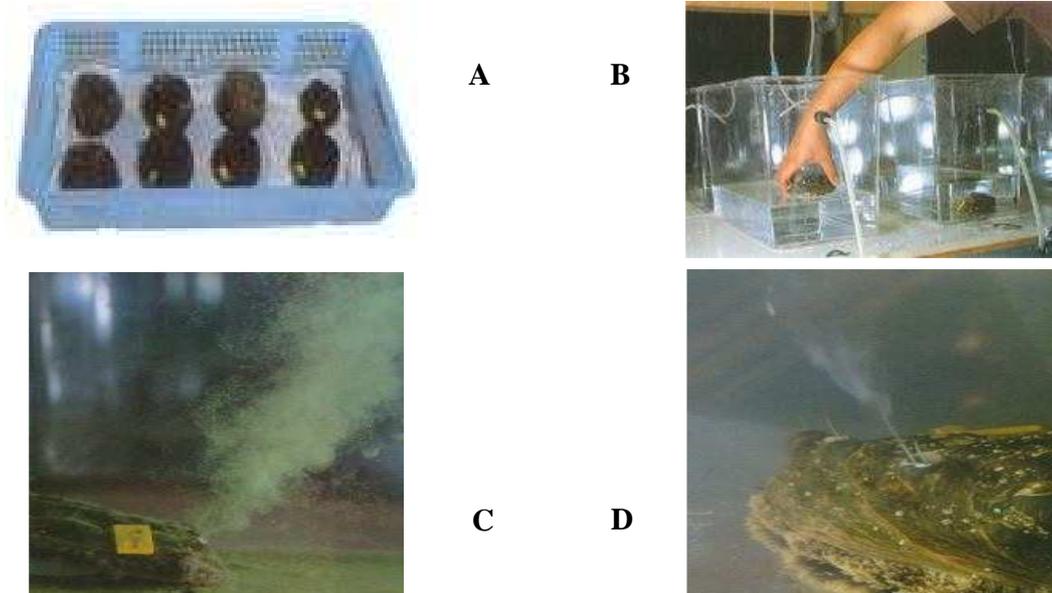


Figura 6: A.-Preparación reproductores; B.- Desove;
C.- Desove de ovocitos hembras; D.- Evacuación de espermatozoides en machos.

- b) **Fase de semilla:** se inicia cuando las larvas fijadas en las placas alcanzan una talla de 500 micras, en este momento las placas son sacadas del hatchery y conducidas al patio de cultivo de semilla (Figura 7A), donde permanecerán hasta alcanzar los 20 mm luego de aproximadamente 10 meses en promedio, en algunos casos luego de 6 o siete meses son traspasadas a placas de HDPE (Figura 7B). En un inicio su alimentación provendrá de la biologización (microalgas fijadas al sustrato) natural y artificial de las placas de cultivo, dispuestas en los holder y estos a su vez dentro de estanques rectangulares tipo “raceway”, luego hay que alimentarlas con macroalgas.



Figura 7: Placas dispuestas en holder en estanque rectangular

c) **Fase de engorda:** se inicia cuando los abalones alcanzan los 20 mm de longitud de concha y son trasladados desde las placas hasta refugios dispuestos en canastos y/o placas de HDPE (Figura 8), donde se inicia su alimentación exclusivamente de macroalgas (*Lessonia sp*, *Gracilaria sp*, *Ulva sp.* y *Macrocistys sp*), también se han realizado experiencias con pellet de alimentación balanceada. Esta fase se extiende hasta la talla de cosecha de aproximadamente 90 a 100 mm y con una edad entre 36 y 48 meses dependiendo de la alimentación y la temperatura, densidad y condición de cultivo.

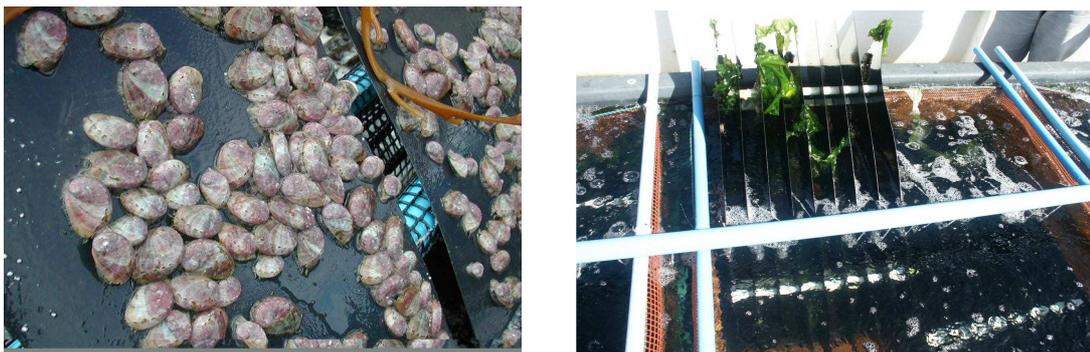


Figura 8: Refugios en canastos utilizados en la etapa de engorda

Las tecnologías de cultivos aplicadas en Chile, hasta ahora, han sido las siguientes:

- Cultivo en estanques en tierra; es la más utilizada en la zona norte del país y la totalidad de empresas instaladas utilizan este sistema. Los dos centros de cultivo de abalón (uno comercial y otro experimental) que posee la Universidad Católica del Norte en su Centro de Coquimbo (Figura 9) son de este tipo.



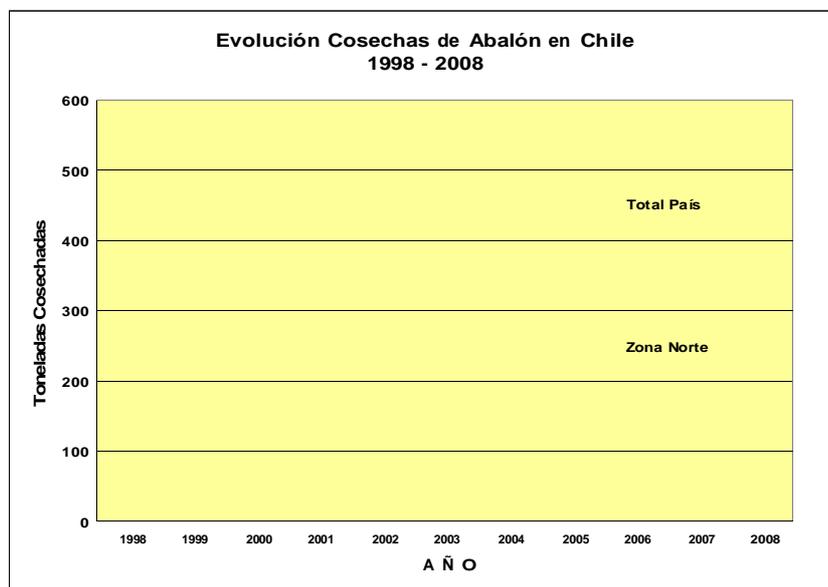
Figura 9: Instalaciones de cultivo de abalón en la UCN (Centro Awabi, Coquimbo).

- Cultivo en el fondo marino: es una experiencia realizada por la UCN en las Bahías de Coquimbo y Caldera en el año 2001 y que consistía en poner juveniles de abalón verde en jaulas en el fondo marino y esperar su crecimiento. Esta experiencia demostró que no es posible su subsistencia en estas bahías, ya que murieron todos los ejemplares.
- Cultivo en estanques con sistemas de recirculación de agua: esta también ha sido una tecnología introducida por la Universidad Católica del Norte a través de Proyectos FONDEF y que se ha ido aplicando en las empresas productoras de abalón.
- Cultivo en sistemas suspendidos en el mar: este sistema parte en la zona sur del país (X Región) con cultivos de abalón rojo suspendidos en barriles y en linternas con cierre para alimentación; posteriormente evolucionó a jaulas

rectangulares de metal y de HDPE con mallas de telas o redes perforadas de HDPE. En la zona norte se ha utilizado jaulas y en el futuro el crecimiento del sector abalonero en la zona norte debiera orientarse hacia los sistemas suspendidos en el mar, ya que los mayores volúmenes demandarán este tipo de tecnología debido a que los sistemas en estanques en tierra son demasiado caros y de alto costo en energía para proveer de agua y oxígeno disuelto en el agua requeridos por los animales en cultivo confinado.

6. Producción y mercado del abalón

De acuerdo a las tendencias y normalización de la producción, ya que en el 2007 hubo baja en los calibres y vacíos de anteriores desoves en la zona norte, la producción abalonera del país en el presente año debiera alcanzar las 500 toneladas (Figura 10). Del mismo modo y con la entrada de producción de nuevos proyectos en los años recientes y ampliaciones de producción de las empresas ya existentes, en el 2010 se debiera alcanzar las 1.000 toneladas tal como estaba proyectado a comienzos de la década.



Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca, Sernapesca (1998 – 2007)

Figura 10: Evolución de las cosechas de abalón en Chile.



El mercado mundial del abalón está altamente concentrado y con una demanda focalizada en un número reducido de países, siendo Asia el mayor demandante en donde el consumo de abalón tiene profundas y milenarias raíces históricas, sociales, culturales y religiosas (US Abalone, 1995).

Históricamente la oferta mundial provenía de capturas de individuos desde el medio natural, alcanzando a fines de la década de los setentas unas 20.000 toneladas, luego a fines de los noventa había descendido a la mitad, en donde los principales países oferentes son Australia, Sudáfrica, China, Japón y menor escala México (actualmente fuera de mercado con su pesquería de abalón totalmente colapsada), lo mismo sucede con Estados Unidos.

Dada la brusca caída de la oferta mundial de abalones extraídos desde el medio natural, a pesar de los esfuerzos de repoblamiento, es que en el mundo se ha ido desarrollando el cultivo de distintas especies y con diferentes sistemas de cultivo como los antes enunciados, no obstante que Japón y China han estado cultivando desde los comienzos del siglo pasado. Actualmente los principales países productores de abalón de cultivo son China, Australia, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Corea, Taiwán, Japón, Omán y recientemente Chile entre otros.

Chile se perfila a futuro como un país clave en el mercado internacional del abalón, la producción de abalón rojo lo sitúa con ventajas competitivas (costos de mano de obra, costo de alimentos, disponibilidad de mano de obra técnica y profesional calificada, tasa de impuesto de primera categoría, extensión de borde costero, calidad de agua, disponibilidad de alimento, etc.) sobre otros países competidores, permitiéndole competir directamente en los principales mercados de destino: China, Japón y secundariamente Estados Unidos.



V. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La consecución del objetivo general del proyecto estará en función del logro de las actividades de los objetivos específicos, que conducen a evaluar la factibilidad y viabilidad de asentamiento poblacional del abalón en el mar producto de escapes y/o desoves generados desde los sistemas de cultivo suspendidos en la III y IV Regiones de la zona norte del país.

Con el propósito de reforzar los resultados obtenidos en las instalaciones de cultivo de abalón que posee la Universidad Católica del Norte en su Campus en Coquimbo, IV Región, se hicieron muestreos en centros de cultivo de producción privada de abalón y para lo cual se contó con la colaboración de las empresas “Compañía Pesquera Camanchaca S.A.” (III Región) y “Live Seafood S.A.” (IV Región).

Para todos los muestreos, cuando no procedió el censar la población muestral, su tamaño fue determinado en base al tamaño de la población y con un nivel de confianza de 95%.

📌 Objetivo Específico 4.1 (respecto de Bases y Propuesta Técnica): *Evaluación de la normativa vigente en relación a minimizar los riesgos asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.*

Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 4.1 y de acuerdo a los requerimientos de los términos básicos de referencia, se desarrollaron las siguientes actividades metodológicas:



4.1.a Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos, en relación a las condiciones oceanográficas de la zona norte.

En la propuesta técnica, obviando la condición de un solo sexo y en el supuesto de que exista la probabilidad de cruce de ambos sexos en un mismo plantel de ejemplares en sistemas suspendidos en el mar, se simularían dos condiciones de fecundación y sobrevivencia en forma controlada. Como no se pudo lanzar gametos libres al mar -además de ser imposible colectarlos posteriormente - se diseñaron dos experiencias controladas que es de suma importancia mencionar que ya contenían una condición favorable para los individuos (reproductores acondicionados para aumentar la probabilidad de éxito del desove):

- En diferentes desoves, se harían 10 batch de fecundación asistida de unos 50.000 ovocitos cada vez en acuarios fuera del laboratorio, pero con agua de mar cruda proveniente directamente de la bahía. En esta experiencia, luego de cinco días (tiempo requerido para la fijación) se mediría la sobrevivencia y determinaría la probabilidad de éxito (fecundación y sobrevivencia).
- En los mismos desoves y batch se obtendrían ya fertilizados en forma asistida y en sistema controlado (hatchery) otros 50.000 ovocitos. Las ovas resultantes debieran tener un tamaño no inferior a las 250 micras y se dispondrían en un sustrato, el que a su vez se ubicaría dentro de una malla de 100 micras, la que sería colocada en fondo y/o suspendidas en los sistemas de la Universidad Católica del Norte tanto en la Bahía de La Herradura como en la Bahía de Tongoy. Su sobrevivencia sería medida luego de 5 días y se determinaría la probabilidad de éxito de la sobrevivencia post-fecundidad.



Para dar cumplimiento al Objetivo Específico 4.1 y de acuerdo a los requerimientos de los términos básicos de referencia, se desarrollaron las siguientes actividades metodológicas:

1. *Mantenimiento de reproductores*

Para llevar a cabo esta actividad se contó con una sala de ambiente controlado en el Laboratorio Central de Cultivos Marinos (hatchery) de la Universidad Católica del Norte (UCN) en Coquimbo, para lo cual se seleccionó un stock de reproductores, los cuales fueron mantenidos en condiciones biológicas óptimas de acuerdo a los requerimientos de la etapa reproductiva. (Alimentación, T°, luminosidad, O₂, pH, baja densidad etc.)

Los reproductores se mantuvieron en estanques rectangulares con refugios tipo triangular a fin de permitir una libre circulación de agua y aire. La tasa de recambio de agua de mar fue del 100% cada una hora, con saturación de O₂ entre 90% al 100% y pH 8; la densidad de abalones reproductores por estanque no fue mayor a 13 ejemplares. Las variables ambientales óptimas consistieron en mantener una temperatura del agua promedio en 18°C para el acondicionamiento y la sala de mantención de reproductores en total oscuridad durante las 24 horas del día. Para la alimentación se utilizó un régimen *ad libitum* con reaprovisionamiento dos veces por semana de macroalga (*Macrocystis* sp.). La limpieza se efectuó junto con el proceso de alimentación a fin de evitar stress en los animales.

2. *Selección de reproductores para desove*

Esta etapa se realizó mediante la observación a ojo desnudo por el experto japonés en cultivo de moluscos Dr. Shizuo Akaboshi quien visualizó la gónada de cada individuo, para verificar el sexo y definir el estado gonadal óptimo (IG = 3) para el desove (Figura 11).

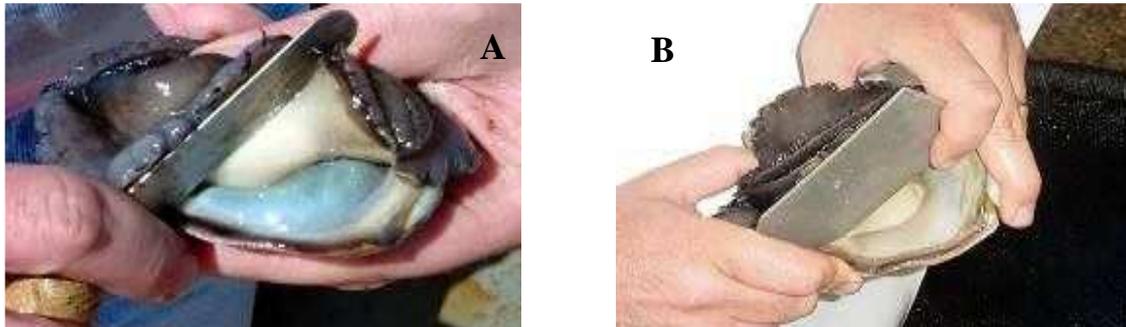


Figura 11: selección de reproductores: A) Hembras y B) Machos.

Además, para asegurar la viabilidad de las larvas se tuvo el cuidado de observar que los reproductores estuvieran libres de signos de enfermedades tales como: manto recogido, poca movilidad y deformidades en la concha.

3. Desove programado y obtención de larvas

Para la obtención de larvas, los reproductores fueron acondicionados durante 4 meses. Posteriormente, cuando alcanzaron la maduración (IG=3), fueron inducidos químicamente para provocar la evacuación de los gametos.

Para la inducción de los reproductores se utilizó la técnica recomendada por el Dr. Akaboshi, que consiste en una mezcla química denominada “TRIS” (hydroximetil, aminometano y agua oxigenada, con una concentración 60 g de TRIS en 90 ml de agua de mar) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2 , en concentración de 28 ml de H_2O_2 en 140 ml de agua de mar); esta mezcla química se utilizó con el fin de inducir a los reproductores a la expulsión de gametos y que es mucho más efectiva que la exposición a bruscas variaciones térmicas por sobre los $18^{\circ}C$. En estricto rigor las hembras desovan y los machos eyaculan, aunque entre los acuicultores es común utilizar el término “desove” indistintamente para machos y hembras. En adelante se adoptará esta modalidad para facilitar la lectura.

El protocolo consiste en ingresar en tres etapas, dos dosis de los químicos antes mencionados a los distintos acuarios de hembras y machos (Figura 12):

- *Hembras*: El proceso comienza con una primera adición de inductores a los acuarios de las hembras, consistente en 46 ml de TRIS y 21 ml de peróxido; una hora más tarde se adiciona una segunda dosis 23 ml de TRIS y 10,5 ml peróxido.
- *Machos*: La primera dosis para los machos se hace coincidir con la segunda adición para hembras, una hora después se adiciona la segunda dosis a los machos.

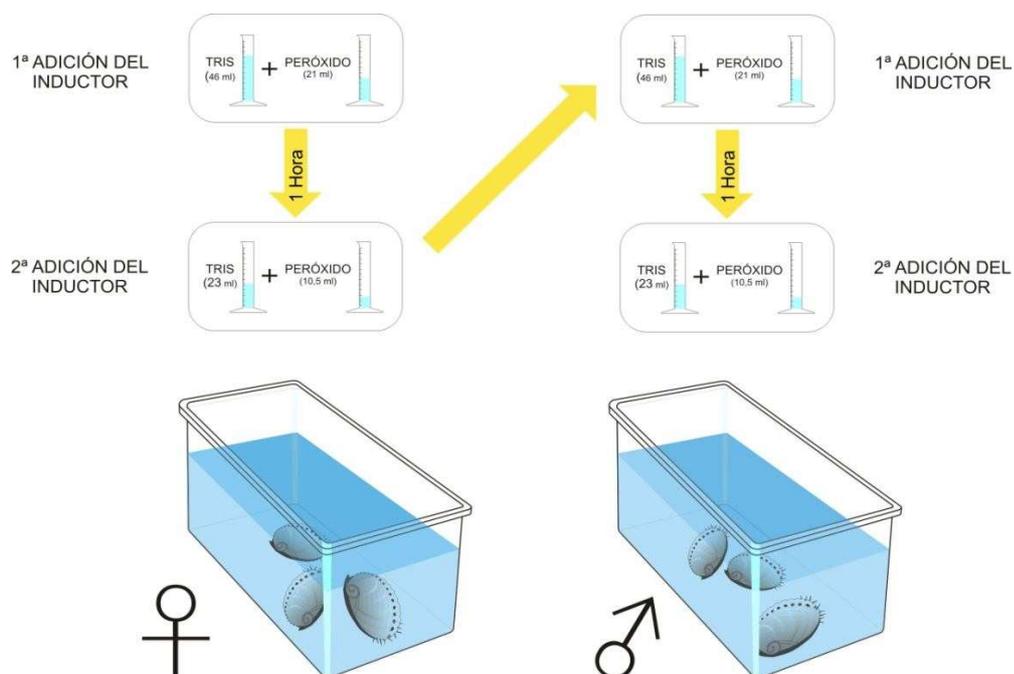


Figura 12: Esquema de acuarios para tratamiento de inducción al desove de hembras y eyaculación de los machos.



4. **Tratamientos de agua utilizados**

Se realizaron en total cinco desoves (en distintas estaciones) siguiendo el protocolo de diseño experimental el cual se menciona a continuación:

Para el inicio del proceso de inducción al desove los reproductores fueron sometidos a dos tratamientos de agua, dividiéndose los reproductores en cuatro grupos (Figura 13):

- **Grupo 1** “*hembras más agua de mar filtrada más UV*”: El primer grupo está compuesto por 12 hembras sometidas a tratamiento de agua filtrada (AF) y luz ultravioleta; se distribuyeron en tres acuarios de policarbonato con capacidad de 12 litros cada uno: en el Acuario 1 (AF1) se ingresaron 3 hembras, en el Acuario 2 (AF2) se dispusieron 3 hembras y en el Acuario 3 (AF3) se dispusieron también 3 hembras; se utilizó un cuarto acuario (AFC4) de control con otras 3 hembras en su interior.
- **Grupo 2** “*hembras más agua de mar*”: El segundo grupo fue conformado por otras 12 hembras, que a diferencia del Grupo 1 fueron sometidas a un tratamiento de agua cruda (AC). Al igual que el grupo 1, también se separaron en acuarios de 12 litros con 3 hembras cada uno: Acuario 1 (AC1), Acuario 2 (AC2) y Acuario 3 (AC3); del mismo modo hubo un cuarto acuario (ACC4) de control con 3 hembras.
- **Grupo 3** “*machos más agua de mar filtrada más UV*”: El tercer grupo corresponde a 6 reproductores machos, tratados con agua filtrada (AF). El primer subgrupo fue de 3 ejemplares dispuestos en sólo 1 acuario de 12 litros (AFM1). Un segundo acuario (AFMC) con otros 3 ejemplares machos, considerados para control.

- **Grupo 4 “machos más agua de mar”:** El cuarto grupo corresponde a otros 6 reproductores machos, los cuales fueron sometidos a un tratamiento con agua cruda (AC). El primer subgrupo de 3 ejemplares fue dispuesto en sólo 1 acuario de 12 litros (ACM1). Un segundo acuario (ACMC) con otros 3 ejemplares machos, considerados para control.

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACUARIOS, PROCESO DE DESOVE

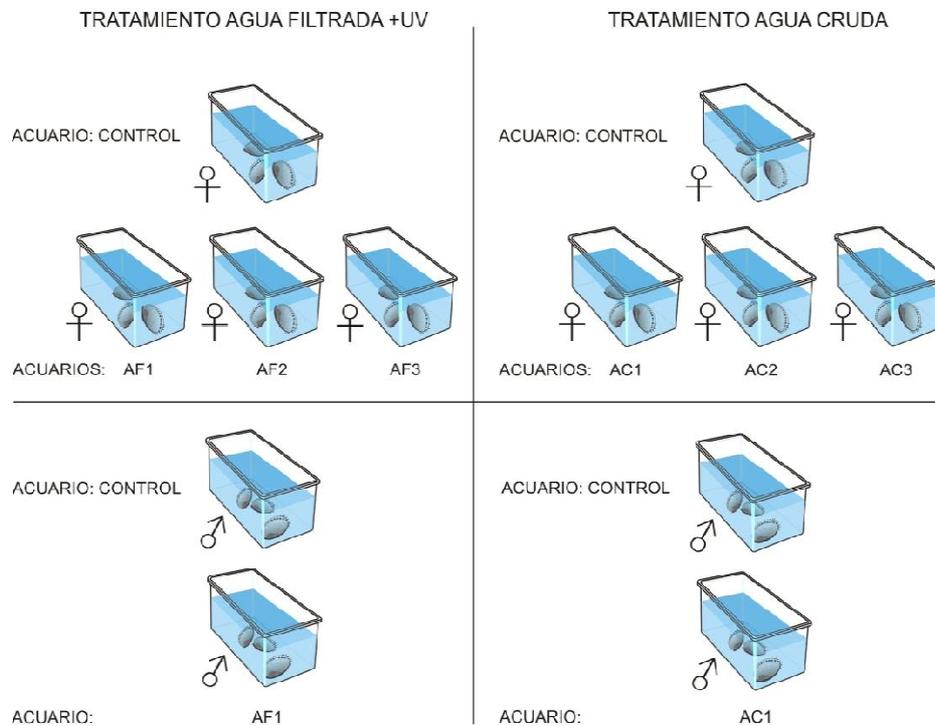


Figura 13: Esquema de acuarios para reproductores machos y hembras, según tratamiento de agua utilizados para el desove experimental.



Luego de obtener los ovocitos de las hembras y espermatozoides de los machos, se procede a una fertilización asistida, para obtener huevos fecundados. Dependiendo de la temperatura del agua la eclosión se debe producir a lo menos unas 18 horas después de ocurrida la fecundación. Las larvas provenientes de los dos tratamientos experimentales fueron mantenidas en 10 acuarios de 12 litros cada uno. Para eliminar desechos, espermatozoides y ovocitos no fecundados se realizó un proceso de lavados sucesivos (10 lavados).

5. Supervivencia larval

Para poder determinar la densidad y el porcentaje de supervivencia de larvas de *H. rufescens*, periódicamente y durante el desarrollo larval en cada acuario se tomaron muestras de 0,5 ml (con una micropipeta de laboratorio) de forma aleatoria en la columna de agua. Estas muestras se depositaron en placas de vidrio-reloj y luego fueron observadas utilizando el proyector de perfiles Nikon V-12, con el objetivo de observar el desarrollo larval y cuantificar y medir el número total de larvas para cada tratamiento.

Luego de cuantificar las larvas de cada uno de los tratamientos de cultivo, se procedió a calcular la densidad y supervivencia diaria de larvas de *H. rufescens*, con la siguiente ecuación:

$$\rho = (n * Vestq) / Vm$$

Donde:

- ρ = Densidad total de larvas
- n = Número de larvas en la muestra
- $Vestq$ = Volumen del estanque (acuario)
- Vm = Volumen de la muestra

6. Control de la supervivencia larval

Para determinar el crecimiento de larvas de *H. rufescens*. - periódicamente y durante el desarrollo larval - con las mismas placas vidrio-reloj utilizadas para la cuantificación, se extrajeron muestras de 0,5 ml para luego proceder a la cuantificación y medición de tamaño en el proyector de perfiles NIKON V-12 con aumento 100x (Figura 14).



Figura 14: Proyector de perfiles NIKON con muestras de larvas de abalón.

7. Asentamiento larval en distintos sustratos

Como no es posible realizar desoves en el mar (no lo permite la normativa), para analizar la viabilidad de los gametos en condiciones de cultivo suspendido, se diseñó una experiencia en la que se pudieran comparar el porcentaje de asentamiento larval y sobrevivencia en distintos tipos de sustratos los cuales eventualmente podría encontrar una larva de abalón (suponiendo un éxito en el desove) a continuación se detalla la metodología.

Con el fin de experimentar un posible asentamiento larval en los sitios donde se pudiere autorizar el cultivo suspendido de esta especie, se desarrollo una actividad que consistió en evaluar el porcentaje de asentamiento larval en los posibles sustratos que se encuentran disponibles en las bahías: arena (Figura 14A); roca (Figura 14B); y como control, se utilizo el asentamiento tradicional que se utiliza en el proceso de cultivo y que consistió en 20 placas onduladas de policarbonato con una “biologización” previa o película de diatomeas bentónicas *Cilindrotheca spp.* y *Navicula spp.* (Figura 14C).



Figura 15: Sustratos preparados para probar la sobrevivencia del asentamiento A: arena proveniente de la bahía la herradura de fondo blando; B: roca proveniente de la bahía la herradura; C: control placas con diatomeas bentónicas

Tal como ha sido descrito por diferentes autores en la abundante literatura existente sobre el Abalón (Uki, 1989; Hahn, 1989; Fallú, 1991) por citar sólo algunos, el estado avanzado del desarrollo larval, cuando las larvas están próximas a la fijación o asentamiento, estado llamado “*Larva pediveligera*”, ésta se reconoce por la aparición de la mancha ocular, el movimiento ciliar y la aparición del cuarto tentáculo epipodial, lo cual se constata con la ayuda de un un microscopio.

Una vez obtenidas las larvas aptas para el asentamiento, se sembraron bajo una misma densidad en cada uno de los estanques preparados con los distintos tipos de



sustratos para su asentamiento. La siembra se realizó siguiendo el siguiente protocolo:

- En los acuarios se homogeneizó el contenido de agua de mar con las larvas en suspensión, conseguidas bajo los distintos tratamientos (A y B) y mantenidas en 2 diferentes acuarios, de donde se obtuvo 1 lt de muestra. Luego con una pipeta de 1 ml se procedió a sacar una muestra para contabilizar las larvas presentes en 1 ml. Este procedimiento se repitió 3 veces para minimizar la posibilidad de errores. Una vez obtenido el promedio de larvas por ml, se calculó la cantidad de litros que se debería agregar a los estanques de asentamiento para totalizar aproximadamente 50.000 larvas para cada estanque.
- Los estanques de asentamiento se mantuvieron sin flujo de agua durante 2 días o hasta que la mayoría de las larvas que nadaban en la columna de agua desaparecieran, es decir, estuvieran asentadas, lo que se comprobó mediante la observación en cada uno de los estanques. La inyección de aire a los estanques fue suministrado un día después del asentamiento de las larvas.
- Los muestreos de los juveniles en los estanques con los distintos sustratos de asentamiento, se realizaron semanalmente utilizando un marco (cuadrata de 10 x 10 cm), para contabilizar los individuos y verificar la sobrevivencia, visualizando los juveniles en el proyector de perfiles (Nikon V-12).



4.1.b Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos, por talla, comparando los ejemplares cultivados industrialmente en el mar con los ejemplares cultivados en sistemas en tierra.

Para el cumplimiento de este objetivo, se consideró realizar un muestreo paralelo de animales existente en sistema suspendido en alguna de las empresas participantes del proyecto. Esto no fue posible, porque las empresas de la zona norte no tenían animales en sistemas suspendidos en el mar. La excepción fue Pesquera Camanchaca S.A. que tenía animales suspendidos en el mar en Caldera, pero éstos eran ejemplares que tenían mucho tiempo de permanencia allí y alcanzaron tallas muy elevadas (sobre 110 mm), por lo que no se podía establecer una comparación con el crecimiento y madurez de tallas menores. Estos animales serían utilizados para el muestreo sanitario y además para la comprobación o ratificación del sexage visual versus la verificación histológica.

También, se analizó la alternativa de implementar directamente una experiencia en mar, pero ello no fue factible por dos razones: la empresa no tenía sistemas de jaulas para suspender y el costo de ello no estaba incluido en el proyecto; no obstante lo anterior, se requería pasar previamente por un Plan de Vigilancia de Moluscos (PVM) ante el Servicio Nacional de Pesca (con el análisis previo de un laboratorio certificado) a fin de visar la introducción de animales al mar y ello no sería posible hasta el mes de diciembre, cuando la empresa debía hacer su segundo PVM del año (el anterior lo hizo antes de que comenzara este proyecto), ante lo cual los animales estarían sólo dos meses para ser muestreados antes de que finalice el presente proyecto, lo cual no era de utilidad.

En reemplazo de lo anterior se programó un muestreo comparativo, consistente en aprovechar el muestreo sanitario de animales suspendidos en jaulas y compararlos con ejemplares de similar talla existentes en estanques de la misma empresa en Caldera, de modo de poder ver la diferencia de madurez en mar y en tierra (los muestreos se realizaron al mismo tiempo).



Se realizaron dos muestreos comparativos (Julio y Noviembre) entre los animales suspendidos en el mar y los cultivados en estanques en la misma empresa y lugar. El muestreo consistió en lo siguiente:

- Desde una línea suspendida en una zona entre el norte de bahía Inglesa y Caldereta (Caldera), se seleccionaron aleatoriamente seis tambores con aproximadamente unos 3.000 animales cada uno. De cada uno de estos tambores se extrajeron aleatoriamente 16 ejemplares para completar un total de 96 individuos, que corresponden a un tamaño muestral con un 95% de confianza y un 10% de error entre la proporción muestral y la poblacional (más adelante se detalla metodología).
- De igual forma que lo anterior, el mismo día y en forma aleatoria se muestrearon otros 96 ejemplares de animales disponibles dispuestos en lotes de estanques, con el propósito de efectuar su comparación.
- A la totalidad de animales muestreados se les midió su longitud de concha (mm), peso total (gr), sexo e índice gonádico (IG).

4.1.c Grado de madurez gonadal en que se encuentran los abalones en los centros de cultivo de la zona norte y determinar hasta qué etapa es factible mantenerlos en un cultivo abierto con la finalidad de evitar desoves espontáneos.

El potencial reproductivo de un hatchery está delimitado fundamentalmente por la cantidad y capacidad (representada en su relación edad/tamaño) de ejemplares



hembras de que se disponga. Para poder medir el grado de madurez gonadal y su consecuente potencial reproductivo, se realizaron las siguientes actividades en las instalaciones de cultivo de abalón rojo de la Universidad Católica del Norte (UCN):

- Inicialmente se tenía considerado realizar un muestreo cada dos meses, pero en el desarrollo del proyecto se ha estado realizando mensualmente. Como resultante del muestreo total se podrá elaborar una curva que relacione la talla con el grado de madurez gonadal.
- También, se estableció un muestreo mensual – paralelo al realizado en Coquimbo en la UCN - con animales cultivados en estanques en la empresa Camanchaca en Caldera.
- El tamaño muestral de análisis se determina por la relación entre el nivel de confianza, la proporción hembra/macho y un nivel de error muestral, del siguiente modo:
 - Con un nivel de confianza de 95% en la muestra se requieren 1,96 desviaciones estándar de la distribución normal.
 - De acuerdo a la experiencia de campo en el cultivo de abalones, la proporción hembra macho es variable de acuerdo al batch, pero en general puede oscilar entre 45% y 55% para una proporción de sexo. Sobre un muestreo aleatorio efectuado con diferentes tallas y sobre 300 ejemplares (150 en la UCN y 150 en Camanchaca) con sexo visible y definido, la proporción de hembras fue de 51% y de machos 49%. En consecuencia, para efectos de determinación del tamaño muestral se considera una proporción 50% / 50% o 1:1.



- En función de lo anterior se estima en un 10% la máxima diferencia (error) entre proporción muestral y la proporción antes señalada, para el nivel de confianza de 95% antes indicado.
- En consecuencia el tamaño de la muestra en los estanques será de:

$$n = (1,96)^2 * (0,50)^2 / (0,10)^2 = 96 \text{ ejemplares}$$

- El tamaño de muestra antes indicado se estratificará por niveles de talla. Entre los individuos existentes en el Centro de cultivo UCN en Coquimbo se muestrean 10 individuos en buen estado por cada una de las siguientes tallas de longitud (mm): 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 y 65 mm (pudiendo ser más conforme los individuos vayan creciendo). Sólo en el primer muestreo del mes de abril se consideraron tallas menores a 30 mm para verificar la no existencia de material gonádico (SG = Sin gónada).
- El tamaño de muestra anterior se replicará mensualmente (la propuesta técnica indica cada dos meses), de modo de ir viendo su evolución en el tiempo.
- A fin de complementar y reforzar el muestreo anterior (no está en la propuesta técnica), al igual que en el muestreo en Coquimbo, se harán muestreos en Caldera (en el Centro de cultivo de Pesquera Camanchaca S.A.). Se utilizará la misma estratificación de 10 individuos en buen estado para cada una de las tallas de longitud (mm) equivalentes a: 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 y 70 mm. Aunque no es comparable con el muestreo en la UCN, en los últimos meses se amplió hasta los 90 mm.
- Todos los individuos seleccionados para la muestra, tanto en Coquimbo como en Caldera, fueron medidos con pie de metro digital (0,01 mm de precisión) y pesados individualmente con una balanza analítica digital (0,01 gr) (Figura 16).



Figura 16: Balanza analítica y pié de metro, ambos digitales.

- Cada individuo fue sexado a ojo desnudo con la ayuda de una espátula que permite mover el músculo del pié y observar su gónada y estado gonádico. El grado de madurez sexual se determina de acuerdo a la escala estándar que se utiliza industrialmente para conducir a los reproductores a desove y que se detallará en los resultados.
- Finalmente, cada mes (a partir de abril en Coquimbo y a partir de Junio en Caldera) se realizará un muestreo de peso, longitud, sexo y estado gonadal, los cuales se registran en una planilla similar a la de la Tabla I. El muestreo se extendió hasta enero de 2010.

Tabla I: Planilla de muestreo longitud, peso, sexo y estado gonadal de abalón rojo.

MES: _____ GRUPO: _____				
Nº	Longitud (mm)	Peso (gr)	Sexo	I.G.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



4.1.d Cuantificar en relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y/ espacio disponible, la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las Resoluciones (SUBPESCA) N° 231 de 2005 y N° 2820 de 2006.

Para cuantificar las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura y la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las resoluciones de la SUBPESCA N° 231 de 2005 y N° 2820 de 2006, se realizó una completa revisión de estas áreas en la III y IV región y en conjunto con los resultados obtenidos de los puntos 4.1.f y 4.1.g se generó una propuesta que es abordada plenamente en la discusión final. Además se analizan los comentarios expuestos en las sesiones temáticas con los investigadores en las cuales se aborda el tema desde las disciplinas de cada profesional exponiendo los resultados obtenidos en los experimentos desarrollados en el proyecto y complementados con la vasta experiencia que poseen cada uno de ellos en el tema de abalón. Finalmente a este punto se suman los antecedentes rescatados del Taller N° 2, realizado en la ciudad de Caldera en Octubre del año 2009.

4.1.e Capacidad de desplazamiento del abalón frente a un eventual escape o fuga, en sustrato duro, blando y mixto y supervivencia.

Para evaluar la capacidad de desplazamiento del abalón rojo *Haliotis rufescens* frente a un eventual escape, en las instalaciones de la Universidad Católica del Norte se realizaron pruebas de desplazamiento en tres diferentes sustratos: a) arena (sustrato blando), b) gravilla (sustrato semi-blando), y c) polietileno de alta densidad se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) sustrato duro. Las pruebas fueron replicadas durante la noche y se realizó una prueba en mar abierto para comparar si existía alguna diferencia significativa en los resultados. El proceso fue el siguiente:

- Desde los estanques de engorda del plantel de abalones de la UCN se seleccionaron cinco individuos, en buen estado, para cada una de las siguientes tallas de longitud (mm): 25, 30, 40, 50 y 60 (Figura 17). La selección incluyó, además, las siguientes características en los individuos: i) capacidad de reacción (que se movieran rápidamente al ser levantados de los refugios; fototropismo); ii) sanos (conchas sin daño aparente); iii) movilidad (que el músculo del pie tuviese giros rápidos al ser tomados por la concha



Figura 17: Selección de individuos desde los estanques de engorda del plantel de abalones de la UCN.

- Las pruebas se realizaron en tres etapas experimentales y para cada una de ellas se utilizó la misma metodología de selección de animales antes mencionada:
 - Etapas 1: prueba en estanque para desplazamiento en periodo diurno.
 - Etapas 2: prueba en estanque para desplazamiento en periodo nocturno.
 - Etapas 3: prueba de desplazamiento en mar.
- Se utilizó un estanque de HDPE de forma rectangular y fondo plano, luego se marcó para subdividirlo en doce cuadrículas de 40*40 cm (Figura 18), de modo poder seguir y representar el “track” de desplazamiento.

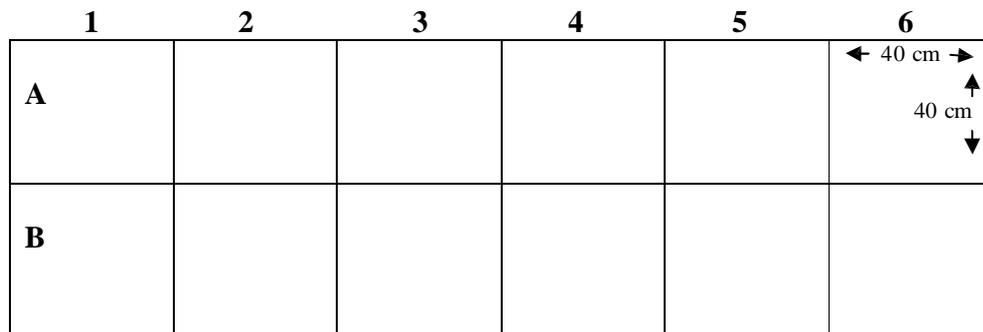


Figura 18: Esquema de subdivisión de estanque para medir desplazamiento de abalón rojo en distintos sustratos.

- Luego el estanque fue acondicionado con el sustrato a probar por vez (arena, gravilla y HDPE), de manera de realizar experiencias independientes con tipo de fondo. Al momento de la prueba el estanque contó con un flujo regular de agua que permitió un recambio total por hora. No fue incorporada aireación para no provocar turbulencia que pudiera entorpecer el experimento, sin embargo el oxígeno disuelto fue registrado mediante un multiparámetro de marca YSI, para verificar que las condiciones de saturación de oxígeno disuelto (OD) en el agua y que se conservaran dentro de los rangos normales requeridos por estos animales en cultivo (+/- 90% de saturación).
- **Prueba en Arena, Gravilla o HDPE:** En el cabezal de estanque que contenía el sustrato, según la prueba (arena fina o gravilla o HDPE), en todo el fondo con una capa de 7mm de fondo (cuadrícula A1), se situó al animal y se observó su movimiento durante 20 minutos, medido el desplazamiento mediante un cronómetro; luego, por medio de una cinta métrica se registraba su desplazamiento lineal y dirección. Este procedimiento se replicó tres veces por cada una de las tallas seleccionadas.



Del mismo modo, pero esta vez en horario nocturno, se siguió el mismo protocolo antes mencionado para el período diurno. Para no introducir mayor distorsión de luminosidad a la prueba, para efectos de medición y registro se utilizó una linterna con luz de color rojo.

- El desarrollo de la experiencia se registró en una planilla similar a la de la Tabla II.

Tabla II: Planilla de muestreo para tiempos de desplazamiento de abalón rojo en distintos sustratos.

Tipo de Fondo: _____					
Tiempo (min)	Abalón 1 25 mm	Abalón 2 30 mm	Abalón 3 40 mm	Abalón 4 50 mm	Abalón 5 60 mm
0 - 1					
1 - 2					
2 - 3					
3 - 4					
4 - 5					
5 - 7					
7 - 10					
10 - 15					
15 - 20					

Prueba de desplazamiento en Mar:

En la segunda parte del proyecto se desarrollo una prueba controlada en campo (introducir abalones a un fondo de mar y evitar escape) con la ayuda de un buzo profesional. Se utilizaron las mismas tallas que en la experiencia en estanques.

En el fondo marino de un sector de la Bahía de la Herradura (Coquimbo, IV Región), fue situada una cuadrata de 40cm x40cm (de igual medida que las cuadratas utilizadas en las pruebas en tierra), en donde se ubicaron los abalones para registrar desplazamiento

mediante una regla plástica flexible (huincha de medir) de 10 metros. Cada prueba se realizó a 3 m de profundidad y en tres sustratos diferentes: arena, conchuela, roca. También, se utilizó una embarcación menor y buceo con tanques de oxígeno (Figura 19). La prueba se realizó por un tiempo de 30 minutos por réplica y además se registró una grabación de la actividad de 3 minutos, tiempo que permite la cámara submarina (las filmaciones y set fotográficos son incluidas en los Anexos)



Figura 19: Secuencia del Desarrollo de la actividad en el fondo marino.

Se realizó un test de normalidad a los datos para luego proceder a un Análisis de Varianza de una vía para establecer si existían diferencias significativas de desplazamiento durante el día y la noche para abalones de una misma talla.

También se realizó un análisis estadístico para contrastar los resultados entre tratamientos, tallas y condiciones de luz /oscuridad

Para llevar a cabo los estadísticos se utilizó el programa SigmaStat 3.5. Esta aplicación estadística está diseñada especialmente para análisis que nos permitirá comparar efectos entre grupos. Es decir si existen diferencias significativas del desplazamiento cuando las variables sean:

- Diferencias día/noche
- Diferencias dependiendo del sustrato
- Diferencias dependiendo de la talla



El programa utilizado se encargara chequear los datos, y generar un report de interpretación de los resultados.

	1-HORARIO	2-SUSTRATO	3-TALLA	4-DESPLAZAM	5
1	Dia	HDPE	26,0000	0,0000	
2	Dia	HDPE	26,0000	5,0000	
3	Dia	HDPE	26,0000	0,0000	
4	Dia	HDPE	32,0000	1,0000	
5	Dia	HDPE	32,0000	0,0000	
6	Dia	HDPE	32,0000	2,0000	
7	Dia	HDPE	42,0000	84,0000	
8	Dia	HDPE	42,0000	222,0000	
9	Dia	HDPE	42,0000	0,0000	
10	Dia	HDPE	52,0000	2,0000	
11	Dia	HDPE	52,0000	0,0000	
12	Dia	HDPE	52,0000	132,0000	
13	Dia	HDPE	62,0000	0,0000	
14	Dia	HDPE	62,0000	0,0000	
15	Dia	HDPE	62,0000	150,0000	
16	Dia	ARENA	26,0000	2,0000	
17	Dia	ARENA	26,0000	0,0000	
18	Dia	ARENA	26,0000	0,0000	
19	Dia	ARENA	32,0000	0,0000	
20	Dia	ARENA	32,0000	0,0000	
21	Dia	ARENA	32,0000	0,0000	
22	Dia	ARENA	42,0000	0,0000	

Figura 20: Analisis estadísticos para contrarrestar los resultados entre tratamientos, tallas y condiciones de luz oscuridad.

4.1.f Pertinencia del requerimiento de un sustrato blando para instalar un centro de cultivo en el mar, conforme lo establece la Resolución (SUBPESCA) N° 4282 de 2005.

El D.S. N° 231/2005 establece las condiciones que se requieren para el cultivo de abalón (rojo y verde) en sistemas de circuito abierto en la III y IV Regiones y estas condiciones son: ingresar certificadamente (sanitariamente y el sexo) individuos de un solo sexo en una bahía o cuerpo de agua y que a lo menos el 95% de la superficie del fondo califique como sustrato blando. La R. Ex. N° 2820/2 006 señala a las hembras como sexo único para ser cultivados en cuatro sectores marítimos (bahías y cuerpos de aguas) perfectamente delimitados geográficamente. De acuerdo a lo solicitado se hará el análisis de pertinencia en relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y espacio disponible.



En base a las experiencias de desplazamiento (1.4) y los resultados de sedimentos del muestreo oceanográfico se emitirá un juicio sobre la pertinencia y riesgo del tipo de fondo que autorice el cultivo en sistemas suspendidos.

En cuanto a la solicitud de evaluar la pertinencia de la Resolución N° 4282/2005 1.C, referida al requerimiento de un sustrato blando para instalar un centro de cultivo en el mar. Al respecto, el análisis de pertinencia se hará conforme a los resultados de 1.1; 1.4; 1.5; y los resultados de sobrevivencia ante depredadores en eventuales escapes (2.5).

Se incorpora un completo análisis y caracterización ambiental en base antecedentes bibliográficos de las comunidades marinas en sistemas de bahías del norte chico

4.1.g Riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro.

El análisis y determinación del riesgo de autorizar el cultivo de abalón en fondos duros provendrá del mismo análisis realizado en el 4.1.a; 4.1.d; y 4.1.f.

Se incorporan observaciones de campo en el medio natural, las que consistieron en pruebas de Abalón en bahía la herradura bajo el diseño experimental descrito en el punto 4.1e para ver su desplazamiento en roca.

Se incorpora un completo análisis y caracterización ambiental en base antecedentes bibliográficos de las comunidades marinas en sistemas de bahías del norte chico con fondos duros.



4.1.h Evaluación del error en la determinación visual del sexo a partir de los 40mm.

Para evaluar el error del método de sexaje visual y en diferentes tallas, se realizarán las siguientes mediciones:

- Se realizó de igual manera que el muestreo mensual de la experiencia 4.1.c
- De entre los estanques del Centro de Cultivo de la Universidad del Norte en Coquimbo, un mismo muestreador (con experiencia en diferenciación de sexo) revisó 2.000 ejemplares (50% hembras y 50% machos) de distintas tallas, pero que tuvieran sexo definido (los indeterminados serían observados en la experiencia del objetivo 4.1.c). Luego fueron separados por tallas (cada 10 mm) y dispuestos en canastos separados. Mensualmente (abril/2009 a enero/2010) se toma una muestra de 10 ejemplares por talla y se verifica (ratifica) el sexo ver (Figura 21).
- Considerando el diseño de muestreo de la experiencia del objetivo 4.1.c y basado en las mediciones mensuales, se determinará también si la talla mínima de 40 mm establecida por la Resolución N° 4282/05 es la pertinente.
- Como anteriormente se señaló, no se pudo establecer un muestreo en sistemas suspendidos porque las empresas no estaban realizando este tipo de cultivo y la única que lo hacía (Camanchaca) tenía ejemplares de muy alta talla. Dado lo anterior, es que se aprovechó el muestreo con fines histológico para confirmar el sexo (en este caso hembras) de los ejemplares ingresados al mar.

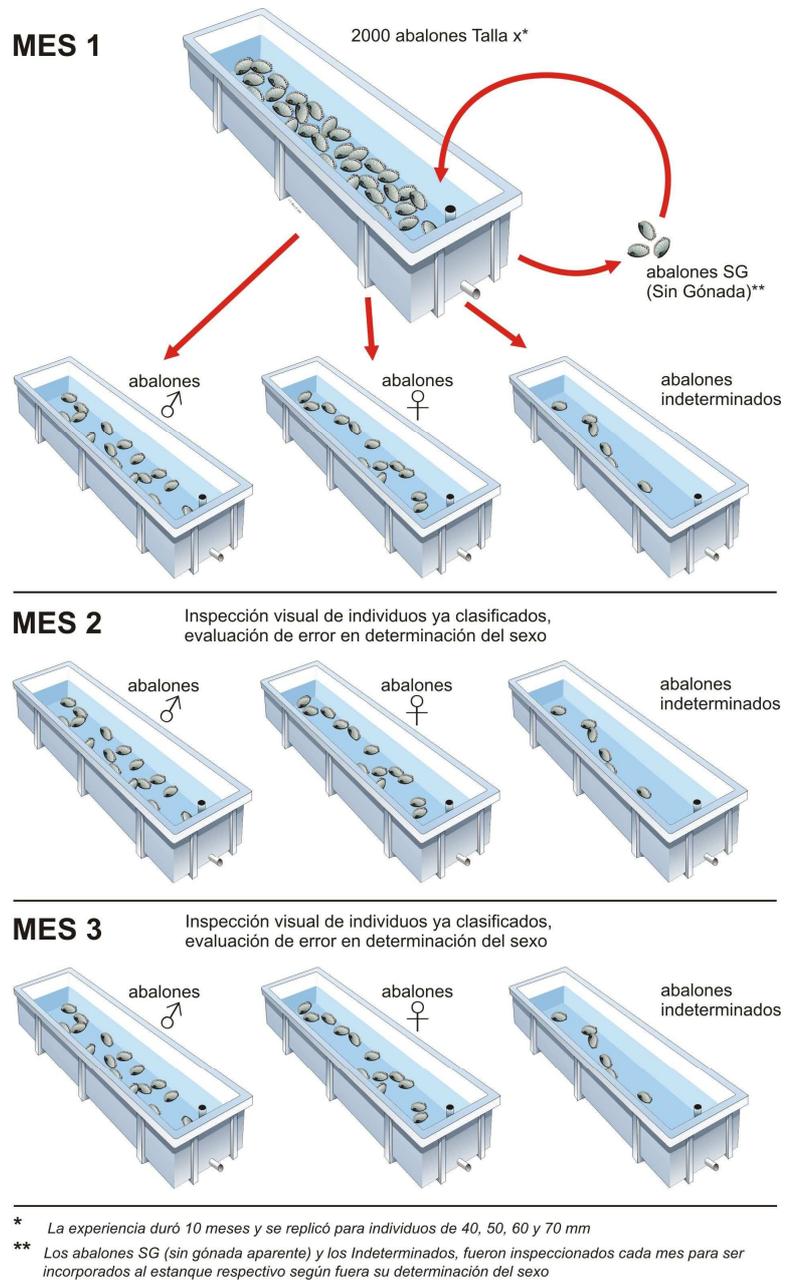


Figura 21.- Detalle de la experiencia para determinar el error en la evaluación de la determinación visual del sexo.



✚ **Objetivo Específico 4.2 (respecto de Bases y Propuesta Técnica): *Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.***

4.2.a Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón existentes en la zona norte (III y IV Regiones), identificando las enfermedades asociadas, capacidad de dispersión de las mismas y posibles daños generados a otras especies cultivadas en el país.

Muestreo

Se realizaron 2 muestreos en los 2 centros de cultivo. El primer muestreo se realizó en el mes de julio de 2009 (invierno) donde se consideraron 270 ejemplares de abalón rojo, 90 provenientes del centro de cultivo Live SeaFood Ltda. (Región de Coquimbo) y 180 provenientes de la empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A., donde 90 provenían del cultivo en estanques (tierra) y 90 del cultivo en mar.

El segundo muestreo se realizó entre los meses de noviembre y principios de diciembre de 2009 (primavera) y donde se consideraron 180 ejemplares de abalón rojo, 90 provenientes de Live SeaFood Ltda. y 90 de Compañía Pesquera Camanchaca S.A., 45 de cultivo en estanque y 45 de cultivo en mar.

Análisis histológico

Para la identificación de los patógenos putativos de alto riesgo en los tejidos blandos, se utilizó la técnica histológica que resulta ser la mejor herramienta de diagnóstico para realizar estudios generales. El uso de esta técnica permite revisar todos los tejidos de cada ejemplar de abalón, pudiendo detectar cualquier parásito presente, ya sea procarionte o eucarionte y unicelular o pluricelular.



Se utilizó la técnica histológica estándar recomendada en el Manual de la OIE¹ (2006). Los tejidos fueron fijados en solución de Davidson (Shaw & Battle 1957), que es utilizada ampliamente para preservar la estructura de los tejidos de moluscos marinos.

Los abalones llegaron vivos al Laboratorio de la UCN en Coquimbo, donde fueron procesados histológicamente. Se muestreo (longitud, peso y sexo) y examinó cada ejemplar antes de su disección para detectar cualquier anomalía, ya sea en la concha, o en tejidos blandos, tales como retracción del manto, glándula digestiva pálida, acumulación de barro, arena y deshechos en el manto y branquias.

Luego de medir la longitud de concha, los tejidos blandos de cada organismo fueron depositados en cajitas de inclusión histológica (histosettes), las cuales fueron marcadas en el borde con el código de la muestra. Se tuvo el cuidado de incluir todos los tejidos del abalón: glándula digestiva, branquias, nefridio, manto, palpos labiales y labios, músculo aductor y pié. Se tomó un trozo de cada tejido, cuidando que éstos quedaran en forma holgada en la caja de inclusión y no producir compresión en ellos. Los tejidos en sus cajas marcadas fueron fijados en solución Davidson's por 24 horas, transferidos a etanol al 70%, deshidratado hasta etanol 100, aclarados con xilol, e incluidos en paraplast. Luego se realizaron cortes de 5 µm de grosor, los que fueron teñidos con hematoxilina de Harris y eosina amarillenta alcohólica (H & E) montándose con flotex, que es la tinción de rutina recomendada por la OIE.

Los cortes histológicos fueron analizados en un microscopio Zeiss Axiostar Plus, para la detección de patógenos putativos de alto riesgo, registrándose la información en una planilla Excel y además se tomaron fotografías.

¹ OIE acrónimo de Oficina Internacional de Epizootias creada en 1924, pero que en el 2003 se transformó en la Organización Mundial de Sanidad Animal y siguió identificándose como OIE.

Análisis de infestación

Para determinar la prevalencia o intensidad de la infestación de poliquetos, los organismos de la muestra debieron ser desconchados y estas conchas fueron trasladadas (previamente numeradas) en recipientes herméticos a otro Laboratorio. Allí las conchas se colocaron en una solución vermífuga donde permanecieron por un período de 2 a 5 horas a una temperatura de 15° C. Los gusanos expulsados de las conchas fueron depositados en placas Petri y cuantificados registrando los resultados en fichas individuales. Los gusanos fueron clasificados en dos grupos: sabélidos y polidóridos.

- **Gusanos sabelidos:** Las conchas de los ejemplares de abalón fueron observadas a ojo desnudo y bajo lupa estereoscópica para la detección de tubos característicos de la infestación por *Terebrasabella heterouncinata* (Figura 22).

Las conchas que presentaron estos tubos se consideraron como sospechosas y fueron trituradas utilizando un alicate de punta fina y observada bajo una lupa estereoscópica para detectar de presencia *Terebrasabella heterouncinata* en cualquiera de sus estadios de desarrollo: huevo, larva, juvenil o adulto.

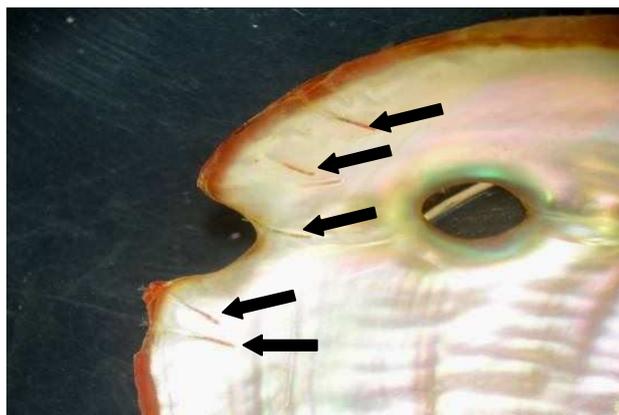


Figura 22: Tubos típicos habitados por *T. heterouncinata* en una concha de abalón rojo (ver flechas negras).



- **Gusanos polidóridos:** Las conchas de los abalones fueron mantenidas en una solución vermífuga (fenol salino al 0,5%) para permitir la expulsión de los gusanos desde sus madrigueras. Los gusanos expulsados fueron cuantificados y se determinó la prevalencia (número de abalones infestados del total de abalones analizados) e intensidad (número de gusanos por concha). Además se extrajeron todos los gusanos de 20 abalones, los que fueron fijados en etanol 40% para su caracterización y posterior identificación. Los gusanos extraídos fueron caracterizados de acuerdo a su morfología para ser identificados utilizando claves dicotómicas.

Las conchas de los abalones fueron además categorizadas en relación al grado de daño que presentaban utilizando una escala arbitraria (Tabla III). Los individuos removidos desde la concha de los abalones fueron anestesiados con Cloruro de magnesio isotónico preparado con agua de mar, montados sobre portaobjetos y observados bajo microscopio óptico. La identificación de los poliquetos se basó en las siguientes características morfológicas: forma del prostomio y pigidio, presencia y número de ojos, patrones de pigmentación, distribución de las branquias y presencia de espinas modificadas.

Tabla III: Escala arbitraria para categorizar las conchas de abalón de acuerdo al daño producido por la infestación de gusanos polidóridos.

Categoría	Descripción
0	Concha intacta, ausencia de gusanos polidóridos y perforaciones causados por estos en la superficie de la concha.
1	Presencia de orificios en la superficie de la concha causados por gusanos polidóridos, pero sin daño aparente de la concha.
2	Concha con perforaciones causadas por gusanos polidóridos con daño sobre la capa externa de la concha (conchiolina).
3	Concha con perforaciones severas causadas por gusanos polidóridos sobre la conchiolina dejando expuesta la capa nacarada (abalones silver).



4.2.b Evaluación de los procedimientos y metodologías empleadas para realizar las certificaciones sanitarias de los organismos previo a su traslado a los centros en el mar.

Se realizó una inspección en las empresas tendientes a reunir la información relacionada con el traslado de animales desde cultivo en tierra a otros cultivos de abalón en tierra y desde abalones cultivados en tierra al cultivo en mar.

Los procedimientos fueron divididos en una parte correspondiente al transporte de ejemplares de abalón rojo entre y dentro de las empresas de cultivo en tierra y una segunda parte correspondiente al traslado de los ejemplares desde el cultivo en tierra al cultivo en mar.

4.2.c Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV Regiones, en donde se pudiera realizar cultivo de abalones.

Para caracterizar ambientalmente las principales bahías de la III y IV Regiones (corrientes, batimetría, sustrato y especies bentónicas dominantes), en donde se pudiera elegir como lugares aptos para el cultivo del abalón, es necesario realizar estudios que permitan pronosticar el cultivo “seguro” (que no altere el ecosistema natural del fondo y borde) del abalón del punto de vista abiótico.

Entre estos estudios está el conocimiento de la circulación de las aguas, tanto por efecto de corrientes de marea como forzadas por el viento. Con este propósito se efectuaron mediciones de corrientes en un punto de bahía Inglesa (III Región) y otro en un punto de bahía Tongoy (IV Región), a una profundidad entre la superficie y los 10 m; simultáneamente, se efectuaron mediciones de vientos y registros del nivel del mar. En bahía Tongoy y en bahía Inglesa la Universidad Católica del Norte ha realizado varios estudios anteriores por parte del Grupo de Oceanografía e Ingeniería de Costa.



En cada área elegida se efectuaron mediciones de corrientes, perfiles de batimetría de reconocimiento con ecógrafo y registros con GPS de puntos, sobrepuestos sobre la carta oficial del SHOA; al mismo tiempo, se efectuaron toma de muestras con draga. El análisis de la granulometría para conocer el tipo de fondo, se registró por metodologías estándares.

Implementación puntos de muestreo

- **Bahía Inglesa:**

Posición correntómetro	:	27°07'37,6"S; 70°53'16,2 "O
Profundidad del lugar	:	33 m
Profundidad equipo FSI	:	7 m
Fecha de Instalación	:	4 de julio 2009
Fecha de Retiro	:	29 de julio 2009

- **Bahía Tongoy:**

Posición correntómetro	:	30°16'12,3"S; 71°31'56,7 "O.
Profundidad del lugar	:	22 m
Profundidad equipo FSI	:	10 m
Fecha de instalación	:	5 agosto 2009
Fecha de retiro	:	27 noviembre 2009

Serie de tiempo de las corrientes

Para generar una serie de observaciones de corrientes en un punto en bahía inglesa se utilizó un correntómetro acústico marca FSI modelo 2D-ACM. En el caso de bahía Tongoy se utilizó un correntómetro acústico marca FSI modelo 3D-ACM. Ambos equipos fueron configurados para guardar mediciones cada una hora, como resultado del promedio de observaciones obtenidas durante 5 minutos. Las componentes de la velocidad de las corrientes son representadas en U (este –oeste) y V (norte-sur), con estos registros se estimó la variabilidad y el promedio de las corrientes en una escala de tiempo de dos semanas.



Serie de tiempo de vientos

Los registros de vientos fueron obtenidos de la estación meteorológica HOBO, modelo H21-001, ubicada en las dependencias de la empresa Camanchaca S.A. (27° 6` S; 70° 51` 60`` W), Bahía Inglesa, a una altura aproximada de 15 metros sobre el nivel del mar. Estos registros corresponden a valores horarios y fueron descompuestos en ejes ortogonales, componentes Norte-Sur (v) y Este-Oeste (u). De acuerdo a la convención meteorológica, la dirección del viento es de donde viene, a diferencia de la convención oceanográfica que indica que la dirección del viento es hacia donde va.

En el caso de bahía Tongoy se utilizaron registros de vientos de una estación meteorológica instalada en Punta Lengua De Vaca. En forma adicional, se efectúan tres lances de CTD (SeaBird 19), para ver las condiciones hidrográficas de la columna de agua.

Batimetría

Se realizaron 9 cortes batimétricos en el área circundante a la posición del correntómetro, con el ecosonda debidamente calibrado, tomando posiciones con GPS Magellan.

Sedimentos

Por medio de una draga Ekman se tomaron 9 muestras de sedimentos en la misma zona de estudio. Las muestras fueron almacenadas en triples bolsas de polietileno y guardadas en ambiente refrigerado, para luego ser llevadas al laboratorio de la UCN en Coquimbo, donde después de separar los organismos de macrofauna, se separan submuestras para análisis biológico más fino.



Modelación de la deriva larval en Bahía Tongoy y Bahía Inglesa

Para este estudio de las bahías se utilizó el modelo de Volumen Finito FVCOM (Chen et al., 2003, 2006b), debido a que entre sus características presenta el uso de mallas con un óptimo grado de flexibilidad en la representación de geometrías complejas, como son las bahías de la zona de estudio. Además permite el uso de elementos pequeños en áreas donde se requiere un mayor detalle, y elementos más grandes para sectores en los cuales no se necesita tantos detalles, lo que optimiza la información y el tiempo computacional.

Este modelo resuelve las ecuaciones de balance de momentum, continuidad de volumen, balance de temperatura, balance de salinidad y de densidad:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_m \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_v \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_h \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T \quad (5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_h \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S \quad (6)$$

$$\rho = \rho(T, S) \quad (7)$$



Donde: x, y, z , son las coordenadas este, norte y vertical en el sistema de coordenadas Cartesiano; u, v, w , son las componentes de la velocidad en x, y y z respectivamente; T la temperatura; S la salinidad; ρ la densidad; P la presión; f el parámetro de Coriolis; g la aceleración de gravedad; K_m el coeficiente turbulento de viscosidad vertical; y K_h el coeficiente turbulento de difusión de temperatura vertical. Los términos F_u, F_v, F_T y F_S representan la difusión de *momentum* horizontal, vertical, termal y salino.

En la vertical el modelo utiliza la transformación de la coordenada sigma para describir las ecuaciones anteriores. La coordenada sigma es definida por la expresión:

$$\sigma = \frac{z - \xi}{H + \xi} = \frac{z - \xi}{D}$$

Donde: σ varía desde -1 en el fondo a 0 en la superficie; H es la profundidad; ξ es la variación de la superficie; $D = H + \xi$ es la profundidad total; y z es la profundidad transformada.



Con esta coordenada vertical las ecuaciones desde (1) a (6) son transformadas, quedando por ejemplo la ecuación (1) expresada de la forma siguiente:

$$\frac{\partial uD}{\partial t} + u \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial \sigma} - fvD = -gD \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{gD}{\rho_0} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D \int_{\sigma}^{\sigma^0} \rho d\sigma' \right) + \sigma \rho \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + DF_u$$

Para resolver los términos de difusión, se usa la difusión horizontal de Smagorinsky (1963) para el *momentum*, mientras que para la viscosidad turbulenta vertical y la difusión termal se utiliza el modelo de clausura de la turbulencia de Mellor y Yamada (1982) con un nivel de 2.5. (Para mayor información remitirse a Chen *et al.* (2003 y 2006b), donde se describe en detalle el modelo y se presentan algunos ejemplos desarrollados por los autores). Para la determinación de la dispersión, transporte y retención planctónica se consideró al plancton como partículas pasivas, lo que permite utilizar el módulo de transporte Lagrangiano para el estudio de las trayectorias de las partículas colocados en distintos lugares y profundidades. En este módulo se resuelve el sistema no-lineal de la ecuación diferencial ordinaria:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{v}(\vec{x}(t), t)$$

Donde: \vec{x} es la posición de la partícula en el tiempo t ; $d\vec{x}/dt$ es la tasa de cambio de la partícula en el tiempo; $\vec{v}(\vec{x}, t)$ es el campo de velocidad tridimensional generado por el modelo.

Cada partícula es seguida en cada paso de tiempo usando el esquema de Runge-Kutta de 4 estados y los campos de velocidad de cada iteración. Los detalles de la resolución numérica de esta ecuación se pueden obtener de Chen *et al.* (2006b).

Para la implementación del modelo se creó una malla flexible para bahía Inglesa y Tongoy, a las que se llevó mediante interpolación lineal, la batimetría de las cartas náuticas electrónicas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).

La creación de la malla se realizó con el programa Surface Water Modeling System (SMS), obteniéndose para bahía Inglesa (Figura. 23) una malla con 3.365 nodos y 6.314 elementos y para el sistema de bahías Tongoy-Guanaqueros (Figura. 24) de 5.602 nodos con 10.600 elementos.

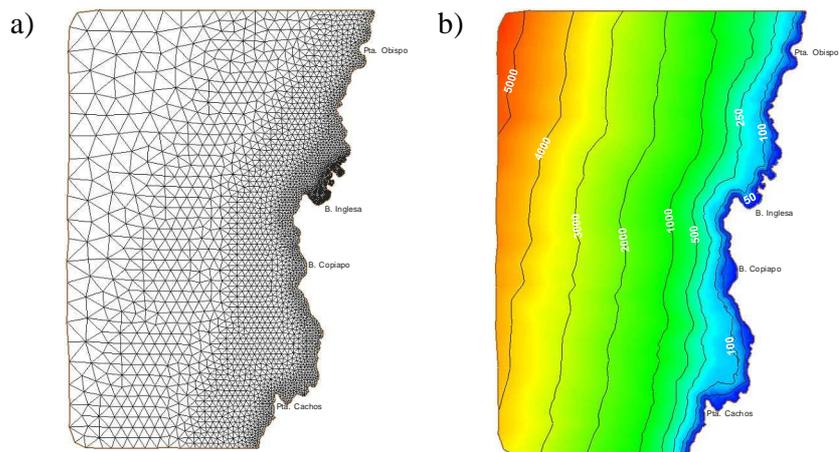


Figura 23. a) Malla flexible para dominio Bahía Inglesa, FVCOM (Chen et al., 2003, 2006b), y b) Batimetría. (de FIP 2006-37).

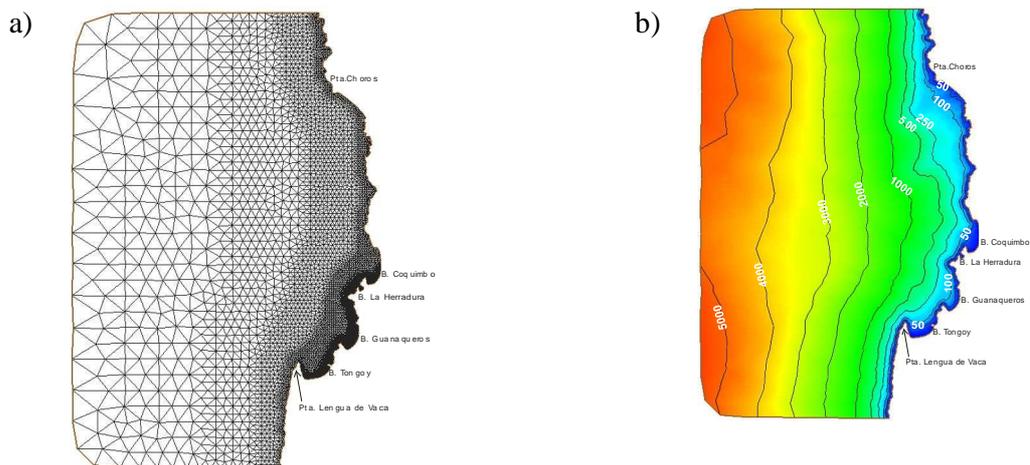


Figura 24. a) Malla flexible para el dominio Bahía Tongoy-Guanaqueros, FVCOM (Chen et al., 2003, 2006b), y b) Batimetría (de FIP 2006-37).



Para forzar ambos dominios de modelación se obtuvieron los campos tridimensionales de temperatura y salinidad de las salidas de resolución $1/12^\circ$ del Ocean Circulation and Climate Advanced Modelling Project (OCCAM) (Webb et al., 1998), seleccionando el mes de diciembre dado que el objetivo era modelar la condición favorable a la surgencia y durante el período en que pueden ocurrir desoves espontáneos y deriva de larvas de abalón. Las condiciones utilizadas no incluyen efectos de El Niño Southern Oscillation (ENSO). En la frontera abierta de la bahía se impuso la variación de la marea por medio de los coeficientes armónicos S2, M2, N2, K1, P1 y O1 que fueron obtenidos del modelo global de la marea TPXO (Egbert y Erofeeva, 2002).

Los datos de viento utilizado en el dominio de Bahía Inglesa fue el obtenido de la serie de tiempo horaria de la estación meteorológica instalada en la bahía (Figura. 25), que se impuso en forma homogénea en el espacio. Este viento se caracteriza por ser dominante del SW, con una variación diaria debido a la diferencia de calentamiento de la tierra y el océano, y que genera la brisa marina. Esto se refleja en los índices de surgencia (expresado como transporte de Ekman, unidades de volumen por cada 1.000 m de costa) y turbulencia (proporcional al cubo de la magnitud de la velocidad), los cuales presentan sus menores valores en la noche y madrugada, y los mayores valores en las tardes (Figura. 26).

En el dominio de Bahías Tongoy-Guanaqueros se utilizó los datos del viento registrado en el sector de Punta Lengua de Vaca, el cual igualmente presenta un predominio de los vientos del SW, y una fluctuación diaria del viento por efecto de la brisa marina.

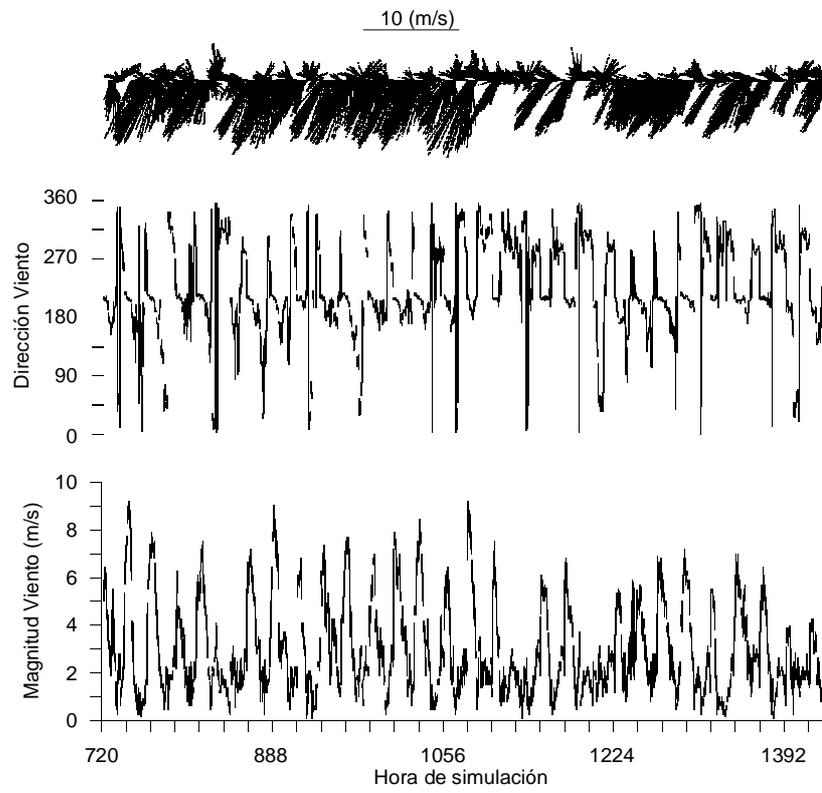


Figura 25. Serie de tiempo del viento de Bahía Inglesa (Diciembre 2009)

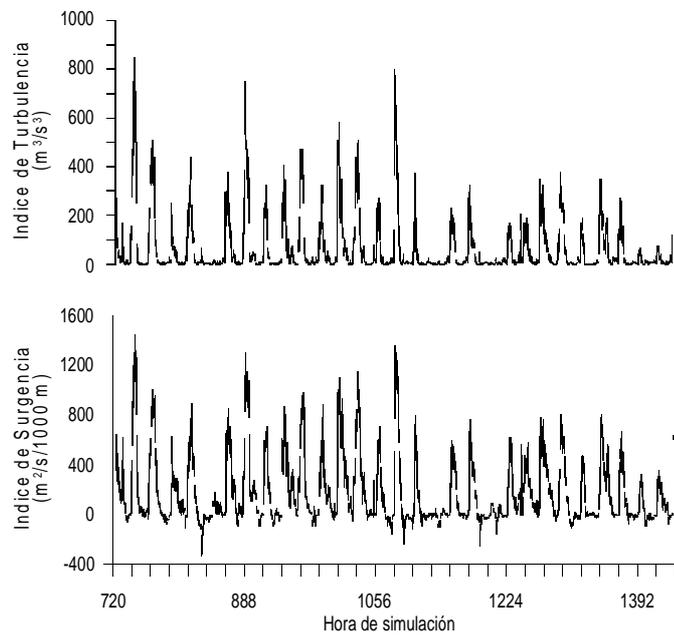


Figura 26. Índices de surgencia y turbulencia de Bahía Inglesa (Diciembre 2009)

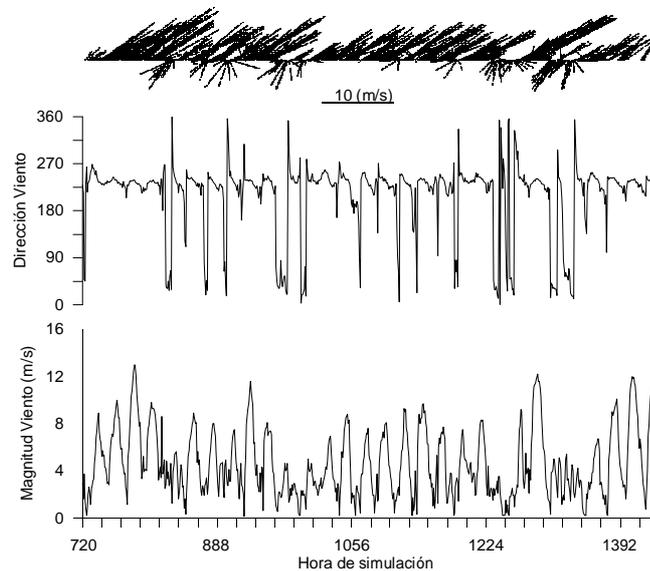


Figura 27. Serie de tiempo del viento (m/s) registrado en Punta Lengua de Vaca. (Diciembre 2009).

Cada simulación fue realizada por 60 días. Los primeros 30 días corresponden a un período de estabilización de los campos y solamente fue forzado el modelo en ese período por campo de masa (temperatura y salinidad) y por la variación de la marea, mientras que del día 30 al 60, se forzó además con el viento (Figura 25 a 27). Los resultados entregados en este informe corresponden a este último período de simulación.

Para observar el comportamiento pasivo del plancton, en este caso las larvas de abalón, en las distintas fases del proceso de surgencia se liberaron derivadores en el área de la concesión marítima existente en Bahía Inglesa a 0, 5, 10 y 15 m de profundidad. En total se seleccionaron 8 puntos de liberación (Figura. 28), soltándose derivadores a las distintas profundidades en dos momentos, el primero corresponde a un periodo de vientos favorables a la surgencia y el segundo a un período de predominio de la relajación. En el dominio Bahías Tongoy-Guanaqueros (Figura. 29) también se liberaron derivadores en las condiciones de surgencia y de relajación a 5, 10 y 20 m de profundidad con un total de 396 derivadores.

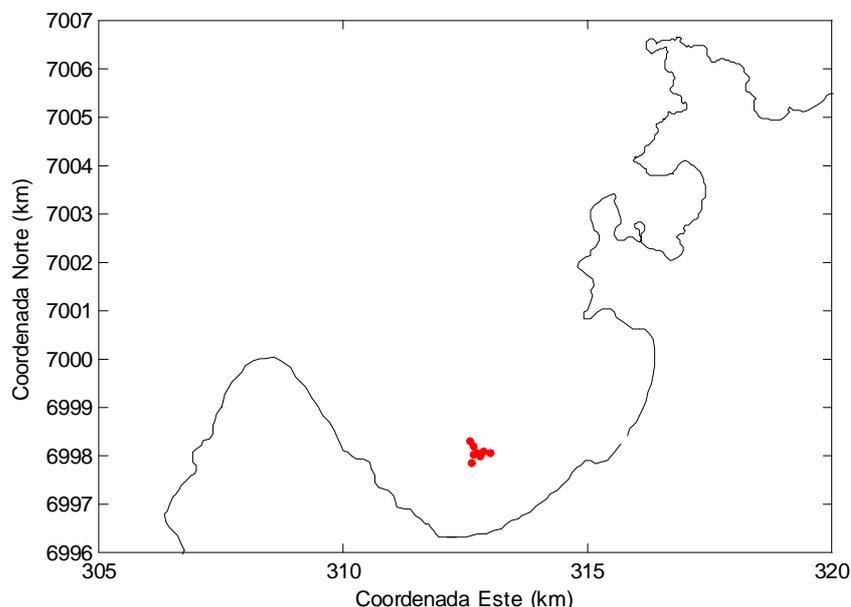


Figura 28. Posición en las cuales se liberaron los derivadores (puntos rojos) en Bahía Inglesa.

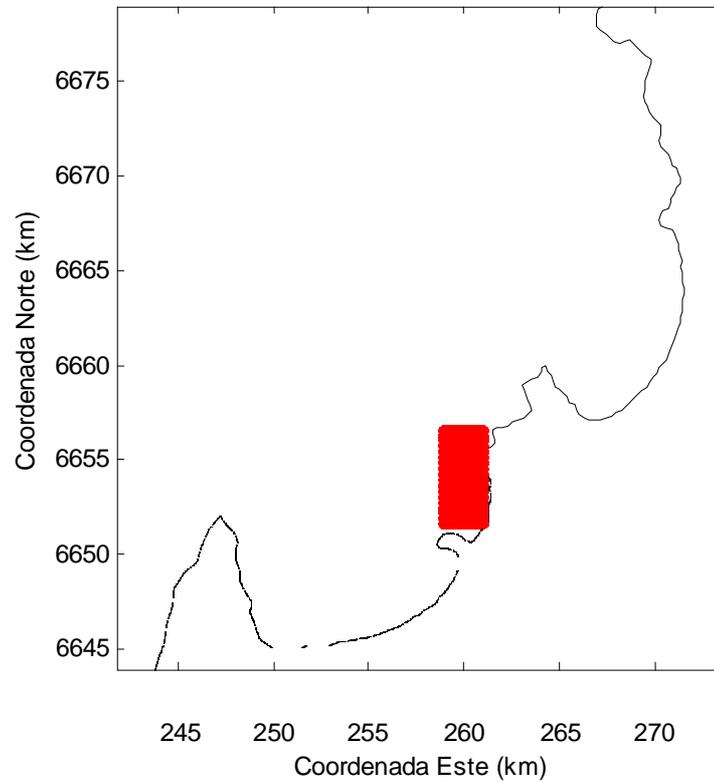


Figura 29. Posición en las cuales se liberaron los derivadores (puntos rojos) en Bahías Tongoy-Guanaqueros.



4.2.d Análisis de las posibles causas de que en la actualidad no se localicen asentamiento de abalones en las costas chilenas.

La metodología implementada esta basada en los resultados obtenidos en los puntos anteriores 4.1 y 4.2.

Específicamente se utilizaran los resultados obtenidos en Viabilidad y fecundidad de gametos, grado de madurez gonadal y capacidad de desplazamiento en arena. Además se incorporaran antecedentes de las experiencias internacionales para realizar re poblamiento en bancos naturales a modo de establecer un precedente de la dificultad de establecer asentamiento.

4.2.e Posibles competidor y depredadores, de llegar a generarse asentamientos de abalones.

Con el objeto de dar respuesta a la identificación de competidores por alimento y depredadores del abalón ante un eventual asentamiento de éstos, post-escape al medio natural, se realizaron las siguientes experiencias:

Competencia por alimento

Para evaluar el consumo de alimento de organismos marinos herbívoros, potencialmente competitivos con respecto al abalón rojo (*Haliotis rufescens*), se realizaron 2 tipo de pruebas con erizos negros (*Tetrapigus niger*), y erizos rojos (*Loxechinus albus*.)

El abalón juvenil y adulto de *H. rufescens* se alimenta de macroalgas pardas laminariales (*Macrocystis Sp.*), las mismas especies con las cuales se alimenta el Erizo que se encuentra presente en las costas de la III y IV Regiones. Por tanto se realizaron experiencias de consumo y competencia por alimento, entre estas dos especies, en estanques en tierra que dispone la Universidad Católica del Norte (UCN) en sus unidades de cultivo de abalón en Coquimbo.

Prueba 1 Consumo

Se seleccionaron 10 individuos de cada una de las especies antes mencionadas, de tallas determinadas como juveniles, en el caso de los erizos se registró el diámetro basal y en los abalones se registró longitud de concha, mediante un pie de metro digital. Luego se registró el peso total de cada uno de los grupos con una balanza analítica.

Cada grupo fue confinado a un sistema de cultivo (canastos de malla jardinera con refugios de PVC en su interior, (Figura 30) en un estanque rectangular con flujo continuo de agua de mar



Figura 30: Canasto-refugio para erizo negro (*Tetrapigus Níger*).

Estos animales fueron alimentados con macroalga (*Macrocystis Sp.*) en iguales condiciones, con el equivalente a un 15% del peso total del batch (lote) registrándose el consumo diario de alimento durante la semana

Esta experiencia final se dividió en tres periodos de consumo se realizó mensualmente entre los meses de junio, septiembre y enero, con la finalidad de ver variación de consumo con estación asociados también al cambio en las temperaturas del SW.



Prueba 2 Competencia

Para probar el grado de competencia que existe por el alimento al igual que en la prueba anterior se utilizaron 10 juveniles de las especies *Haliotis rufescens*, *Tetrapigus niger*, y *Loxechinus albus*., los cuales fueron muestreados midiendo su diámetro basal en el caso de los erizos y la longitud de concha en el caso de los abalones utilizando un pie de metro digital.

La experiencia consistió en la observación del comportamiento de estas tres especies enfrentadas al mismo alimento, para lo cual se acondiciono un estanque rectangular 3mts largo x 1,0 mts de ancho con flujo de SW continuo y refugios (Figura 31), en el cual en un extremo se instalo un comedero que contenía algas pardas, el estanque fue marcado cada 50cm para registrar el desplazamiento de los individuos.

Se registro el comportamiento cada 2 horas por un lapso de 24 hrs, las variables observadas fueron las siguientes

- ✓ **% de individuos desplazados:** Se registro cada 2 horas el avance de los individuos por especie hasta el comedero.

- ✓ **Posición con respecto a las otras especies frente al alimento:** Se registro la observación de este parámetro cada 2 horas con cuatro posibles variantes a) Abalones lejos del alimento y sin compañía; b) Abalon sobre el alga y con especies cercanas; c) Abalon desplazara a su competidor; d) El competidor (erizos cualquiera de las dos especies) desplazara al Abalón.

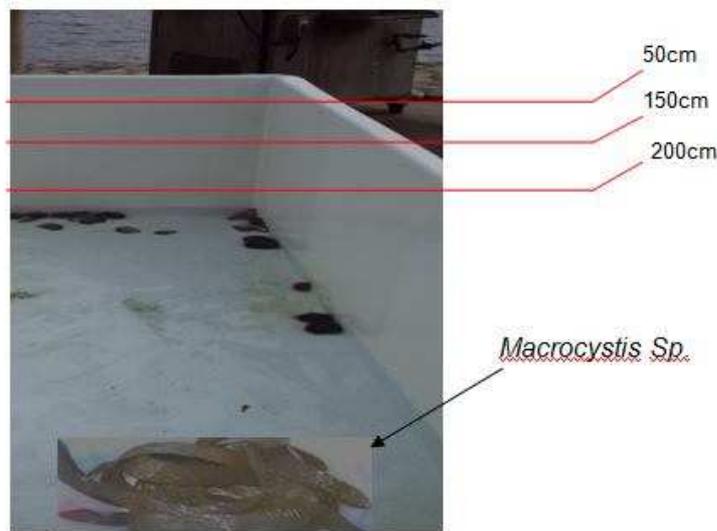


Figura 31: Estanque para prueba de competencia por alimento

Las experiencias fueron realizadas con temperaturas ambiente considerando tallas juveniles de las tres especies, el tipo de fondo a utilizar fue el del estanque ya que en un fondo arenoso no existe movimiento del abalón como fue probado en las pruebas de desplazamiento. Cabe señalar que antes de iniciar cada prueba los individuos fueron sometidos a un día de ayuno para enfrentarlos en iguales condiciones ante su alimento. Todas las pruebas se comenzaron al atardecer. (20Hrs), la cantidad de alimento a suministrar se estandarizó en un peso de 15% total del peso de los individuos

Depredación potencial

Se hace una revisión de la macro y microfauna acompañante en las bahías estudiadas a con el fin de obtener una visión general de su entorno y potenciales depredadores no identificados como tales. En cuanto a pruebas realizadas en terreno con depredadores, en los estanques de cultivo del Centro de Cultivo de la Universidad en Coquimbo (UCN) se hicieron experiencias de depredación sobre el abalón con los siguientes recursos los cuales están presentes en las costas de la III y IV Regiones: Estrella de mar, Loco, Jaiba y Vieja.

Las actividades desarrolladas en estanques de cultivo se realizaron las siguientes actividades:

- En un estanque rectangular de HDPE de 0,6 m³ de volumen (2,5 * 0,91 * 0,26 m), fue dividido en tres canastos iguales con dimensión 0,8 * 0,8 m (Figura 30), los cuales fueron inundados con una columna de agua de mar de 0,10 m, con flujo continuo y tasa de renovación de 100% por cada hora.
- Posteriormente se introdujeron 10 abalones rojo en cada uno de los canastos (en total 30 animales de una talla promedio entre 20 y 30 mm, equivalentes a una edad de 1 a 1,5 años), para lo cual se midió su longitud por medio de un pie de metro digital y su peso con una balanza analítica digital (Figura 32).



Figura 32: Estanque para pruebas de depredación sobre abalón.

- En cada uno de los canastos se introdujeron especies carnívoras que puedan representar riesgo de depredación sobre los ejemplares de abalón éstas fueron (Figura 33):

- Canasto N° 1: 3 ejemplares de Jaiba peluda (*Cancer Setosus*)
- Canasto N° 2: 5 ejemplares de Estrella de mar (*Meyenaster gelatinosus*)
- Canasto N° 3: 5 ejemplares de Loco (*Concholepas concholepas*)



Figura 33: recursos carnívoros: A) Jaiba B) Estrella de mar, y C) Loco.

- Una vez dentro de los canastos los ejemplares de abalón (presa potencial) y los animales carnívoros (depredador potencial), se procedió a observar las reacciones, registrar los sucesos y medir tiempos de mortalidad.
- Finalmente, con los datos de tiempo-mortalidad, luego de varios sucesos, se espera determinar una probabilidad de sobrevivencia y con ello la factibilidad de asentamiento.

4.2.f Proponer distancia mínima entre centros de cultivo de abalón monosexo que minimice la fecundación de gametos de abalones que hayan escapado de un sistema de cultivo en el mar.

Para proponer las distancias entre centro de cultivo de abalón monosexo que minimice la fecundación, se han caracterizado ambientalmente de las principales bahías de la III y IV Regiones, en donde se pudiera realizar cultivo de esta especie. Para cumplir con este objetivo se consideró una “Serie de tiempo de las corrientes, Serie de tiempo de vientos y una modelación de deriva de gametos o larvas en las bahías Tongoy-Guanaqueros e Inglesa, cuya metodología fue expuesta en 4.2c.

Además se consideró la viabilidad de los gametos y de larvas de abalón. Según la metodología expuesta en el punto 4.1.a

4.2.g Factibilidad que biofactores naturales del medio marino induzcan a desoves espontáneos, fijaciones y sobrevivencia.

Para evaluar los biofactores que pudiesen estar asociados a desoves espontáneos, fijaciones y sobrevivencia se realizaron pruebas con individuos que pudiesen interactuar en mayor porcentaje con un cultivo suspendido de abalón.

Desoves Espontáneos

Para evaluar si hay inducción al desove cruzada se utilizaron abalones en estado gonádico IG=3, sometiéndolos a el protocolo de inducción al desove de ostiones.

Se sometieron a tres hembras reproductoras en estado 3 y tres machos de igual condición al mismo protocolo de desove de ostiones. (Figura 34). Esta prueba fue repetida en tres oportunidades con desoves de ostión realizados en el mes de agosto, septiembre y octubre.



Figura 34: Preparación de experimento Biofactores influencia de desove ostión.

Fijaciones y Sobrevivencia

Diversos estudios indican el posible efecto inductor de este tipo de algas a la fijación de larvas invertebrados marinos, pese a lo anteriormente mencionado en los protocolos de trabajo de los diferentes hatcheries se estipula que para llevar a cabo una exitosa etapa de fijación se deben remover este tipo de algas.

Para probar el efecto inductor de las algas crustosas en el asentamiento de larvas se utilizarán soportes con placas (holder) de policarbonato (Figura 35) con poblaciones de algas crustosas fijadas previamente en estanques de cultivo en la UCN. Luego se evaluará el porcentaje de fijación de larvas de abalón en este tipo de sustrato, se mantendrán placas con *Ulvella* y diatomeas bentónicas para contrastar la muestra. Como control se mantuvo un holder con placas de policarbonato en blanco. Para la obtención de larvas se utilizaran los protocolos de desoves antes descritos (Desoves con protocolo usado en Hatchery UCN)

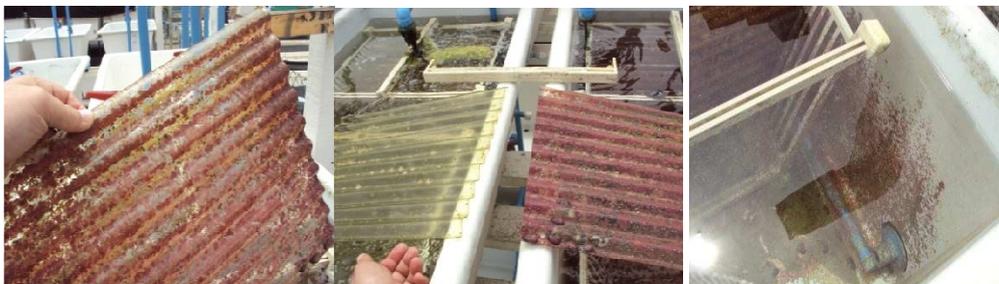


Figura 35: Algas calcáreas en las placas de fijación de abalones.

Cada holder de 24 placas de policarbonato, este será dispuesto en estanques de 500 litros, donde se mantendrán larvas en etapa previa a la fijación. Posteriormente se evaluará el porcentaje de fijación bajo los distintos tratamientos.

Se muestrean diariamente las placas durante siete días para evaluar el porcentaje fijado en cada placa.



4.2.h Evaluar la condición sexual de los individuos considerados como “sexo indeterminado” y determinar la probabilidad de que bajo ciertos parámetros maduren sexualmente y su tiempo asociado a ello.

Este ítems fue evaluado en base a las metodologías de los puntos I (4.1. b y 4.1.c).

📌 Objetivo Específico 4.3: Proponer cambios y/o nuevas normativas, que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad.

Para dar cumplimiento a este objetivo se realizaron dos actividades generales:

Actividad 1:

Análisis de la normativa legal

Se realizó una revisión de la normativa actual con sus puntos más relevantes para el cultivo de abalón

Actividad 2:

Sesiones temáticas para proponer cambios y/o nuevas normativas

Con el fin de generar un consenso que permita proponer cambios a la normativa vigente que englobe todos los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto FIP 2008-33 el Equipo Multidisciplinario a cargo del desarrollo de la investigación para dar cumplimiento a este objetivo realizó un exhaustivo análisis de la normativa vigente que regulariza el ingreso de abalones al mar.

Las actividades se centraron en variadas sesiones de trabajo donde se discutieron los resultados técnicos obtenidos por las diversas aéreas, tales discusiones fueron



plasmadas en una tabla donde se asignó un valor de incidencia a las variables técnicas obtenidas.

Se estableció como valor “1” el que no existiese ninguna posibilidad que el indicador en cuestión se manifieste y el valor “7” es la mayor probabilidad que el indicador se manifieste. Evaluando siempre el medio natural (cultivo en el mar) como escenario de ejecución de las variables. En la tabla IV se muestra los indicadores evaluados

Tabla IV.- Muestra valor arbitrario asignado por los investigadores a las variables estudiadas en las diferentes disciplinas.

	Indicador o variable	VALORES ASIGNADOS						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Madurez Gonadal							
2	Desove							
3	Viabilidad de gametos y Fecundación							
4	Desarrollo Larval							
5	Asentamiento en Fondos blandos (*B)							
6	Asentamiento en Fondos blandos (**O)							
7	Asentamiento en Roca							
8	Viabilidad semillas							
9	Depredadores							

(*) Evaluación desde el punto de vista de la biología de la especie

(**)Evaluación desde el punto de vista oceanográfico



V. RESULTADOS

✚ **Objetivo Específico 4.1: *Evaluación de la normativa vigente en relación a minimizar los riesgos asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.***

4.1.a Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos, en relación a las condiciones oceanográficas de la zona norte.

En la Figura 36 se muestran los resultados obtenidos en los desoves efectuados en el transcurso del proyecto, en cuanto al comportamiento de los reproductores y su reacción al procedimiento de inducción al desove al estar bajo los efectos químicos incorporados al agua de mar. Se puede apreciar que se obtuvieron respuestas positivas de desove sólo cuando hay inducción química (73% en los reproductores tratados con agua de mar filtrada y 51% de los tratados con agua de mar cruda proveniente directamente de la bahía). En cambio en los reproductores que no fueron inducidos, no se produjo desove (ni con agua filtrada o cruda). Lo anterior evidencia que en estado natural es difícil que se produzca un desove y menos aún que se produzca en forma sincronizada entre machos y hembras.

En la Tabla VI se observa el resultado de los desoves realizados en el proyecto; originalmente se tenía programado realizar 4 procesos de desove, pero dado que en septiembre (desove N° 2) no se obtuvo ningún resultado positivo, se adicionó un quinto proceso de desove enero. En la Tabla V se aprecia que existe una relación temperatura del agua y los tiempos de eclosión y asentamiento, siendo más breves cuando la temperatura aumenta; esta es una variable muy importante, como se verá en la discusión, a la hora de considerar posibles desoves espontáneos en forma natural.

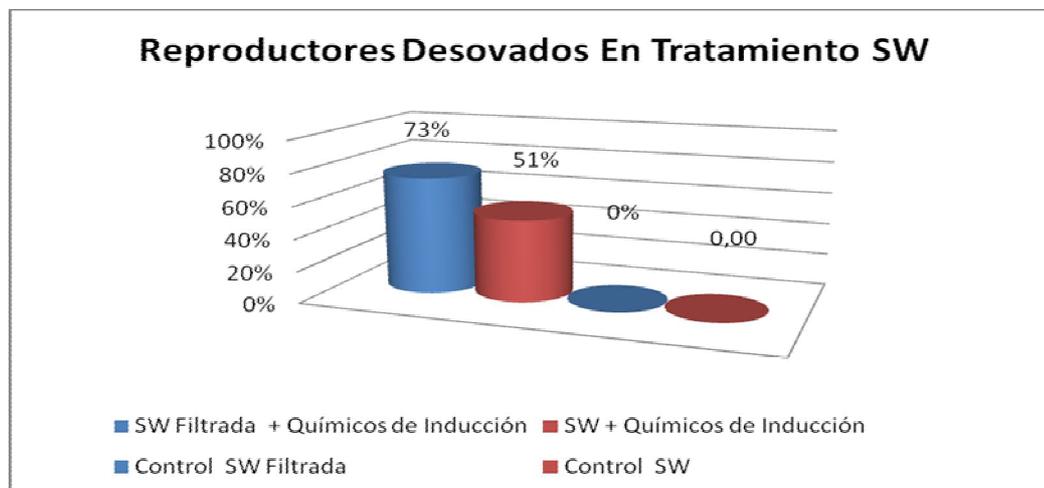


Figura 35. Resultados totales del efecto de la inducción química para el desove.

Tabla V: Resultados de desove (2009-2010) y tiempo de asentamiento de larvas.

Mes	T °C	1ª Adición de Inductor a ♂	Hr. de evacuación gametos	Eclosión (Hr)	Velígera (Hr)	Asentamiento (Días)
Jul	AF*=12,0 AC**=12,0	1 Hr después de ♀	♀ y ♂ 2 a 3 Hr después 1ª adición del inductor	23	>30	8
Sep	AF=13,0 AC=13,5	1 Hr después de ♀	♀ y ♂ no evacuaron			
Oct	AF=13,1 AC=13,5	1 Hr después de ♀	♀ y ♂ evacúan 2Hr después de 2ª adición del inductor	20	22	7
Dic	AF=14,7 AC=14,8	½ Hr después de ♀	♀ y ♂ evacúan con 10 min. de desfase	16	20	6
Ene	AF=16,3 AC=16,4	½ Hr después de ♀	♀ y ♂ evacúan con 2 a 3 min. de desfase	16	19	5

* AF = Agua de mar filtrada

** AC = Agua de mar cruda



En la Tabla VI y Tabla VII se muestran los porcentajes de fecundidad de cada desove bajo ambos tratamientos con agua de mar filtrada y agua de mar cruda.

Tabla VI: Resultados de fecundación Desove Agua de Mar filtrada
(2009-2010)

Fecundidad Gametos Agua Filtrada			
Promedio			95%
Desv			0,01
Desove	Ovocitos Desovados	Ovocitos Fecundados	% Fecundidad
1	13.470.000	13.040.531	96,8%
2	No hubo desove	-	-
3	5.440.000	5.186.667	95,3%
4	10.670.000	10.031.650	94,0%
5	12.600.000	11.926.667	94,7%



Tabla VII: Resultados de fecundación Desove Agua de Mar ningún tipo de filtración (2009-2010)

Fecundidad Gametos Agua Directo de la Bahía			
Promedio			90%
Desv			0,02
Desove	Ovocitos Desovados	Ovocitos Fecundados	% Fecundidad
1	8.690.000	7.965.438	91,7%
2	-----	-----	-----
3	3.770.000	3.406.667	90,4%
4	7.100.000	6.319.939	89,0%
5	7.760.000	6.798.200	87,6%

Después de la fertilización de los ovocitos y del posterior desarrollo larval, se controló diariamente el porcentaje de sobrevivencia larval, cuyo resultado se observa en las Figuras 37 a 40. Cabe mencionar que en la nomenclatura usada en los gráficos se toma asigna la sigla SW en referencia al agua de mar indistintamente sea filtrada o cruda.

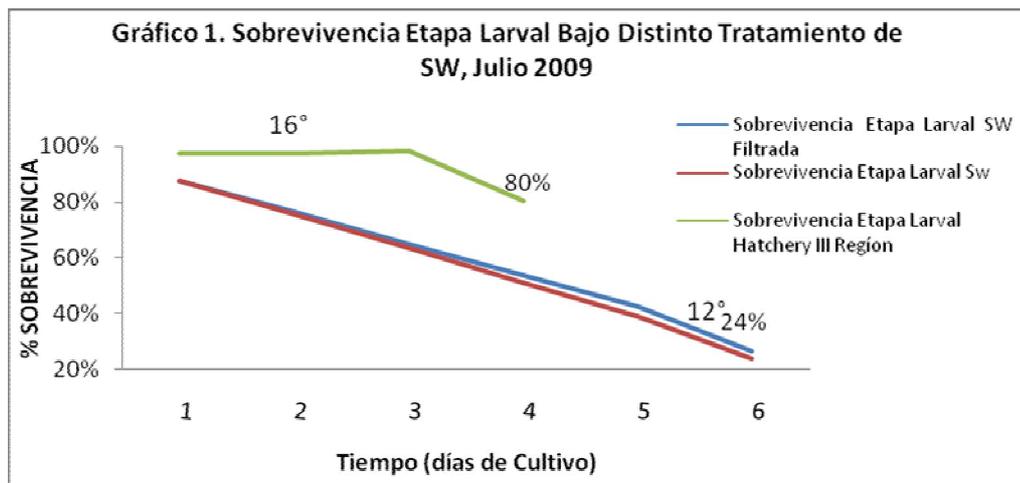


Figura 37: Sobrevivencia larval primer desove de *H. rufescens* (julio/2010).

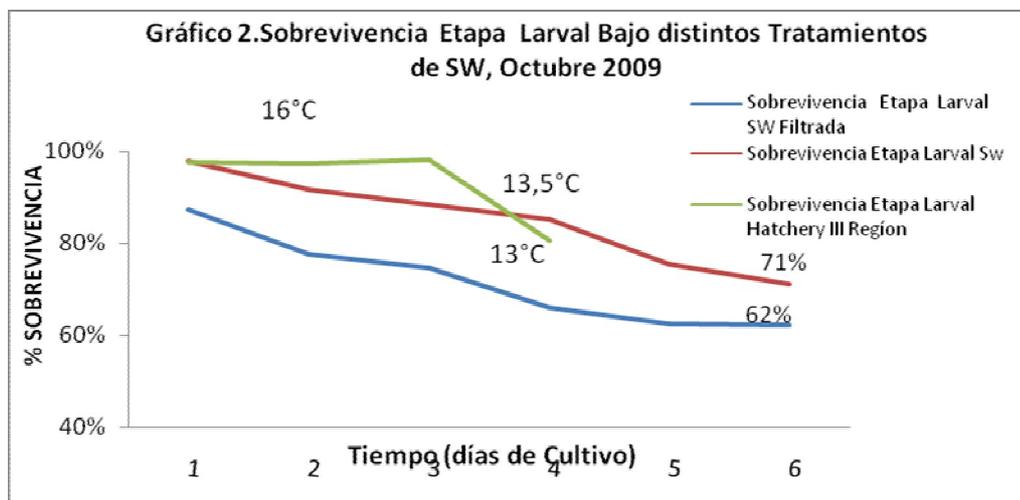


Figura 38: Sobrevivencia larval tercer desove de *H. rufescens* (octubre/2010).

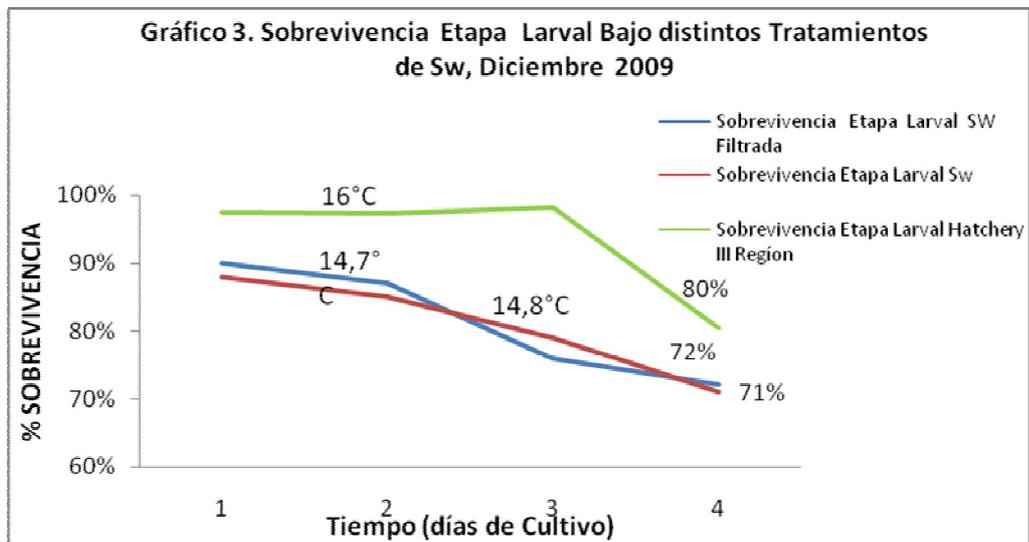


Figura 39: Supervivencia larval cuarto desove de *H. rufescens* (diciembre/2010).

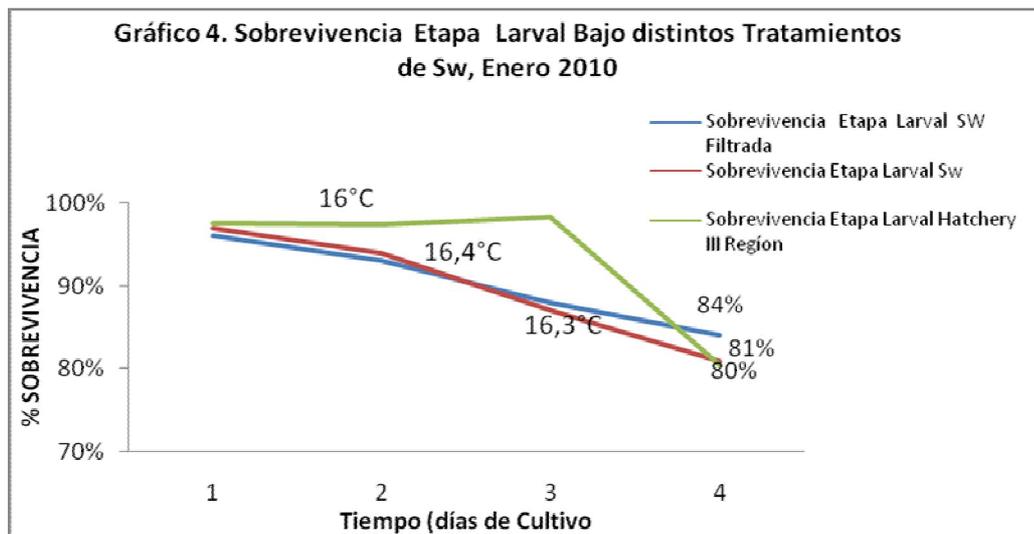


Figura 40: Supervivencia larval quinto desove de *H. rufescens* (enero/2010).

En relación a la sobrevivencia y asentamiento larval post-desove los resultados obtenidos se muestran en las figuras 37 a 40. Se utilizaron tres tipos de sustratos diferentes: arena, roca y placa de policarbonato; al mismo tiempo se empleo dos tratamientos de agua: cruda (directa de la bahía) y filtrada (50 micras). En todas las pruebas se utilizó una cantidad equivalente de larvas.

En el sustrato de arena (Figura 41), con agua cruda la sobrevivencia larval fue de sólo un 0,1% al octavo día, no se produjo asentamiento y se obtuvo 0% de sobrevivencia al término de la tercera semana. Con agua filtrada, luego de una semana la sobrevivencia fue sólo un poco superior al agua cruda (0,5%), tampoco se produjo asentamiento y se obtuvo 0% de sobrevivencia al término de la quinta semana.

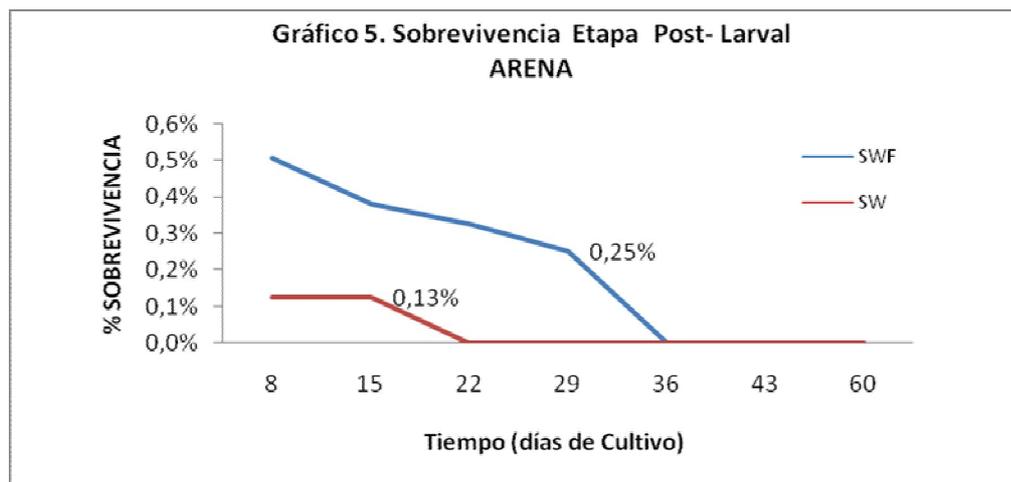


Figura 41: Asentamiento y sobrevivencia larval de *H. rufescens* en sustrato de arena.

En el sustrato de roca (Figura 42), se logró una baja sobrevivencia aunque superior al sustrato de arena; en este sustrato se alcanzó un asentamiento de 0,27% con agua cruda y un 0,61% con agua filtrada.

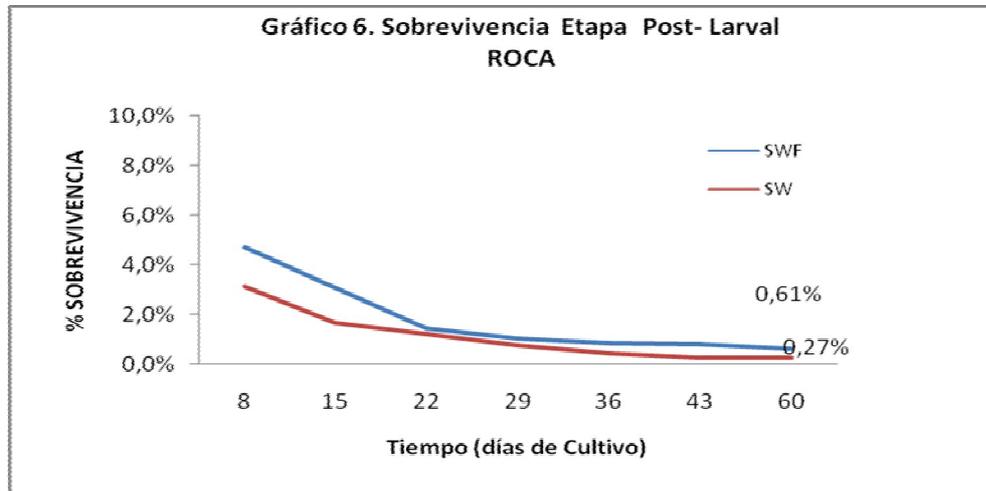


Figura 42: Asentamiento y supervivencia larval de *H. rufescens* en sustrato de roca.

En el sustrato de policarbonato (Figura 43), con el tipo de placas utilizado en los hatcheries de cultivos intensivos comerciales, con agua cruda se obtuvo una supervivencia y asentamiento de sólo 0,61% y con agua filtrada el nivel alcanzado es fue de 2,0%.

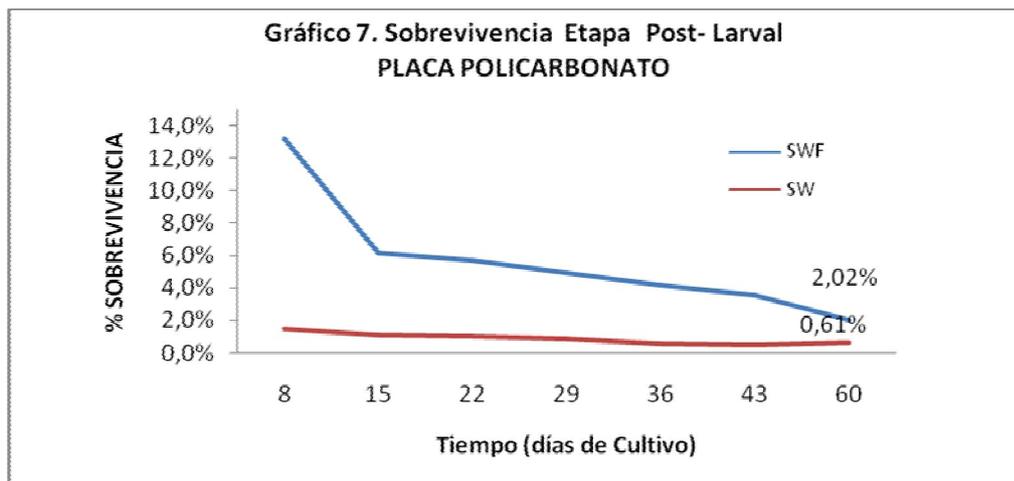


Figura 43: Asentamiento y supervivencia larval de *H. rufescens* en sustrato de policarbonato.



4.1.b Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos, por talla, comparando los ejemplares cultivados industrialmente en el mar con los ejemplares cultivados en sistemas en tierra.

Tal como se señalara en la metodología no se pudo establecer un muestreo permanente para comparar la medición del grado de madurez gonadal entre un sistema en estanques y otro suspendido, a causa de que actualmente las empresas no están cultivando en sistemas en el mar debido - entre otros - a la dificultad y costo del sistema de sexaje. Sólo Pesquera Camanchaca - en Caldera - tiene animales en sistema suspendido, pero éstos permanecen allí hace bastante tiempo (en un sistema de tambores) y que ya han alcanzado tallas entre 85 y 120 mm, los que no se pueden comparar con los existentes en los estanques de la UCN en Coquimbo y utilizados para esta experiencia porque son de tallas menores.

Por la razón anterior se aprovechó la extracción de animales (entendiendo que todas debían ser hembras) del sistema suspendido en Caldera para ser utilizados para el análisis patológico y junto con ello se observó la talla, peso, sexo y grado de madurez gonadal. Al mismo tiempo – a fin de comparar el desarrollo gonadal – se hizo un muestreo aleatorio paralelo de animales (en este caso aleatoriamente hembras y machos), desde estanques de cultivo en tierra que tuviesen tallas similares a las muestreadas en el sistema suspendido. Se realizaron dos muestreos (julio y noviembre).

Como el objetivo es comparar el grado de madurez gonadal del abalón en mar con el cultivado en tierra, se utilizó el índice gonadal (IG) como indicador efectivo del grado de madurez. Hay diferentes formas de medir el IG, en la Figura 4 (pág. 11) se representó la escala más simplificada y a continuación se señala una escala con mayor precisión y que corresponde a la utilizada en los muestreos industriales y empleada en el presente análisis:



-
- ⇒ **SG** : Sin gónada o sin desarrollo de masa gonadal y sólo es visible el hepatopáncreas (también se denomina Sp = Sin presencia).
- ⇒ **IG = 0** : Existe presencia incipiente de masa gonadal, pero que normalmente se clasifica como “Indeterminado”. Rara vez se logra distinguir, pero cuando ello ocurre existe una alta probabilidad de error. Corresponde a un estado gonadal aún inmaduro.
- ⇒ **IG = 1** : Presencia de masa gonadal en vía de desarrollo y es posible distinguir el sexo con un mínimo grado de certidumbre. Corresponde a un estado gonadal aún inmaduro.
- ⇒ **IG = 2** : La masa gonadal está más desarrollada, pero aún no alcanza los bordes de la concha. Se distingue el sexo, pero en algunos casos aún con grado de incertidumbre (especialmente en hembras). Estado gonadal en primer nivel de madurez de competencia para desove.
- ⇒ **IG = 3** : Masa gonadal plenamente desarrollada que ocupa todo el espacio periférico de la concha e incluso rebasa a ésta. El animal ha alcanzado su máximo grado de madurez y está en un nivel competente para un desove exitoso.

La Tabla VIII y Figura 44 muestran el resultado del muestreo comparativo realizado en els de julio entre ambos sistemas:

Tabla VIII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en III Región, Julio 2009.

Nivel IG	Suspendidos en mar (sólo hembras) Entre 85 y 120 mm	Estanques en tierra (machos y hembras) Entre 95 y 119 mm
0	27,1 %	34,4 %
1	21,9 %	29,2 %
2	36,5 %	16,7 %
3	14,6 %	19,8 %
Tamaño muestra	96	96

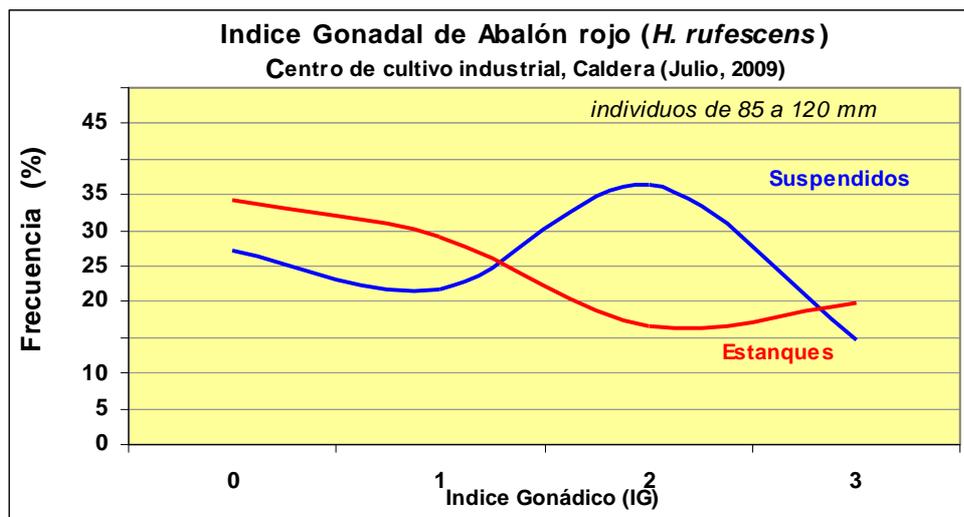


Figura 44: Nivel de índice gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), comparando sistema suspendido en mar con sistema de estanques en tierra, en centro de cultivo industrial en Caldera (III Región, Julio 2009).

Se realizó un test Anova de una vía donde no hay una diferencia estadísticamente significativa ($P = 1.000$).

La Tabla IX y Figura 45 muestran el resultado del muestreo comparativo realizado en el mes de julio entre ambos sistemas:

Tabla IX: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en III Región, Noviembre 2009.

Nivel IG	Suspendidos en mar (sólo hembras) Entre 88 y 120 mm	Estanques en tierra (machos y hembras) Entre 75 y 109 mm
0	27,1 %	42,7 %
1	25,0 %	28,1 %
2	37,5 %	19,8 %
3	10,4 %	9,4 %
Tamaño muestra	96	96

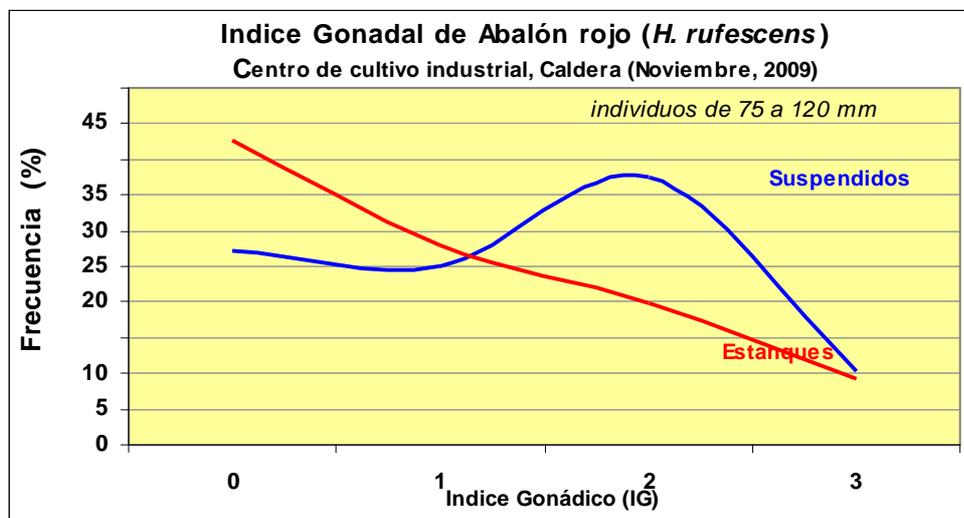


Figura 45: Nivel de índice gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), comparando sistema suspendido en mar con sistema de estanques en tierra, en centro de cultivo industrial en Caldera (III Región, Noviembre 2009).

Se realizó un test Anova de una vía donde no hay una diferencia estadísticamente significativa ($P = 1.000$). Test Normalidad ($P = 0,703$), Equal Variance Test ($P = 0,576$)



Dado que la muestra realizada en los estanques arrojó individuos más pequeños, a modo de comparación las Tablas X (Julio) y XI (Noviembre) muestran el resultado porcentual de individuos mayores o iguales a 100 mm, tanto en mar como en estanques.

Tabla X: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en III Región, Julio 2009, de individuos mayor o igual a 100 mm.

Nivel IG	Mar (sólo hembras) ≥100 mm	Estanques (hembras) ≥100 mm	Estanques (machos) ≥100 mm	Estanques (machos y hembras) ≥100 mm
0	22,7 %	33,3 %	38,2 %	35,2 %
1	25,0 %	19,3 %	44,1 %	28,6 %
2	36,4 %	21,1 %	8,8 %	16,5 %
3	15,9 %	26,3 %	8,8 %	19,8 %
muestra	44	57	34	91

Tabla XI: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en III Región, Noviembre 2009, de individuos mayor o igual a 100 mm.

Nivel IG	Mar (sólo hembras) ≥100 mm	Estanques (hembras) ≥100 mm	Estanques (machos) ≥100 mm	Estanques (machos y hembras) ≥100 mm
0	16,4 %	72,7 %	33,3 %	64,3 %
1	23,9 %	27,3 %	66,7 %	35,7 %
2	44,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
3	14,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
muestra	67	11	3	14



4.1.c Grado de madurez gonadal en que se encuentran los abalones en los centros de cultivo de la zona norte y determinar hasta que etapa es factible mantenerlos en un cultivo abierto con la finalidad de evitar desoves espontáneos.

Del muestreo realizado tanto en el Centro de cultivo experimental de la UCN en Coquimbo (período abril/2009 a enero/2010) como en el Centro de cultivo industrial de Pesquera Camanchaca en Caldera (período junio/2009 a enero/2010), el resumen de los resultados de la frecuencia promedio de desarrollo gonadal se muestra en las Tablas XII a XXIV

Tabla XII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en III y IV Regiones.

Nivel IG	III Región (Caldera, Camanchaca) Entre 30 y 70 mm Jun/09 – Ene/10 n = 700	IV Región (Coquimbo, UCN) Entre 30 y 65 mm Abr/09 – Ene/10 N = 840
Sg	42,2 %	44,9 %
0	44,6 %	37,7 %
1	9,5 %	17,3 %
2	3,5 %	0,1 %
3	0,2 %	0,0 %
Total (%)	100	100



Tabla XIII: Frecuencia promedio mensual de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en Centro de cultivo comercial de Pesquera Camanchaca, Caldera (III Región).

mes	Grado madurez gonadal (IG, n = 700)				
	Sg	0	1	2	3
Jun	37,5	53,8	2,5	5,0	1,3
Jul	50,0	36,3	13,8	0,0	0,0
Ago	33,3	55,6	3,3	7,8	0,0
Sep	44,4	35,6	13,3	6,7	0,0
Oct	33,3	52,2	11,1	3,3	0,0
Nov	42,2	45,6	10,0	2,2	0,0
Dic	52,2	43,3	4,4	0,0	0,0
Ene	44,4	34,4	17,8	3,3	0,0

Tabla XIV: Frecuencia promedio mensual de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*), en muestreos en Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región).

mes	Grado madurez gonadal (IG, n = 840)				
	Sg	0	1	2	3
Abr	64,0	36,0	0,0	0,0	0,0
May	58,0	32,0	10,0	0,0	0,0
Jun	45,0	36,3	18,8	0,0	0,0
Jul	48,8	20,0	30,0	1,3	0,0
Ago	37,5	32,5	30,0	0,0	0,0
Sep	37,5	38,8	23,8	0,0	0,0
Oct	37,5	48,8	13,8	0,0	0,0
Nov	50,0	31,3	18,8	0,0	0,0
Dic	37,5	43,8	18,8	0,0	0,0
Ene	25,0	60,0	15,0	0,0	0,0



Tabla XV: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial de Pesquera Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.

Talla (mm)	Grado madurez gonadal (IG, n = 700)				
	Sg	0	1	2	3
30	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	60,0	40,0	0,0	0,0	0,0
50	8,8	81,3	5,0	3,8	1,3
55	0,0	91,3	6,3	2,5	0,0
60	0,0	71,3	26,3	2,5	0,0
65	0,0	68,6	15,7	15,7	0,0
70	0,0	52,9	37,1	10,0	0,0

Tabla XVI: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (IG) de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.

Talla (mm)	Grado madurez gonadal (IG, n = 840)				
	Sg	0	1	2	3
10	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	85,0	15,0	0,0	0,0	0,0
45	40,0	49,0	11,0	0,0	0,0
50	4,0	75,0	20,0	1,0	0,0
55	6,0	65,0	29,0	0,0	0,0
60	2,0	54,0	44,0	0,0	0,0
65	0,0	59,0	41,0	0,0	0,0



Tabla XVII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal (Sin gónada e Indeterminado) de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial de Pesquera Camanchaca, Caldera (III Región) y Centro de cultivo experimental UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.

Talla (mm)	Camanchaca (III) n = 700		UCN (IV) n = 840	
	Sin gónada (%)	Indeterminado (%)	Sin gónada (%)	Indeterminado (%)
10	100,0	0,0	100,0	0,0
20	100,0	0,0	100,0	0,0
30	100,0	0,0	100,0	0,0
35	100,0	0,0	100,0	0,0
40	100,0	0,0	94,0	3,0
45	60,0	37,5	40,0	48,0
50	8,8	58,8	4,0	69,0
55	0,0	52,5	6,0	57,0
60	0,0	37,5	2,0	47,0
65	0,0	35,7	0,0	48,0
70	0,0	24,3		

Tabla XVIII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.

Talla (mm)	HEMBRAS: Grado madurez gonadal (IG, n = 102 / 700)			
	0	1	2	3
30	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0
50	62,5	12,5	18,8	6,3
55	72,2	16,7	11,1	0,0
60	50,0	46,2	3,8	0,0
65	50,0	25,0	25,0	0,0
70	38,5	46,2	15,4	0,0



Tabla XIX: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Machos de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.

Talla (mm)	MACHOS: Grado madurez gonadal (IG, n = 112 / 700)			
	0	1	2	3
30	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
45	100,0	0,0	0,0	0,0
50	80,0	20,0	0,0	0,0
55	90,0	10,0	0,0	0,0
60	58,3	37,5	4,2	0,0
65	51,7	24,1	24,1	0,0
70	37,0	51,9	11,1	0,0

Tabla XX: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.

Talla (mm)	HEMBRAS: Grado madurez gonadal (IG, n = 85 / 840)			
	0	1	2	3
10	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	100,0	0,0	0,0
50	33,3	66,7	0,0	0,0
55	50,0	50,0	0,0	0,0
60	36,4	63,6	0,0	0,0
65	20,0	80,0	0,0	0,0



Tabla XXI: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Machos de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.

Talla (mm)	MACHOS: Grado madurez gonadal (IG, n = 94 / 840)			
	0	1	2	3
10	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0
45	14,3	85,7	0,0	0,0
50	8,3	83,3	8,3	0,0
55	0,0	100,0	0,0	0,0
60	3,4	96,6	0,0	0,0
65	22,2	77,8	0,0	0,0

Tabla XXII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.

Talla (mm)	HEMBRAS: Grado madurez gonadal (IG, n = 68 / 150)			
	0	1	2	3
70	20,0	60,0	20,0	0,0
75	62,5	25,0	12,5	0,0
80	13,3	53,3	26,7	6,7
85	18,8	43,8	25,0	12,5
90	31,6	26,3	36,8	5,3



Tabla XXIII: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Machos de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.

Talla (mm)	MACHOS: Grado madurez gonadal (IG, n = 34 / 150)			
	0	1	2	3
70	50,0	50,0	0,0	0,0
75	25,0	37,5	37,5	0,0
80	33,3	66,7	0,0	0,0
85	14,3	42,9	28,6	14,3
90	37,5	50,0	12,5	0,0

Tabla XXIV: Frecuencia promedio de desarrollo gonadal en Hembras y Machos de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período nov/09 a ene/10.

Talla (mm)	HEMBRAS + MACHOS: Índice gonadal (IG, n = 102 / 150)			
	0	1	2	3
70	33,3	55,6	11,1	0,0
75	43,8	31,3	25,0	0,0
80	16,7	55,6	22,2	5,6
85	17,4	43,5	26,1	13,0
90	33,3	33,3	29,6	3,7

A continuación se muestran las curvas talla madurez, es decir, los índices gonádicos alcanzados en detalle del muestreo realizado en las experiencias descritas.

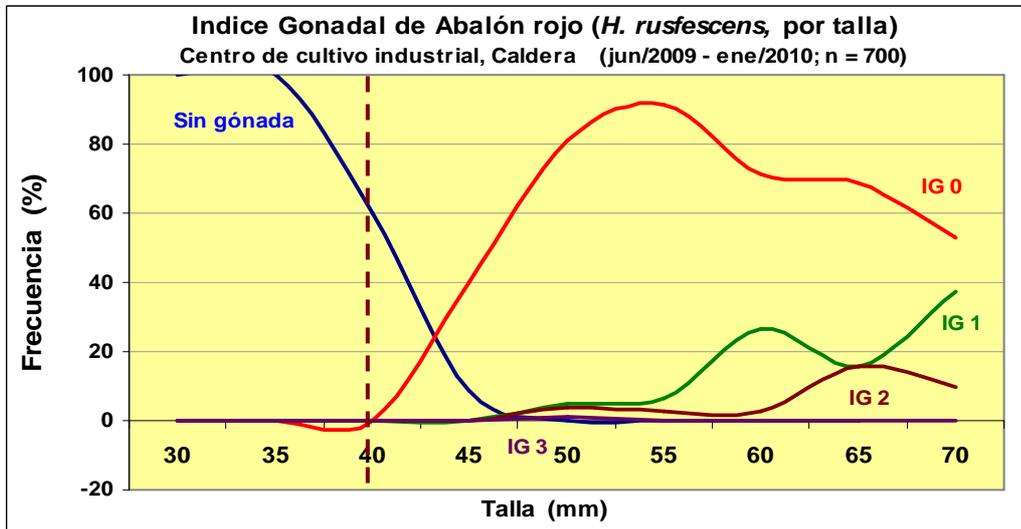


Figura 46: Evolución índice gonadal (IG) por talla en Abalón rojo (*H. rufescens*), en centro de cultivo industrial en tierra en Caldera (III Región, jun/2009 – ene/2010).

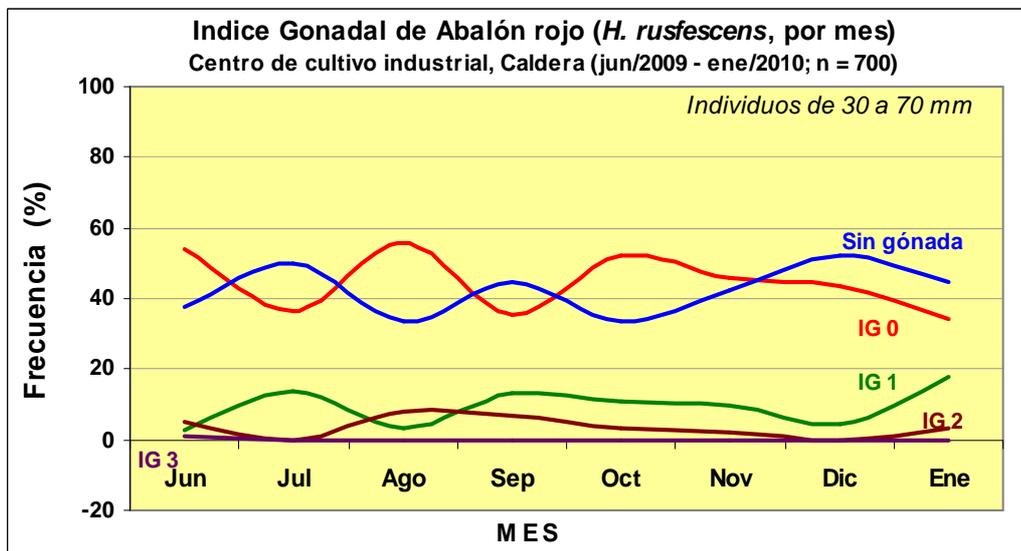


Figura 47: Evolución índice gonadal (IG) mensual en Abalón rojo (*H. rufescens*), en centro de cultivo industrial en tierra en Caldera (III Región, jun/2009 – ene/2010).

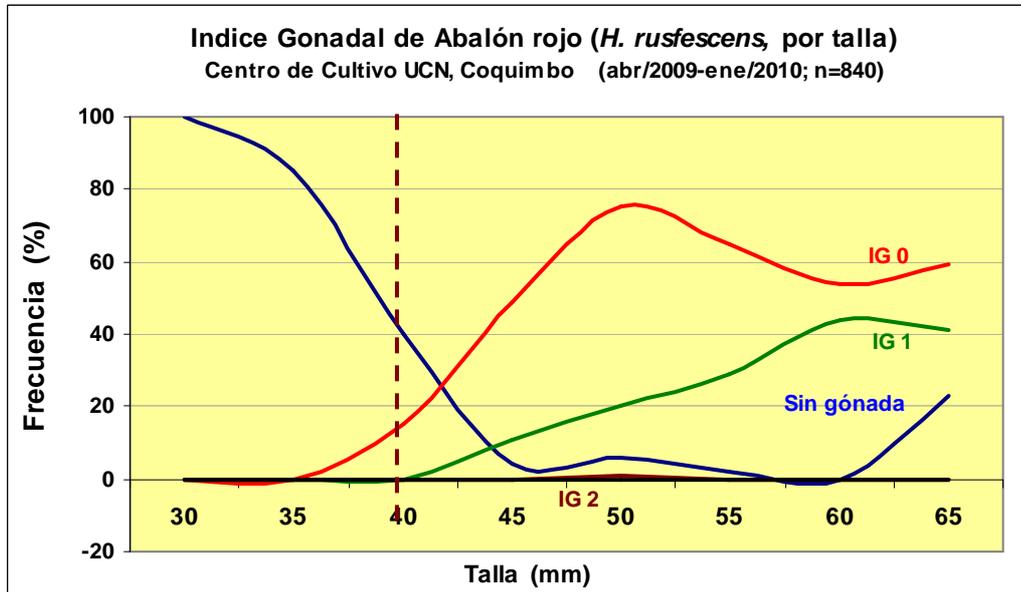


Figura 48: Evolución índice gonadal (IG) en Abalón rojo (*H. rufescens*), por talla, en centro de cultivo en tierra en Coquimbo (IV Región, abr/2009 – ene/2010).

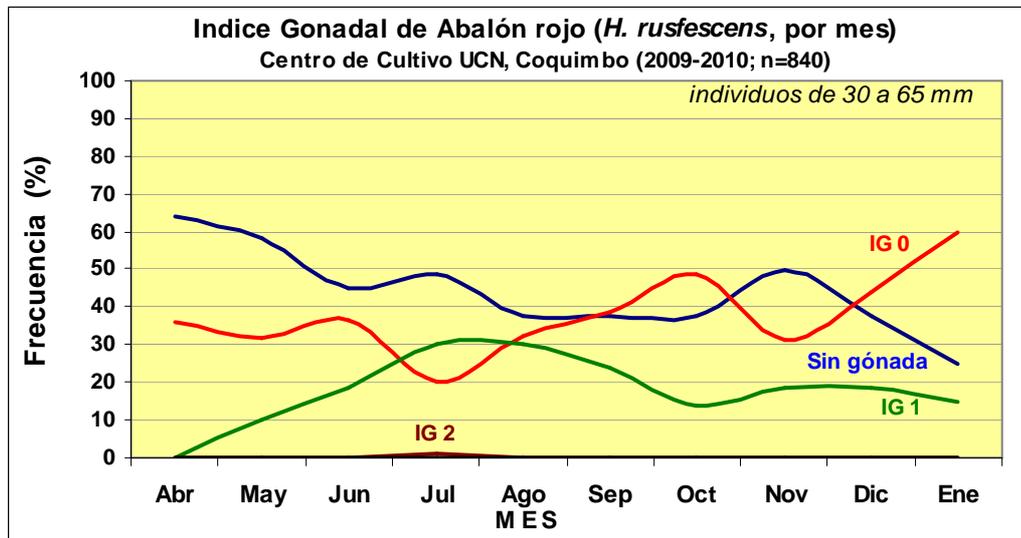


Figura 49: Evolución índice gonadal (IG) en Abalón rojo (*H. rufescens*) mensual, en centro de cultivo en tierra en Coquimbo (IV Región, abr/2009 – ene/2010).

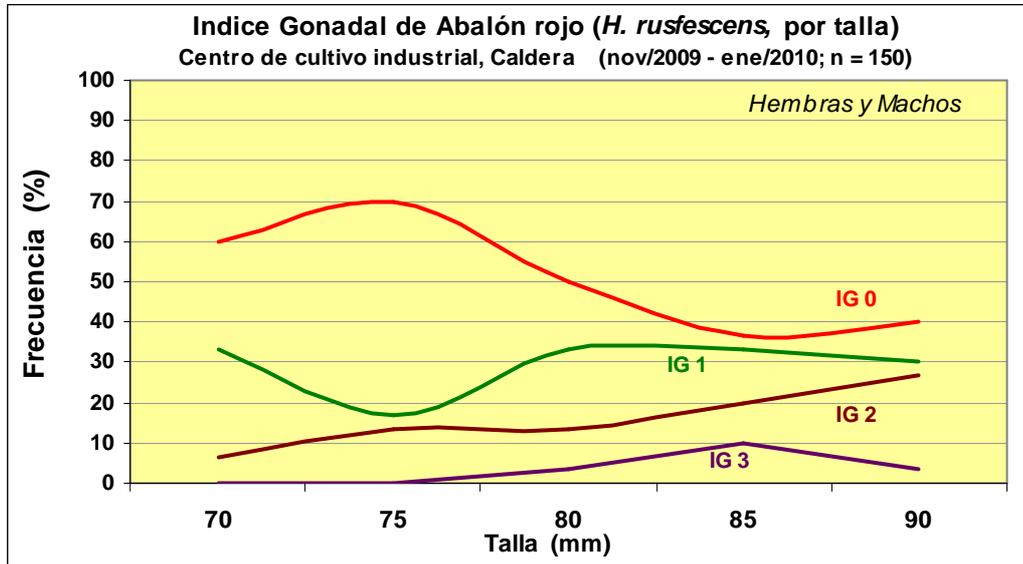


Figura 50: Evolución índice gonadal (IG), en tallas mayores a 70 mm, en Abalón rojo (*H. rufescens*), en centro de cultivo industrial en tierra en Caldera (III Región, nov/2009 – ene/2010).

4.1.d Cuantificar, en relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y el espacio disponible, la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las Resolución (SUBPESCA) N° 231 de 2005 y N° 2820 de 2006.

Revisión Actual de Áreas Autorizadas para el Ejercicio de la Acuicultura (AAA)

Considerando que las A.A.A., son todos aquellos espacios geográficos fijados según el artículo 67 de la Ley General de Pesca y Acuicultura sobre bienes nacionales de uso público, mediante la debida consulta a los organismos encargados de los usos alternativos de esos terrenos o aguas, en los cuales el Estado está facultado para recibir y tramitar solicitudes de concesión de acuicultura. Donde sus características se definen como:



-
- Las A.A.A. no son excluyentes, pudiendo desarrollarse en su interior otras actividades, tales como turismo, concesiones marítimas, áreas de manejo, etc.
 - Al interior de las A.A.A. es posible solicitar concesiones de acuicultura de playa, terrenos de playa, porción de agua y fondo y de rocas.
 - Las A.A.A. pueden ser modificadas o desafectadas de acuerdo al mismo procedimiento mediante el cual éstas fueron fijadas.
 - Las A.A.A. quedan a disposición de los usuarios a partir del momento en que el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, publica en el Diario Oficial el respectivo Decreto Supremo (M), previa toma de razón de la Contraloría General de la República.
 - Las A.A.A. vigentes en aguas marítimas, fueron fijadas por región, utilizando como referencia cartas náuticas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

Áreas Autorizadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA) III Región

- Caleta flamenco
- Puerto Chañaral de las Animas
- Caleta Barquito
- Caleta Peña Blanca
- Bahía Copiapó
- Caleta Apolillado
- Caleta Barranquillas
- Caleta Herradura
- Caleta Chañaral y Ensenada Gaviota
- Puerto Carrizal Bajo
- Puerto Huasco
 - Sector Desembocadura Rio Huasco
 - Península Guuacolda a Punta Mariposa



- Puertos Caldera, Calderilla y Bahía Inglesa.
 - Sector Punta Fuerte A Islote Ramada
 - Playa Blanca
 - Punta zorro a Punta Caldera
 - Saco Puerto Calderilla
 - Punta Morro a Punta Ester
 - Weste Punta Morro
- Caleta del Medio
 - Sector Norte de Arrecife weevil
 - Noreste Punta Nunwick

Áreas Autorizadas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA) IV Región.

- Bahía Choros e Islas adyacentes
 - Isla gaviota
- Caleta Cruz Grande y Tinajas
 - Caleta Tinajas Punta Medanitos
 - Punta Mostacilla
- Caleta Totalillo
- Caleta los Hornos
- Bahías Coquimbo y Herradura de Guayacan
- Punta Poroto a Punta Lengua de Vaca
 - Sector Punta Teatinos
- Bahía Guanaquero
 - Sector Bahía Guanaqueros
- Bahía Tongoy
 - Sector Norte Bahía Barnes
 - Este Puerto Tongoy
 - Bahía Tongoy
 - Sur Península Tongoy (Hatchery)
- Caleta Cierra
- Caleta Huentelauquen



- Rada Chigualoco
 - Caleta La Mostaza
 - Caleta Boca del Barco
- Rada Tablas
- Bahía Conchali y puerto los vilos
- Puerto Pichidanguí
 - Sector Punta Salinas
 - Punta Quelen

La Resolución N° 231/2005 establece un área geográfica donde se autoriza el cultivo de abalón entre el límite norte de la III Región y el límite sur del Bahía de Tongoy en la IV Región. Además, señala que el ingreso de ejemplares de abalón al mar será en condición de monosexo. En el Artículo 5° se especifica que sólo se podrá cultivar abalón en una concesión que posea porción de agua y fondo de mar con al menos el 95% de sustrato blando en el área que abarcan los módulos de cultivo. En su Artículo 6° explicita que los módulos de cultivo no podrán ser instalados sobre sustrato duro o semi-duro.

La Resolución Exenta N° 2820/2006 establece un régimen de monosexo, pero sólo hembras, para cuatro sectores costeros entre los límites establecidos por la Resolución N° 231/2005: a) Sector Punta Francisco – Punta Frodden; b) Sector Punta Cachos – Punta Salados; c) Sector Bahía Inglesa; y d) Sector Bahía Tongoy.

Más adelante, se visualizan los resultados de los puntos 4.1.f y 4.1.g los cuales se suman como antecedentes para concluir en este punto.



4.1.e Capacidad de desplazamiento del abalón frente a un eventual escape o fuga, en sustrato duro, blando y mixto y supervivencia.

Los resultados de las experiencias de desplazamiento se muestran en las Tablas XXV a XXXIII.

Tabla XXV: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Duro (HDPE), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Día: Sustrato DURO (HDP)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	26,0	0	5,0	1,7
2	32,2	0	4,0	2,4
3	41,8	0	222,0	77,8
4	51,5	0	142,0	63,6
5	62,1	0	150,0	59,3

Tabla XXVI: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Semi-Duro (Gravilla), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Día: Sustrato Semi-DURO (Gravilla)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	26,0	0	4,0	1,7
2	32,2	0	4,5	1,9
3	41,8	0	7,0	2,8
4	51,5	0	5,0	1,7
5	62,1	0	8,0	3,0



Tabla XXVII: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante el día. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Día: Sustrato BLANDO (Arena)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	26,0	0	2,0	0,4
2	32,2	0	2,0	0,3
3	41,8	0	3,0	1,0
4	51,5	0	31,0	5,4
5	62,1	0	9,0	2,9

Tabla XXVIII: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Duro (HDPE), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Noche: Sustrato DURO (HDP)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	25,6	2	9,0	4,9
2	31,6	0	5,0	3,3
3	42,6	55	134,0	87,0
4	51,8	0	82,0	37,2
5	61,7	42	154,0	87,8



Tabla XXIX: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Semi-Duro (Gravilla), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Noche: Sustrato Semi-DURO (Gravilla)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	25,6	1	7,0	3,4
2	31,6	0	10,0	4,5
3	42,6	0	1,0	0,2
4	51,8	1	3,5	2,3
5	61,7	0	5,0	2,3

Tabla XXX: Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Noche: Sustrato BLANDO (Arena)				
Grupo	Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		
		Mín	Máx	Prom
1	25,6	0	2,0	0,5
2	31,6	0	1,0	0,7
3	42,6	0	2,5	1,3
4	51,8	1	5,0	2,7
5	61,7	2	5,0	3,3



Tabla XXXI: Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Duro (HDPE), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Comparación Día/Noche : Sustrato DURO (HDP)			
Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		Test Varianza
	Día	Noche	
26,0mm	5	7.5	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0.933)
	1	5	
	4	9	
	5	3	
	4	3	
32,2mm	1	5	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,447).
	2	4	
	4	3	
	3	0	
	2	4	
41,8mm	84	82	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,986).
	222	68	
	0	69	
	102	134	
	84	114	
51,5mm	90	55	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,458).
	2	42	
	0	56	
	132	8	
	46	82	
62,1mm	142	35	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,455).
	33	0	
	150	154	
	97	89	
	34	74	
	22	109	
	119	59	
	9	42	
103			
0			



Tabla XXXII: Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Semi-Duro (Gravilla), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Comparación Día/Noche : Sustrato Semi-Duro (Gravilla)			
Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		Test Varianza
	Día	Noche	
26,0mm	2	0	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,643).
	1	2	
	1	1	
32,2mm	2	1	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,643).
	1	1	
	0	0	
41,8mm	2	1.5	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,808).
	3	1	
	0	2	
	0	0	
	3	2.5	
	1	1	
51,5mm	3.1	4	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0.628) (Kruskal-Wallis, análisis de varianza de rangos)
	3	5	
	7	2	
	0	2	
	3	1	
	2	2	
	3		
62,1mm	9	3	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0.699) (Análisis de varianza en rangos)
	4	5	
	0	2	
	5	5	
	8	2	
	0	3	



Tabla XXXIII: Comparación de Desplazamiento de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en sustrato Blando (Arena), durante el día y la noche. Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región, 2009).

Comparación Día/Noche : Sustrato Blando (Arena)			
Talla prom (mm)	Desplazamiento (cm)		Test Varianza
	Día	Noche	
26,0mm	4	4	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,092).
	2	7	
	0	5	
	3	2	
	2	1.5	
	0	1	
	2		
	0		
32,2mm	2	8	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0.699) (Análisis de varianza en rangos)
	4	7	
	0	10	
	4.5	0	
	4	2	
	3	0	
41,8mm	5	0	Las diferencias en los valores de las medianas son mayores de lo esperado por azar, hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0.045) (Kruskal-Wallis, análisis de varianza de rangos)
	7	1	
	0	0	
	3	1	
	5	0	
	0	1	
	2		
	2		
51,5mm	5	2	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,724).
	4	2	
	2	1	
	1	3	
	1	3.5	
	2.5	2	
62,1mm	8	5	No hay una diferencia estadísticamente significativa (P = 0,473).
	8	2	
	0	0	
	4	3	
	2	2	
	1	2	
	3		
	1		



Resultados de los análisis estadísticos entre tratamientos, (tallas sustratos y condiciones de luz /oscuridad)

Tabla XXXIV: Cuadro de resumen resultados de los análisis estadísticos entre tratamientos, (tallas sustratos y condiciones de luz /oscuridad)

Análisis de varianza de tres factores					
Factor de comparacion	DF	SS	MS	F	P
HORARIO	1	162,4	162,4	0,17	0,68
SUSTRATO	2	32813,0	16406,5	17,37	<0,001
TALLA	4	12587,6	3146,9	3,33	0,016
HORARIO x SUSTRATO	2	73,1	36,5	0,04	0,962
HORARIO x TALLA	4	2013,3	503,3	0,53	0,712
SUSTRATO x TALLA	8	25379,0	3172,4	3,36	0,003
HORARIO x SUSTRATO x TALLA	8	4044,0	505,5	0,54	0,825
Residual	60	56675,1	944,6		
Total	89	133747,5	1502,8		

De la tabla nnn d se presenta el siguiente resumen del reporte arrojado por el programa estadístico:

- HORARIO aunque la diferencia en los valores medios de los diferentes niveles de HORARIO no son lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia es sólo debido a la variabilidad de muestreo al azar, después de tener los efectos de las diferencias en SUSTRATO y TALLA. No hay una diferencia estadísticamente significativa en este factor ($P = 0,680$).
- SUSTRATO: La diferencia en los valores medios entre los diferentes niveles de SUSTRATO son mayores de lo esperado por azar después de tener los efectos de las diferencias en HORARIO y TALLA. Hay una diferencia estadísticamente significativa en este factor ($P = <0,001$). Para aislar los grupo (s) se utiliza un procedimiento de comparación múltiple
- TALLA : la diferencia en los valores medios entre los diferentes niveles de TALLA son mayores de lo esperado por azar después de tener los efectos de las diferencias en HORARIO y sustrato.



Por tanto se reporta una diferencia estadísticamente significativa para las tallas ($P = 0,016$). Para aislar a qué grupo (s) difieren de los otros se utiliza un procedimiento de comparación múltiple.

- HORARIO x SUSTRATO: El efecto de diferentes niveles de HORARIO no depende de qué nivel de SUSTRATO está presente. No hay una interacción estadísticamente significativa entre HORARIO y sustrato. ($P = 0.962$)
- HORARIO x TALLA: El efecto de diferentes niveles de HORARIO no depende de qué nivel de TALLA Está presente. No hay una interacción estadísticamente significativa entre HORARIO y TALLA. ($P = 0.712$)
- SUSTRATO y TALLA.El efecto de diferentes niveles de SUSTRATO depende de qué nivel de TALLA está presente. Hay una interacción estadísticamente significativa entre SUSTRATO y TALLA. ($P = 0,003$)

Procedimiento De Comparación Múltiple

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Student-Newman-Keuls Method):

Tabla XXXV: comparacion entre **SUSTRATOS**:

	dif-edias	p	q	P	P<0,050
HDPEE vs. ARENA	41,397	3	7,377	<0,001	si
HDPEE vs. GRAVILLA	39,55	2	7,048	<0,001	si
GRAVILLA vs. ARENA	1,847	2	0,329	0,817	No

Tabla XXXVI: Comparaciones entre Sustrato en el día:

Comparacion	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
HDPEE vs. ARENA	39,527	3	4,981	0,002	si
HDPEE vs. GRAVILLA	37,6	2	4,738	0,002	si
GRAVILLA vs. ARENA	1,927	2	0,243	0,864	No



Tabla XXXVII: Las comparaciones de: **SUSTRATO de Noche**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
HDPEE vs. ARENA	43,267	3	5,452	<0,001	si
HDPEE vs. GRAVILLA	41,5	2	5,23	<0,001	si
GRAVILLA vs. ARENA	1,767	2	0,223	0,876	No

Tabla XXXVIII : Las comparaciones de los factores: **HORARIO dentro de HDPEE**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
Noche vs. Dia	5,233	2	0,659	0,643	No

Tabla XXXIX : **Comparaciones de los factores: HORARIO dentro de ARENA**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
Noche vs. Dia	1,493	2	0,188	0,895	No

Tabla XL: **Las comparaciones de los factores: HORARIO dentro de GRAVILLA**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
Noche vs. Dia	1,333	2	0,168	0,906	No

Tabla XLI: **Las comparaciones de los factores: TALLA EN HDPEE**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
42,000 vs. 32,000	84,833	5	6,761	<0,001	Yes
42,000 vs. 26,000	83,083	4	6,622	<0,001	Yes
42,000 vs. 52,000	47,5	3	3,786	0,026	Yes
42,000 vs. 62,000	9,667	2	0,77	0,588	No
62,000 vs. 32,000	75,167	4	5,991	<0,001	Yes
62,000 vs. 26,000	73,417	3	5,851	<0,001	Yes
62,000 vs. 52,000	37,833	2	3,015	0,037	Yes
52,000 vs. 32,000	37,333	3	2,975	0,098	No



4.1.f Pertinencia del requerimiento de un sustrato blando (Res. N° 4282/05)

Véase los resultados viabilidad (4.1.a).

Véase el análisis de las normativas vigentes en los resultados del punto (4.1.d)

Véase los resultados desplazamiento (4.1e)

A continuación se exponen los resultados de un completo análisis y caracterización ambiental en base antecedentes bibliográficos de las comunidades marinas en sistemas de bahías con fondo

AMBIENTES ARENOSOS (PLAYAS DE ARENA Y FONDOS BLANDOS):

BAHIA TONGOY COMO CASO DE ESTUDIO.

Caracterización batimétrica del sustrato

Bahía de Tongoy esta caracterizada geomorfológicamente por una playa de arena con características morfodinámicas intermedias (Jaramillo et al. 1998). La topografía de la playa presenta valles y cúspides (Ortiz y Stotz 1996). El análisis granulométrico de esta playa indica un predominio de arenas finas a lo largo de toda la extensión de la playa, con contenidos promedios de carbono orgánico que oscilan entre 0,34% a 0,56% (Ortiz & Stotz 1996).

Los sedimentos de la playa de arena continúan hacia el sublitoral conformando fondos blandos submareales. Entre los 2 y 5 m de profundidad, hasta los 500-600 m de distancia desde la costa, los fondos blandos están dominados por arena fina (Ortiz & Stotz 1996). Sobre el veril de los 5 m de profundidad los sedimentos son paulatinamente reemplazados por arenas medianas, mientras que entre los 11 y los 59 m de profundidad los sedimentos varían entre arenas muy finas y finas, con una fracción importante (ca. 89%) de sedimentos de origen calcáreo (Berrios & Olivares 1996, Jaramillo et al. 1998). El grado de selección de los sedimentos es variable y está dentro del rango de bien seleccionado y poco seleccionado, con un predominio de fracciones moderadamente bien seleccionadas (Berrios & Olivares 1996). El carbono orgánico de los sedimentos submareales de la bahía



tienen un valor promedio de $0,78\% \pm 0,47\%$, oscilando en un rango de 0,24% a 1,50%, con un bajo contenido de carbono orgánico en el área dominada por arenas muy finas (Berrios & Olivares 1996). En general, el contenido de carbono orgánico aumenta con la profundidad y hacia los extremos de la bahía (Olivares 1987, Ortiz & Stotz 1996).

Caracterización de la biodiversidad de invertebrados en playas de arena

En las playas de arena de Bahía de Tongoy, las especies de invertebrados se distribuyen en un patrón de zonación definido, tipificando las diferentes zonas físicas de la playa, tal como ha sido anteriormente descrito por Jaramillo et al. (1998, 2000, 2001) para las playas de Tongoy y San Pedro, y Sánchez et al. (1982) para la playa de Morrillos.

En general, los patrones de abundancia y zonación vertical de especies intermareales en playas de bahía de Tongoy presentan semejanzas, en términos de los componentes específicos, a los descritos para otras playas de arena del norte y centro de Chile (Sánchez et al. 1982, Jaramillo 1987, Jaramillo et al. 2001, Clarke & Peña 1988, Brazeiro et al. 1998), y a los descritos por estudios anteriormente realizados en playa de Tongoy (Jaramillo et al. 1998; 2000). Cabe señalar que la morfodinámica de la playa es un factor determinante para la composición y abundancia de especies, con un incremento de la riqueza de especies desde las playas reflectivas a disipativas (McLachlan & Jaramillo 1995, Fernández et al. 2000). En las playas de arena de Bahía de Tongoy, las especies con mayor frecuencia de ocurrencia son el isópodo *Excirolana braziliensis*, el anfípodo *Orchestoidea tuberculata* y el crustáceo anomuro *Emerita* análoga. Aunque, sólo *Emerita* análoga domina cerca del 77% de la densidad y el 50% de la biomasa de la comunidad marina intermareal. La alta frecuencia de ocurrencia de esta especie y el dominio en abundancia de *E. análoga* son características comunes de las playas del norte y centro de Chile (Jaramillo 1987, Fernández et al. 2000, Thiel et al. 2007).

El patrón de zonación de la macrofauna en Bahía Tongoy es característico de playas con morfodinámica intermedia (McLachlan & Jaramillo 1995). Dos especies de insectos (Diptera indet., junto con adultos y larvas de *Phalerisida maculata*), el isópodo *Excirolana*



braziliensis y el anfípodo talitrido *Orchestoidea tuberculata* caracterizan la fauna ubicada entre la berma de la playa y la zona de secado o nivel de más alta marea. La zona de retención esta ocupada por isópodos y algunos individuos de Poliquetos de las Familias Spionidae y Glyceridae, junto con juveniles del bivalvo *Mesodesma donacium* profundamente enterrados en la arena que presentan una distribución espacial en parche. La zona de resurgencia está caracterizada por estos mismos Poliquetos (Spionidae y Glyceridae) y gusanos Nemertinos, algunos individuos del Isópodo *Excirolana braziliensis*, juveniles del Crustáceo anomuro *Emerita analoga* y del bivalvo *Mesodesma donacium*. La zona de saturación esta dominada en densidad y biomasa por *Emerita analoga*. Sin embargo, otro Crustáceo anomuro *Blepharipoda spinimana*, gusanos Nemertinos y el Poliqueto indet de la Familia Nephtyidae están presentes en bajas abundancias. En la zona de saturación, también se encuentran individuos juveniles y adultos de moluscos bivalvos en bajas abundancias (e.g. almeja *Mulinia sp.*, macha *Mesodesma donacium*).

En general, la abundancia de las especies y el patrón de zonación vertical de los invertebrados puede ser influida por la presencia de valles y cúspides en las playas de arena (Brazeiro et al. 1998), produciendo un factor adicional de variabilidad local.

Caracterización de la biodiversidad de algas varadas en la playa de arena

En la playa de arena de Bahía de Tongoy es frecuente observar macroalgas varadas entre la berma y la zona de resurgencia, o flotando entre la zona de saturación y rompiente de las olas. La diversidad y abundancia de algas que arriban a la playa depende de la intensidad y frecuencia de las marejadas y de la época del año. La presencia de *Acrosorium sp* se debe a que estas especies epifitan otras algas (e.g. *Gracilaria chilensis* y *Sarcodiotheca gaudichaudii*; ver Santelices 1989), y cuando se desprenden del huésped pueden vivir libremente en la columna de agua entre la zona de saturación y batido de las olas de la playa. En cambio, *Codium fragile* es una especie invasora que crece en las linternas de cultivo del Ostión del norte, la cual se desprende durante las actividades propias de este tipo de acuicultura para posteriormente arribar a la playa; mientras que *Macrocystis integrifolia* y *Durvillaea antarctica* forman parches flotantes a la deriva que



recorren extensas áreas antes de arribar a la costa (Macaya et al. 2007). El arribo de algas a la playa hacia los extremos de la bahía de Tongoy y en el área de estudio ha sido previamente reportado (Ortiz & Stotz 1996), y es frecuente encontrarlas flotando a la deriva en el fondo del submareal o formando manchas rojas caracterizada por distintas especies de Rhodophyceae (e.g. *Acrossorium spp*, *Grateloupia doriphora*, *Criptonemia obovata*, *Stenogramme interrupta*) y Phaeophyceae (e.g. *Lessonia trabeculata*) entre la zona de saturación y la rompiente de la ola, o conformando parches multiespecíficos de algas varadas entre la berma de la playa y la zona de resurgencia.

Caracterización de la biodiversidad marina de fondos blandos

Los patrones de biodiversidad de fondos blandos en bahía Tongoy están relacionados con la variabilidad determinada por el gradiente de profundidad. Estudios de Línea Base realizados en la bahía indican que las comunidades submareales de la macrofauna bentónica presentan una riqueza específica dominada principalmente por gusanos Poliquetos (10 familias aprox.), especies de Moluscos (entre 10 y 20 especies), especies de Crustáceos (20 especies aprox); menos comunes y abundantes son las especies de Cnidarios (anemonas), Echiuros, Sipunculidos, Echinodermos (estrellas de mar y erizos de mar), Briozoos y gusanos Nemertinos.

Los organismos con mayor constancia en los fondos blandos son anfípodos Gammarideos y Cumaceos, Poliquetos (i.e. Orbinidae, Nereidae y Lumbrineridae), y el bivalvo *Linucula pisum*. De estas especies las más abundantes son los anfípodos Gammarideos, los gusanos Poliquetos Orbiniidae y el Bivalvo *Linucula pisum*. Los crustáceos cirripedio *Balanus laevis* y los Poliquetos *Nephtyidae* y *Glyceridae* son abundantes pero con una distribución parchada.

La biodiversidad en los fondos blandos sublitorales en Bahía de Tongoy está directamente relacionada con la variabilidad espacial en la composición de especies. Es en este contexto que las estructuras comunitarias dependen de las características físicas del fondo a lo largo del gradiente batimétrico. Así, en los fondos blandos someros, las estaciones someras (< 5 m de profundidad) presentan la mayor riqueza de especies promedio, en comparación con las estaciones ubicadas en fondos blandos intermedios



(entre 5 y 15 m de profundidad) y profundos (sobre los 15 m de profundidad). La incorporación de especies de baja ocurrencia (e.g. Poliquetos) en fondos intermedios y profundos también produce cambios comunitarios. Sin embargo, generalmente en los sistemas de bahías del norte de Chile hacia fondos mayores a 15 m de profundidad, la tendencia general de la riqueza de especies es a disminuir con el incremento de la profundidad, lo cual es causado por las condiciones de hipoxia-anoxia detectado hacia fondos profundos (Fernández et al. 2000, Thiel et al. 2007). La densidad y biomasa total de organismos en los fondos blandos del área de estudio es relativamente baja, con valores promedios que disminuyen con la profundidad. La alta variabilidad de los promedios de biomasa por m² en bahía Tongoy es producida por el sesgo de unos pocos individuos de gran tamaño que aportan mucho en la estimación total de la biomasa. Es el caso por ejemplo, de los caracoles *Oliva peruviana* en fondos someros, o del caracol *Xanthochorus cassidiformis*, del ostión *Argopecten purpuratus*, la jaiva *Cancer setosus* y la estrella de mar *Meyenaster gelatinosus* en fondos intermedios y profundos. En general, aunque estas especies presentan una baja frecuencia de ocurrencia, el aporte en peso modifica significativamente la tendencia de la biomasa en el gradiente de profundidad de la bahía.

Algunos parámetros comunitarios e índices de diversidad medidos para la bahía (riqueza de especies, abundancia total y biomasa total), que caracterizan las comunidades de fondos blandos someros (<20 m de profundidad; Jaramillo et al. 1998, León 2000), están dentro de los rangos descritos para distintas bahías del norte de Chile (Laudien et al. 2007). Aunque, en otras localidades del norte de Chile, las comunidades de fondos blandos someros pueden ser estructuralmente muy simples y menos diversas (Vásquez & Vega 2004). La tendencia de la biodiversidad en el gradiente batimétrico es producida por cambios en la composición y número de especies en el gradiente batimétrico, mientras que la biomasa esta además relacionada a la distribución en parches de la epifauna dentro de la bahía de Tongoy (Stotz & González 1994; León 2000; Vega & Piaget 2006, 2007). Esta particular distribución en parche en Tongoy, ha sido descrita para invertebrados sublitorales de importancia comercial (e.g. Ostión del norte y Caracol rubio en Stotz & González 1994, Jaiva peluda en León 2000) y depredadores como la estrella de mar *Meyenaster gelatinosus* (Ortiz & Stotz 2002).



Las variaciones espaciales (y/o temporales) en la biodiversidad de fondos blandos en sistemas de bahías, como Tongoy, son explicadas por distintos disturbios naturales y antrópicos (Carrasco & Gallardo 2001, Laudien et al. 2007, Thiel et al. 2007). En sistemas de bahía, la macrofauna bentónica sublitoral esta determinada principalmente por la ubicación geográfica del área de estudio. Esto se debe a que la distribución de la macrofauna es dependiente de las características del sedimento (e.g. textura y materia orgánica) y de la columna de agua (e.g. hidrodinámica y oxígeno disuelto), las cuales presentan un arreglo espacial dependiente de la estructura física del lugar, como por ejemplo la batimetría y la distancia a la costa (Jaramillo et al. 1998, Fernández et al. 2000, Valdovinos 2001). En el sector de Puerto Aldea por ejemplo, se observaron diferencias en los parámetros comunitarios (riqueza de especies y abundancia) de la macrofauna de fondos blandos sublitorales habitando pastos marinos (*Heterozostera tasmanica*), arena-grava y fango (León 2000). Los procesos oceanográficos que actúan a mesoescala, como la surgencia costera, también pueden determinar la biodiversidad de fondos blandos a escala local dentro de una bahía (Valdovinos 2001), y Bahía de Tongoy no es una excepción (Acuña et al. 1989, Jaramillo et al. 1998, Moraga et al. 2001). Además de los factores naturales, el uso histórico del borde costero es el reflejo de la biodiversidad presente en el lugar (Carrasco & Gallardo 2001). En el caso de Tongoy, las actividades turísticas, los cultivos marinos, y áreas urbanas (incluida el uso de caletas y casa de veraneo) anteriormente establecidas en el litoral de la bahía generan disturbios que perturban continuamente las comunidades de fondos blandos, que a largo plazo debieran modificar la composición y estructura de las comunidades de playas de arena y de fondos blandos submareales (Fernández et al. 2000, Thiel et al. 2007). En general, el borde costero en los sistemas marinos aledaños a actividades antrópicas, por ejemplo bahías, se caracterizan por una baja riqueza de especie con bajas abundancias y biomasa en los fondos blandos sublitorales (Carrasco & Gallardo 2001, Laudien et al. 2007).

Los predadores bentónicos más importantes en los fondos blandos de bahías del norte Chico conforman un gremio compuesto por jaivas (e.g. *Cancer setosus*, *Cancer portieri*) y estrellas de mar (*Meyenaster gelatinosus*, *Luidia magellanica*) (Ortiz 2008). Las especies que componen este gremio tienen la facultad de extender su espectro trófico de



especialistas (i.e. comen preferentemente ostiones) a generalistas (i.e. comen lo disponible en el ambiente), particularmente cuando la disponibilidad de presas disminuye sustancialmente (Wolff & Cerda 1992, León 2000, Ortiz et al. 2003).

Caracterización de la biodiversidad de algas en fondos blandos

La biodiversidad de macroalgas bentónicas de fondos blandos en el sublitoral de bahía Tongoy indica una baja riqueza de especies (cerca de 10 especies) presentes en muy bajas abundancias, y representadas principalmente por algas rojas Rhodophyceae. *Acrosorium* sp es la especie de mayor frecuencia junto por *Brachioglossum bipinnatifidum*, ambas epifitas de *Gracilaria chilensis* y *Sarcodiotheca gaudichaudii*, entre otras macroalgas (Santelices 1989). Otras especies frecuentes, que aportan a la escasa biomasa total del ensamble de macroalgas de fondos blandos son *Cryptonemia obovata*, *Grateloupia doryphora* y *Stenogramme interrupta*. Mientras que *Gracilaria chilensis*, *Plocamium* sp., *Sarcodiotheca gaudichaudii* y *Rhodymenia corallina* son macroalgas que aportan muy poco a la biomasa total. En general, todas estas especies de macroalgas son comunes en fondos blandos submareales de bahías (Santelices 1989). Es posible que el continuo desprendimiento de talos y frondas del sustrato por corrientes de fondo, la cual se intensifica durante las marejadas, mantengan los bajos valores de biomasa promedio de algas en la zona sublitoral de la bahía y produzcan las varazones en la playa de arena.

Caracterización de la biodiversidad de peces, mamíferos marinos y aves

Algunos lobos de mar (*Otaria flavescens*) aparecen eventualmente en solitario y de manera incidental en los alrededores del litoral de Bahía Tongoy.

Aunque durante el censo submarino de peces ninguna especie fue registrada en el área de estudio, la literatura indica que varias especies son frecuentes usuarios de los fondos someros y de la columna de agua de bahías, como Tongoy (para ejemplos ver listado de especies de peces en Acuña et al. 1989).



Los censos de aves marinas registran al menos siete especies comunes del litoral de la bahía de Tongoy y del norte de Chile (www.avesdechile.cl). Del total de especies registradas, el zarapito (*Numenius phaeopus hudsonicus*), y el yeco (*Phalacrocorax brasilianus*) son significativamente más abundante en comparación con las otras aves marinas frecuentes del lugar. La mayoría de las aves reportadas estaban volando en tránsito por el lugar en solitario (e.g. Pilpilenes, Gaviotas dominicana y Jotes cabeza negra) o en bandadas (e.g. Gaviotas garuma, Piqueros y Yecos), o estaban caminando en la zona de resurgencia de la playa o pozadas en el mar (e.g. Gaviotas, Chorlos y Zarapitos).

Cabe destacar que la diversidad y abundancia de aves marinas en el sector es complementada por la proximidad de humedales (e.g. Tangue). En este humedal, se observan otras aves residentes y estacionales (por ejemplo: Tagua Fulica leucoptera (Vieillot); Queltegüe Vanellus chilensis chilensis (Molina); Pato jergón chico Anas flavirostris flavirostris (Vieillot), Garza azulada Butorides striatus (Linnaeus), Huairavo Nycticorax nycticorax obscurus (Bonaparte) y Garza chica Egretta thula thula (Molina), entre otras).

4.1.g Riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro.

Véase los resultados viabilidad (4.1.a).

Véase los resultados desplazamiento (4.1e)

A continuación se exponen los resultados de un completo análisis y caracterización ambiental en base antecedentes bibliográficos de las comunidades marinas en sistemas de bahías con fondo duro del norte chico.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LAS COMUNIDADES MARINAS EN SISTEMAS DE BAHÍAS DEL NORTE CHICO. AMBIENTES ROCOSOS (PLAYAS DE ROCA Y FONDOS DUROS)



Caracterización batimétrica del sustrato rocoso

En general, las playas de roca en los sistemas de bahías del norte chico están compuestas por rocas consolidadas, cantos rocosos, bolones y piedras. La mezcla y sobreposición de estos distintos tipos de roca aumenta la complejidad estructural del hábitat debido a la formación de pozas de mareas, grietas e intersticios de distintos tamaños entre las rocas. La presencia de acantilados hace que la pendiente de la playa en estos sistemas intermareales también sea variable. En presencia de acantilados, farellones, paredones y canalones la pendiente es máxima (ca. 90° de inclinación) y el ancho de la franja intermareal es mínima, mientras que en presencia de plataformas rocosas la pendiente es mínima (ca. 0°) y la franja intermareal aumenta en extensión. Los roqueríos intermareales penetran hacia la zona sublitoral conformando fondos duros, pero a medida que aumenta la profundidad (> 20 m) los fondos rocosos son paulatinamente reemplazados por fondos blandos. Entre los intersticios rocosos submareales es frecuente observar parches de conchuela de diferentes tamaños y pronunciadas bajерías compuestas por rocas prominentes que pueden alcanzar la superficie. Estos distintos paisajes submarinos producen una complejidad de hábitat semejante a la observada en las playas de roca. En algunos sectores muy expuestos al oleaje, como las puntas de penínsulas, los roqueríos están compuestos por acantilados con farellones caracterizados por rocas tajadas que penetran al mar hasta más allá de los 30 m de profundidad, en forma casi perpendicular a la costa.

Caracterización de la biodiversidad marina de Playas de Roca

Las especies de macroalgas e invertebrados que habitan las playas rocosas de los sistemas de bahías del norte chico presentan un patrón de zonación vertical semejante al descrito para el litoral del centro y norte de Chile (Santelices 1989, Vásquez & Vega 2005). La composición, abundancia y distribución de las especies intermareales varía dependiendo de la pendiente de la playa (e.g. plataformas vs paredón), de la composición del sustrato (e.g. roca consolidada vs bolones) y de la heterogeneidad del hábitat (i.e. sustrato). Un atributo particular del norte chico es su condición de zona de transición



biogeográfica, lo cual produce modificaciones en la composición y estructura comunitaria debido a que algunas especies presentan sus límites de distribución cerca de los 30° de latitud (Lancellotti & Vásquez 1999, 2000; Camus 2001).

El límite inferior de la zona intermareal en playas rocosas está definido por el cinturón de *Lessonia nigrescens*, donde presentan la máxima cobertura y biomasa (Vásquez & Vega 2005). La extensión y la abundancia relativa de *Lessonia nigrescens* son variables y dependientes del grado de inclinación de la roca y de la exposición al oleaje. La franja de *Lessonia nigrescens* en paredones y farellones rocosos muy expuestos al oleaje es estrecha, con densidades bajas de plantas (2-3 plantas por m²); mientras que cuando predominan las plataformas expuestas al oleaje la franja de *Lessonia nigrescens* aumenta en extensión, abarcando varios metros, con un incremento en la densidad de plantas (4-7 plantas por m²).

En el intermareal bajo de plataformas y paredones, la mayor parte del sustrato disponible entre los discos de *Lessonia nigrescens* está dominado en cobertura por una mezcla de distintas especies de algas crustosas calcáreas del Orden Corallinales, que se extienden hacia el submareal somero (>1-2 m de profundidad; Meneses 1993), donde forma una comunidad de fondos blanqueados (Vásquez & Vega 2005). Bajo el cinturón de *Lessonia nigrescens*, en los fondos blanqueados que penetran hacia el submareal somero, son frecuentes en bajas abundancias algunos moluscos herbívoros (e.g. el chitón *Acanthopleura echinata*, el caracol negro *Tegula atra*, distintas lapas *Fissurella spp.*) y predadores claves (e.g. el sol de mar *Heliaster helianthus*). Menos frecuentes en esta franja son la estrella de mar *Stichaster striatus*, la anémona *Phymacthis clematis* y el caracol *Tegula tridentata*. La ausencia de macroalgas frondosas en esta franja resulta del efecto combinado entre el pastoreo de invertebrados y del barrido de las frondas de *Lessonia nigrescens* sobre la roca (Santelices & Ojeda 1984, Vásquez & Buschmann 1998). Sin embargo en los paredones y/o farellones, donde el embate de las olas es recurrente y los herbívoros presentan bajas densidades, se observan parches de especies de macroalgas como *Chaetomorpha spp.* y *Corallina officinalis* sobre, entre y bajo el cinturón de algas pardas.



La franja intermareal ubicada inmediatamente sobre el cinturón de algas pardas, esta compuesta por asociaciones de distintas macroalgas, con abundancias relativas que varían dependiendo de la inclinación de las rocas, exposición al oleaje y orientación a la luz (Santelices 1989). En plataformas horizontales con recambio de agua y expuestas a la luz, la frecuencia de ocurrencia y la abundancia relativa de *Montemaria horridula*, *Gelidium spp*, *Porphyra sp*, *Ceramium rubrum*, *Polisiphonia spp* y *Ulva rigida*, aumenta. Algunas veces estos parches están mezcladas con algas como *Endarachne bingamiae*. En paredes verticales con poca exposición a la luz directa, aumenta la frecuencia de ocurrencia de *Codium dimorphum*, que puede monopolizar la roca. En plataformas, con condiciones intermedias de iluminación, inclinación o exposición al oleaje, aumenta la frecuencia y ocurrencia de macroalgas de diversos tamaños, con distintas combinaciones de especies, principalmente *Montemaria horridula*, *Ulva sp*, *Gelidium sp*, *Rhodymenia scottbergi* y *Codium dimorphum*. Los herbívoros más frecuentes en estos niveles intermareales son *Enoplochiton niger*, *Fissurella spp* y *Scurria spp*, mientras que *Chiton granosus* puede ser frecuente en niveles mareales intermedios. En grietas y fisuras de los roqueríos es frecuente la presencia de distintos crustáceos decápodos (i.e. *Acanthocyclus spp*, *Pachycheles spp.*, *Petrolithes sp.*, *Pilumnoides perlatus*).

Entre en el intermareal bajo y medio, dependiendo de la complejidad estructural de los roqueríos se forman pozas de distintas dimensiones con buen recambio de aguas. Estas pozas son pobres en diversidad de especies. En el fondo y en los bordes, bajo el agua, se observan hordas de erizos negros (*Tetrapygyus niger*) con densidades promedios de 7-10 ind por m², mientras que el sustrato esta dominado por parches de algas Corallinas crustosas y roca desnuda.

La franja intermareal superior (alto) hasta 2-3 m sobre el nivel de mareas bajas, está caracterizada por parches de algas crustosas no-calcareas (e.g. Rhodophyceae, Cyanophyceae y Hildenbrandia sp.), acompañados en muy baja frecuencia de ocurrencia y cobertura de los cirripedios *Jehlius cirratus* y *Balanus laevis* y/o del chorito *Perumytilus purpuratus*. Las macroalgas más comunes en esta franja son *Ulva sp*, *Bangia artropurpurea*, *Enteromorpha sp*, y *Polysiphonia sp*. En pequeñas pozas con poco recambio de agua se observan parches de Ectocarpales, mientras que en grietas e intersticios



rocosos hay *Montemaria horridula* y *Gelidium chilense*. Dentro o entre estos parches es frecuente encontrar los herbívoros *Scurria spp* y *Fisurella spp*, junto a anémonas de mar *Anthothoe chilensis*.

Sobre los 3 m del nivel de mareas bajas el sustrato esta dominado por roca desnuda, aunque es frecuente observar parches de *Porphyra columbina*. Los caracoles *Littorina araucana* y *Littorina peruvian*

Además, la lapa *Fissurella crassa*, junto con *Siphonaria lessoni* y *Scurria variabilis* ocurren en baja frecuencia de abundancia. En las rocas expuestas a iluminación directa este nivel de mareas puede presentar costras pardo-rojizas, que es un complejo de macroalgas crustosas, de las cuales la más común es *Hildenbrandia sp*.

En general, las especies con mayor frecuencia de ocurrencia en el intermareal alto son *Nodilittorina peruviana* y *Siphonaria lessoni* junto con algas crustosas no-calcáreas y *Ulva rigida*. Las macroalgas *Ulva rigida*, *Gelidium chilense* y *Montemaria horridula*, junto con los herbívoros *Scurria spp.*, y *Chiton granosus* son herbívoros comunes del intermareal medio, cuyas ocurrencia y abundancia varia entre plataformas y paredones. En el intermareal bajo es frecuente encontrar crustosas calcáreas (Corallinales) y no-calcáreas, junto con algunos herbívoros como *Acanthopleura echinata*, el erizo negro *Tetrapygyus niger* y la estrella de mar *Stichaster striatus*. Un predador intermareal importante del sistema intermareal es el sol de mar *Heliaster helianthus* (Camus 1989), aunque es poco frecuente y abundante, y esta generalmente ubicado entre grietas e intersticios entre las rocas.

Caracterización de la biodiversidad marina de fondos duros

La composición de especies en ambientes rocosos submareales presenta un patrón de zonación que dependen de la pendiente y la exposición al oleaje (e.g. farellones, rocas consolidadas, bolones).

La característica más notoria de los fondos duros del submareal somero (entre 1 y 5 m de profundidad) es que las rocas están cubiertas por algas crustosas calcáreas del



Orden Corallinales, las que le dan al sustrato un color rosado pálido. Por esta característica del sustrato, las comunidades encontradas en estos tipos de fondos duros han sido clasificadas como comunidades de “fondos blanqueados” (o “barren ground” sensu Lawrence 1975). Las comunidades de fondos blanqueados son características de los fondos rocosos someros de las costas de la IV Región (Vásquez & Vega 2004) y del norte de Chile en general (Santelices 1991). Sin embargo, se ha propuesto un patrón de zonación submareal general para ambientes rocosos de la III y IV región (norte chico) a: (1) comunidades del tipo “fondos blanqueados someros” (franja sublitoral baja, 0-5 m de profundidad), (2) comunidades de “fondos blanqueados profundos”, junto con (3) comunidades de “organismos suspensivos” (sub-zona infralitoral de la zona sublitoral, 5-15 m de profundidad) y (4) fauna incrustante (sub-zona circalitoral de la zona sublitoral, 15-25 m de profundidad).

En el submareal rocoso de los ambientes marinos del norte Chico, las algas crustosas calcáreas predominan en cobertura, seguido por parches de distintas algas Ceramiales y *Cladophora* sp.. En fondos profundos (>20 m de profundidad) de los transectos ubicados en los farellones hay una baja frecuencia de ocurrencia de parches de *Pyura chilensis*, Ceramiales, del Poliqueto *Romanchella pustulata* y de algas crustosas rojas no-calcarea, que caracterizan las comunidades de fauna incrustante. En las comunidades de “fondos blanqueados” es característica la alta ocurrencia y abundancia del erizo negro *Tetrapyrgus niger*, junto con *Tegula tridentata*. Dos Nudibranchios (*Anisodoris rudbergi* y *Thecacera darwini*), dos especies de *Tegula* y tres Cnidarios (*Phymactea pluvia*, *Phymacthis clemathis* y *Anthothoe chilensis*) también son relativamente frecuentes. En algunos sectores se incrementa la frecuencia de parches de *Cladophora* sp. y de Ceramiales, los cuales son paulatinamente reemplazado en cobertura por distintas especies de esponjas (Demospongiae). Algunas algas crustosas no-calcáreas (Chlorophyceae, Rhodophyceae y Phaeophyceae), que continúan su distribución hacia fondos submareales desde el intermareal, forman parches de baja frecuencia sobre las rocas. Algunos invertebrados sésiles ubicado en fondos profundos (> 15 m de profundidad), como el picoroco *Austromegabalanus psittacus* presenta una baja frecuencia de ocurrencia y escasa cobertura, al igual que la *Ascidia* indet. en fondos más someros. Mientras que



Gelidium sp. presenta bajas frecuencias de ocurrencia, porque los parches están ubicados preferentemente en grietas e intersticios generados por la sobreposición de las rocas.

En estas comunidades de fondos blanqueados, algunas especies de invertebrados están presentes en muy baja ocurrencia y abundancia. Las especies representativas de este grupo son las estrellas de mar (*Heliaster helianthus*, *Patiria obesa*, *Odontaster penicilatus*, *Stichaster striatus* y *Meyenaster gelatinosus*), el loco (*Concholepas concholepas*) y el caracol *Priene scabrum*. También forman parte de este grupo, distintos moluscos herbívoros (e.g. *Tegula tridentata*, *Tegula quadricostata*, *Fissurella latimarginata*), moluscos filtradores (*Crepidula philippiana* y *Crepidula dilatata*) y cangrejos ermitaños (*Pagurus edwardsii*). En algunos sectores *Tegula tridentata* forma densas agregaciones en forma de parches. Otras especies que presentan distribuciones agregadas pero de baja abundancia son Nudibrabranquios (e.g. *Anisodoris rudberghi*, *Thecacera darwinii*) y el caracol *Prisogaster niger*.

Caracterización de la biodiversidad de peces, aves y mamíferos marinos en playas de roca

Distintos censos de aves han registrado cerca de diez especies de aves marinas comunes del litoral de la bahía de Coquimbo y del norte chico de Chile (www.avesdechile.cl). Algunos individuos del pingüino de Humboldt son frecuentemente avistados nadando frente a las costas litorales. Otras especies, como los piqueros (*Sula variegata*), las Gaviotas (*Larus dominicanus*) y los Yecos (*Phalacrocorax brasilianus brasilianus*) son significativamente más abundante en comparación con otras aves marinas frecuentes. En general, las aves reportadas estaban volando en tránsito por el lugar en solitario (e.g. Pelícanos, Gaviota peruana y dominicana) o en bandadas (e.g. Piqueros, Yecos y Pelícanos), o estaban en posición de descanso sobre el agua (e.g. Gaviotas), en los roqueríos, o en los islotes cercanos a la costa (e.g. Jote cabeza roja, Pato lile, Yeco y Guanay). La diversidad y abundancia de aves marinas en el norte Chico parece estar directamente relacionada (1) con la existencia de una zona de anidamiento (e.g. farellones,



islotos costeros), (2) zonas de alimentación (e.g. bahías), 3) zonas urbanas (e.g. caletas de pescadores) o zonas donde se realicen actividades de acuicultura (e.g. cultivos).

El mamífero marino más frecuente en abundancia es el lobo de mar (*Otaria flavescens*). En algunos islotos forman poblaciones residentes compuestas por machos adultos, hembras adultas y muchas crías. También son recurrentes manadas de Calderones grises (*Grampus griseus*) viajando paralelo y pegado a la costa. Algunos Chungungos (*Lontra felina*) son frecuentes de observar realizando actividades de casa en el litoral.

La diversidad y abundancia de peces aumenta hacia fondos rocosos someros, aunque la castañeta (*Chromis crusma* (Valenciennes, 1833)) y el Bilagay (*Cheilodactylus variegatus*) son especies abundantes en el gradiente batimétrico. Menos abundantes pero frecuentes en el gradiente batimétrico son el rollizo (*Pinguipes chilensis*) y la jerguilla (*Aplodactylus punctatus*). El pez fraile (*Aphos porosus*) es muy abundante entre los intersticios de las rocas y en los parches de algas cespitosas. El trombollito de tres aletas (*Helcogrammoides cunninghami*) y la borrachilla verde (*Scartichthys viridis*), el trambollo verde (*Myxodes viridis*) son peces frecuentes de fondos someros y el trambollo (*Labrisomus philippii*) de fondos intermedios, pero todos presentan bajas abundancias. La mayoría de estos peces se refugian en grietas e intersticios entre las rocas. El Baunco (*Chromis crusma*) es abundante en fondos someros. Finalmente, de vez en cuando se pueden observar cardúmenes de júreles (*Trachurus murphyi*) o sierras (*Thyrsites atun*) hacia fondos más profundos. Los pejesapos (e.g. *Scyaces sanguineus*) y los lenguados (*Paralychties adspersus*) son comunes en fondos someros muy cerca de la rompiente.



4.1.h Evaluación del error en la determinación visual del sexo a partir de los 40mm.

Las Tablas XLII y XLIII muestran el resultado de la evolución del sexaje, tanto en Caldera como en Coquimbo, por talla. Al mismo tiempo, en la medición de control mensual de individuos previamente sexados en el centro experimental de la UCN no se observaron cambios de sexo, confirmándose el sexaje visual “a ojo experto”; de igual modo se confirmó lo anterior en el análisis visual e histológico de los ejemplares en sistemas suspendidos en Caldera, donde el 100% eran hembras.

Tabla XLII: Sexaje de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo experimental de la UCN, Coquimbo (IV Región), período abr/09 a ene/10.

mm	Sexaje de abalón rojo en UC N (n = 840)			
	Hem %	Ma ch %	Indet %	S g %
10	0,0	0,0	0,0	100,0
20	0,0	0,0	0,0	100,0
30	0,0	0,0	0,0	100,0
35	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,0	3,0	3,0	94,0
45	5,0	7,0	48,0	40,0
50	15,0	12,0	69,0	4,0
55	18,0	19,0	57,0	6,0
60	22,0	29,0	47,0	2,0
65	25,0	27,0	48,0	0,0



Tabla XLIII: Sexaje de Abalón rojo (*H. rufescens*) - por Talla - en muestreos en Centro de cultivo industrial Camanchaca, Caldera (III Región), período jun/09 a ene/10.

mm	Sexaje de abalón rojo en Camanchaca (n = 820)			
	Hem %	Ma ch %	In det %	S g %
10	0,0	0,0	0,0	100,0
20	0,0	0,0	0,0	100,0
30	0,0	0,0	0,0	100,0
35	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,0	0,0	0,0	100,0
45	0,0	2,5	37,5	60,0
50	20,0	12,5	58,8	8,8
55	22,5	25,0	52,5	0,0
60	32,5	30,0	37,5	0,0
65	22,9	41,4	35,7	0,0
70	37,1	38,6	24,3	0,0
75	26,7	26,7	46,7	0,0
80	50,0	10,0	40,0	0,0
85	53,3	23,3	23,3	0,0
90	63,3	26,7	10,0	0,0

Objetivo Específico 4.2: *Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.*

4.2.a Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón existentes en la zona norte (III y IV Regiones), identificando las enfermedades asociadas, capacidad de dispersión de las mismas y posibles daños generados a otras especies cultivadas en el país.



RESULTADOS Y DISCUSIONES

1.- Se analizaron los informes sanitarios proporcionados por las empresas comprometidas con el proyecto, 1 de la Región de Atacama (Compañía Pesquera Camanchaca S.A., Centro 1) y la otra de la Región de Coquimbo (LiveSeaFood Ltda Centro 2). Cabe señalar que el Centro 1 realiza tanto cultivo de abalón rojo en estanques como en el mar. El Centro de cultivo 2 sólo realiza el cultivo de abalón rojo en estanques, dentro del área de estudio.

- Del análisis realizado a los informes sanitarios de las empresas de cultivo consideradas en el Proyecto (LiveSeaFood Ltda., Región de Coquimbo y Compañía Pesquera Camanchaca S.A., Región de Atacama, se resume lo siguiente:
- A.- No se ha detectado la presencia de signología clínica o hallazgos consistentes con patologías pertenecientes a enfermedades de alto riesgo de la Lista 1 establecida por la Subsecretaría de Pesca en el Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para la Especies Hidrobiológica (RESA).
- B.- Según los antecedentes productivos de los centros de cultivo considerados en el análisis, no se han registrado mortalidades no explicadas en los lotes de producción.
- C.- En ninguno de los 2 centros de cultivo se ha detectado la presencia del gusano sabelido *Terebrasabella heterouncinata*, indicado en la Lista 2 del RESA.



- D.- En ambos centros de cultivo se ha detectado la presencia de inclusiones basófilas en el epitelio del sistema digestivo consistente con la presencia de infección por *Xenohalotis californiensis*, patología perteneciente a la Lista 2 del RESA.
- E.- Se ha detectado coccidiosis renal del abalón en ejemplares de ambos centros de cultivo. Esta patología no está considerada en el RESA. Esta infección presenta una prevalencia alta en ambos centros de cultivo.
- F.- Es frecuente la detección, en ambos centros de cultivo, de Protozoos ciliados en bolsas esofágicas de los abalones rojos analizados, los que pertenecen al género *Mantocyphidia*. También se han detectado protozoos ciliados en branquia.
- G.- Los informes sanitarios no poseen información de la prevalencia e intensidad de la infestación por poliquetos polidóridos (*Polydora* y géneros relacionados).

Cabe destacar que el análisis se realizó con los informes sanitarios de los últimos 4 años que las empresas realizaron en el marco del Programa de Vigilancia Activa para Moluscos.

Se evaluó la condición sanitaria de centros de cultivo de abalón de las 2 empresas de cultivo (Región de Coquimbo y Atacama) y se identificaron las enfermedades asociadas al cultivo y se discute su capacidad de dispersión y el posible daño a otras especies cultivadas en el país.



A continuación se detalla el análisis histológico y de infestación en las muestras obtenidas desde los centros de cultivo para propósitos del presente proyecto:

A continuación se detalla el análisis histológico y de infestación en las muestras obtenidas desde los centros de cultivo para propósitos del presente proyecto:

Análisis histológico

En el primer muestreo (invierno) se procesaron 90 abalones de cada localidad. Para el muestreo de primavera se procesaron 45 abalones. Para Histología se sacaron cuidadosamente los tejidos blandos, incluyendo glándula digestiva, ambos nefridios, corazón, branquia, intestino y un trozo pequeño de músculo del pie. Se fijaron por 24 h. en fijador de Davidson's, se deshidrataron en una batería creciente de etanol, se aclararon en xilol y se incluyeron en Paraplast. Se realizaron cortes de 5 μ m de grosor, los que se tiñeron con hematoxilina de Harris y eosina amarillenta alcohólica, montándose con FloTexx.

Los cortes histológicos fueron analizados en un microscopio Zeiss Axiostar plus, registrándose la información en una planilla Excel (Microsoft). Además se tomaron fotografías de todo lo que se consideró anormal. Se registró la prevalencia de cada parásito, que corresponde al porcentaje de abalones que muestran presencia del parásito (basta que haya un individuo parasitario presente).

Se construyeron tablas de contingencia para comparar la prevalencia de RLO (Rickettsial Like Organisms) y de coccidios entre localidades y entre invierno y primavera utilizando el programa SPSS Statistics 17.0.

Se muestrearon, procesaron y confeccionaron las placas histológicas de los siguientes ejemplares de abalón rojo (Tabla XLIV).



Tabla XLIV: Fecha, localidad y talla promedio de muestreo

Localidad	Fecha	Talla promedio	Fecha	Talla promedio
Coquimbo	02/07/2009	45,2 mm	13/11/2009	42,5 mm
Caldera tierra	08/07/2009	107,0 mm	16/11/2009	96,0 mm
Caldera mar	09/07/2009	100,4 mm	16/12/2009	104,1 mm

Como resultado se detectaron dos tipos de bacterias tipo rickettsiales (RLOs): a) una de las cuales es la responsable del *Withering Síndrome* (WS) o pie deshidratado, que es mucho más homogénea y se tiñe más débilmente con la hematoxilina, y b) Otras RLOs que se tiñen fuertemente con la hematoxilina y son de mayor tamaño con una textura granular. Estas inclusiones con RLOs se encuentran de preferencia en el post-esófago, pero también en estómago e intestino (Figura 50).

Se encontraron también coccidios en ambos nefridios, aunque en muchas placas histológicas no apareció el nefridio izquierdo. Esto se debió a un problema de muestreo dado el gran tamaño de los animales, no pudiendo sacarse más que una pequeñísima parte de los tejidos, lo que ocasionalmente dejó algunos tejidos fuera. El nefridio derecho es mucho más grande que el izquierdo, por lo que estaba en un 99% de las placas histológicas. En la Figura 51 se observan algunos túbulos de nefridio derecho, con muchos coccidios en su interior. Uno de los estados que se encuentra con mayor frecuencia es el de macrogamonte.

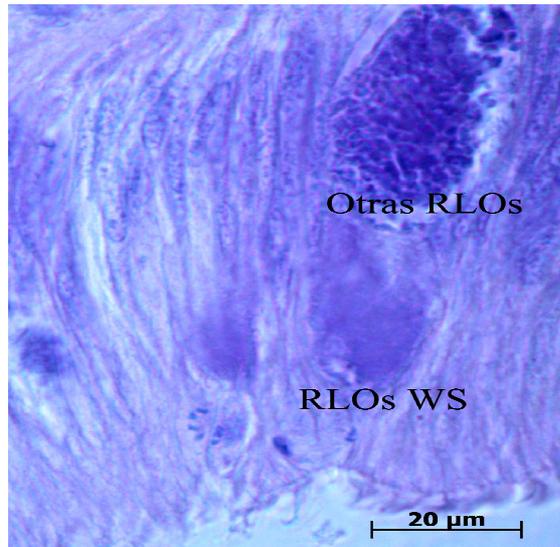


Figura 51: Inclusiones de dos tipos de RLOs:
a) RLOs del WS y b) Otras RLOs. Tinción: H & E

Los dos tipos de RLOs generalmente se encontraron juntos en el mismo individuo, en pocas ocasiones se observó sólo uno de ellos. Es posible también que no hayan aparecido en el corte, ya que se está examinando una pequeña parte de cada individuo. Las Otras RLOs comenzaron a observarse en las placas histológicas hace algunos años, al igual que en Estados Unidos en donde se encontraron principalmente en cultivos de tierra y no son patogénicas (coms. pers. Carolyn Friedman, 2009).

Como conclusión se puede manifestar que en los abalones muestreados las intensidades de infección detectadas fueron bastante bajas. No se encontró ningún ejemplar con metaplasia, que es la etapa terminal de la infección con RLOs WS, en que la glándula digestiva cambia su tejido a uno parecido al post-esófago, en esta situación el abalón ya no tiene donde hacer su digestión y comienza a consumir su pie.

La infección con coccidios muestra una alta prevalencia, particularmente en Caldera. Muchos de los individuos muestran además una altísima intensidad de infección, en que, como se muestra en la Figura 52 es difícil identificar el tejido nefridial, porque hay casi puros coccidios. Este necesario señalar que este parásito no se considera un patógeno y al parecer en abalones adultos no provoca mayor problema.

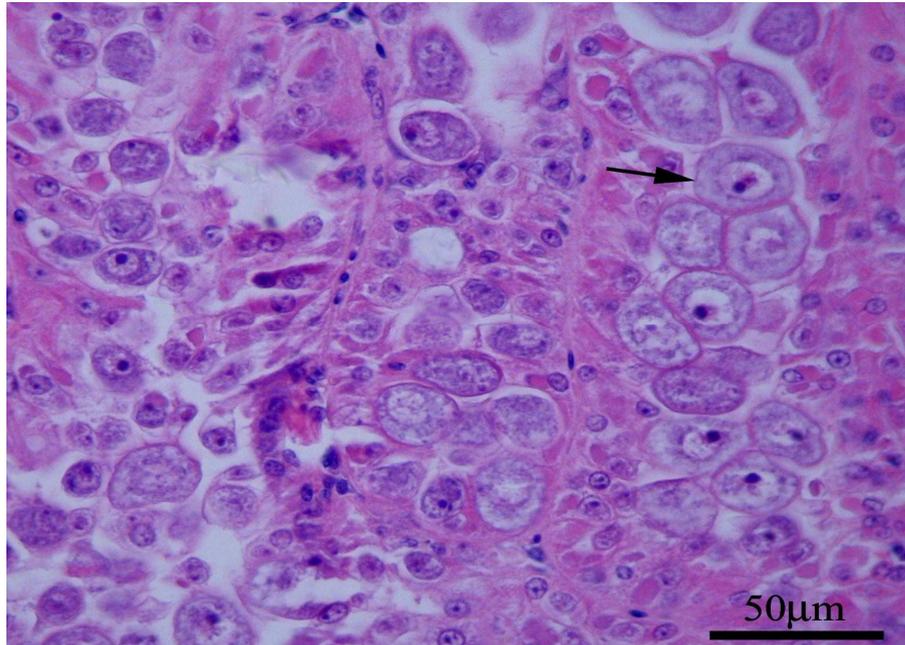


Figura 52: Corte de nefridio derecho, en que se ven numerosos coccidios (la flecha indica un macrogamonte, que forma parte de un grupo, que se encuentra en el lumen del túbulo nefridial). Hacia la izquierda de la fotografía se ven otros coccidios. Tinción: H & E.

La prevalencia de los parásitos encontrados se muestra en la tabla Tabla XLV para el muestreo de invierno, y en la tabla Tabla XLVII para el muestreo de primavera.

Tabla XLV: Hallazgos (Nº infectados/Nº examinados; porcentaje presencia de parásitos)
Invierno

Parásito	Coquimbo (Cultivo en tierra)	Caldera (Cultivo en Mar)	Caldera (Cultivo en tierra)
RLOs WS	25/90 (28%)	27/90 (30%)	25/80 (31%)
RLOs "Nuevas"	28/90 (31%)	41/90 (46%)	41/80 (51%)
Coccidios en			
Nefridio derecho	33/87 (38%)	79/90 (88%)	77/80 (96%)
Nefridio Izquierdo	18/44 (41%)	No aplica	No aplica



Tabla XLVII: Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de primavera)

Parásito	Coquimbo (Cultivo en tierra)	Caldera (Cultivo en Mar)	Caldera (Cultivo en tierra)
RLOs WS	14/45 (31%)	19/45 (42%)	16/45 (36%)
RLOs "Nuevas"	11/45 (24%)	20/45 (44%)	23/45 (51%)
Coccidios en nefridio derecho	29/45 (64%)	43/45 (96%)	43/45 (96%)
Coccidios en nefridio izquierdo	30/42 (71%)	No aplica	No aplica

La infección con coccidios muestra una alta prevalencia, en ambos nefridios. En los abalones de tamaño muy grande, como fueron los de Caldera, hubo un problema técnico al muestrear, y no apareció el nefridio izquierdo en las muestras. Sin embargo, el nefridio derecho está presente en 99% de las placas histológicas. En el muestreo de invierno hay un predominio de las etapas de macrogameto y ovoquiste del coccidio (en ambos nefridios), en cambio en el muestreo de primavera hay un fuerte predominio de trofozoitos y merontes. Estos últimos son la etapa de multiplicación asexual, la que produce varias decenas de merozoitos a partir de cada trofozoito. La prevalencia de los coccidios fue significativamente mayor en primavera para los abalones cultivados en Coquimbo (estanques de tierra), no así para los abalones cultivados en Caldera, tanto para los mantenidos en estanques en tierra como en el mar

Comparando las tallas de los abalones muestreados en Coquimbo y en Caldera, se ve que estos últimos sobrepasan los 100 mm de longitud de concha, los de Coquimbo bordean los 50 mm. En general, abalones más grandes presentan prevalencias e intensidades más altas de infección con coccidios, probablemente por haber estado expuestos por un tiempo más largo a la infección con este parásito. Los coccidios no se consideran patógenos de los abalones, y el hecho que animales muy grandes



tengan una alta carga de este parásito hace pensar que, al menos para los adultos, no son un problema. Al comparar la prevalencia entre los abalones de mar y de tierra en Caldera no se encontraron diferencias significativas entre los abalones aunque la prevalencia es un poco menor tanto para las rickettsiales que producen el WS como para las rickettsiales “nuevas”. En cuanto a las prevalencia de coccidios determinadas estas son significativamente diferentes en los abalones cultivados en tierra respecto al mar sólo en el primer muestreo (primavera).

En la Tabla XLVIII se muestra la prevalencia de los parásitos encontrados, que es el porcentaje de abalones con presencia del parásito (aunque tenga sólo uno).

Tabla XLVIII: Hallazgos (Nº infectados/Nº examinados; porcentaje de presencia de parásitos).

Parásito	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en Mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
RLOs WS	25/90 (28%)	11/45 (24%)	Pendiente
Otras RLOs	28/90 (31%)	18/45 (40%)	Pendiente
Coccidios en nefridio derecho	29/90 (32%)	37/45 (82%)	Pendiente



Infestación por *Terebrasabella heterouncinata*

No se detectó la presencia del poliqueto sabelido *Terebrasabella heterouncinata*, en ninguno de los ejemplares de abalón rojo analizados (n=405) considerando tanto el primer y segundo muestreo y ambas empresas de cultivo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el Programa de Vigilancia Activa mantenido por ambas empresas.

Análisis de infestación de sabélidos

No se detectó la presencia del poliqueto sabélido *Terebrasabella heterouncinata*, en ninguno de los 270 abalones analizados.

Análisis de infestación de polidóridos

La prevalencia de polidóridos (abalones que presentaron infestación por gusanos respecto del total analizado) en las muestras de abalones provenientes del mar fue de

100%, tanto para el período de invierno como de primavera, detectándose intensidades muy altas (Tabla XLIX y L) y una alta frecuencia de polidóridos (Tablas Tabla LI y Tabla LII) independiente del gran tamaño de los abalones, ya que presentan un grado alto de daño (Tabla Tabla LII y Tabla LIII), el cual no se aprecia fácilmente debido a la presencia de un “fouling” de incrustantes bastante promisorio y que en alguna medida evita que la concha se rompa producto de la gran cantidad de tubos correspondientes a las madrigueras de gusanos polidóridos y otros gusanos perforadores como *Dodecaceria* sp.

La prevalencia de polidóridos en los abalones provenientes de Compañía Pesquera Camanchaca S.A. cultivados en tierra fue de 14,4% y 17,8% para los muestreos de invierno y primavera, respectivamente y no registraron diferencias significativas. Estas prevalencias fueron significativamente diferentes a las registradas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de la empresa Live SeaFood Ltda. que registraron un 2,2% tanto para el período de invierno como de primavera (Tabla XLIX y L) Las intensidades registradas tanto para abalones provenientes del cultivo en tierra para ambas empresas fueron bajas (Tabla XLIX y L), detectándose la presencia de



1 o 2 gusanos polidóridos por concha, lo que se traduce en frecuencias muy bajas (Tablas LI y LII). Las conchas de abalones provenientes del cultivo en tierra, en ambas empresas, no mostraron daños significativos (Tabla LIII y Tabla LIV).

Tabla XLIX: Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de invierno).

Origen de los abalones	Prevalencia	Intensidad (polidóridos por abalón)		
		Promedio	Máxima	Mínima
Live Seafood (Cultivo en tierra)	2,2%	0,02	1	1
Camanchaca (Cultivo en mar)	100%	60,64	102	34
Camanchaca (Cultivo en tierra)	14,4%	0,16	1	2

Tabla L: Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (muestreo de primavera).

Origen de los abalones	Prevalencia	Intensidad (polidóridos por abalón)		
		Promedio	Máxima	Mínima
Live Seafood (Cultivo en tierra)	2,2%	0,02	1	1
Camanchaca (Cultivo en mar)	100%	69,76	112	36
Camanchaca (Cultivo en tierra)	17,8%	0,22	1	2



Tabla LI: Frecuencia de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (invierno).

Rango (N° de gusanos)	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en Mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
0	88	0	76
1-5	2	0	13
6-10	0	0	0
11-15	0	0	0
16-20	0	0	0
21-25	0	0	0
>25	0	90	0
Tamaño muestra	90	90	90

Tabla LII: Frecuencia de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (primavera).

Rango (N° de gusanos)	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en Mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
0	88	0	37
1-5	2	0	8
6-10	0	0	0
11-15	0	0	0
16-20	0	0	0
21-25	0	0	0
>25	0	45	0
Tamaño muestra	90	45	45

Los ejemplares de abalón rojo provenientes del mar presentaron un alto contenido de “fouling” (Figura 53A) y daño en la superficie de la concha (Figura 53B), este último causado por infestación de gusanos polidóridos (Tabla Tabla LIV).



Figura 53: Concha de abalón correspondiente a ejemplares provenientes del cultivo en mar de la empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A.: (A) Concha con “fouling” abundante y (B) Concha con claros daños debido a infestación por gusanos polidóridos, nótese la concha sin la capa externa de conchiolina lo que se evidencia por la exposición de la capa nacarada.

Tabla LIII: Número de ejemplares de abalón en las 4 categorías de acuerdo al daño de la concha por infestación de gusanos polidóridos (invierno).

Categoría	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en Mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
0	88	0	77
1	2	0	13
2	0	8	0
3	0	82	0
Tamaño muestra	90	90	90



Tabla LIV: Número de ejemplares de abalón en las 4 categorías de acuerdo al daño de la concha por infestación de gusanos polidóridos (primavera).

Categoría	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en Mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
0	88	0	37
1	2	0	8
2	0	3	0
3	0	42	0
Tamaño muestra	90	45	45

Se identificaron 4 especies de gusanos polidóridos en las muestras analizadas, las cuales estuvieron representadas tanto en el muestreo de invierno como en el de primavera (Tablas LV y Tabla LVI). En el muestreo de invierno se registró una clara predominancia de *Polydora rickettsi*, principalmente en las muestras provenientes del cultivo en tierra. La especie *Boccardia tricuspa* solamente fue detectada en ejemplares de abalón rojo provenientes del cultivo en estanques en tierra de la empresa Compañía Pesquera Camanchaca S.A. y *Dipolydora huelma* solamente en abalones de la misma empresa de cultivo, pero provenientes del cultivo en mar (Tabla LV).

Tabla LV: Especies pertenecientes a gusanos polidóridos y su porcentaje detectadas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (invierno).

Especies	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
<i>Polydora rickettsi</i>	● 100%	● 58,3%	● 91,7%
<i>Dipolydora huelma</i>		● 6,3%	
<i>Dipolydora giardi</i>		● 35,4%	
<i>Boccardia tricuspa</i>			● 8,3%



En el muestreo de primavera la especie *Polydora rickettsi* fue detectada en los ejemplares de abalón rojo provenientes de los 3 sitios de cultivo, aunque con menor predominancia de lo registrado en el muestreo de invierno. En los abalones cultivados en el mar se detectó la presencia de las 4 especies de polidóridos identificadas, con una predominancia de *Boccardia tricuspa*, predominancia que también se registró en los abalones cultivados en tierra en la empresa Compañía Pesquera Camanchaca (Tabla LVI).

Tabla LVI: Especies pertenecientes a gusanos polidóridos y su porcentaje detectadas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo (primavera).

Especies	Live Seafood (Cultivo en tierra)	Camanchaca (Cultivo en mar)	Camanchaca (Cultivo en tierra)
<i>Polydora rickettsi</i>	● 100%	● 22,2%	● 36,4%
<i>Dipolydora huelma</i>		● 16,7%	● 12,1%
<i>Dipolydora giardi</i>		● 23,9%	
<i>Boccardia tricuspa</i>		● 61,1%	● 51,5%

4.2.b Evaluación de los procedimientos y metodologías empleadas para realizar las certificaciones sanitarias de los organismos previo a su traslado a los organismos previo a su traslado a los centros de mar.

Traslado de ejemplares de abalón entre centros de cultivo

Este proceso fue dividido en las siguientes etapas:

- 1) Muestreo. Los juveniles de abalón mantenidos en estanques de cultivo son medidos utilizando un pie de metro y se seleccionan los individuos de un tamaño igual o superior a 37mm.



- 2) Desprendimiento. Los juveniles de abalón seleccionados son desprendidos de sus refugios utilizando espátulas de punta redondeada, y son acopiados en canastos que son trasladados a un estanque exclusivo.
- 3) Enmallado. Los ejemplares de abalón son depositados en bolsas de malla, las cuales contendrán un peso de entre 500 y 510 gramos, las cuales son anudadas y llevadas a un estanque donde serán debidamente acondicionadas hasta el día del traslado. El estanque de acondicionamiento es monitoreado varias veces al día registrándose datos de temperatura, salinidad, niveles de oxígeno y pH.
- 4) Embalaje. Los ejemplares de abalón contenidos en las bolsas de malla son depositados sobre esponjas embebidas en agua de mar microfiltrada y esterilizada con radiación ultravioleta contenidas dentro de cajas de aislapol que están cubiertas internamente por una bolsa plástica transparente. Dentro de la caja se incluyen gel-pack para mantener una temperatura baja, luego se inyecta oxígeno y finalmente la caja se tapa y se sella con cinta adhesiva.
- 5) Traslado. Las cajas son transportadas al aeropuerto (dependiendo de su destino) previa tramitación de la visación por parte del Sernapesca.

El traslado de ejemplares de abalón desde un centro de cultivo a otro (en tierra) no considera ninguna certificación sanitaria y cuyo procedimiento es propio de la empresa de cultivo. A pesar de ello, existen restricciones de traslado de animales de una zona declarada como afectada por una enfermedad de la lista 1 o 2 a centros de cultivo considerados como libre de ellas (RESA).

Traslado de ejemplares de abalón desde centros de cultivo en tierra a cultivo en mar

Desde el punto sanitario, el ingreso de ejemplares de abalón desde el cultivo en tierra al cultivo en mar está contenido en el documento Informe Técnico N°57 del 24 de junio de 2005 dispuesto por la Subsecretaría de Pesca, donde en el Artículo 4 se establece que “en forma previa al ingreso de los abalones a los sistemas de cultivo en mar, el interesado deberá certificar a través de una empresa o institución acreditada por el Servicio Nacional de Pesca, que los ejemplares se encuentran libres de enfermedades de alto riesgo”.



Por lo anterior, las empresas que ingresan abalones al mar están sujetas, desde el punto de vista sanitario, al Programa de Vigilancia Activa específico para Moluscos, donde se establece un procedimiento claro y preciso que debe ser cumplido por las empresas certificadoras. Dicho procedimiento es el siguiente:

- a) Las visitas sanitarias anuales a que se refiere la letra d) del numeral 1, deberán efectuarse una en otoño y otra en primavera-verano de cada año.
- b) El muestreo individual de centros de cultivo de abalones deberá efectuarse conforme a lo indicado en el anexo del presente programa no obstante, como norma general, debe aplicarse un muestreo que otorgue un 95% de confianza con prevalencias asumidas del 10%.
- c) El muestreo de una zona deberá efectuarse conforme al plan de muestreo que el Servicio establezca para ella, previo estudio de los centros, áreas de poblaciones naturales, especies, densidad de poblaciones, estadios de desarrollo y otros aspectos relevantes de la zona que pudieran ser de interés para la determinación de la muestra.
- d) En el muestreo se privilegiará la obtención especímenes que presentan anomalías tales como crecimiento anormal, valvas entreabiertas, excrescencias anómalas y mortalidades elevadas.
- e) El transporte de las muestras deberá realizarse en condiciones que garanticen su integridad, embaladas de modo que cualquier contaminación hacia y desde el exterior resulte imposible, efectuándose en recipientes sólidos y perfectamente sellados, cajas o contenedores protectores sólidos y perfectamente cerrados, con material absorbente en cantidad suficiente. En el caso que el muestreo corresponda a una zona, la etiqueta de los depósitos que contengan las muestras deberán identificar los puntos de muestreo, indicando los códigos de centros y/o zonas, fecha de muestreo y números o códigos que identifiquen los grupos muestreados.
- f) Las muestras deben llegar vivas al laboratorio y deben ser procesadas tan pronto como sea posible.



g) El análisis de las muestras se efectuará conforme a los métodos previstos en el Manual de Técnicas Diagnósticas para Animales Acuáticos de la Oficina Internacional de Epizootias en su última versión oficial. En el caso de aquellas enfermedades cuyo método de diagnóstico no esté descrito por la OIE, el método será definido mediante Resolución por el Servicio.

El Programa de Vigilancia Activa para Moluscos es un instrumento muy valioso para mantener el bienestar de los abalones cultivados y debe mantenerse con la rigurosidad que amerita. Se sugiere realizar un solo muestreo en el período de primavera-verano, donde por efecto de la temperatura incrementan las intensidades de los patógenos, aumentando a 60 el número de ejemplares a analizar para detectar con un 95% de confianza la presencia de patógenos con prevalencias iguales o mayores a 5% y no de 10% como lo indica el Programa de Vigilancia Activa.

Si nos centramos en el punto b) del procedimiento indicado, se establece que el muestreo debe considerar un número de ejemplares para obtener un 95% de confianza de detectar un agente causal que se encuentre en una prevalencia de un 10%, lo que corresponde a un "n" muestral de 30 ejemplares. De acuerdo a los resultados obtenidos en los muestreos realizados la prevalencia para RLOs-WS (que causan el síndrome de marchitamiento del pie y está considerada como enfermedad de lista 2) fue superior al 30% en ambos períodos considerados y en ejemplares cultivados tanto en tierra como en mar. Por lo anterior, considerando el número de ejemplares a analizar indicados en el PVA específico para Moluscos las RLOs-WS serán detectadas adecuadamente si las hubiese. Además se debe considerar que este patógeno fue detectado en abalones cultivados tanto en tierra como en mar, por lo cual el traslado de abalones desde cultivo en tierra a cultivo en mar se considerará como traslado de una zona afectada, en este caso por RLOs-WS, a otra zona afectada. No existen estudios, en Chile ni a nivel mundial, que demuestre que este tipo de *Rickettsia* afecte a otros moluscos, aunque para el caso de *Argopecten purpuratus* se ha detectado un tipo de rickettsial, pero no el mismo presente en el abalón y además no está asociado a mortalidades ni signos clínicos Lohrmann (2009).



En este estudio no se detectó la presencia del gusano sabelido *Terebrasabella heterouncinata*, indicado en la lista 2 del RESA, aunque se analizaron 90 ejemplares de abalón lo cual estaría considerando una prevalencia entre el 3 y 4%. Hurtado (2000) realizó un experimento donde demostró que *Fisurella cumingui* (lapa frutilla) y *F. latimarginata* (lapa negra) fueron infestadas por *T. heterouncinata* después de un período de 5 semanas en cohabitación con abalones rojos infestados. Ruck & Cook (1998) detectaron en la costa Sudafricana la presencia de *T. heterouncinata* en gasterópodos (*Patella miniata*, *P. logicosta*, *Oxytele tigrina*, *O. sinensis*, *Turbo sarmaticus* y *T. cidaris*) cercanos a centros de cultivo de abalones, sugiriendo que estos podrían servir de reservorios del gusano. En el trabajo de Hurtado (2000) se indica además que tanto ostras (*Crassostrea gigas*) y ostiones (*Argopecten purpuratus*) no fueron infestados por *T. heterouncinata* después de permanecer en cohabitación con abalones infestados con el gusano por un período de 3 meses. Por lo anterior, es de vital importancia realizar un análisis exhaustivo de los ejemplares de abalón ingresados al cultivo en mar, por lo cual se propone considerar un muestreo con un “n” muestral de 150 animales para la detección de *T. heterouncinata*, lo cual permitirá detectar la presencia del gusano con una prevalencia de un 2%, asegurando de esta manera su dispersión al mar y por ende a especies autóctonas de las zonas de cultivo. Cabe señalar que el riesgo de infestación de especies autóctonas se ve minimizado por las restricciones que dicen relación con el tipo de fondo que debe estar bajo el cultivo de abalón en mar, ya que no existiendo fondo rocoso disminuye considerablemente la presencia de gasterópodos que pudiesen ser potencialmente infestados, ya que el estado infestivo de *T. heterouncinata* es su estadio larval, el cual es incapaz de nadar, por tanto su dispersión es muy reducida y se limita al contacto directo entre animales infestados y sanos. Además el análisis de detección de *T. heterouncinata* no requiere del sacrificio de los ejemplares de abalón, y sólo tendrían que sacrificarse los sospechosos para confirmar la presencia del gusano.



4.2.c Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV Regiones, en donde se pudiera realizar cultivo de abalones.

Entre los antecedentes de ambas bahías en estudio se puede mencionar que la Universidad Católica del Norte (UCN), en el proyecto FIP 93-28, en 1994 realizó estudios de corrientes en un punto de bahía Tongoy y otro en bahía Inglesa, durante 20 días en verano y 20 días en invierno, más registros puntuales en 9 estaciones a las profundidades de 5 y 10 metros. Con estos registros se pudo determinar las velocidades de corrientes máxima, mínima y moda, con cuya información se pudo determinar tiempo de renovación del agua en ambas bahías.

A través del proyecto FIP 2006-37, investigadores de la UCN integraron nuevas metodologías para conocer la circulación costera, para lo cual se estableció un modelo numérico de circulación costera para estas bahías y el modelo usado fue el *Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM)*, que es un modelo de volúmenes finitos desarrollado por el Dr. Chen, de la Universidad de Massachusetts-Darmouth (Chen *etal*, 2003). También tiene incorporado un módulo de cálculo para derivadores lagrangianos, lo que permitiría estudiar el transporte de partículas producido por las corrientes calculadas en el modelo.

Las condiciones de viento juegan un papel importante en modificar las corrientes oceánicas costeras, por ello es necesario entender los patrones de viento en la zona y su variación local. Con el modelo numérico de circulación atmosférica MM5, se puede entender los patrones de viento existentes en los días en que se realizaron estas mediciones, lo cual permite reproducir los eventos de viento que tienen mayor influencia en la zona.

El modelo numérico de circulación se acopla a la dinámica espacio-temporal del fitoplancton y deriva de larvas y con esta información se pueden proponer con certeza la ubicación y el número de estaciones que se deben monitorear y cumplir con un protocolo de seguimiento ambiental para la determinación de la capacidad de carga, y



predecir que lo que pasaría durante un año normal, La Niña o El Niño con los cultivos de abalones en sistema suspendido.

En base a la información antes mencionada y a los estudios complementarios que se han realizado con propósitos del presente proyecto, se podrá caracterizar (al término del estudio) las dos bahías en cuestión en cuanto a corrientes, batimetría, sustrato y especies bentónicas dominantes que puedan representar competencia y depredación ante un eventual escape y asentamiento del abalón.

Análisis oceanográfico de bahía Inglesa

- **Batimetría**

Bahía Inglesa ubicada a una latitud media de 27° 04 ' 48" (S), posee un grado de exposición al Noroeste y presenta a nivel general pendientes batimétricas que oscilan entre 0,5% y 1,8% en las zonas centrales y 4% a 6% en las zonas laterales. En función de los equipos y técnicas descritas en la metodología, se desarrolló un total de nueve perfiles batimétricos, cinco de los cuales se presentan en el presente Informe de Avance. Las coordenadas de origen y término de los cinco perfiles analizados se muestran en la Tabla Tabla LVII y su ubicación en terreno en la Figura 54.

Tabla LVII: Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.

	INICIO DE PERFIL		TERMINO DE PERFIL		LONGITUD DE PERFIL (m)
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
P-1	27° 07' 37"	70° 53' 07"	27° 07' 30"	70° 53' 23"	460
P-2	27° 07' 24"	70° 53' 19"	27° 07' 32"	70° 53' 04"	480
P-3	27° 07' 29"	70° 53' 01"	27° 07' 21"	70° 53' 15"	480
P-4	27° 07' 35"	70° 53' 24"	27° 07' 27"	70° 53' 00"	700
P-5	27° 07' 20"	70° 53' 14"	27° 07' 42"	70° 53' 08"	700
P-6	27° 07' 37"	70° 53' 02"	27° 07' 36"	70° 53' 23"	600
P-7	27° 07' 32"	70° 53' 25"	27° 07' 38"	70° 53' 04"	580
P-8	27° 07' 24"	70° 53' 00"	27° 07' 23"	70° 53' 15"	520
P-9	27° 07' 23"	70° 53' 03"	27° 07' 44"	70° 53' 03"	610

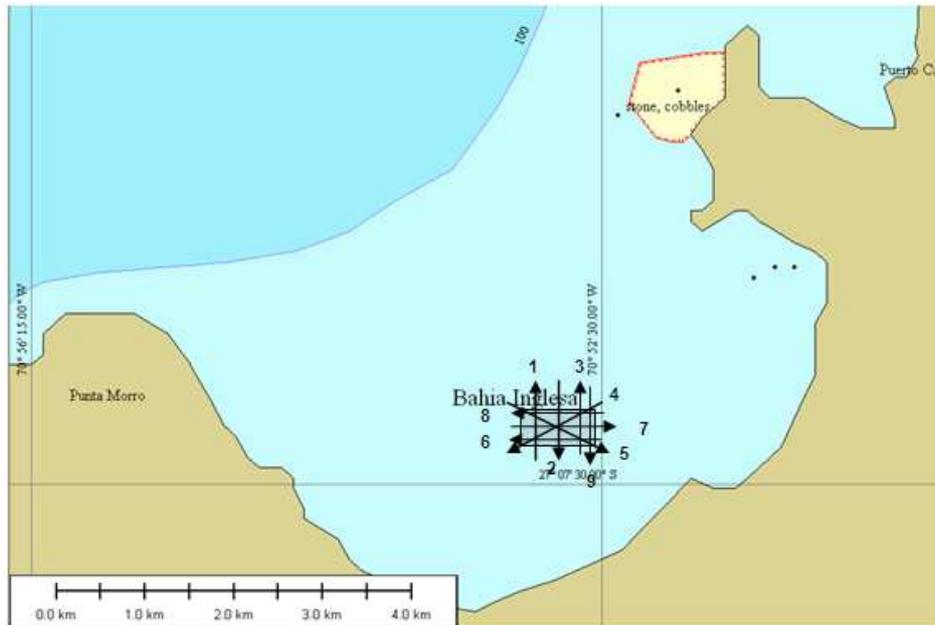


Figura 54: Ubicación y distribución de perfiles batimétricos en sector de bahía Inglesa.

El Perfil batimétrico N° 1 (Figura 55) tiene una longitud de 460 metros y muestra una pendiente media de 1,73 %, esta medición corresponde a valores similares a los obtenidos desde la cartografía oficial del SHOA de Bahía Inglesa (Carta 3111).

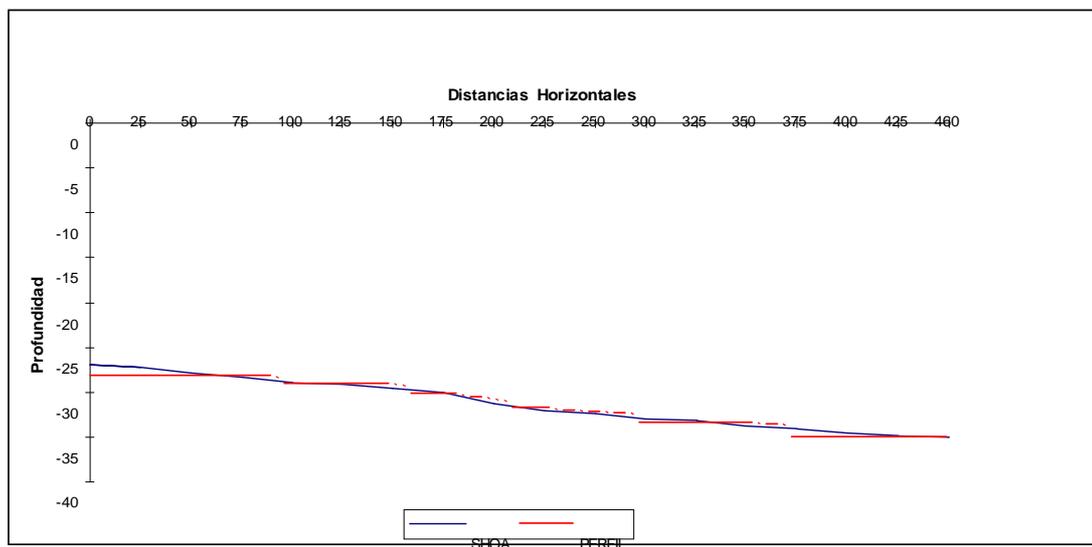


Figura 55: Perfil batimétrico N° 1.

El Perfil N° 2 (Figura 56) tiene una longitud de 480 m y muestra una pendiente media de 1,88 %, similar a valores obtenidos desde la cartografía oficial.

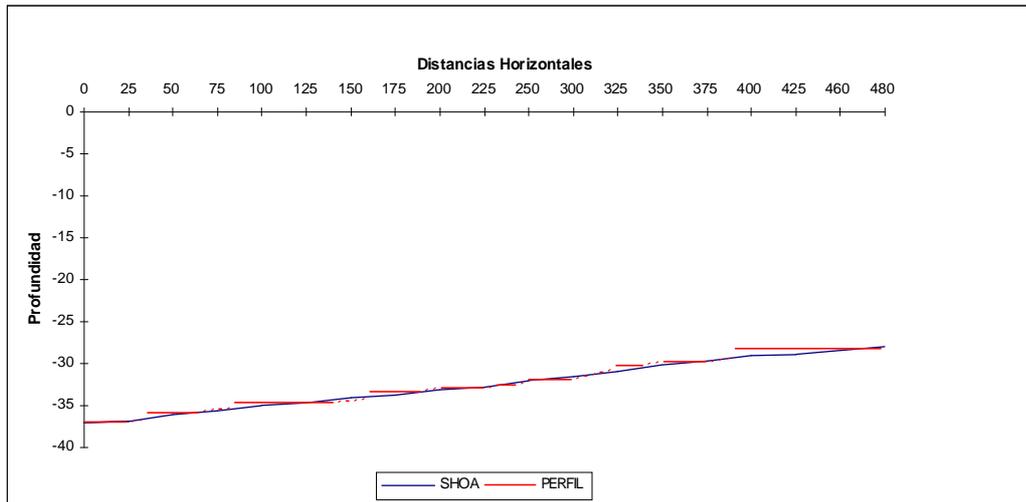


Figura 56: Perfil batimétrico N° 2.

El Perfil N° 3 (Figura 57), al igual que el Perfil N° 2, tiene una longitud de 480 m y muestra una pendiente media de 1,88 %, también corresponde a valores obtenidos desde la cartografía oficial.

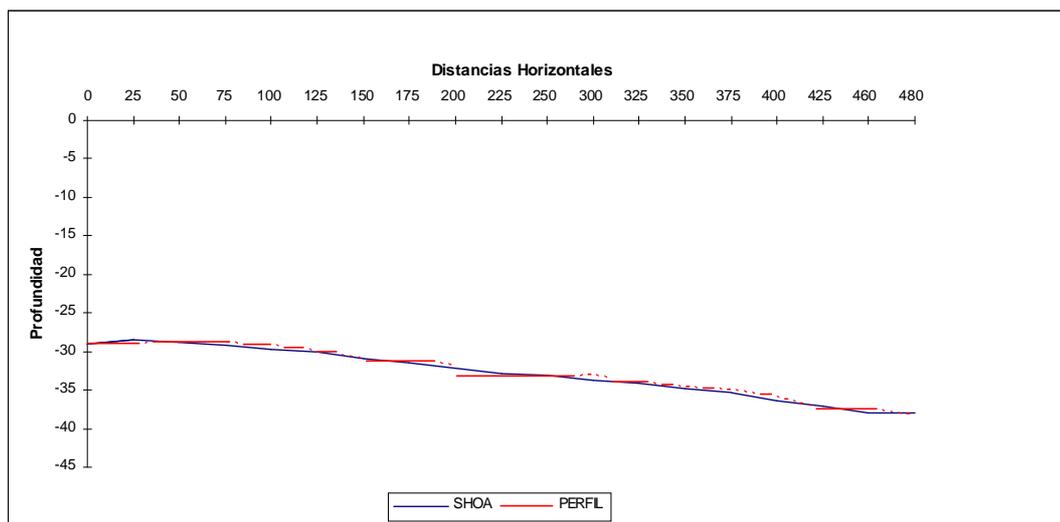


Figura 57: Perfil batimétrico N° 3.

El Perfil N° 4 (Figura 58) tiene una longitud de 700 m y muestra una pendiente media del 0,70 %, correspondiendo a valores similares de la cartografía oficial.

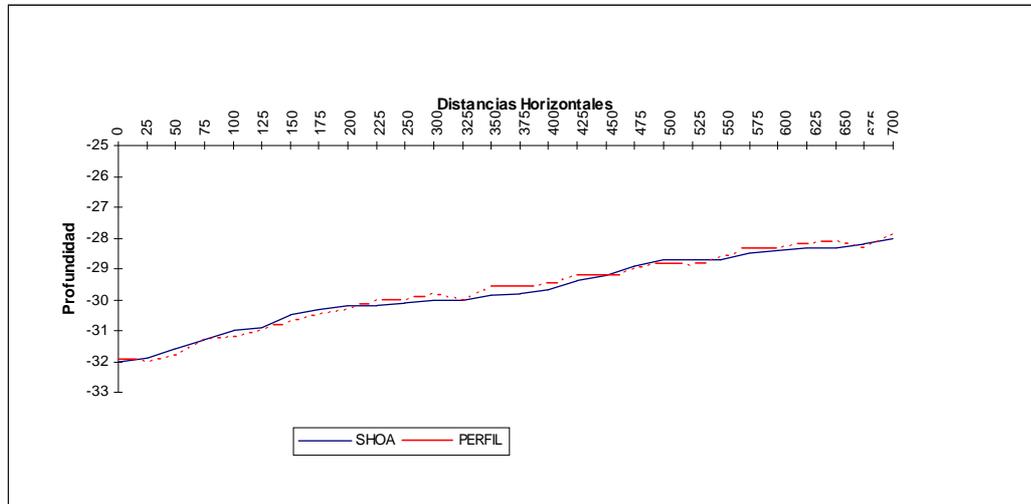


Figura 58: Perfil batimétrico N° 4.

El Perfil batimétrico N° 5 (Figura 59) también tiene una longitud de 700 metros y muestra una pendiente media del 1,71 %, dicho valor corresponde a similares valores obtenidos desde la cartografía oficial del SHOA.

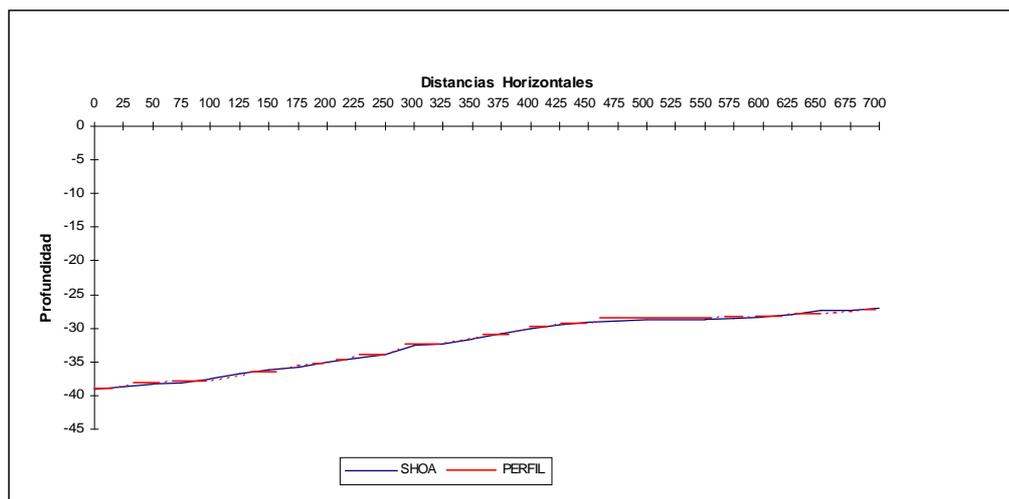


Figura 59: Perfil batimétrico N° 5.

El Perfil batimétrico N° 6 (Figura 60) En este perfil con una longitud de 600 m., muestra una pendiente media de fondo de 1,30 %.

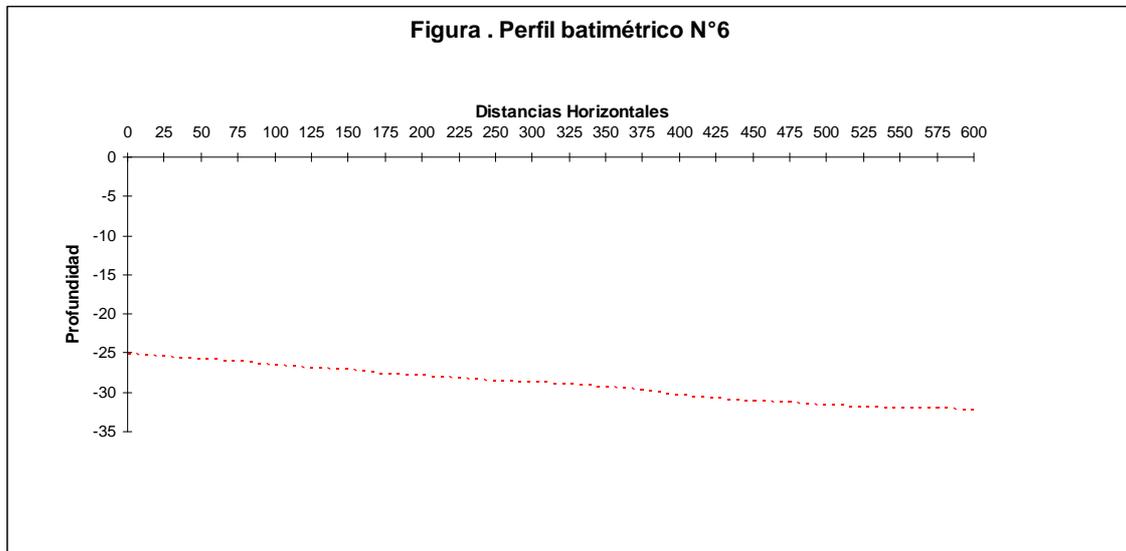


Figura 60: Perfil batimétrico N° 6.

El Perfil batimétrico N° 7 (Figura 61) En este perfil con una longitud de 580 m., muestra una pendiente media de fondo de 1,41 %.

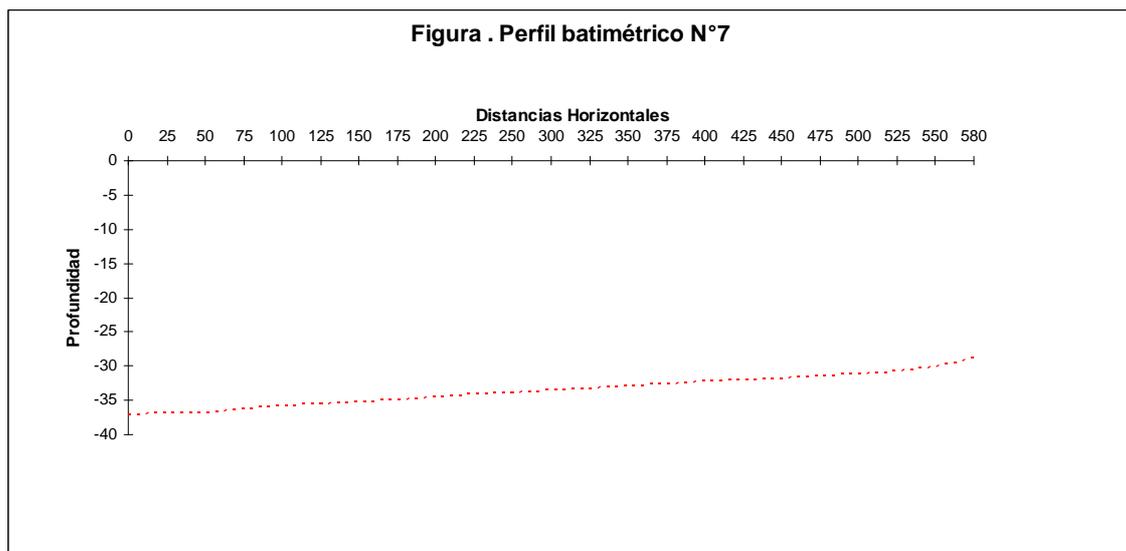


Figura 61: Perfil batimétrico N° 7

El Perfil batimétrico N° 8 (Figura 62) En este perfil con una longitud de 580 m., muestra una pendiente media de fondo de 1,41 %.

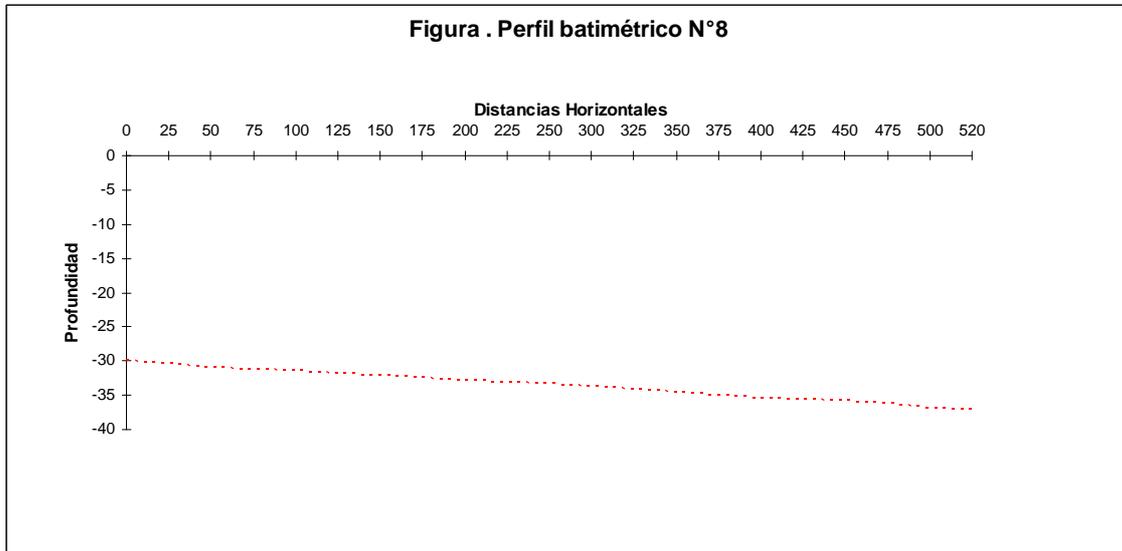


Figura 62: Perfil batimétrico N° 8

El Perfil batimétrico N° 9 (Figura 63) En este perfil con una longitud de 610 m., muestra una pendiente media de fondo de 1,28 %.

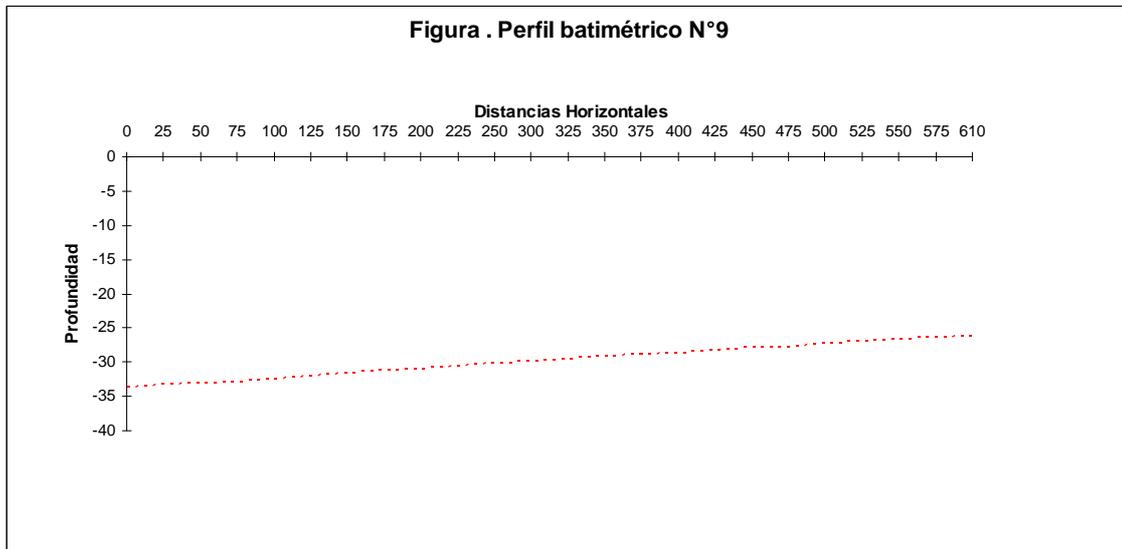


Figura 63: Perfil batimétrico N° 9



A nivel general se observa que en los perfiles 1, 2 y 3 (Figuras 55,56,57,58 respectivamente) fueron desarrollados en forma paralela entre si y sus pendientes oscilan entre 1,73 % y 1,88 %. Los perfiles 4 y 5 (Figuras 59 y 60), que corresponde a las diagonales del área de estudio, presentaron pendientes que oscilan entre 0,70 % y 1,71 %.

Cabe destacar que los perfiles batimétricos obtenidos mediante el uso del Ecógrafo KAIJO DENKY, muestran rangos similares de pendientes a las pendientes obtenidas mediante el uso de la cartografía oficial elaborada por el SHOA para Bahía Inglesa, los coeficientes de correlación para los perfiles desarrollados oscilan ente $r = 0,9920$ y $r = 0,9980$.

- **Correntometría**

Los registros de corrientes muestran valores máximos horarios de 15,8 cm/s en la componente este-oeste, y de 13,7 cm/s en la componente norte-sur, con predominio de corrientes al norte (3,1 cm/s) y al este (1,7 cm/s), lo cual entrega como vector resultante una rapidez de 3,6 cm/s al noreste (Tabla LVIII)

Tabla LVIII: Estadística básica de los datos registrado por el correntómetro FSI (tomando los datos horarios).

Estadístico	VARIABLE			
	U (este-oeste) (cm/s)	V (norte-sur) (cm/s)	T° (°C)	uv (cm/s)
Promedio	1,68	3,13	12,66	7,60
Desvest	5,52	4,64	0,24	2,61
Moda	-4,71	3,18	12,50	8,41
Max	15,78	13,72	13,00	16,30
Mín	0,01	0,03	12,00	1,01

La temperatura registrada por el correntómetro (entre 12,0 y 13,0 °C) indica una mínima variación a la profundidad de observación (7 m), lo cual es propio de invierno (Figura 64).

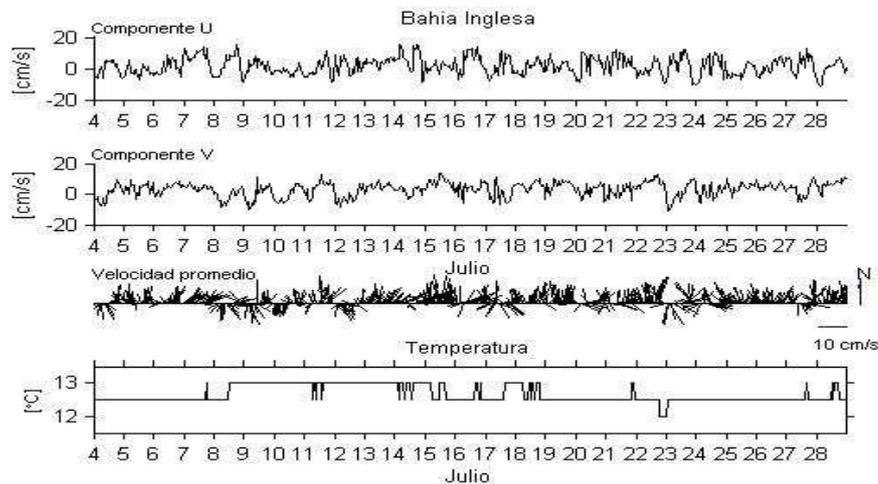


Figura 64: Corrientes registradas en bahía Inglesa en Julio 2009, a 7 m de profundidad. Componente U: este-oeste, positiva, al este; componente norte-sur, positivo al norte. Vectores de corrientes promedio horarios. El gráfico inferior muestra los valores de temperatura registrados por el correntómetro.

La Figura 64 muestra la representación de la frecuencia de los valores de corrientes según dirección y magnitud, que entre los -90 y 90° respecto al norte, el predominio de las componentes norte y este, con valores más repetidos entre 4 y 8 cm/s, corroborando lo anterior.

La Tabla LIX muestra que al efectuar un análisis de los promedios diarios de vectores de corrientes, muestra que los valores medios de todo el periodo de observación son los mismos que la Tabla LVIII, sin embargo los valores máximos se reducen a 7,5 cm/s en la componente este y 8,0 cm/s en la componente norte. El usar estos valores tiene un mayor significado porque suaviza de una manera simple el efecto de componentes mareales, dejando un flujo medio diario como un valor más representativo de los desplazamientos de una partícula u objeto a la deriva en esa profundidad de observación.

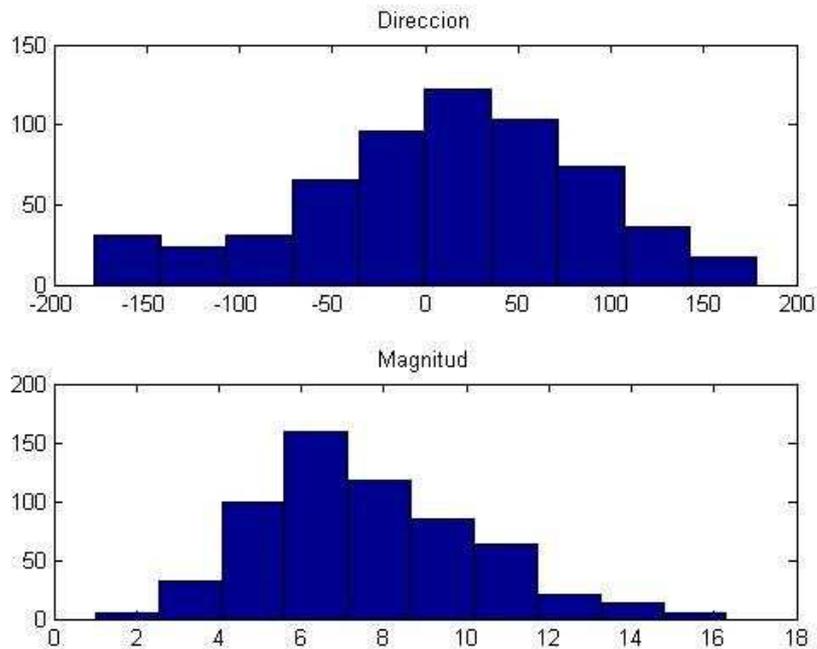


Figura 65: Histogramas de dirección y magnitud de las corrientes con los datos horarios (n=600).

Tabla LIX: Estadística básica de los promedios diarios de las componentes de velocidad obtenidos del correntómetro FSI.

Estadístico	VARIABLE		
	U (este-oeste) (cm/s)	V (norte-sur) (cm/s)	uv (cm/s)
Promedio	1,68	3,13	4,57
Desvest	2,51	2,80	2,34
Moda	*	*	*
Max	7,47	7,95	8,76
Mín	0,46	0,10	0,48

El registro de vientos locales en m/s, muestra que la componente N-S es mucho mayor que la E-O, y que la señal norte-sur presenta variaciones inter-diarias asociadas a los cambios de presión atmosférica locales, aunque desfasados (Figura 66).

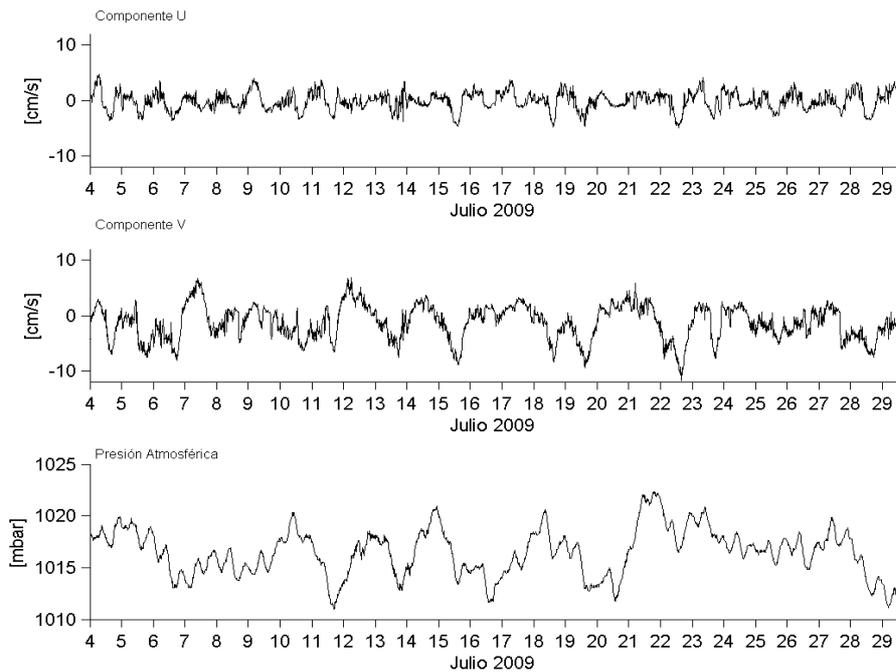


Figura 66: Información de viento y presión atmosférica de la estación de Bahía Inglesa en Julio 2009. La figura superior y central presenta la componente U (Este-Oeste) y V (Norte-Sur) respectivamente, indicando procedencia del viento. La figura inferior muestra la presión atmosférica.

El nivel del mar del puerto de Caldera señala que en el periodo de registro de corrientes (25 días) están incluidas mareas de sicigias y cuadratura, por lo tanto los valores medios registrados son representativos del invierno 2009, como valores residuales para el área de registro en la profundidad de observación (Figura 67).
Tabla IL

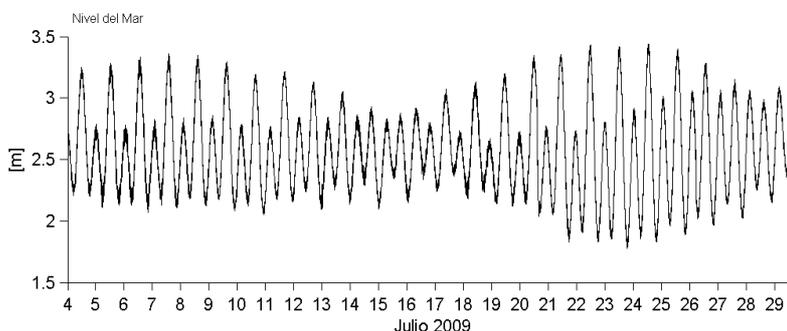


Figura 67: Información de nivel del mar para bahía Caldera en Julio 2009, según datos SHOA.

Tabla II: Características granulométricas, grado de selección, asimetría y contenido de materia orgánica de los sedimentos marinos superficiales en bahía Inglesa.

Estación	Profundidad (m)	Diámetro medio (Phi)	Clasificación Wentworth	Grado de Selección	Clasificación Selección	Asimetría	Clasificación Asimetría	Diámet. medio (mm)	Materia Orgánica mg/g
S1	30	3.45	Arena muy Fina	0.43	Bien Seleccionada	-0.05	Simétrica	0.091	19,10
S2	31	3.48	Arena muy Fina	0.49	Bien Seleccionada	-0.08	Simétrica	0.089	22.50
S3	27	3,56	Arena muy Fina	0.43	Bien Seleccionada	-0.04	Simétrica	0.084	27.10
S4	28	3.53	Arena muy Fina	0.38	Bien Seleccionada	+0.06	Simétrica	0.086	22.50
S5	30	3.50	Arena muy Fina	0.42	Bien Seleccionada	-0.03	Simétrica	0.088	16.70
S6	31	3,48	Arena muy Fina	0.40	Bien Seleccionada	-0.08	Simétrica	0.089	16,50
S7	37	3.43	Arena muy Fina	0.38	Bien Seleccionada	+0.06	Simétrica	0.092	13.50
S8	32	3.48	Arena muy Fina	0.42	Bien Seleccionada	-0.08	Simétrica	0.089	16.90
S9	30	3.50	Arena muy Fina	0.44	Bien Seleccionada	-0.06	Simétrica	0.088	19.70

Análisis oceanográfico de Bahía Tongoy

Batimetría

Bahía Tongoy ubicada a los $30^{\circ} 17' 33''$ de latitud Sur y $71^{\circ} 37' 12''$ de longitud Oeste, posee un grado de exposición al Norte y presenta pendientes batimétricas que oscilan entre 0,2% -1,8% en las zonas centrales y 4%-6% en las zonas laterales.

En función de los equipos y metodologías anteriormente descritas, se desarrollaron un total de 9 perfiles batimétricos, cuatro de estos perfiles se presentan en este informe en un análisis comparativo. Las coordenadas de origen y término y su longitud de los perfiles desarrollados se muestran en la Tabla ILI y su ubicación en terreno en la Figura 68



Figura 68. Distribución de los perfiles batimétricos desarrollados en sector de estudio en Bahía Tongoy.

Tabla III. Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.

PERFIL	COORDENADAS (SAD-69)				
	INICIO DE PERFIL		TERMINO DE PERFIL		LONGITUD DE PERFIL (m)
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
P-1*	30° 16' 09"	71° 31' 54"	30° 16' 00"	71° 32' 54"	240
P-2	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 22"	71° 31' 48"	220
P-3*	30° 16' 10"	71° 31' 54"	30° 16' 12"	71° 31' 42"	310
P-4	30° 16' 10"	71° 31' 48"	30° 16' 11"	71° 32' 05"	360
P-5*	30° 16' 11"	71° 31' 48"	30° 16' 04"	71° 31' 37"	320
P-6	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 05"	71° 32' 04"	310
P-7*	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 18"	71° 32' 06"	340
P-8	30° 16' 11"	71° 31' 49"	30° 16' 19"	71° 31' 37"	360

Con el objeto de desarrollar un análisis comparativo entre los perfiles batimétricos obtenidos en terreno y los perfiles batimétricos calculados de la cartografía oficial del SHOA, se muestran a continuación la gráfica comparativa de cuatro perfiles batimétricos (*) (Figura 69, 70, 71, 72).

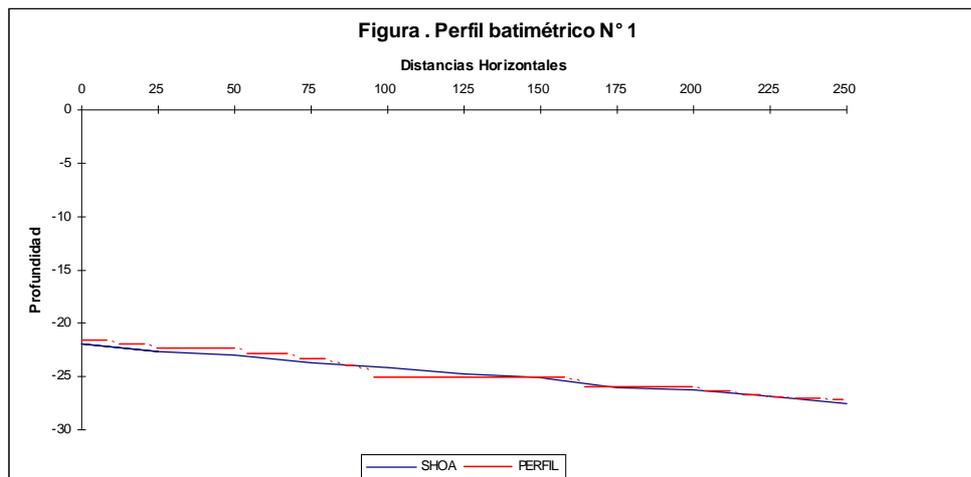


Figura 69: Perfil batimétrico N° 1.

Este perfil de una longitud de 240 m., muestra una pendiente media de 2,35 %, distribuyéndose entre los 27,15 y los 21,50 m. de profundidad. El desarrollo de este perfil muestra una diferencia media en profundidad de $0,32 \pm 0,20$ m., entre el perfil desarrollado con ecógrafo y cartografía oficial del SHOA carta 4113 de Bahía Tongoy.

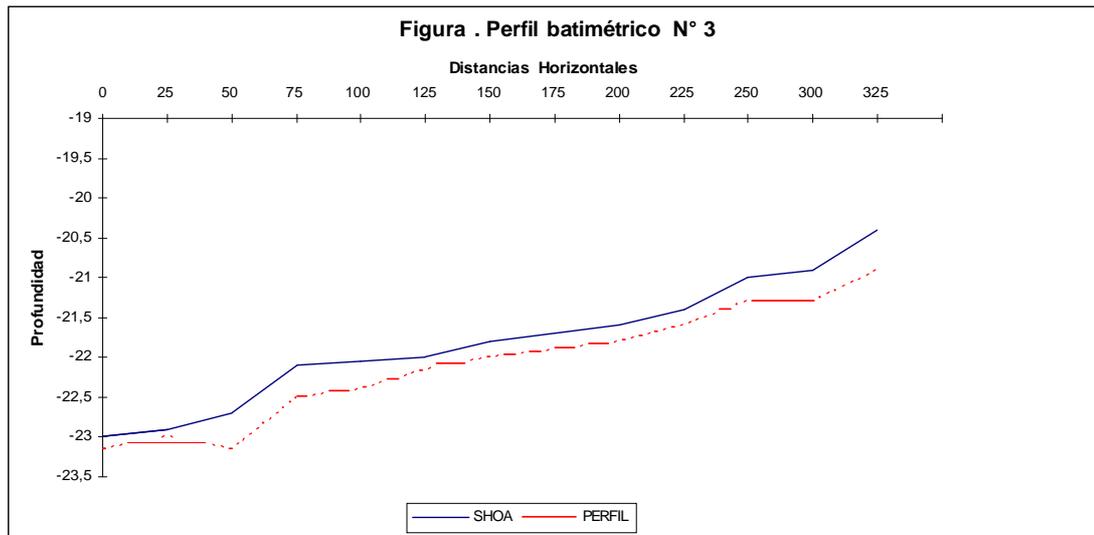


Figura 70: Perfil batimétrico N° 3.

Este perfil con una longitud de 310 m., muestra una pendiente media de 0,73 % y se distribuye entre los 23,15 m y los 20,90 m. de profundidad. El desarrollo de este perfil muestra una diferencia media en profundidad de $0,27 \pm 0,13$ m., entre el perfil desarrollado con ecógrafo y cartografía oficial.

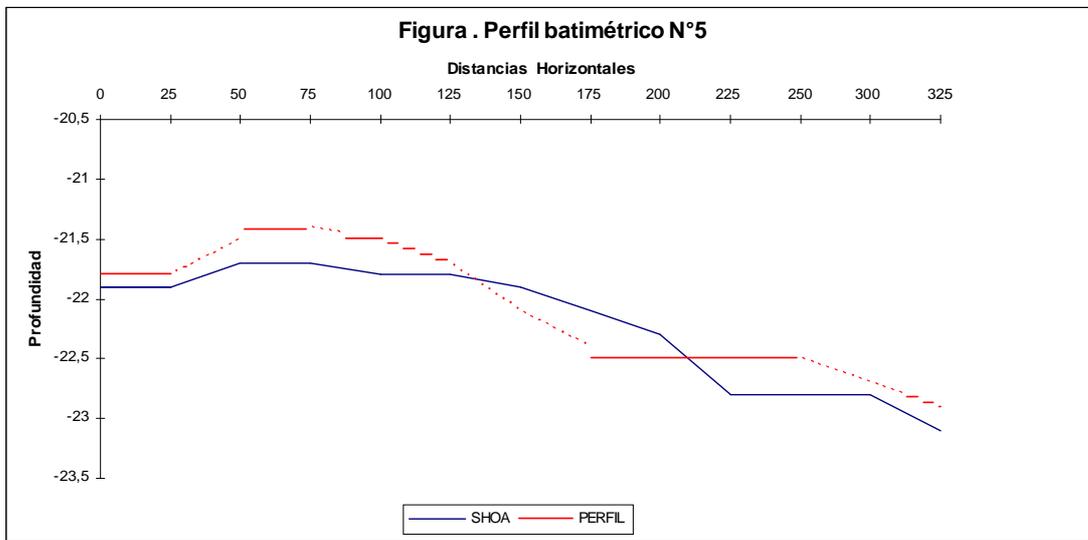


Figura 71: Perfil batimétrico N° 5

Este perfil con una longitud de 320 m., muestra una pendiente media de 0,35 %, distribuyéndose entre los 22,90 y los 21,80 m. de profundidad. El desarrollo de este perfil muestra una diferencia media en profundidad de $0,20 \pm 0,08$ m., entre el perfil desarrollado con ecógrafo y cartografía oficial.

Tabla II.LI. Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.

PERFIL	COORDENADAS (SAD-69)				LONGITUD DE PERFIL (m)
	INICIO DE PERFIL		TERMINO DE PERFIL		
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
P-1*	30° 16' 09"	71° 31' 54"	30° 16' 00"	71° 32' 54"	240
P-2	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 22"	71° 31' 48"	220
P-3*	30° 16' 10"	71° 31' 54"	30° 16' 12"	71° 31' 42"	310
P-4	30° 16' 10"	71° 31' 48"	30° 16' 11"	71° 32' 05"	360
P-5*	30° 16' 11"	71° 31' 48"	30° 16' 04"	71° 31' 37"	320
P-6	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 05"	71° 32' 04"	310
P-7*	30° 16' 11"	71° 31' 54"	30° 16' 18"	71° 32' 06"	340
P-8	30° 16' 11"	71° 31' 49"	30° 16' 19"	71° 31' 37"	360

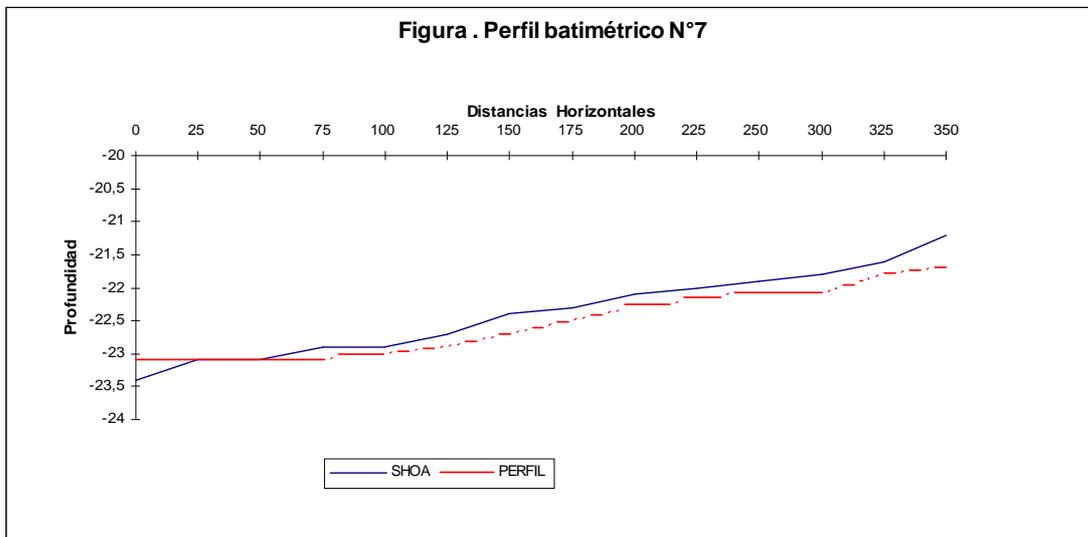


Figura 72: Perfil batimétrico N° 7.

En este perfil con una longitud de 340 m., muestra una pendiente media del 0,44 % y se distribuye entre los 23,20 m y los 21,70 m. de profundidad. El desarrollo de este perfil muestra una diferencia media en profundidad de $0,22 \pm 0,11$ m., entre el perfil desarrollado con ecógrafo y cartografía oficial.

A nivel general se observa que los perfiles desarrollados en diferentes direcciones muestran pendientes de fondo oscilan entre los 0,35 % y 2,35 %. Cabe destacar que los perfiles batimétricos obtenidos mediante el uso del Ecógrafo KAIJO DENKY, muestran diferencias en las mediciones de profundidad de $0,25 \pm 0,13$ m. como promedio con respecto a la cartografía oficial de Bahía Tongoy. Los coeficientes de correlación para los perfiles desarrollados oscilan ente $r = 0,9342$ (P-5) y $r = 0,9872$ (P-3).

Lo anterior podría indicar que al instalar una actividad acuícola en la bahía, los solicitantes deberían chequear mediante perfiles batimétricos el sector solicitado y compararlo con la batimetría oficial; este análisis implicaría no exigirles el desarrollo de batimetrías de mayor precisión para el desarrollo de sus actividades acuícolas.

Análisis granulométrico y contenido de materia orgánica de los sedimentos marinos superficiales en un sector de bahía Tongoy.

Como se explicó en metodología, las muestras fueron colectadas mediante una draga del tipo Van Veen en nueve estaciones distribuidas en el sector de estudio (Figura 73); sus coordenadas geográficas referidas al Datum SAD-69 se observan en la tabla Tabla II.LI.

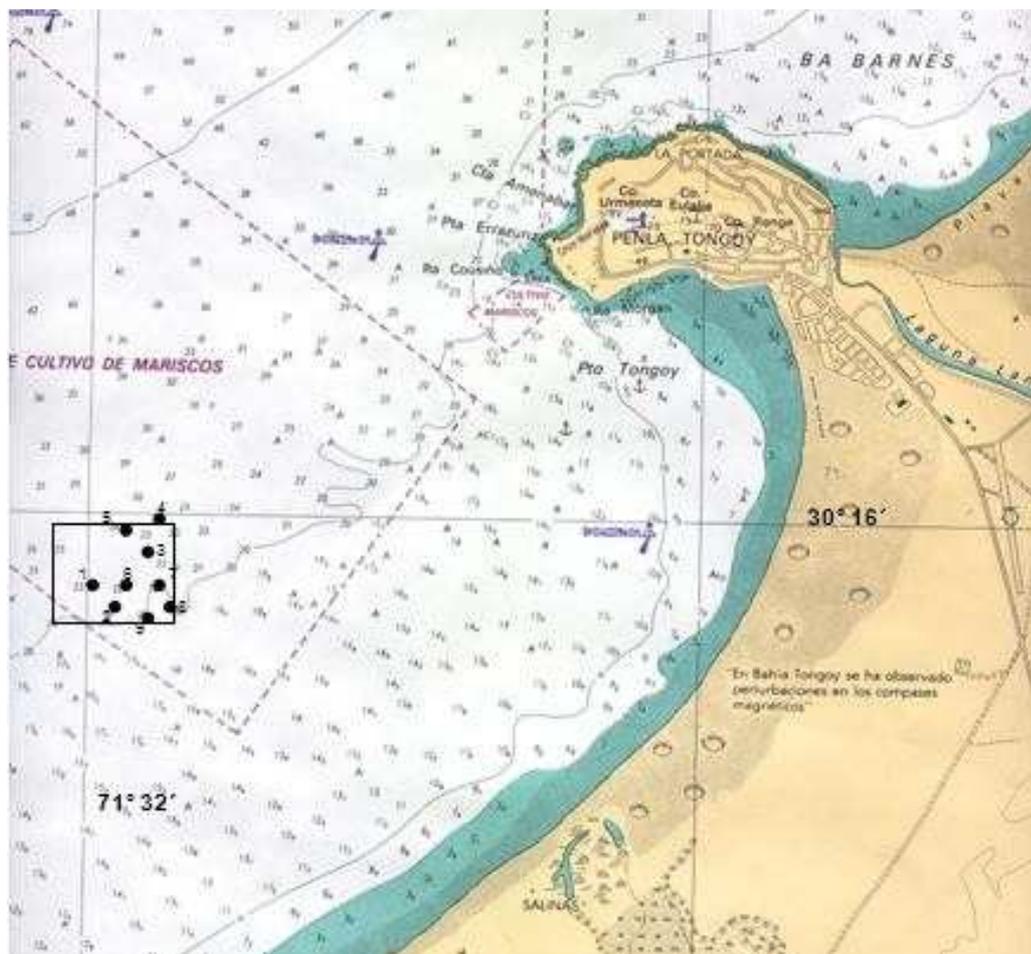


Figura 73: Estaciones de muestreo de sedimentos marinos superficiales en sector de muestreo. Bahía Tongoy (2009).



Colectadas las muestras, éstas fueron lavadas, secadas y posteriormente cuarteadas para obtener submuestras para el análisis físico y químico correspondiente.

Las muestras correspondientes al análisis granulométrico (físico), fueron tamizadas a intervalos de un grado phi, empleando para ello un agitador de tamices marca Tyler. Lo retenido en cada tamiz fue pesado en una balanza de 0.01g de precisión.

El cálculo estadístico de los sedimentos, se realizó mediante la aplicación de las técnicas de Folk & Ward (1957) y para la denominación del tipo de granulometría se empleó la escala de Wentworth (1922).

Para el análisis químico (Materia Orgánica) de los sedimentos, se utilizó el método de calcinación Byers et al., (1978)

Tabla ILIII: Coordenadas geográficas de estaciones de muestreo de sedimentos marinos. Tongoy 2009.

ESTACION	COORDENADAS SAD-69		PROFUNDIDAD (m)
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
E1	30° 16' 11"	71° 31' 54"	22
E2	30° 16' 16"	71° 31' 49"	21
E3	30° 16' 05"	71° 31' 48"	22
E4	30° 16' 02"	71° 31' 41"	23
E5	30° 16' 03"	71° 31' 49"	24
E6	30° 16' 16"	71° 31' 35"	21
E7	30° 16' 11"	71° 32' 00"	20
E8	30° 16' 20"	71° 32' 00"	18
E9	30° 16' 21"	71° 31' 44"	20



Los resultados obtenidos de acuerdo a las metodologías anteriormente descritas se resumen para el sector de muestreo en la ILIV.

Tabla ILIV Características granulométricas, grado de selección, asimetría y contenido de materia orgánica de los sedimentos marinos superficiales.

Estación	Profund.	Diámetro medio (Phi)	Clasificac. Wentworth	Grado de Selección	Clasificac. Selección	Asimetría	Clasificac. Asimetría	Diámetro medio (mm)	Materia Orgánica mg/g
E1		2.32	Arena Fina	0.73	Moderadamente Seleccionada	-0.08	Simétrica	0.200	9.00
E2		2.38	Arena Fina	0.89	Moderadamente Seleccionada	-0.09	Simétrica	0.192	8.40
E3		2.36	Arena Fina	0.73	Moderadamente Seleccionada	-0.12	Moderado exceso de gruesos	0.194	11.80
E4		2.13	Arena Fina	0.68	Moderadamente Seleccionada	-0.19	Moderado exceso de gruesos	0.228	10.70
E5		2.67	Arena Fina	0.72	Moderadamente Seleccionada	-0.18	Moderado exceso de gruesos	0.157	9.60
E6		2,33	Arena Fina	0.54	Moderadamente Seleccionada	-0.13	Simétrica	0.199	11,50
E7		2.49	Arena Fina	0.59	Moderadamente Seleccionada	+0.09	Simétrica	0.178	9.00
E8		2.88	Arena Fina	0.98	Moderadamente Seleccionada	-0.09	Simétrica	0.136	8.10
E9		2.97	Arena Fina	0.94	Moderadamente Seleccionada	-0.06	Simétrica	0.127	10.50

A nivel general se observa que los sedimentos submareales entre los 18 y 23 m de profundidad, se caracterizan en su totalidad, por estar compuestos por arenas finas asociadas a un grado de selección correspondiente a fracciones moderadamente seleccionadas, con un predominio de fracciones simétricas en las curvas granulométricas y un contenido de materia orgánica que oscila entre 8.10 y 11.80 mg/g.



Lo anterior significa que el predominio de las arenas del fondo en el área de muestreo corresponde a arena fina, muy bien caracterizadas como tal, por esto el valor del grado de selección es próximo al valor unitario. Esto demuestra que el ambiente hidrodinámico del fondo es homogéneo y de baja energía.

El contenido de materia orgánica en el sector submareal en general es bajo (inferior a 11.80 mg/g) si se compara con bahías del sur (como por ejemplo bahía Concepción donde se han reportado valores por sobre los 100.0 mg/g, Rudolph et al.,1984), pero está dentro de los rangos de bahías del norte de nuestro país.

Corrientes.

Al revisar la data de octubre 2009 obtenida con el FSI 3D, en el área seleccionada y a 10 m de profundidad se observa que el ingreso de agua hacia el interior del área predomina, porque la componente "V" es negativa y sólo al final del período tiene componente positiva. El máximo valor de V es 11,7 y de U 6,97 cm/s, y el valor promedio -1,9 y -0,8 cm/s respectivamente, lo cual confirma flujo de entrada al sector elegido de observación. La componente este-oeste, aunque predomina la componente oeste, tiene períodos hacia el este, por eso el valor promedio es < 1,0 cm/s. Por otra parte, a la profundidad de registro mostrada en la serie de presión (lo cual está asociado principalmente a la altura de marea), entre 10 y 11 m aproximadamente, las variaciones indican que el periodo de registro cubre sicigias y cuadratura, y las corrientes no están asociadas a los cambios de la marea. Entonces se registra ingreso de agua a la bahía, hacia el sur y oeste predominantemente. Debe tenerse presente que bahía Tongoy es una bahía abierta al norte.

En forma complementaria el registro de temperatura del CM señala el calentamiento propio de la primavera; va aumentando la temperatura de la columna de agua, con fluctuaciones entre diarias y períodos más largos.

Este registro de corrientes de octubre 2009, en ese lugar, complementa lo señalado entre los antecedentes oceanográficos. En general se observan corrientes menores de 10 cm/s, con cambios en la dirección de ingreso o salida de agua a la bahía, no asociada a cambios de altura de mareas ni viento en esa profundidad, sino a la condición de estratificación cuya fluctuación es fundamentalmente estacional, sin olvidar que la penetración de ondas de período largo afectan ese comportamiento, como ha sido registrada por termistores (Moraga et al., 2006).

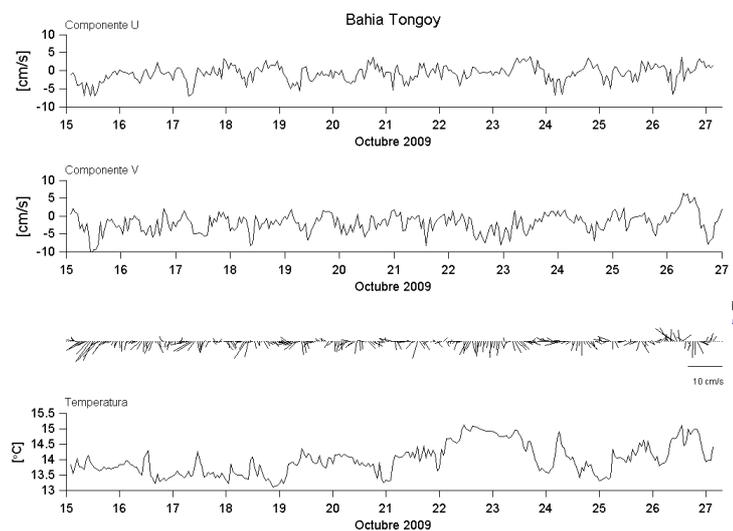


Figura 74: Registro de corrientes a 10 m en bahía Tongoy. Componentes U (este-oeste), V (norte-sur), vectores de velocidad, y registro de temperatura en octubre 2009. Valores medios diarios de corrientes.

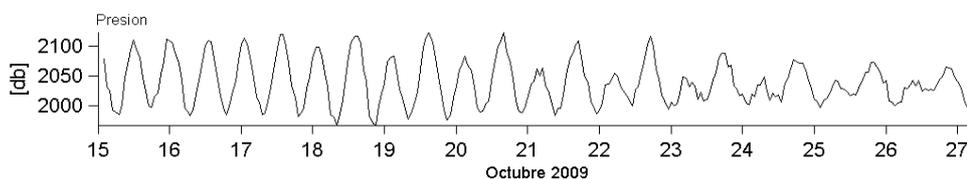


Figura 75: Registro de nivel del mar a 10 m de profundidad obtenido con el sensor de presión del Correntómetro FSI.



Tabla ILV Estadística básica Correntómetro FSI, Datos Horarios

	U	V	[u v]	Temperatura
	[cm/s]	[cm/s]	[cm/s]	[°C]
PROMEDIO	-0.7537	-1.936	3.45	14.1
STD	2.21	2.76	2.1	1.02
MODA	-3.03	-1.6	1.7	14.13
MAX	6.97	11.73	13.6	14.37
MIN	0.02	0	0.11	13.11

Verano

En la figura 85 se muestran los resultados de las mediciones de corrientes en el área de estudio en el verano 2005, y se observa que los flujos entran al sector hacia sur y al este (componente v, negativa al sur; componente u, positiva hacia el este). Los valores son bajos, fluctuando en los 5 cm/s. El intercambio de agua de la bahía, figura 84, obtenida con registros de ADCP durante 48 horas, es decir, flujos medios señala claramente el ingreso de aguas por el sector este de la boca de la bahía. Sin embargo a nivel superficial se observa la salida de aguas por efecto del viento, y su respuesta se asocia con las condiciones del campo de densidad (Moraga et al, 2010 sometido).

Los registros históricos de vientos en Punta Lengua de Vaca (Fig. 78), confirman la predominancia de vientos del suroeste, es decir, vientos al noreste durante la mayor parte del año, que se intensifican en primavera-verano. Sin embargo, como se señala en la introducción, el campo de vientos en el interior de la bahía experimenta alteraciones y la componente este-oeste (brisa) adquiere mayor intensidad en el centro y sector de la playa en el período estival.

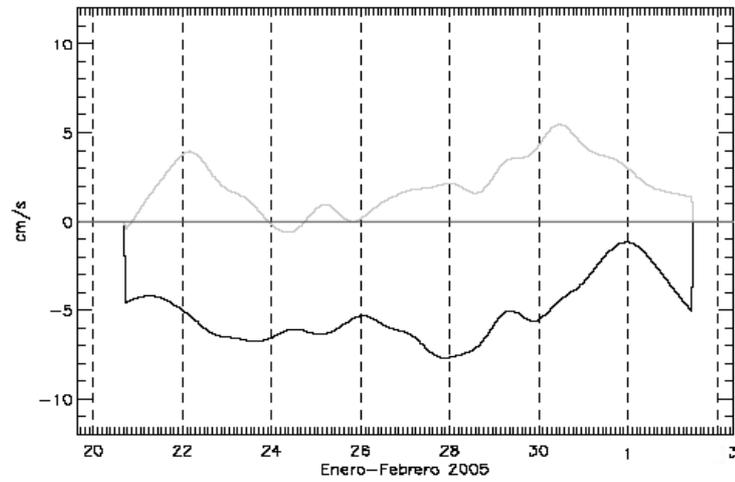


Figura 76. Registros de corriente realizados dentro de la bahía, componente v (más oscura) y u : 10 m de profundidad, entre el 20 de enero al 3 de febrero de 2005. (Moraga et al., 2006)

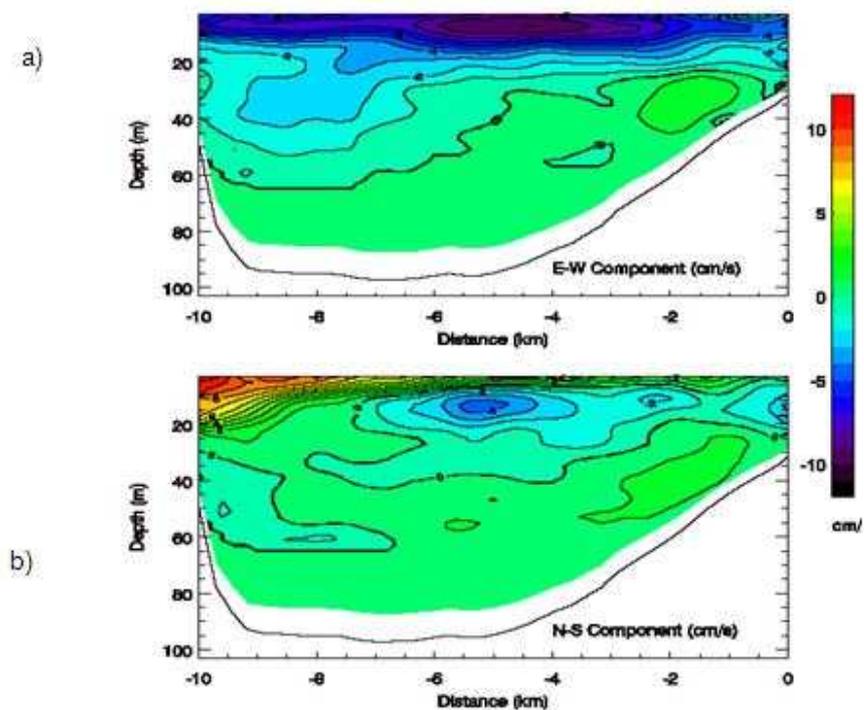


Figura 77: Promedio de las componentes de velocidad de las corrientes (realizado con ADCP, corte A), registradas en la boca de Bahía Tongoy: a) Componente E-W (u) y b) Componente N-S (v), entre el 13 y 15 de diciembre 2005 (tomada de Moraga et al., 2006)

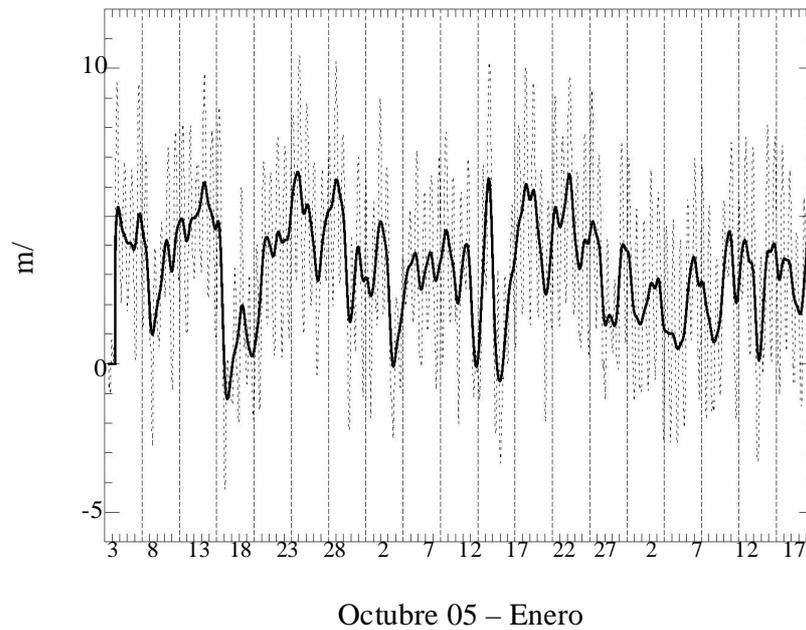
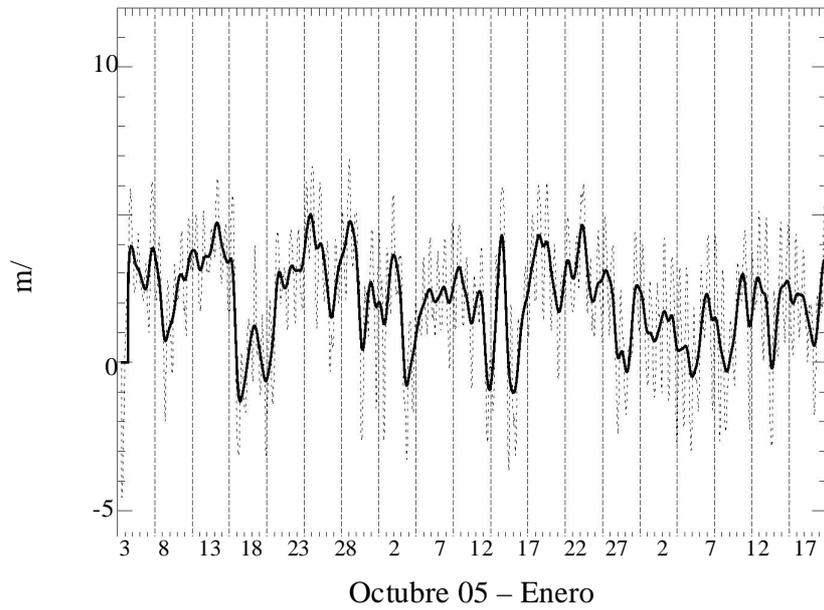


Figura 78: Serie de tiempo de viento registrado en Pta. Lengua de Vaca, entre el 3 de octubre hasta el 8 de enero del 2006. a) Componente N-S; b) Componente E-O. (Moraga et al.,2006)



Columna de agua

Con el objetivo de contar con información sobre las condiciones de la columna de agua durante los registros de corrientes en ambas bahías, para conocer la estratificación de la misma, se presentan los datos de registros de temperatura obtenidos con un CTD. La posición de los lances corresponde a la ubicación de los Correntómetros. Tabla ILVI

Tabla ILVI: Posición y ubicación correntómetros del análisis de las bahías.

Lugar	Posición	Fecha
Bahía Inglesa	27 07 37,6'' S 70 53'16,2'' W	29 de Julio, 2009.
Bahía Tongoy	30 16'11,7'' S 71 31'53,6'' W	9 de Octubre, 2009.

Bahía Inglesa presenta un perfil de temperatura cuyos valores van entre 13,98 °C y 13,28°C, una variación vertical de 0,70 °C entre superficie y máxima profundidad de observación, rango de variación vertical propio de período frío de invierno; corresponde a una columna de agua prácticamente mezclada, sin gradiente vertical, con un leve incremento en los primeros 5 m.

Bahía Tongoy presenta en octubre un perfil de temperatura cuyos valores van entre 14,07 °C y 12,4°C, corresponde a una columna de agua, con una suave termoclina en toda la columna de agua, mostrando una disminución conforme aumenta la profundidad. En Tongoy, se observa a nivel superficial temperaturas alrededor de los 14°C, lo que concuerda con estudios realizados anteriormente.

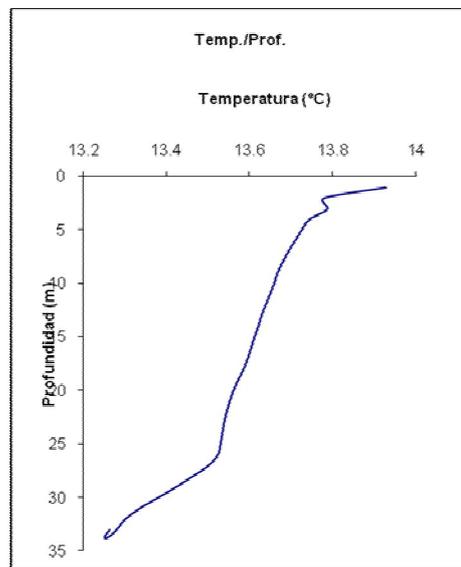


Figura 79: Perfil de temperatura en Bahía Inglesa en período invierno (Julio, 2009).

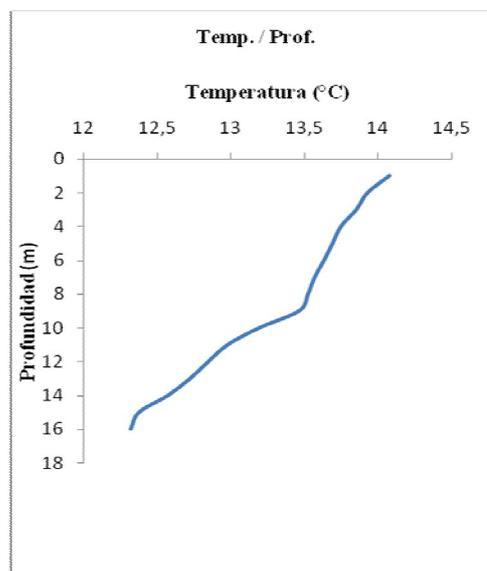


Figura 80: Perfil de temperatura en Bahía Tongoy en octubre, 2009.

Oxígeno Disuelto O.D. y pH en Bahía Inglesa y Bahía Tongoy

Durante los eventos de surgencia en Bahía Inglesa, se presentan excelentes condiciones para el incremento de la producción primaria, especialmente por el ascenso de aguas ricas en nutrientes, además ocurre un ascenso de aguas pobres en oxígeno disuelto (O.D.) en la columna de agua, que generalmente provocan una fuerte estrés a los moluscos cultivados a media agua y con mayor razón a los de fondo. Durante época de verano las concentraciones de O.D. en las aguas de Bahía Inglesa, pueden llegar a valores menores de 2 mg/L a los 10 m donde también se observa una disminución del pH con valores menores a 7.5 (Figura 81).

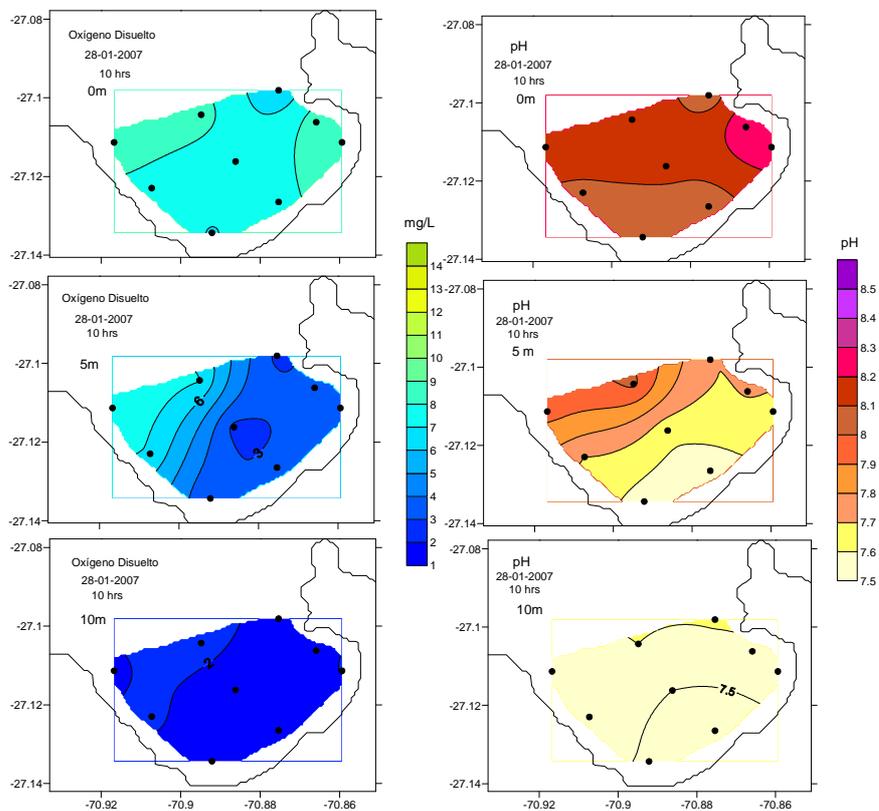


Figura 81. Distribución del O.D. y pH en Bahía Inglesa entre superficie y los 10 m de profundidad en enero de 2007 (Proyecto FIP 2006-37).

En los meses de invierno en las aguas de Bahía Inglesa, los valores de OD y pH durante los eventos de surgencia, son similares a los observados en verano e incluso pueden ser menores, dependiendo de la intensidad del evento de surgencia, para agosto de 2006 se registraron valores de OD inferiores a 4.5 mg/L y pH 7.7 a los 10 m de profundidad (Figura 82).

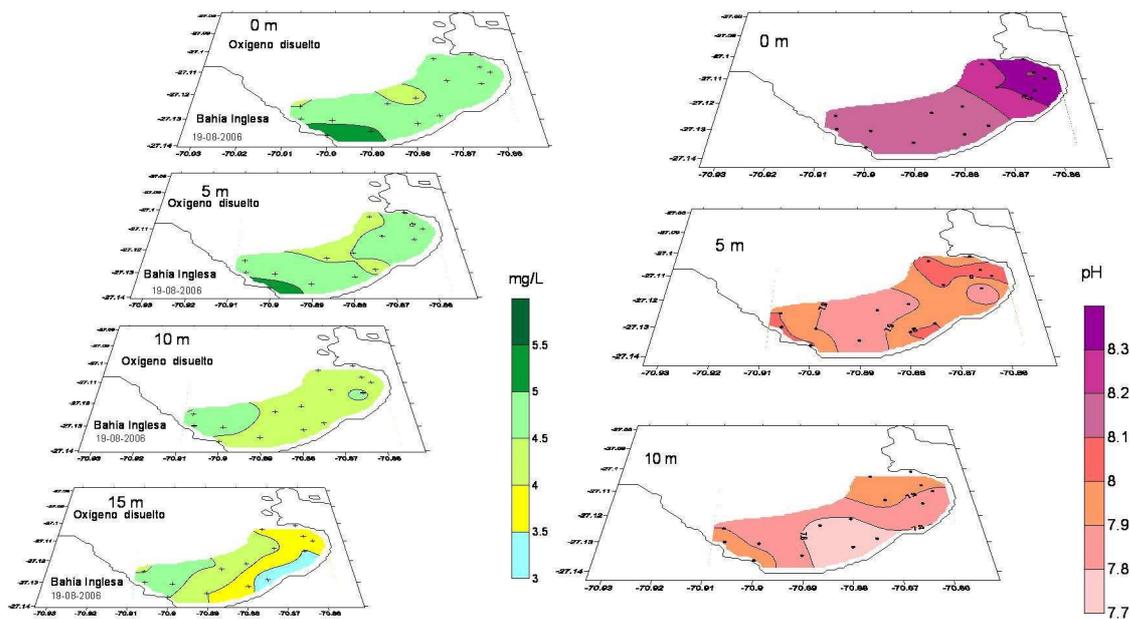


Figura 82. Distribución del OD y pH en Bahía Inglesa entre superficie y los 10 m de profundidad en agosto de 2006 (Proyecto FIP 2006-37)

En Bahía Tongoy, Uribe y Blanco (2001) describen los parámetros físico-químicos de la columna de agua, detectándose que durante los eventos de surgencia, las aguas pobres en O.D. presentan concentraciones sobre 4 mg/L a los 10m de profundidad (Figura 83), valores que son superiores a los registrados en Bahía Inglesa, además las concentraciones de O.D. son estables y superiores a 5mg/L a los 10 m durante el año.

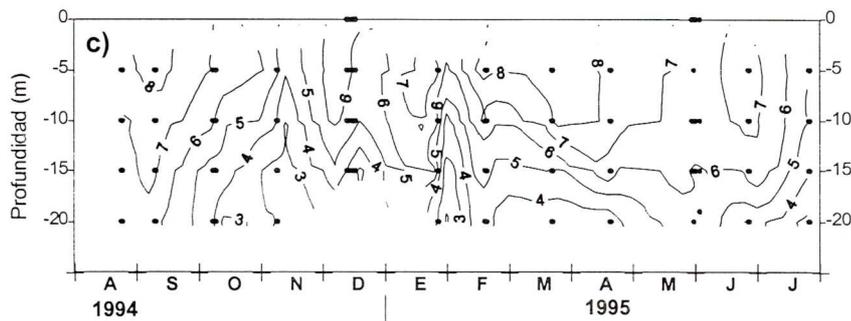


Figura 83. Distribución del Oxígeno disuelto en la columna de agua Bahía Tongoy durante 1994 y 1995

Modelación de la deriva larval Bahía Tongoy Bahía Inglesa

Transcurridos los 30 días de estabilización del sistema, se obtuvieron los campos tridimensionales de temperatura y salinidad con los cuales se simuló las variaciones de estos campos y de las corrientes en función de las variaciones temporales del viento. Durante la surgencia la temperatura superficial en Bahía Inglesa muestra una reducción hacia el área oceánica, mientras que en relajación, las aguas más cálidas se aproximan hacia la boca de la bahía. La temperatura superficial fluctuó entre 17,2 y 18,2°C en el período de simulación. Temperaturas mayores no se pueden obtener debido a que los campos de temperatura utilizados tienen una resolución espacial de 1/12°, como tampoco se pudo mostrar en forma apropiada los gradientes costa-océano que produce la surgencia costera, debido a que no se puede ajustar el modelo por medio de las ganancias y pérdidas de calor, por no existir información local del calentamiento superficial producto de la radiación solar, ni del enfriamiento por la pérdida de calor, entre el océano y la atmósfera para este sector.



La salinidad superficial presenta un comportamiento semejante a la temperatura superficial, no mostrando incrementos importantes de salinidad como producto del ascenso de aguas más profundas en la costa. Esto debido a que el campo de salinidad usado, por su resolución espacial, presenta esta característica en una forma mucho más suavizada en comparación con registros costeros.

Las corrientes superficiales presentan una respuesta directa a la intensidad y magnitud del viento, observándose durante el día cambios en la dirección de acuerdo con las fluctuaciones del viento, producto de la brisa marina, y sobre esta señal las fluctuaciones producto del proceso de surgencia. Las corrientes residuales (corrientes promedio de 24 horas) son más intensas con vientos favorables a la surgencia, con un flujo paralelo a la costa en dirección al norte, saliendo fuera de la bahía por el sector norte de la boca. Mientras que con vientos en relajación paralelo a la costa se une con un flujo que ingresa a la bahía por la boca en el sector norte, generado por una corriente al norte paralelo a la boca de la bahía, lo que produce una zona de calma o retención al centro de la bahía.

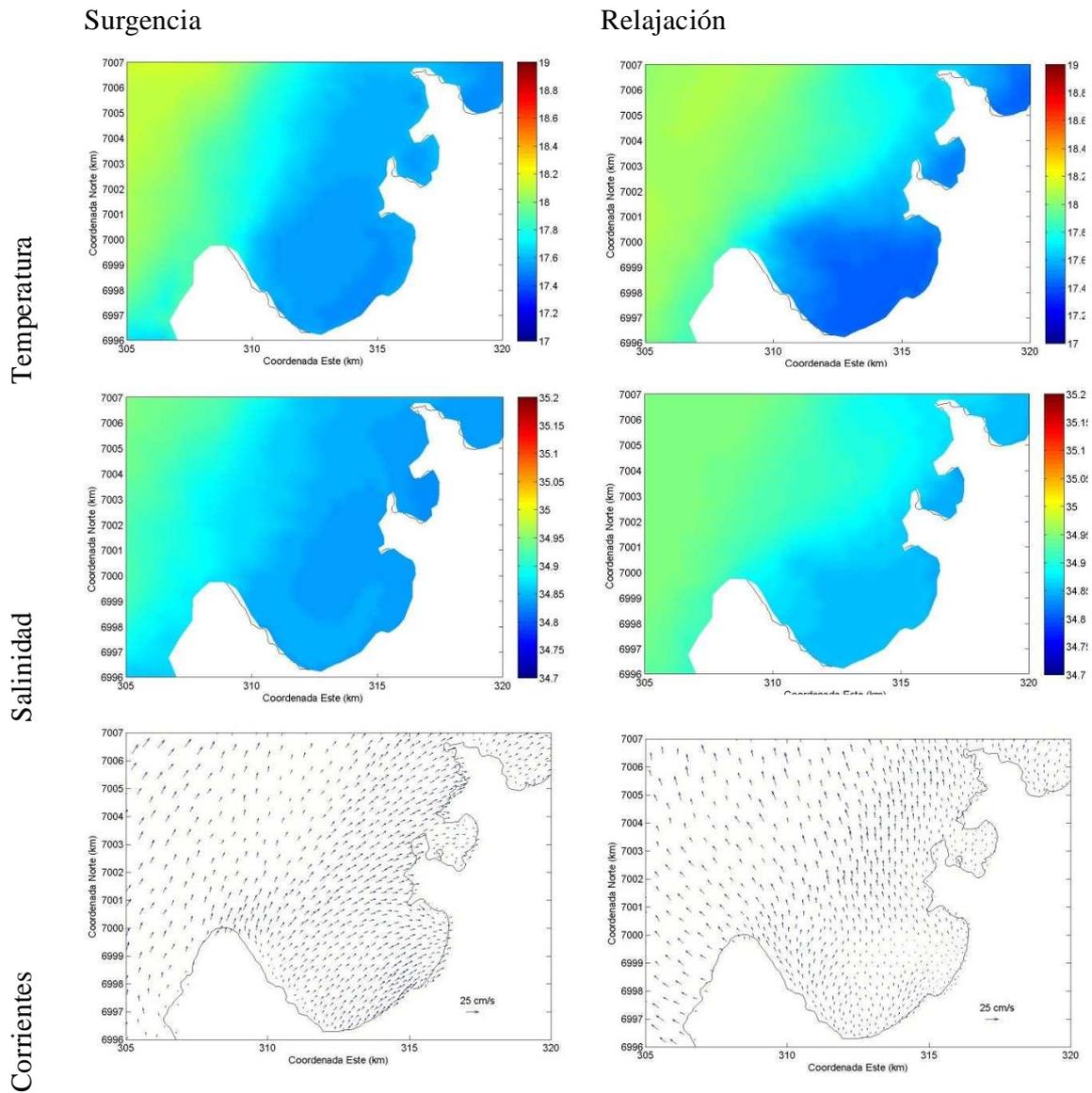


Figura 84. Patrón de circulación, temperatura y salinidad superficial bajo condiciones de surgencia y relajación en Bahía Inglesa.

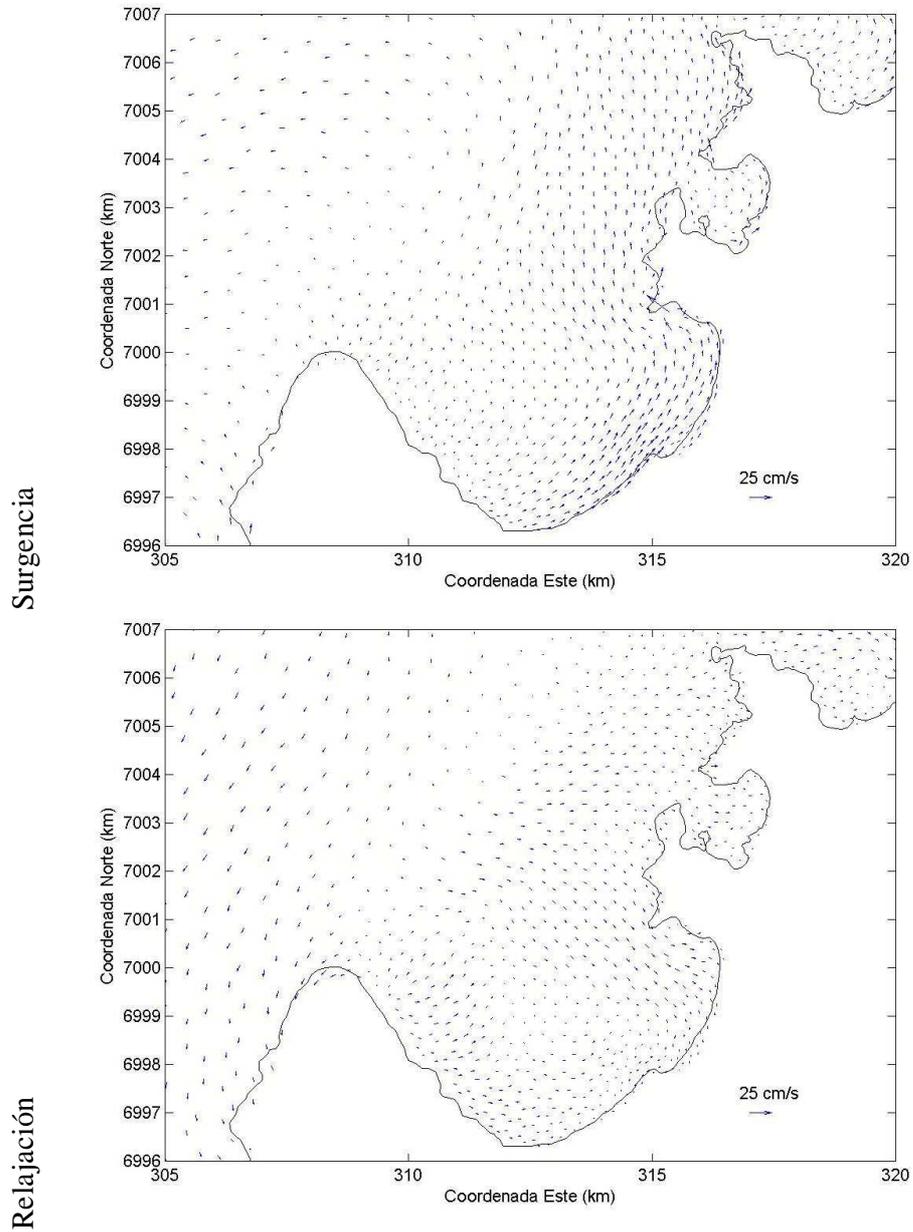
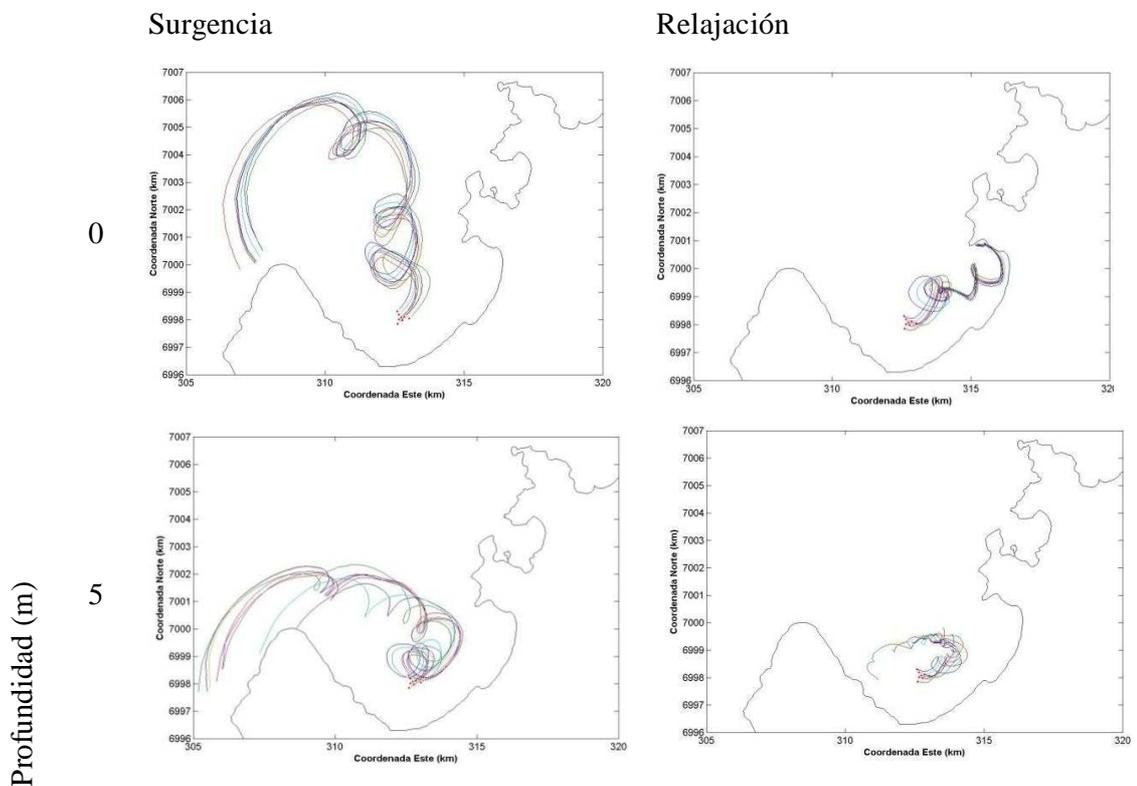


Figura 85. Corrientes superficiales promedio en surgencia y en relajación (Bahía Inglesa).

Las corrientes durante la surgencia en superficie, a 5 y 10 m de profundidad, hacen que los derivadores liberados en la concesión marítima salgan de la bahía por el sector medio en dirección al norte, y estando fuera de la bahía los flujos los transportan hacia el sur en dirección a la punta que limita la bahía en su lado suren tanto los derivadores liberados a 15 m permanecen al interior de la bahía. Con los vientos favorables a la relajación ningún derivador sale de la bahía; los superficiales después de 4 días llegan al sector norte de la bahía y son los únicos que logran un mayor desplazamiento.



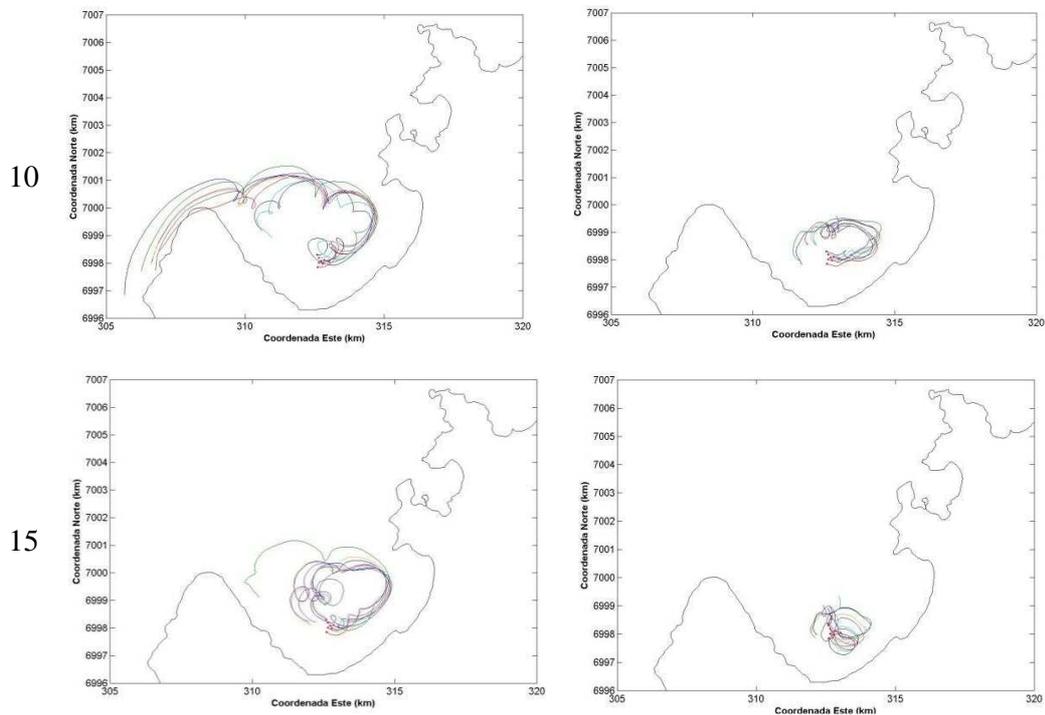


Figura 86: Derivadores liberados a 0, 5, 10, y 15 m de profundidad en surgencia y relajación (Bahía Inglesa)

Las condiciones obtenidas en el dominio de Bahías Tongoy-Guanaquero en temperatura y salinidad superficial son parecidas a las condiciones de Bahía Inglesa, observándose los mayores cambios en el campo de velocidades. El patrón de circulación en el sistema Tongoy-Guanaqueros en una condición de surgencia muestra una corriente paralela a la costa desde la Punta Lengua de Vaca que sale por el sector norte. Mientras que en relajación se forman una doble celda de circulación en Bahía Tongoy, con un giro anticiclónico en el sector sur y otro ciclónico inmediatamente al norte del primer giro, en tanto que en la bahía Guanaqueros se observa un giro ciclónico. Las diferencias observadas entre el sistema de Bahía Inglesa y del sistema de Bahías Tongoy-Guanaqueros estarían dadas tanto por el viento local así como por la topografía.

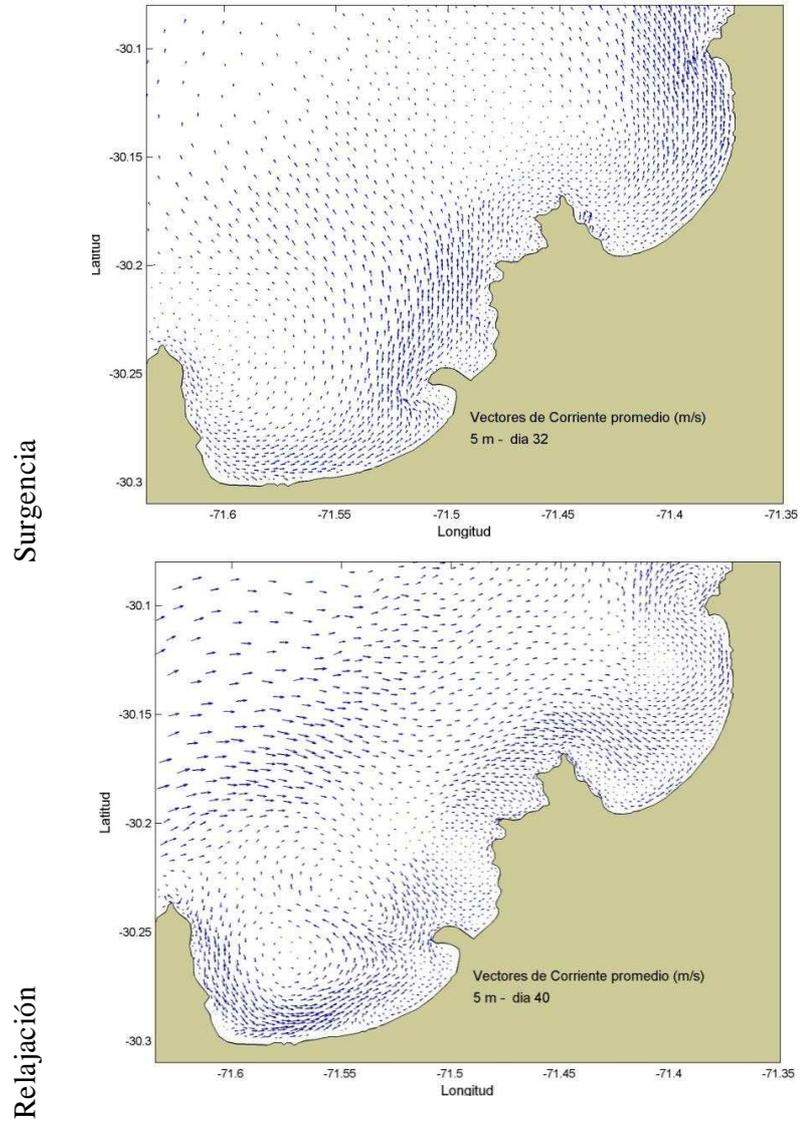
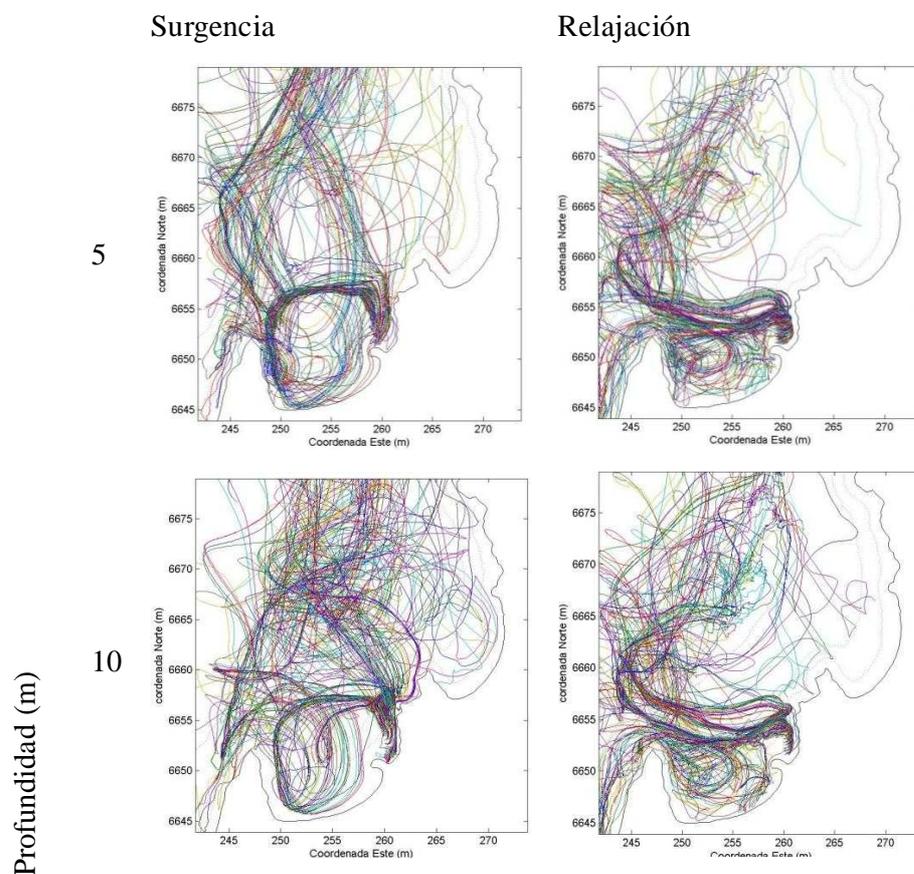


Figura 87: Corrientes superficiales promedio en surgencia y en relajación (Bahías Tongoy-Guanaqueros)

Producto de estos patrones de circulación los derivadores liberados (Figura. 87) en el sistema de Bahías Tongoy-Guanaqueros muestran que durante el periodo de intensificación del viento las partículas son transportadas hacia el norte y pueden ingresar a Guanaqueros y a Tongoy por recirculación, mientras que en relajación del viento, las partículas son transportadas hacia el sur, y las aguas de Bahía Guanaqueros pueden ingresar a Bahía Tongoy.



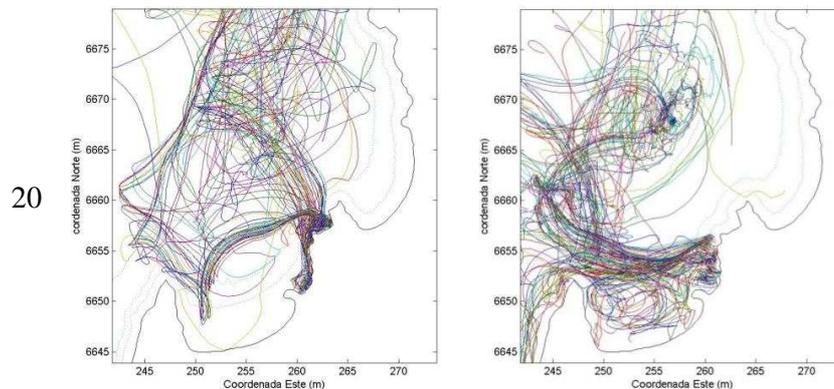


Figura 88. Derivadores liberados a 5, 10, y 20 m de profundidad en surgencia y relajación (Bahías Tongoy-Guanaqueros)

4.2.d Analisis de las posibles causas de que en la actualidad no se localicen asentamiento de abalones en las costas chilenas.

Los resultados obtenidos en los puntos anteriores han demostrado que en un desove de abalones Asistido solo alrededor del 1% de los individuos puede llegar a los 18 a 20mm en condiciones de cultivo de excelencia. Según lo anterior la probabilidad de encontrar un asentamiento en las costas chilenas consecuencia de un cultivo suspendido, son nulas basados en:

- La viabilidad de gametos no supera las 3 horas para espermios y 4 horas para ovocitos, lo que hace imposible una fertilización si se consideran los efectos de corriente -los gametos pueden estar 3 o cuatro días para avanzar solo metros en una bahía- (resultados modelación de corrientes) Condición de monosexo que rige en la legislación actual para la autorización de los cultivos suspendido.
- Ejecución de los proyecto de cultivo suspendidos sobre un fondo marino compuesto principalmente de arena media o arena fina, que suma baja en los valores de oxígeno disuelto en el fondo.



- Normativas impuesta de plan de contingencia en caso de ocurrir circunstancias como escapes y/o desprendimientos masivos de los organismos en cultivo, junto con un seguimiento posterior en conjunto con un plan de re-captura de los individuos, la supervisión y revisión permanente los sistemas de cultivo y sus estructuras, de modo de prevenir y controlar cualquier evento o situación que cause hundimiento de los sistemas
- La interacción demostrada en los estudios experimentales descritos en el punto 4.2.e con las distintas especies propias del ecosistema receptor (predadores, competidores y alimento) demuestran que el abalon difícilmente podría establecer poblaciones a causa de de la predacion en este ambiente

Los resultados referente a la tipificación del habitat véase en los puntos 4.1f y 4.1g

4.2.e Posibles competidores y depredadores, de llegar a generarse asentamientos de abalones.

Tal como se señalara en la metodología inicial, para probar la competencia por alimento se compararía la tasa de consumo del abalón rojo con alguna especie con la cual competiría en el medio natural de las costas de la zona norte, estas son: el erizo negro y el erizo rojo. Sin embargo se realizo una prueba adicional de competencia por el alimento donde en un mismo estanque se incorporaron las mismas especies nombradas anteriormente, que compiten por el mismo alimento. Asimismo, para evaluar su probabilidad de sobrevivencia – ante un eventual escape o sobrevivencia a un desove espontáneo – se sometería a prueba con diferentes especies carnívoras, que también existen en abundancia en el medio natural de la norte del país, estas son: Estrella de mar, Loco y Jaiva. Adicionalmente se hace una revisión de la macro y microfauna acompañante en las bahías estudiadas a con el fin de obtener una visión general de su entorno y potenciales depredadores no identificados como tales.



Competencia por alimento

El abalón es un muy mal competidor por alimento e incluso entre sus pares. Las experiencias de campo en cultivos comerciales señalan que el abalón tienen conductas poco competitivas en cuanto a la alimentación, no compiten por espacio para alimentarse y esperan que el área esté desocupada para acometer una acción con fines nutricionales, sólo hay competencia de territorialidad cuando existe diferencias significativas de talla (donde los más grandes se posicionan primero sobre el alimento).

Se hicieron pruebas con otras especies (erizos) consumidoras de macroalgas, poniéndolos juntos en un estanque, en donde se evidenció lo señalado anteriormente en el sentido de que el abalón no compite directamente por el espacio; pero además, se observó que la velocidad de desplazamiento del erizo (Figura.87) (en fondo duro, porque en fondo blando el abalón no se moviliza) era superior a la del abalón, por lo que este último tiene desventaja para posicionarse en un área con alimento.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en dichas pruebas Tabla ILVII

Tabla ILVII: Muestra el porcentaje de individuos que fueron avanzando hasta el alimento E.R: ejemplares erizo rojo; E.N de erizo negro; AB: abalón rojo, seleccionados para prueba de competencia por alimento (*Macrocystis Sp.*).

Recurso Cm Desp.	% de individuos desplazados														
	E. R	E.N	Ab	E. R	E.N	Ab	E. R	E.N	Ab	E. R	E.N	Ab	E. R	E.N	Ab
	6 hora			10 hora			16 hora			20 hora			24 hora		
0	60%	50%	70%	60%	50%	70%	30%	20%	60%	20%	20%	40%	20%	20%	40%
50	40%	30%	30%	30%	20%	20%	40%	20%	30%	40%	20%	20%	40%	20%	20%
100		20%		10%	20%	10%	30%	30%		30%	20%	20%	20%		20%
150									10%		10%			20%	30%
200					10%			20%		10%		20%	20%		
250								10%			30%			40%	
300															



Figura 89: Desplazamiento de erizos y abalones expuestos en conjunto ante un canastillo de *Macrocystis* Sp

Se debe tener presente que el proyecto busca analizar los riesgos de una ocasional fuga de un abalón desde un sistema suspendido o de una eventual colonización producto del asentamiento exitoso de desoves espontáneos y uno de los aspectos claves para su sobrevivencia (además de los ambientales) es la disponibilidad de alimento y su capacidad para nutrirse. El abalón, una vez que desarrolla su primer poro respiratorio está en condiciones de moverse y de buscar alimento, que desde su etapa pre-juvenil es macroalgas. En las bahías de la zona norte del país hay gran cantidad de erizos (rojos y mayoritariamente negros), que son organismos que se alimentan de las mismas macroalgas de las praderas naturales desde donde se obtienen algas para los centros de cultivo comerciales.

En función de lo anterior es que la experiencia de competencia por alimento no se centró en la competencia directa, porque ya se sabe que el abalón tiene desventajas individuales, sino que en la competencia territorial y el impacto que podría tener una eventual colonización. Por esta razón que se buscó medir la tasa de consumo relativa de alimento con especies que serían contingentemente competidoras.



A modo de referencia de impacto potencial de una colonización de abalón, entre la III y V regiones en el 2008² se registraron 1.279 toneladas de desembarques de erizo rojo (*Loxechinus albus*) y en el mismo período (después de varios años de cultivo intensivo) se registró una producción de 423 toneladas de abalón; lo anterior señala que si en condiciones naturales se lograra colonizar en los mismos volúmenes que en forma dificultosa se han alcanzado en los sistemas de cultivo altamente controlados, el impacto de demanda por alimento sería bajo. Al mismo tiempo es necesario señalar que no se tienen antecedentes de biomasa ni desembarque (porque no es comercial) del erizo negro (*Tetrapigus níger*), que es la especie de erizo más abundante en la zona norte (mayor que el erizo rojo) y que es la principal consumidora de macroalgas pardas. En consecuencia, la competencia por alimento – para efectos de este proyecto – no se debe medir en términos individuales, sino que en términos de impacto de biomasa, por esta razón es que se hace una estimación de las tasas de consumo relativa entre eventuales competidores en el medio natural.

Para realizar una medición del impacto de consumo por alimento, se diseñó una experiencia - a través de la tasa de consumo diario de macroalga (*Macrocystis Sp.*) – entre ejemplares (10) de erizo negro (*Tetrapigus níger*) y ejemplares (10) de erizo rojo (*Loxechinus albus*), los cuales tienen respectivamente una talla basal promedio de 57,1 mm y 53,7 mm (Tabla ILVIII). Para hacer comparable la prueba se seleccionaron 10 ejemplares de abalón rojo (*Haliotis rufescens*) de talla similar, aunque hay que tener presente que el peso de la estructura de los erizos es bastante mayor que el peso de la concha del abalón rojo, por ello se registran con un peso estructural más alto.

Estos animales fueron alimentados con macroalga (*Macrocystis Sp.*) en iguales condiciones, con el equivalente a un 15% del peso total del batch (lote) y se observaría la tasa de consumo durante una semana hasta agotarse el alimento, porque el aprovisionamiento de alga es semanal. Esta experiencia de consumo se realizó

² Sernapesca, 2008. Anuarios Estadístico de Pesca.



mensualmente entre los meses de junio y septiembre, con la finalidad de ver variación de consumo con estación; durante la estación de verano se realizará una experiencia similar. Hay que tener presente que un ejemplar de abalón rojo de 50 mm sobrepasa los dos años de edad.

Tabla ILVIII: Ejemplares de erizo negro, erizo rojo y abalón rojo, seleccionados para prueba de competencia por alimento (*Macrocystis Sp.*).

Ejemplar N°	Erizo negro Long. basal (mm)	Erizo rojo Long. basal (mm)	Abalón rojo Longitud (mm)
1	56,3	52,1	53,2
2	58,7	50,0	50,5
3	57,6	53,7	52,9
4	55,7	53,9	52,9
5	56,8	54,0	51,8
6	58,1	56,1	53,2
7	56,9	55,1	52,0
8	51,7	51,8	53,8
9	57,1	52,5	53,2
10	61,8	57,3	50,8
Prom talla (mm)	57,1	53,7	52,5
Peso total batch (gr)	639	621	206

La Figura 90 representa el consumo promedio diario de cada lote de 10 ejemplares por especie, pero es válido sólo los cuatro primeros días porque del quinto día en adelante la disponibilidad de alga disminuye, como así también su calidad. Considerando sólo los cuatro primeros días, para igual talla de animales, el erizo rojo consume un 494% más que el abalón rojo y de igual forma el erizo negro consume un 340% más que el abalón rojo. Con lo anterior se puede inferir dos cosas:

- Que a una misma talla el abalón rojo consume bastante menos alimento que las dos especies de erizo utilizada en la experiencia y por ende ante un eventual escape masivo o una supuesta colonización (por ahora y a la luz de los

resultados del presente proyecto no se proyecta como algo viable) representa una amenaza menor para las praderas naturales de algas.

- Que en el medio natural el abalón rojo debería emplear una mayor competitividad para obtener alimento ante igual cantidad de erizos de igual tamaño.

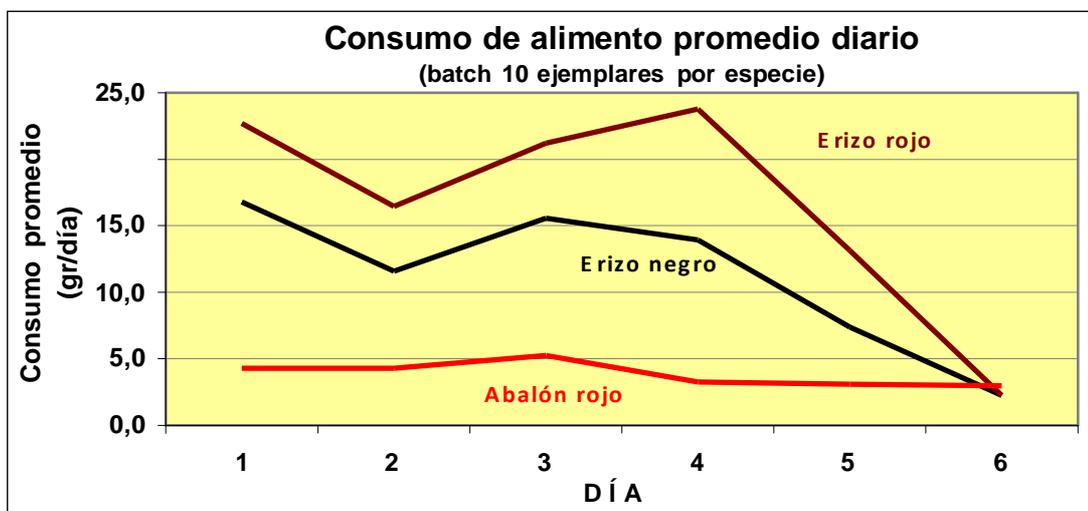


Figura 90 : Consumo promedio diario de macroalga de un lote de 10 animales por especie de talla entre 52 y 57 mm (junio – septiembre, 2009).

Sobrevivencia a depredación

A continuación se hace una revisión de la macro y microfauna acompañante en las bahías estudiadas (Tabla ILIX), con el fin de obtener una visión general de su entorno y potenciales depredadores.

Tabla ILIX Clasificación de Ejemplares de macro y microfauna acompañante en las bahías estudiadas.

Familia	Phyllum		
Anthozoa	Cnidaria	Los cnidarios exhiben dos formas somáticas diferentes, la medusa, que esta adaptada para la existencia pelágica, y el pólipo, que esta adaptado para la existencia bentónica. En muchos grupos polipoidesse ha desarrollado una organización colonial	
Argobuccinum sp	Mollusca	Estos organismos viven en fondos arenosos, a una profundidad que va hasta los 55 m aproximadamente (Ramirez, 1987).	
Asteroidea	Echinodermata	Predadoras y carnívoras, se alimentan de moluscos, crustáceos y otros animales marinos. Habitan los fondos marinos, arenosos, y rocosos.	
Brachyura	Arthropoda	Cangrejos de mar, Predadoras y carnívoras, se alimentan de moluscos , se encuentran a todas las profundidades, con algunas estirpes propias de fondos abisales y otras en las aguas superficiales, junto a la costa.	
Columbellidae	Mollusca	Concha de forma turbinada alargada, pequeña, de espira relativamente alta. Esta especie se encuentra sobre rocas del inter marea superior y medio y también bajo rocas en sustratos tipo grava.	
Cumacea	Arthropoda	Conocidos como camarones con capucha, se alimenta principalmente de microorganismos y materia organica de los sedimentos.	
Gammaridea	Arthropoda	Principalmente anfípodos. Se alimentan básicamente de materia orgánica	

Glyceridae	Annelida	Familia taxonómica de gusanos. Son escavadores y depredadores en sedimentos blandos. Pueden ser carnívoros o detritívoros.	
Lumbrineridae	Annelida	Pueden ser carnívoros, herbívoros o alimentadores de sedimento. Son comunes en fondos blandos de arena o fango	
Muricidae	Mollusca	Se encuentra viviendo en playas de fondos arenosos donde es un importante predador, especialmente bivalvos , al que consume introduciendo su sifón entre las valvas sin dejar ningún tipo de huella	
Mursia sp	Arthropoda	Conocido como cangrejo con puntas, Predadoras y carnívoras, se alimentan de moluscos habita en fondos arenosos	
Mytilidae	Mollusca	Especie bentónica costera que vive en aguas por lo general poco profundas, adherida, gracias a su biso, a distintos sustratos duros como piedras, rocas, arcilla dura y arena.	
Nassarius gayii Nassarius sp	Mollusca	Esta especie tiene una distribución vertical bastante amplia. Vive en playas de arena fina o fango.	
Nucula sp	Mollusca	Especie detritívora y filtradora, vive en el infralitoral, en fondos areno-fangosos	
Pagurus sp	Arthropoda	Conocidos como cangrejo ermitaño, habita en el submareal somero asociado a fondos arenosos.	

Psammobiidae	Mollusca	Es común encontrarla en fondos con arenas gruesas, bajo bolones, a nivel de la baja marea y generalmente viviendo junto a <i>Protothaca thaca</i> .	
Tagelus sp.	Mollusca	Los adultos se encuentran en arenas pedregosas en la zona intermareal y hasta aproximadamente los 5 m de profundidad, mientras que los juveniles habitan arenas fangosas, hasta los 16 m (Osorio <i>et al.</i> , 1979).	
Tellinidae	Mollusca	habita en fondos areno-fangosos del intermareal y submareal superior	
Trophon sp	Mollusca	Importante predador de bivalvos , habita en fondos arenosos.	

Macro fauna Bahía Inglesa

En la zona de estudio se consideraron un total de 9 estaciones, las muestras fueron tomadas con una draga Ekman, estas fueron guardadas en bolsas plásticas sin fijar. Las muestras fueron tamizadas y analizadas en instalaciones de la Universidad Católica del Norte.

Las muestras fueron analizadas bajo lupa y microscopio fotónico, según el caso, e identificadas utilizando bibliografía especializada.

Los resultados de la biodiversidad de la macrofauna bentónica de Bahía Inglesa son presentados en la (Tabla IIL) para densidad y biomasa promedio.



Tabla IIL: Densidad y biomasa promedio de la biodiversidad en el área de estudio, Bahía Inglesa.

Phyllum	familia	abundancia (ind/m ²)
POLYCHAETA	Glyceridae	10
POLYCHAETA	Lumbrineridae	13
MOLLUSCA	Argobuccinum sp.	10
MOLLUSCA	Columbellidae	54
MOLLUSCA	Muricidae	10
MOLLUSCA	Mytilidae	10
MOLLUSCA	Nassarius gayii	64
MOLLUSCA	Nassarius sp.	29
MOLLUSCA	Nucula sp.	820
MOLLUSCA	Psammobiidae	10
MOLLUSCA	Tagelus sp.	10
MOLLUSCA	Tellinidae	10
MOLLUSCA	Trophon sp	10
CRUSTACEA	Brachyura	13
CRUSTACEA	Cumacea	15
CRUSTACEA	Gammaridea	10
CRUSTACEA	Mursia sp.	10
CRUSTACEA	Pagurus sp.	17
ECHINODERMATA	Asteroidea	10

Macrofauna Bahía Tongoy

En la zona de estudio se consideraron un total de 9 estaciones, las muestras fueron tomadas con una draga Ekman, estas fueron guardadas en bolsas plásticas sin fijar. Las muestras fueron tamizadas y analizadas en instalaciones de la Universidad Católica del Norte.

Las muestras fueron analizadas bajo lupa y microscopio fotónico, según el caso, e identificadas utilizando bibliografía especializada.

Los resultados de la biodiversidad de la macrofauna bentónica de Bahía Tongoy son presentados en la Tabla IIII., para densidad y biomasa promedio.



Tabla III. Densidad y biomasa promedio de la biodiversidad en el área de estudio, Bahía Tongoy.

Phyllum	familia	abundancia (ind/m ²)
CNIDARIA	Anthozoa indet.	10
POLYCHAETA	Glyceridae	667
POLYCHAETA	Lumbrineridae	57
POLYCHAETA	Nereidae	30
POLYCHAETA	Nephtyidae	333
POLYCHAETA	Onuphidae	10
POLYCHAETA	Orbiniidae	87
POLYCHAETA	Spionidae	23
POLYCHAETA	Polychaeta	230
MOLLUSCA	Eurhomalea sp.	53
MOLLUSCA	Mulinia sp.	290
MOLLUSCA	Tagelus dombeii	457
CRUSTACEA	Gammaridea sp.	657
CRUSTACEA	Ampeliscidae	1367
CRUSTACEA	Cumacea	887
CRUSTACEA	Isopoda sp.	67
CRUSTACEA	Copepoda	10
CRUSTACEA	Ostracoda	53
CRUSTACEA	Pseudocorystes sicarius	10
CRUSTACEA	Pinnixa sp.	77
CRUSTACEA	Cancer sp.	10
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	57

Estudios y evaluaciones de cultivos artesanales de abalón japonés en Japón han mostrado que su principal depredador es la estrella de mar, lo cual da muestra del bajo potencial defensivo que tiene esta especie. Drago (2003), en estudios reales de cultivo comercial en estanques en tierra se probó la conducta del abalón (rojo y verde) frente al recurso Loco - que es un carnívoro - y los resultados mostraron que en confinamiento el Loco depredaba sobre el 100% de los ejemplares de abalón, lo cual ya da muestra de la reducida capacidad de competencia y sobrevivencia de esta especie.

Los resultados obtenidos de las pruebas de depredación que fueron realizadas en estanques con flujo de agua de mar continuo, y compartimentó con rejilla en tres espacios iguales, donde en un espacio se introdujeron dos estrellas de mar con un peso promedio de 276 gr; en otro espacio se ubicaron locos que tenían un peso promedio de 163 gr; y en el tercer compartimiento de un peso promedio de 509 gr. (Figura 91)



Figura 91: Muestreo de potenciales depredadores carnívoros de abalón rojo.

En la primera experiencia (mayo; Figura 92), en el primer día de observación el 17% había muerto por ataque de alguno de los depredadores y otro 40% quedó dañado en su concha triturada); al sexto día había un 50% dañado y 30% muerto; y el día 19 no había ningún sobreviviente. Los abalones dañados en su concha tienen casi nula probabilidad de sobrevivir, porque destinan toda su energía a restituir la concha y finalmente mueren.

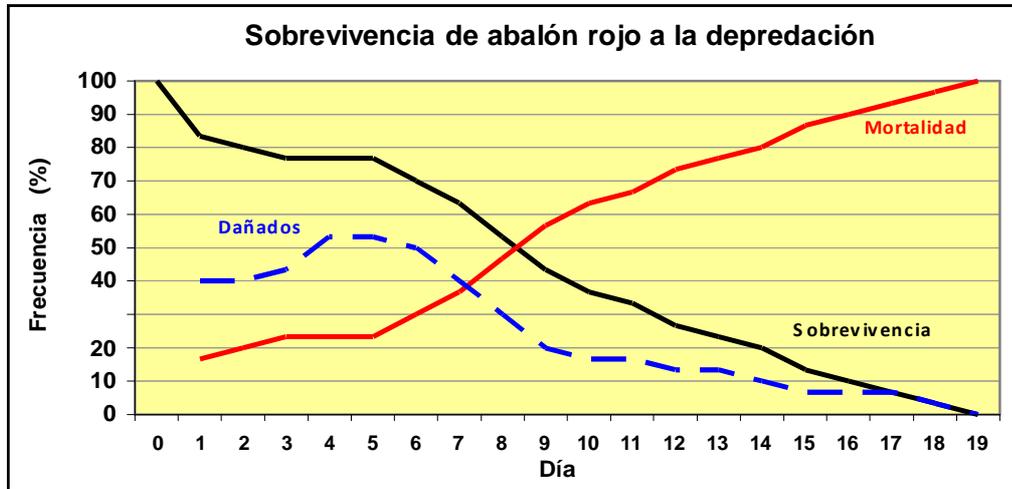


Figura 92: Pruebas de depredación de abalón rojo.

En la Figura 94, se muestra la experiencia del mes de junio, en donde se repitió el procedimiento, pero ahora mostrada por especie. En ella se grafica que el depredador más efectivo para el abalón rojo es la jaiva, ya que al quinto día la mortalidad era de 100%; luego viene la estrella de mar que demoraron 12 días en fagocitar los 10 ejemplares de abalón; y finalmente los locos fueron los más lento en depredar sobre estos animales ya que necesitaron 17 días.

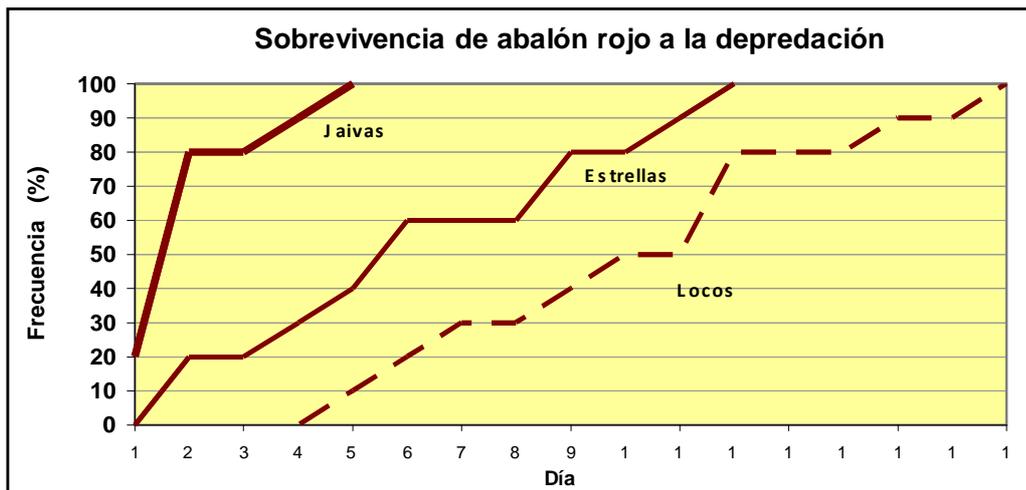


Figura 93: Sobrevivencia de abalón rojo a la depredación



También se hizo una prueba con un pequeño pez “vieja” (*Graus nigra*), que demoró un día en comerse dos ejemplares.

4.2.f Propuesta Distancia mínima en centros de cultivo de abalones mono sexo.

La modelación de la deriva larval Bahía Tongoy- Guanaqueros y Bahía Inglesa nos muestra que la dinámica de corrientes muy diferentes entre las bahías de la IV Región con Bahía Inglesa, que se reflejan en el desplazamiento de una partícula o larva durante 4 días, durante un evento de surgencia y/o de relajación, a las profundidades de 0 y 5 y 10m, estrato de la columna donde deben estar ubicado las estructuras para la engorda de abalón.

Si se considera que el desarrollo larval de abalón puede durar más de 4 días, el modelo hidrodinámico nos muestra que en las bahías de la IV Región que la larva puede ser arrastrada varios kilómetros dentro de las bahías Guanaquero y Tongoy incluso pueden cambiarse de bahía, en cambio en Bahía Inglesa, el modelo de deriva, indica que las larvas se desplazarían en una reducida zona dentro de la bahía y rápidamente serían rastradas hacia al océano.

Si se considera la viabilidad de los gametos tanto ♂ como ♀ que es de un 100% antes de la ½ h de su evacuación, baja exponencialmente a 40% a las 2 hrs y a menos del 10% a las 3 hrs. (Uky com personal). Con estos antecedentes se puede inferir un límite de 3 hrs de desplazamiento.

Y bajo el modelo hidrodinámico para Bahía Inglesa la distancia recorrida en línea recta es de 200m y en Bahía Tongoy – Guanaqueros es de 500m.



4.2.g Factibilidad que biofactores naturales del medio marino induzcan a desoves espontáneos, fijaciones y sobrevivencia.

Desove Espontaneo

Pese a mantener confinados en laboratorio reproductores de abalón con IG=3 (máximo desarrollo gonadal) junto a individuos reproductores de ostiones no se registraron desoves espontaneos al producirse de forma natural el desove de ostión del norte.

Fijaciones y Sobrevivencia

En 3 estanques rectangulares de de 500 Lt. Se sembraron 50.000 larvas competentes de abalón rojo según el protocolo de siembra establecido (se homogeniza el acuario que contiene las larvas y se saca un litro de muestra. De este litro con una pipeta de 1 ml se saca una muestra y se cuenta cuantas larvas hay en un ml. Este procedimiento se repite 3 veces para no cometer errores. Obtenido el promedio de larvas que hay por ml, se calcula cuantos litros del acuario se deben agregar a los estanques de asentamiento 50.000 larvas para cada estanque).

- R- 1 Las placas limpias usadas como control se visualizaro 0% de fijación
- R- 2 Las placas inoculadas con microalgas bentónicas presentaron un 80% de fijación
- R-3 Las placas que incluían microalgas crustosas presentaron un 10% fijación

4.2.h Evaluar la condición sexual de los individuos considerados como “sexo indeterminado” y probabilidad de que maduren sexualmente.

En relación a los individuos clasificados como sexo “Indeterminado”, en la Figura 94, es posible ver que conforme se manifestando el desarrollo gonadal (a partir de los 45 mm) comienza a elevarse la frecuencia de indeterminado y que luego de los 50 mm comienza a descender porque aumenta el desarrollo de la gónada y es posible diferenciar el sexo con facilidad, sobre los 70 mm ya están definidos (en condiciones de madurez).

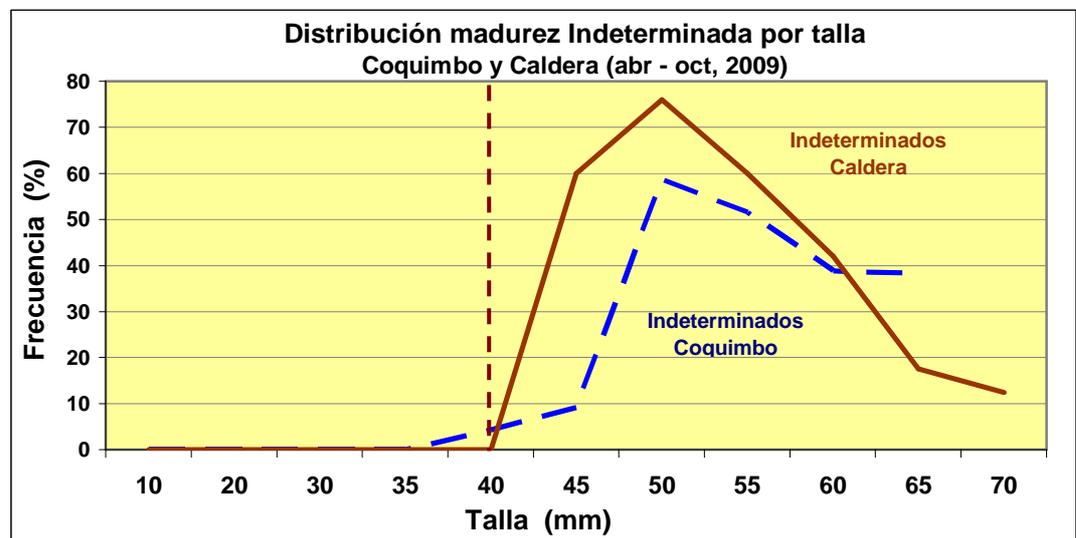


Figura 94: Frecuencia de la clasificación “Sexo Indeterminado” por talla, Coquimbo y Caldera (Abril – Octubre, 2009).

En cuanto a la evolución mensual, hay que recordar que el máximo reproductivo esta especie lo alcanza en la zona norte entre abril y septiembre, por lo que luego de este período (independientemente de la talla) comienza un reposo sexual y también se empieza manifestar el indeterminado porque el IG se retrotrae a niveles de 1 y 0 (Figura 93).

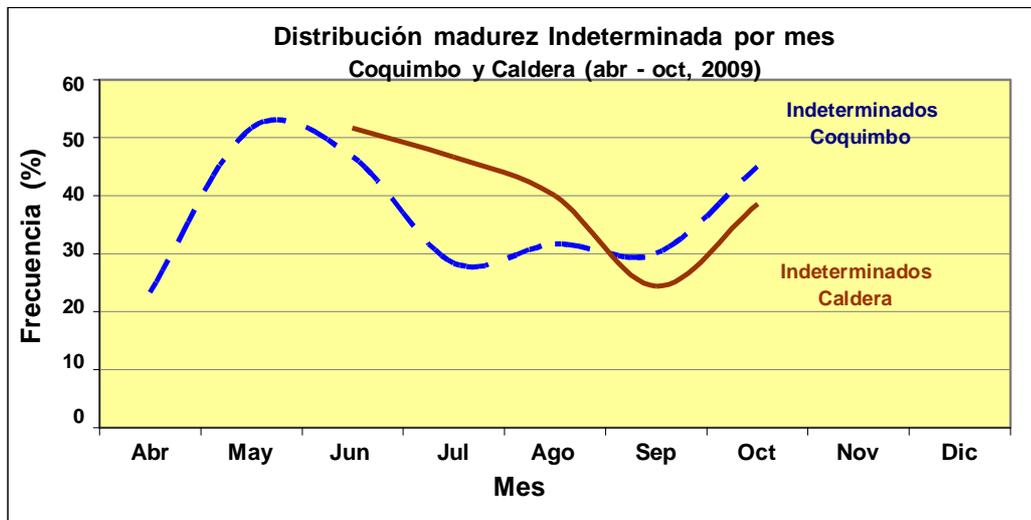


Figura 94: Evolución mensual de la frecuencia de la clasificación “Sexo Indeterminado” de individuos entre los 40 y 70 mm, Coquimbo y Caldera (2009).

- 🚧 **Objetivo Específico 4.3: Proponer cambios y/o nuevas normativas, que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad.**

Resultados Actividad 1:

Análisis de la normativa legal

En términos generales, el cultivo de abalones en Chile ha sido autorizado en todo el territorio nacional en circuitos controlados (cultivos en tierra), en tanto que los sistemas abiertos (suspendidos en el mar) y semi-cerrados sólo están permitidos en dos zonas de aguas marítimas del país: la Región de Los Lagos, y entre los límites norte de la



Región de Atacama y sur de la Región de Coquimbo³, con las restricciones de sexaje respectivas.

1.1. Normativa ambiental de Carácter General

En términos generales, la instalación de cultivos terrestres o marinos de abalón se rige por dos cuerpos legales: la Ley General de Pesca y Acuicultura, D.S. MINECON N° 430/1992 (y sus modificaciones) y su Reglamento (D.O. MINECON N° 34.624/1993, Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura), y la Ley General de Bases del Medio Ambiente N° 19.300/1997 y su Reglamento (D.S. MINSEGPRES N° 95/2001, aprueba el Texto Refundido del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental), que regulan la actividad distinguiendo las modalidades de cultivo y las restricciones ambientales que estos deben cumplir en términos de garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y viabilizar su operación.

1.1.1) Ley General de Pesca y Acuicultura

Regula la actividad pesquera extractiva, de acuicultura y de investigación, en áreas en las que exista jurisdicción nacional. Asimismo, regula las actividades de procesamiento, transformación, transporte, almacenamiento comercialización de recursos hidrobiológicos.

En el área motivo del presente proyecto, así como el Reglamento respectivo, establece procedimientos para obtener, transferir, modificar y operar concesiones de acuicultura para el cultivo del recurso abalón, distinguiendo entre Centro de Cultivo en Tierra (Terreno privado o CCAA en terreno de playa) y Centro de Cultivo en Mar (Cambio proyecto técnico para concesión existente o solicitud nueva concesión). Los

3 Decreto Supremo (MINECON) N° 231/2005. Autoriza en la zona comprendida entre el límite norte de la Tercera Región (26°03'30" Latitud Sur) y el límite sur de la Bahía de Tongoy (30°20'00" Latitud Sur), IV Región el cultivo de abalón en el mar



procedimientos, previa evaluación de si corresponde el ingreso del proyecto al SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental), en cuyo caso la aprobación ambiental (RCA, Resolución de Calificación Ambiental favorable) es pre-requisito, se ajustan a lo siguiente:

- ✓ **EN TIERRA, terreno privado:** someter el proyecto técnico a evaluación, ingresándolo a Sernapesca local para iniciar el trámite, y, obtenida la aprobación de Subpesca, organismo a quien Sernapesca deriva los antecedentes, solicitar inscripción en el RNA (Registro Nacional de Acuicultura).

- ✓ **EN TIERRA, terreno fiscal:** presentar solicitud CCAA (con Proyecto Técnico) en Sernapesca, quienes la derivan a Subpesca para verificar en primera instancia la pertinencia de ingreso al SEIA. Una vez resuelta esta etapa, Subpesca emitirá Resolución que aprueba PT y fija máxima producción, la que se derivará a la Subsecretaría de Marina quien otorga CCAA. Procede entonces la publicación por parte del Titular en el Diario Oficial y el pago de la Patente única de Acuicultura (PUA), para efectuar la inscripción en el RNA, procediendo entonces la entrega material por parte de la Capitanía de Puerto respectiva.

- ✓ **EN MAR (modificación PT o nueva solicitud):** presentar solicitud y proyecto técnico (PT) en Sernapesca (si es cambio de especie se debe verificar además vigencia CCAA), quien la deriva a Subpesca para verificar pertinencia ingreso al SEIA. El procedimiento completo es análogo a CCAA en terreno fiscal.

Como se indicara, posterior al otorgamiento, los referidos cuerpos legales regulan la etapa de operación, esto es, la posibilidad de transferencias, arrendamientos y causales de caducidad, así como los derechos y deberes de los concesionarios.



1.1.2) Ley General de Bases del Medio Ambiente N° 19.300/1997 y D.S. MINSEGPRES N° 95/2001, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Establece los criterios de ingreso de los proyectos de acuicultura, de acuerdo a su tamaño y condiciones de operación, que en el caso del cultivo de abalón sería de acuerdo a lo establecido en el Reglamento del SEIA:

Se entenderá por proyectos de cultivo de recursos hidrobiológicos aquellas actividades de acuicultura, organizadas por el hombre, que tienen por objeto engendrar, procrear, alimentar, cuidar y cebar recursos hidrobiológicos, a través de sistemas de producción extensivos y/o intensivos, que se desarrollen en aguas terrestres, marinas y/o estuarinas o requieran de suministro de agua, y que contemplen:

n.3. Producción anual igual o mayor a (35ton) tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies, a través de un sistema de producción intensivo;

n.5. Una producción anual igual o superior a ocho toneladas (8 t), tratándose de engorda de peces; o el cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual.

En el caso de ingreso al SEIA, tal como se indicara en punto precedente, el trámite de otorgamiento de la concesión de acuicultura (o bien aprobación a cambio del Proyecto Técnico) queda condicionada a la Calificación Ambiental favorable de éste, ingresando a evaluación dentro de plazos acotados (6 meses a partir de la solicitud de Subpesca).

1.1.3) D.S. MINECON N° 320/01 Reglamento Ambiental para la Acuicultura



Regula las medidas de protección al medio ambiente de responsabilidad de los titulares de Concesiones o Autorizaciones de Acuicultura, en términos de los artículos N° 74 y 87 de la LGPA. De acuerdo a lo anterior, será obligación implementar medidas para prevenir vertimientos de sólidos o líquidos que pudieran afectar el fondo marino columna de agua, playas y terrenos de playa; mantener la limpieza de las playas y terrenos de playa adyacentes a las concesiones; retirar los elementos no biodegradables de fondeo; disponer de módulos de cultivo y fondeo con condiciones de seguridad que garanticen la prevención de escapes de ejemplares; entre otros, así como contar con un Plan de Contingencias cuya bitácora se deberá remitir a la autoridad fiscalizadora. Asimismo, la normativa establece distancias mínimas entre Concesiones de Acuicultura (Centros) según el sistema de producción y la especie cultivada del mismo modo que la obligación de ejecutar campañas de Informes Ambientales (INFAS) de control de efectos de la operación del centro y Caracterización Preliminar del Sitio (CPS), estudio de línea base requerido en la tramitación ambiental para autorizar un proyecto técnico.

1.1.4.) Res. Exe. N° 3612/09, Fija metodologías para elaborar la Caracterización Preliminar del Sitio (CPS) y la Información Ambiental (INFA) (Modifica Res. Ex. N° 3411/06).

En términos de las características de la solicitud de concesión o de concesiones operativas (producción anual, sistema de producción, recurso cultivado, profundidad y tipo de sustrato del sitio), establece categorización y contenidos de CPS e INFAs, además de frecuencia de ejecución en el último caso, así como metodologías para cada estudio.

1.1.5.) D.S. MINECON N° 319/01, Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas.

Establece el cumplimiento de programas sanitarios generales y específicos, Elaboración y mantención de manuales de operación, mantención de registros de ingreso y salida



de ejemplares, notificaciones de sospecha de brote o brotes de enfermedades de alto riesgo, utilización de productos registrados conforme a la normativa vigente para tratamientos profilácticos y terapéuticos, ejecución Programa de Vigilancia para Enfermedades de Alto Riesgo en Moluscos (PSVM).

Normativa ambiental específica

Visto el marco general que rige el otorgamiento y operación de una concesión de acuicultura para el cultivo de abalón, resta revisar la normativa específica que regula estos aspectos, tanto sanitarios como ambientales, a objeto de verificar sus alcances, evaluando su aplicabilidad a la luz de los resultados de las experiencias de campo efectuadas en términos del presente proyecto.

De acuerdo a lo anterior, resultan relevantes los siguientes cuerpos legales:

1.2.1) D.S. MINECON N° 231/05 Establece condiciones Especiales para el Cultivo de Abalón rojo y Abalón verde Autoriza el cultivo en sistemas de circuito abierto en la zona comprendida entre el límite norte de la Tercera Región y el límite sur de la Bahía de Tongoy, IV Región el cultivo de abalón en el mar, con las restricciones de cultivo de ejemplares libres de enfermedades de alto riesgo y de un solo sexo y en estructuras de cultivo que no podrán instalarse sobre fondo duro o semiduro.

Complementando lo anterior, se tienen:

1.2.2) Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 4.282/2 005

Fija la metodología para determinar límites de bahías, tipo de sustrato y sexo en abalones (ensayo efectuado por consultor externo acreditado ante el Sernapesca, mediante observación de gónadas en ejemplares de talla superior a 40 mm, previo al desove, verificable mediante cortes histológicos)



1.2.3) Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 2820/2006

Establece el sexo de abalones a cultivar por bahías y cuerpos de agua, esto es, exclusivamente (> 95 %) hembras para los sectores autorizadas en la zona norte.

Resultados Actividad 2:

Sesiones temáticas para proponer cambios y/o nuevas normativas:

Se, elaboró un cuadro de evaluación con las variables que se consideraron relevantes y que se deben tomar en cuenta al momento de una evaluación del ingreso del cultivo de Abalón en el mar. Cabe destacar que esta investigación y las propuestas que conlleva, no solo están avaladas por los estudios realizados a lo largo de la ejecución de las actividades descritas, sino que la investigación a lo largo de los 31 años de experiencia acumulados en la UCN sobre el recurso abalón, en los que la mayor parte de los integrantes del equipo han tenido una participación directa en dichas experiencias, dando consistencia a las propuestas.

En la Tabla IIII a continuación se estableció como valor “1” el que no exista ninguna posibilidad que el indicador en cuestión se manifieste y el valor “7” es la mayor probabilidad que el indicador se manifieste. El escenario evaluado siempre es el medio natural.



Tabla IIII:- Resumen de las probabilidades que ocurran Indicadores o variables relevantes a considerar para el cultivo suspendido del abalón en el mar.

	Indicador o variable	VALORES ASIGNADOS						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Madurez Gonadal			X				
2	Desove			X*				
3	Viabilidad de gametos y Fecundación		X					
4	Desarrollo Larval	X						
5	Asentamiento en Fondos blandos (B)	X						
6	Asentamiento en Fondos blandos (O)	X						
7	Asentamiento en Roca		X					
8	Viabilidad semillas	X						
9	Depredadores							X

* Desde el punto de vista oceanográfico también se suma la variable de disminución de temperatura en función de la profundidad.

A continuación, se adjunta una explicación de los valores asignados a cada uno de los indicadores considerados como relevantes.

1. Grado de madurez, Valor asignado (3)

- Su baja evaluación está fundamentada en los resultados obtenidos a lo largo del estudio en los muestreos de índice gonadal, en los cuales la probabilidad de encontrar un individuo con máxima madurez gonadal (IG=3) fue muy baja, 0,2% en Caldera y 0,0% en Coquimbo para animales de 70 mm y 10% para animales sobre 80 mm.
- A esto se suma la imposibilidad de alcanzar en condiciones naturales, temperaturas acumuladas sobre los 1500°C, sobre-alimentación, baja densidad, control del fotoperiodo o luminosidad, todos factores que se manejan en laboratorio de ambiente controlado para conseguir un máximo nivel de maduración gonadal.



2.-Desoves Espontáneos Valor Asignado (3)

- La variable de mayor importancia para provocar un desove espontáneo que se pudiera dar en el medio natural es el cambio de temperatura en el agua sin embargo este parámetro se eleva y disminuye gradualmente en un lapso de semanas, contrastando con el cambio brusco de temperatura que se registra en los estanques de cultivo donde es más probable encontrar un desove espontáneo.
- En segundo lugar hay un inductor que debe ser mencionado ya que este gatilla desoves masivos, no obstante que durante el proyecto no se detectaron desoves espontáneos y este es la presencia de blooms fitoplanctónicos (“marea roja”), pero los desoves se generan en un ambiente de baja concentración de oxígeno disuelto lo que es letal para obtener una viabilidad de gametos.

3.- Viabilidad de gametos y Fecundación, Valor Asignado (2)

- En ambiente natural la fecundación se lleva a cabo en zonas de rompientes con gran oleaje y alta oxigenación lo que permite una agitación importante del agua y una dinámica que facilita la mantención de los gametos en el sector para su fecundación, lo que se trata de replicar en laboratorio para lograr una buena fecundación. Sin embargo es improbable que exista fecundación donde no exista esta condición de mezcla como sucede en el cultivo suspendido alejado de la costa, a lo anterior se debe agregar que los huevos fertilizados tienen una flotación negativa y se van al fondo.
- Los huevos en el fondo tienen una baja oxigenación comparado a lo que sucede en el intermareal rocoso y son cubiertos literalmente por la dinámica del movimiento de arena de los fondos blandos, esto prácticamente impedirá su



eclosión y posterior migración de las larvas hacia la superficie para que éstas puedan mantenerse en la columna de agua durante su desarrollo (aproximadamente 5 días).

- Existe escasa viabilidad y fecundidad de gametos en las condiciones oceanográficas de los sistemas abiertos, a modo de ejemplo, las tasas de sobrevivencias de larvas y juveniles de abalón japonés (*H. discus hanna*) aún en condiciones de ambiente controlado (agua micro filtrada, esterilizada, temperatura, oxígeno, salinidad, pH, alimentación, luz, asepsia, etc.), para diferentes etapas, según el experto en cultivo de abalones Dr. Keiji Takeda (1992) no superan el 1,0%,

Experiencias en UCN no superaron el 0,5% supervivencia a los 20mm con abalón rojo de California (*Haliotis rufescens*).

4.- Desarrollo larval Valor Asignado (1)

- El desarrollo de esta etapa depende en gran parte de la temperatura, las corrientes, la oxigenación, el fotoperíodo ya que existe una relación directa entre estos factores y el tiempo de eclosión, especialmente la T°. Tal como fue observado y demostrado durante los experimentos del proyecto.
- Esta etapa puede extenderse excepcionalmente hasta 15 días cuando las condiciones no son las adecuadas, en este tiempo si la larva no encuentra un sustrato adecuado para su asentamiento o fijación como fondo duro con diatomeas bentónicas y también con trazos de mucus dejados por otros abalones (considerado como potente inductor al asentamiento), la larva agotará sus reservas alimenticias y morirá irremediablemente. El período normal de desarrollo larval fluctúa entre 4 a 6 días.



5.- Asentamiento Fondo blando Aspectos (Biológicos) Valor Asignado (1)

- La larva puede quedar a la deriva no más allá de los 15 días (absorción del saco vitelino) buscando el sustrato más adecuado, en el fondo blando las condiciones de oxigenación y alimentación son insuficientes para inducir el asentamiento.
- La larva requiere de un lugar que tenga disponibilidad de alimento, puesto que esta post-larva no se movilizará hasta los dos a tres meses cuando obtenga su primer poro respiratorio. La disponibilidad y abundancia de diatomeas bentónicas se vuelve crítica para la sobrevivencia al momento del asentamiento.
- Si a esto se agrega el bajo nivel de oxígeno cerca del fondo y la ausencia de atractantes naturales para el asentamiento, es prácticamente imposible que esto suceda.
- En este aspecto no se ha considerado aún los depredadores. Suponiendo que las postlarvas lograran llegar al sector rocoso, en estudio similar llevado a cabo en la UCN en proyecto FONDEF sobre repoblación de lapas, se constató predadores de larvas o postlarvas recién asentadas cerca del intermareal rocoso a los camarones de roca *Rhynchocinetes typus* e incluso a Lapas y Chitones (varios autores consideran a estos moluscos como omnívoros).
- Respecto al desplazamiento en fondos blandos, las experiencias señaladas indican que la probabilidad de sobrevivir de un abalón rojo en el medio natural es prácticamente nula, puesto que no tiene mecanismos de defensa y su movilidad es muy baja, lo cual se ve agravado cuando está en sustrato blando (arena).



6.- Asentamiento Fondo blando (oceanográfico) Valor Asignado (1)

- Los resultados y antecedentes de las dos principales bahías analizadas de la III^a y IV^a Regiones en donde eventualmente se autorizaría el cultivo de abalón suspendido en el mar, indican que su fondo es de tipo blando; una Clasificación Preliminar de un Sitio de cultivo (CPS) en Bahía Inglesa indica que la granulometría del fondo es en un 87,8% arena, un 12,2% fango y 0% gravilla.
- Desde el punto de vista oceanográfico también se suma la disminución de la temperatura en función de la profundidad, (*1) y la posibilidad de que la termoclina presente variaciones de profundidad asociada a ondas internas, causando un stress térmico a los organismos suspendidos en esa profundidad
- Otro aspecto crítico para que se produzca la sobrevivencia y asentamiento de larvas de *H. rufescens*, es que haya la suficiente concentración de oxígeno disuelto en el agua (mayor a 6 a 7 ml/lit). Las mediciones en bahías de la zona norte señalan que en profundidades mayores a los 10 metros, la concentración de oxígeno disuelto en el agua es inferior a 4,0 ml/lit y el porcentaje de saturación es inferior al 65%. En estas condiciones las larvas de abalón reducen su metabolismo y no logran sobrevivir y menos asentarse.

7.- Asentamiento Fondo rocoso Valor Asignado (2).

- Si la larva se logra asentar en un hábitat adecuado (fondo rocoso cerca de la orilla), su oportunidad de sobrevivencia será inferior a las sobrevivencias obtenidas con las condiciones de cultivos intensivos en tierra, por ello su probabilidad de llegar a adulto será también muy baja. Prueba fehaciente de esto es la frustración que existe en los países asiáticos al intentar repoblar los bancos naturales de abalón, pese a que ellos se encuentran en su hábitat natural, no logran aumentar la disponibilidad de juveniles.



- Japón - con fines de redoblamiento - cada año libera al mar una cantidad superior a los 50 millones de juveniles de abalón, a pesar de ello no se ha podido aún aumentar la población de abalones en el medio natural, por el contrario sigue disminuyendo año a año

8.- Depredadores Valor asignado (7)

- La macro fauna descrita para las bahías estudiadas hacen improbable que abalones juveniles tempranos puedan escapar ya que de las especies que habitan en el bentos arenoso y fangoso son altamente predadoras y carnívoras. Es relevante mencionar que el grado de domesticación que tienen los animales de cultivo suman un factor de importancia a la hora de tratar de escapar de sus depredadores.
- Según los resultados obtenidos los individuos más voraces al momento de ser enfrentado al recurso abalón es la especie *Cancer setosus*. Especie predominante en los sectores estudiados.; Por otro lado también encontramos las estrellas de mar, encontrándose Asteroidea, Predadoras y carnívoras, que se alimentan de moluscos, crustáceos y otros animales marinos.
- Estudios de Caracterización preliminar de la biodiversidad y declaración de impacto ambiental realizados por Live Seafood S.A. en bahía Tongoy reflejan que las comunidades submareales de la macrofauna bentónica presentan una gran riqueza de taxas en su mayoría potenciales predadores de Abalón como es el caso del molusco *Nassarius* sp. captados en Video en actitud predadora.



VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

✚ **Objetivo Específico 4.1: *Evaluación de la normativa vigente en relación a minimizar los riesgos asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.***

4.1.a Viabilidad y fecundidad de gametos en sistemas abiertos, en relación a las condiciones oceanográficas de la zona norte.

En los cinco desoves de prueba realizados, todo el plantel de reproductores fue acondicionado durante cuatro meses en un escenario imposible de alcanzar en condiciones naturales, teniendo en cuenta los siguientes factores: temperatura, alimentación, densidad, luminosidad, estrés, etc.; cuya finalidad era conseguir un máximo nivel de maduración gonadal (IG=3) también llamado “estado inestable”, porque genera una condición de reacción positiva ante pequeños estímulos. Pese a que los reproductores alcanzaron el máximo nivel reproductivo, en el segundo desove (septiembre) no se logró desovar a ningún ejemplar macho y con ello no se pudo fertilizar ovocitos, razón por la cual se adicionó un quinto desove (enero)

Para inducir al desove con temperatura se requiere que esta variable se ubique por sobre los 18°C y luego generar cambios bruscos de alza y baja de temperatura (+/- 2°C, hasta alcanzar 20-21°C) por varias horas en forma sostenida y repetitiva. En condiciones naturales no se produce este tipo de cambio y la temperatura promedio anual de las Regiones III y IV es de unos 15°C y si bien en la estación de verano supera los 18°C, se eleva y disminuye gradualmente en un lapso de semanas; sólo en algunos años (cuando hay evento de Niño) se eleva por sobre los 20-21°C en un período corto de días.



En condiciones naturales - de acuerdo a la experiencia recabada por los acuicultores abaloneros de la zona norte de Chile - hay un inductor que gatilla desoves masivos y es la presencia de bloom planctónico (“marea roja”), pero los desoves se generan en un ambiente de baja concentración de oxígeno disuelto (sobre todo en el horario nocturno), alta temperatura y elevada concentración bacteriana, todo ello hace que la viabilidad sea nula porque la mortalidad es total. Cuando hay presencia de estos fenómenos algales nocivos, en los cultivos de abalones – a pesar de estar dentro de condiciones controladas – los desoves no son exitosos y si llegan a producirse, la mortalidad larval es total e incluso también la mortalidad alcanza a los planteles juveniles en los estanques de cultivo.

En razón de lo anterior y con el propósito de alcanzar desoves exitosos, se utilizó una inducción química (TRIS + Peróxido) con agua de mar tratada (filtro de 50 micras + UV); lo anterior se comparó con agua de mar no tratada (cruda). El resultado mostró, que a pesar de ser reproductores acondicionados con un conjunto de factores óptimos, sólo lograron desovar aquellos que fueron inducidos químicamente (73% con agua filtrada y 51% con agua cruda) y que aquellos individuos que no fueron inducidos químicamente el resultado fue de 0%, ni con agua tratada ni con agua cruda. Una vez causados los desoves – de hembras y machos – es necesario generar un escenario para que se produzca la fertilización. Nuevamente, en las experiencias realizadas se utilizó un escenario que no es posible alcanzar en el medio natural: en un acuario de 18 litros se realizó en condiciones controladas una fertilización asistida entre ovocitos y espermios. Luego, éstos son sometidos a lavados sucesivos para disminuir el ambiente bacteriano generado por la mortalidad natural y así aumentar su probabilidad de sobrevivencia de las larvas. Lo anterior da un resultado cercano a un 80% de fertilización de ovocitos



En consideración de lo anterior, se asume que la viabilidad y éxito de fecundidad de los gametos en sistemas abiertos debiera ser significativamente inferior. En mar abierto, la fertilización debería darse por mezcla de ovocitos y espermios con sólo el movimiento del mar, teniendo en cuenta que éstos tienen una flotación levemente negativa entonces tenderán a migrar verticalmente más que a mezclarse y por ello será altamente improbable su fertilización.

En concesiones de cultivos de abalones de monosexo, se darían las siguientes escenarios: a) si el plantel está compuesto solo de machos y si existe un desove espontáneo, lo espermas tendrá un máximo de tres horas para lograr alcanzar un ovocito para fecundarlo. Cabe señalar que los espermas se mantendrán en la capa superficial de la columna da agua, por lo tanto, pueden ser arrastrados por estas corrientes. b) si el plantel está compuesto solo de hembras y exista un desove espontáneo; los ovocitos tendrán un tiempo promedio de cuatro horas para ser fecundados, sin embargo estos ovocitos tienden a sedimentar y no así los huevo (ovocitos fecundados), por esta razón los ovocitos serán arrastrados por las corrientes de varias profundidades las cuales son más lentas a mayor profundidad. Con estos antecedentes más los modelos hidrodinámico de circulación para bahías Inglesa y Tongoy, nos indican que los centros de cultivos deberían estar separados a una distancia de 500m como máximo y 200m como mínimo, distancia que es muy similar a los centros de mitílidos en el sur de Chile (RAMA).

Luego de la fertilización asistida se hicieron mediciones de sobrevivencia bajo dos condiciones: con agua filtrada y con agua cruda. Con agua sin tratamiento (cruda) la sobrevivencia larval más alta fue de 0,61% y en el caso de agua filtrada fue de 2,0%.

Es también observable que hay una relación directa entre temperatura y tiempo de eclosión. En el hatchery de los cultivos comerciales es necesario mantener altas temperaturas (se utiliza unos 18°C y ojala constante) para acelerar la eclosión y desarrollo larval. Así, a menor temperatura el desarrollo larval será más lento y con ello también será mayor el tiempo de demanda de alimentación vitelina.



La larva se mantiene flotando suspendida en la columna del agua y dejándose arrastrar; cambia la forma de su cuerpo, primero se llama *trocófora* y luego *veliger*. Una vez que la larva eclosiona, sube a la superficie y se mantiene ahí durante un par de horas para después distribuirse en la columna de agua. Como ya se mencionó anteriormente, hay una directa dependencia entre la temperatura del agua y el término de esta etapa (fijación en un sustrato), para luego pasar a la etapa siguiente de *Postlarva*. En condiciones de laboratorio (hatchery de cultivos comerciales) y con temperatura constante igual o superior a los 18°C, la fijación se alcanza al cuarto o quinto día con un 80% de sobrevivencia.

Luego, la siguiente etapa crítica para la larva de *H. rufescens* será encontrar un sustrato adecuado para su asentamiento. La etapa de post-larva comienza en los abalones cuando estos se fijan en el sustrato más adecuado, pudiendo quedar a la deriva hasta su muerte, ya que no podrá sobrevivir post-absorción del saco vitelino si no encuentran un lugar adecuado para el asentamiento (S. Akaboshi; *com. pers.* 2010). Aquí también se encontró una relación directa con la temperatura, en donde a mayor temperatura este proceso se acelera. La relación sustrato-temperatura es determinante a la hora de evaluar la probabilidad de éxito de un desove natural de abalón en sistemas suspendidos en el mar, ya que de producirse un desove y se logre alcanzar la fertilización de un ovocito, éste buscará un sustrato para su asentamiento y ello deberá ser hacia el fondo en donde irá disminuyendo la temperatura.

En el medio natural los huevos se incuban como una microscópica larva viviente y son movidos por las corrientes y si la larva se logra asentar en un hábitat adecuado, su oportunidad de sobrevivencia será muy inferior a las sobrevivencias obtenidas con las condiciones de cultivos intensivo en tierra, por ello su probabilidad de llegar a adulto será también muy baja. Expertos en cultivo de abalón confirman esta aseveración: Según R. Crisóstomo (*com.pers.*, 2009) la sobrevivencia sería muy inferior al 1% porque la mortalidad debiera ser superior al 99%; según Takeda (2001), la oportunidad



de sobrevivencia de una larva individual de llegar a adulto en el medio natural no sería superior al 0,5%. En las experiencias realizadas con propósitos de este proyecto - con agua cruda proveniente de la bahía - la mejor sobrevivencia obtenida fue de 0,67% con sustrato de placa de policarbonato; 0,27% en sustrato de roca; y 0% en sustrato de arena.

En los tres sustratos probados en laboratorio, sólo en la arena no se produjeron asentamientos. Esto tiene sentido, porque la larva de abalón para pasar de ser planctónica a bentónica requiere de un sustrato duro (como lo fue roca y placa de policarbonato). La sobrevivencia en fondo arenoso fue de 0% (con agua cruda al término de la tercera semana y con agua filtrada al término de la quinta semana). Los resultados y antecedentes de las dos principales bahías de la III y IV Regiones en donde se autoriza el cultivo de abalón suspendido en el mar, indican que su fondo es de tipo blando; a modo de ejemplo, una Clasificación Preliminar de un Sitio de cultivo (CPS) en Bahía Inglesa indica que la granulometría del fondo es en un 87,8% arena, un 12,2% fango y 0% gravilla.

Además de un sustrato duro, la larva requiere de un lugar adecuado que tenga disponibilidad de alimento, puesto que la post-larva no se movilizará hasta los próximos dos a tres meses cuando obtenga su primer poro respiratorio. Por esta razón la disponibilidad y abundancia de diatomeas bentónicas (por ejemplo, *Navícula*) es crítica para la sobrevivencia de la post-larva al momento del asentamiento, de lo contrario morirán. Al mismo tiempo, la presencia de estas microalgas bentónicas se constituye adicionalmente en un inductor positivo para el asentamiento de las larvas.

Hay trabajos que mencionan que aún no se conoce con certeza todos los mecanismos del medio ambiente que influyen en el asentamiento y sobrevivencia de abalón, siendo estos procesos delicados y complejos; por ejemplo, en Japón - con fines de redoblamiento - cada año se libera al mar una cantidad superior a los 50 millones de



juveniles de abalón, a pesar de ello no se ha podido aún aumentar la población de abalones en el medio natural, por el contrario sigue disminuyendo año a año.

Otro aspecto crítico para que se produzca la sobrevivencia y asentamiento de larvas de *H. rufescens*, es que haya la suficiente concentración de oxígeno disuelto en el agua (mayor a 6 a 7 ml/lit). Las mediciones en bahías de la zona norte señalan que en profundidades mayores a los 10 metros, la concentración de oxígeno disuelto en el agua es inferior a 4,0 ml/lit y el porcentaje de saturación es inferior al 65%. En estas condiciones larva de abalón reduce su metabolismo y no logra sobrevivir y menos asentarse.

En consecuencia y considerando todos los resultados y observaciones precedentes, todo indica que es poco probable que en forma natural se produzcan fertilizaciones y asentamientos de abalón en el medio natural como producto de desoves espontáneos producidos en un cultivo suspendido en el mar. A modo de resumen, para que haya sobrevivencia y asentamiento exitoso deben concurrir los siguientes factores y cumplirse las siguientes condiciones:

- ✓ Que existan ambos sexos.
- ✓ Que los animales – machos y hembras - alcancen un índice gonadal alto ($IG \geq 2$).
- ✓ Que exista algún inductor natural efectivo para que se estimule y gatille desove.
- ✓ Que se manifieste una sincronía de hembras y machos, en cuanto a desarrollo gonadal y luego una respuesta unísona positiva – de ambos sexos - a un estímulo externo que induzca al desove.
- ✓ Que exista agitación mareal suficiente para que los espermios logren fertilizar a los ovocitos.
- ✓ Que la temperatura sea la adecuada para disminuir el tiempo de eclosión y prefijación.

- ✓ Que la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua sea igual o superior a 6,0 ml/lit.
- ✓ Que la circulación de la bahía arrastre a la larva hacia un sector con fondo duro.
- ✓ Que exista un fondo duro.
- ✓ Que el sustrato de fondo duro esté colonizado por microalgas bentónicas.
- ✓ Que la larva se fije y sobreviva.

Si no se cumplen todas las condiciones anteriores, la probabilidad de tener desoves exitosos en el medio natural y que la post-larva sobreviva varios meses hasta que pueda movilizarse y alimentarse externamente, es nula.

En consecuencia, obviando la condición de monosexo exigida por el D.S. N° 231/05 y en el supuesto de que exista la probabilidad de cruce de ambos sexos en un mismo plantel de ejemplares en sistemas suspendidos en el mar, es posible plantearse tres escenarios de probabilidad de éxito de un desove espontáneo de abalón (Figura 91):

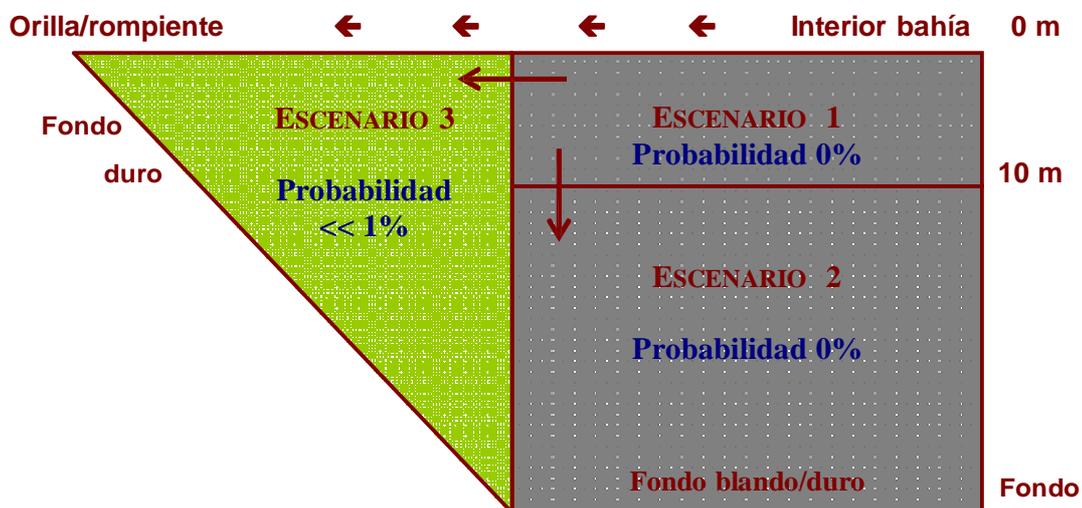


Figura 95: Escenarios de probabilidad de sobrevivencia de *H. rufescens*, ante un desove espontáneo en un sistema de cultivo suspendido en el mar.



- **Escenario 1** (*Columna fótica de agua al interior de una bahía*): corresponde al sector donde se ubicaría un sistema de cultivo suspendido de abalón en alguna bahía de la zona norte del país, en donde la probabilidad de sobrevivencia y asentamiento de una larva es de 0%. En el supuesto que hayan ambos sexos y que se produzca un desove espontáneo sincronizado, la probabilidad de fertilización es muy baja y la probabilidad de asentamiento es nula porque el único sustrato sería el sistema suspendido mismo y éste no cumple con las condiciones exigida por la especie.

- **Escenario 2** (*Columna sub-superficial y fondo blando/duro al interior de una bahía*): corresponde al sector inmediatamente debajo del Escenario 1, en donde la probabilidad de sobrevivencia y asentamiento de una larva es de 0%. En el supuesto que hayan ambos sexos y que se produzca un desove espontáneo sincronizado, la probabilidad de fertilización es muy baja y si se produce, entonces la larva migrará hacia el fondo (sea blando o duro) buscando un sustrato para su fijación, pero encontrará temperaturas muy bajas y su desarrollo será muy lento. Además, encontrará una concentración de oxígeno disuelto en el agua muy inferior (menor a 4 ml/lit) a su requerimiento, por ello su sobrevivencia será nula; al mismo tiempo, al no ser una zona fótica no habrá colonización de microalgas bentónicas. Finalmente, si el fondo es arenoso o fangoso - aún siendo un sector fótico - el asentamiento no se producirá.

- **Escenario 3** (*Sector de rompiente con fondo duro*): corresponde al sector costero de la bahía donde está el sistema de cultivo suspendido, en donde la probabilidad de sobrevivencia y asentamiento de una larva será muy inferior al 1% (más adelante se precisará más aún esta probabilidad). Si se produce un desove espontáneo sincronizado (de ambos sexos), la probabilidad de fertilización exitosa se produciría sólo si el sistema de circulación de la bahía deriva a la larva hacia el sector de rompientes y en la mezcla se logre producir la fertilización. Una vez fertilizado, eclosionará dependiendo de la combinación temperatura-oxígeno disuelto, entonces



su única probabilidad de sobrevivencia dependerá si encuentra un sustrato duro (rocoso) y con disponibilidad de alimento (microalga bentónica).

Finalmente, hay que recordar que en los laboratorios de cultivos de abalón (hatchery) se ha comprobado que es difícil lograr sobrevivencias significativas – además de ser progenitores seleccionados, acondicionados, inducidos y con fertilización en forma asistida – se procuran las siguientes condiciones de ambiente controlado: agua filtrada, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, alimentación, luz, asepsia, etc. A pesar de la condición óptima antes señalada, la etapa post-fijación competitiva alcanza resultados exitosos que en promedio no superan el 1%. En función de lo anterior se supone que la viabilidad y éxito de fecundidad, asentamiento y sobrevivencia de los gametos en sistemas abiertos debiera ser muy inferior.

4.1.b Grado de madurez gonadal y capacidad potencial de producción de gametos, por talla, comparando los ejemplares cultivados industrialmente en el mar con los ejemplares cultivados en sistemas en tierra.

De los muestreos comparativos – realizados en mar y en estanques en tierra – se puede concluir que en ambos sistemas la proporción de individuos que alcanza el máximo nivel gonadal (IG = 3) en condiciones naturales es una pequeña fracción de la población: 10,4% - 14,6% en los suspendidos en mar y 9,4% - 19,8% en los cultivados en estanques. En los dos muestreos (uno realizado en invierno y otro en primavera) no hay diferencias significativas entre ambos sistemas, siendo levemente superior en los estanques en tierra.

En mar no había machos, pero en los estanques en tierra existe una mayor proporción de hembras (63,5% en Julio y 78,1% en Noviembre). Al mismo tiempo, la proporción de



hembras que alcanzan un $IG = 3$ es el triple que los machos que obtienen igual desarrollo gonadal.

En condiciones de cultivo (en estanques o suspendido en mar) los individuos tienen una buena alimentación, buen caudal de agua filtrada y limpieza del entorno, pero no es posible tenerlos a baja densidad (factor anti-estrés determinante a la hora de inducir al desove) y son objeto de estrés por otros factores operacionales. Los animales que están en sistemas suspendidos tienen además otros factores causantes de estrés (respecto de los cultivados en estanques), como por ejemplo:

- a) El hecho de que deben ser intervenidos dos veces por semanas para ser alimentados;
- b) Están en una superficie que está en constante movimiento en el mar, lo cual produce estrés en el animal; y
- c) Están expuestos con mayor probabilidad a bruscas variaciones ambientales (temperaturas, mareas, corrientes, bloom, etc.).

Todo lo anterior hace que no puedan alcanzar en forma regular un desarrollo gonadal adecuado y por lo tanto - aún cuando haya desove espontáneo - existe una fracción minoritaria de individuos que han alcanzado un grado de madurez máxima.

En resumen, si se hace el supuesto que en el mar se encuentren suspendidos ejemplares de ambos sexos (hasta ahora es sólo posible cultivar hembras) y al mismo tiempo se asume que los resultados de muestreos de índice gonadal no difieren significativamente entre los que están en tierra y de los que están suspendidos en el mar, entonces habrá una pequeña fracción de animales que alcancen el $IG=3$ y que de éstos habrá una proporción menor de machos maduros.



Sin embargo, de acuerdo a las experiencias de desove descritas en el capítulo precedente, no basta con tener un máximo desarrollo gonadal para lograr una inducción al desove, sino que se requiere de una serie de otros factores, siendo uno de los más influyentes el hecho que los animales no estén sometidos a estrés. Al mismo tiempo, se ha señalado que abalones suspendidos en mar están sometidos a una mayor carga de estrés. En consecuencia, hay una suma de factores que contribuyen a disminuir la probabilidad de obtener desoves espontáneos en mar y que éstos sean exitosos (en supuesto que haya ambos sexos).

4.1.c Grado de madurez gonadal en que se encuentran los abalones en los centros de cultivo de la zona norte y determinar hasta que etapa es factible mantenerlos en un cultivo abierto con la finalidad de evitar desoves espontáneos.

Ya se ha mencionado que en un hatchery los reproductores son acondicionados y preparados para que en un período de varios meses puedan alcanzar su máximo nivel reproductivo (IG = 3). Estas condiciones especiales de acondicionamiento se relacionan con las siguientes variables: baja densidad espacial, evitar factores pro-estrés, alimentación específica y proporcionada, temperatura y fotoperíodo adecuado, agua filtrada, caudal apropiado para una buena oxigenación, limpieza de entorno, etc. A pesar de lo anterior y aún alcanzando un alto grado gonadal (IG = 3), estos reproductores deben ser inducidos artificialmente a desove, sincronizar éste con el sexo opuesto y fertilizar en forma asistida a fin de tener un desove exitoso, pero aún así ello no siempre se logra.

En la práctica y como se evidencia en los resultados del muestreo - realizado en un cultivo industrial en la Región de Atacama (III) y en un cultivo experimental en la Región de Coquimbo (IV) - en condiciones naturales sólo un bajo porcentaje de los animales alcanza un nivel IG = 3. Lo anterior porque además de una buena alimentación se



requiere no estar sometido a estrés, como así también el tener temperatura y fotoperíodo constante; por ello cuando existen desoves espontáneos (por algún estímulo externo físico o químico) normalmente no están en este nivel de máxima madurez y por ello sus gametos no son competentes y la sobrevivencia (en caso de ser fecundados) es nula.

A fin de contar con un muestreo más sistemático, se implementó un plan de muestreo mensual comparativo entre un sistema de cultivo experimental en tierra de la UCN en Coquimbo (abril/2009 a enero/2010), con un sistema de cultivo industrial en tierra en Caldera (junio/2009 a enero/2010). Esto permitiría evaluar la evolución del estado gonadal de abalón rojo para distintas tallas, en diferentes latitudes, en diferentes estaciones del año y en dos condiciones de cultivo diferentes (ver en Resultados punto 4.1.c).

Hay que tener presente que el máximo nivel gonadal de los reproductores de abalón rojo acondicionados en los centros de cultivo industrial de la zona norte, en promedio se alcanza entre los meses de abril y agosto, teniendo su peak en junio-julio. El resultado de los muestreos indica que en condiciones de cultivo, en la III Región sólo 0,2% de individuos entre 30 y 70 mm alcanzaron el nivel de Índice Gonadal $IG = 3$ y en la IV Región este nivel no estuvo presente (0%).

La Figura 45 da el detalle del muestreo realizado en Caldera (III Región), en un cultivo de carácter industrial (Pesquera Camanchaca S.A.), los índices gonádicos alcanzados son bajos y el máximo nivel de masa gonadal ($IG=3$) lo logró sólo un individuo (de 50 mm) que representa el 0,2% durante todo el período considerado. De igual modo el $IG=2$ representó el 4,9% del total. El 90% de los ejemplares de mayor tamaño (70 mm) no superó el $IG=1$.

La Figura 46 señala la evolución mensual del índice gonadal en Caldera. Sólo en el mes de junio el 1,3% de los animales alcanzó el $IG=3$, correspondiendo al período en que normalmente se alcanza el máximo gonadal en la zona norte del país.



En los meses siguientes, cuando aumenta la temperatura del agua, los índices gonadales se mantienen mayoritariamente bajos (con el 87% con IG=0 o sin gónada).

La Figura 47 representa el muestreo realizado en el cultivo experimental de la Universidad Católica del Norte (UCN) en Coquimbo, en los meses de abril/2009 a enero/2010 con animales entre 30 y 65 mm (no se consideraron individuos menores a 30 mm, porque en todos los muestreos el 100% no mostró desarrollo gonadal). En este grupo no se observó animales con un máximo desarrollo gonadal (IG=3), sólo un ejemplar de 50 mm alcanzó en el período muestreado un IG=

La Figura 48 muestra el desarrollo gonadal mensual, en donde el máximo nivel de IG alcanzado fue de IG=2 en el mes de julio por sólo 1,3% de los individuos muestreados; ya en agosto se evidencia nuevamente una relajación gonadal aumentando en nivel de IG=0 y disminución de IG mayores.

Hay que tener presente que aún cuando exista desarrollo gonadal, si no se ha alcanzado el máximo de madurez éstos gametos no tienen la viabilidad requerida para desoves exitosos. En general, si se considera tanto los muestreos de Caldera y como los de Coquimbo, se puede concluir que individuos hasta los 70 mm no presentan ningún nivel de riesgo de desove con probabilidad de éxito, aunque se produzcan en forma espontánea como consecuencia de algún factor físico-químico gatillador.

La situación anterior se ve modificada con un muestreo adicional realizado entre nov/2009 y ene/2010, en el cultivo industrial en Caldera con individuos entre 70 y 90 mm (ver en Resultados punto 4.1.c), en donde se observó que las hembras sólo a partir de los 80 mm presentaron niveles de IG=3 (5,3% a 12,5%) y en el caso de los machos



sólo individuos de 85 mm (14,3%) evidenciaron el máximo gonadal. Si se considera el conjunto de machos y hembras, el 81% tienen IG inferior a 2. Sólo a partir de los 80 mm se manifiestan IG=3 (Figura 49).

Aunque el muestreo anterior se realizó en la estación de primavera, es porcentualmente coincidente con lo detectado en los muestreos de julio y noviembre de 2009 con ejemplares entre 80 y 120 mm, tanto suspendido en mar como estanques, en donde sólo el 14,6% (en julio) y un 10,4% (en noviembre) de las hembras suspendidas en mar alcanzaron un IG=3; en el conjunto de ambos períodos las hembras que alcanzaron un IG=3 fue de 12,4%. Al mismo tiempo, las hembras en estanques en tierra que presentaron un IG=3 fueron de 26,3% (en julio) y 0,0% (en noviembre). Los machos en estanques en tierra sólo en julio evidenciaron un máximo gonadal (8,6%) y en noviembre fue de 0,0%.

Con los resultados obtenidos de los muestreos, es posible señalar que sólo a partir de los 80 mm aumenta la probabilidad de que ejemplares de abalón rojo alcancen en forma natural un IG=3, principalmente en período de invierno. Así mismo, esta probabilidad es menor en machos que en hembras.

Al mismo tiempo, si se considera a la representación porcentual como la probabilidad de ocurrencia y si se toma al muestreo de julio como máxima expresión lograda en materia gonadal, entonces la probabilidad cruzada de que hembras (14,6%) y machos (8,6%) alcancen en el mar un nivel de máximo desarrollo gonadal es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Probabilidad desove} &= \% \text{ IG=3 hembras} * \% \text{ IG=3 machos} \\ &= 0,146 * 0,086 \\ &= 0,0126 \quad (1,26\%) \end{aligned}$$



Lo anterior sólo indica la probabilidad de que ejemplares de ambos sexos alcancen el máximo gonadal, pero ello no indica que se produzcan al mismo tiempo ni menos que se gatille un desove espontáneo sincronizado; si en la práctica se agregan estos eventos, entonces dicha probabilidad se verá fuertemente disminuida



4.1.d Cuantificar, en relación a las áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA) y el espacio disponible, la pertinencia de establecer bahías conforme lo establecen las Resolución (SUBPESCA) N° 231 de 2005 y N° 2820 de 2006.

Según los resultados abordados en este punto y en conjunto con los antecedentes descritos en los puntos 4.1.f y 4.1.g los cuales exponen la Caracterización de la biodiversidad marina de sectores de Roca y fondos blandos de las bahías del norte chico del país donde queda expreso la imposibilidad de asentamiento de abalones dada las características descritas (Abundancia de predadores en el caso de Playas de roca y escases de condiciones de hábitat apropiado en el caso de los fondos blandos), se concluye en relación a la Resolución N° 231/2005 donde se establece un área geográfica autorizada para cultivo de abalón entre el límite norte de la III Región y el límite sur del Bahía de Tongoy en la IV Región:

Que se desconocen los antecedentes en los cuales se basa este Limite, y de acuerdo a los resultados de nuestra experimentación la autorización para el cultivo de abalón debiera extenderse sin problemas a toda bahía con fondo blando.

Se concluye respecto al Artículo 5º donde especifica que sólo se podrá cultivar abalón en una concesión que posea porción de agua y fondo de mar con al menos el 95% de sustrato blando en el área que abarcan los módulos de cultivo. Ya que este presenta las probabilidades mas bajas de asentamiento en comparación con un sustrato duro, pese que de existir un asentamiento en este ultimo, la presión de predación hace igualmente improbable el éxito de sobrevivencia.

En términos generales se puede señalar que el hecho de que los módulos de cultivo estén sobre fondo blando o fondo duro carece de importancia si la profundidad supera los 10 metros. Al mismo tiempo, ya se ha indicado que la proporción factible de sexar es muy baja y que en condición de monosexo ésta se reduce a la mitad (menor al 20%), lo cual hace que sea un sistema muy ineficiente desde el ángulo productivo.



Por otro lado, no hay que olvidar que la resolución N° 4282/2005 señala que se admite hasta un 5% de error en el sexage, es decir habría la posibilidad de introducir hasta un 5% de machos en los cuatro sectores antes señalados.

Es necesario también indicar que a la fecha (abril 2010, luego de cinco años de publicadas las resoluciones antes señaladas), sólo en el Sector Bahía Inglesa se han introducido abalones en módulos suspendidos.

4.1.e Capacidad de desplazamiento del abalón frente a un eventual escape o fuga, en sustrato duro, blando y mixto y supervivencia.

El D.S. N° 231 (17.ago.2005) en su artículo 5° señala que sólo se podrán cultivar abalones en concesiones de porción de agua y fondo de mar que posean al menos un 95% de sustrato blando. En el artículo 6° refrenda lo anterior especificando que las estructuras de cultivo no podrán ser instaladas sobre sustrato duro o semiduro.

La Resolución de la Subsecretaría de Pesca N° 4282 (14.dic.2005) especifica el procedimiento técnico para determinar el tipo de sustrato en cuanto a batimetría de precisión, control geodésico, perfilador de sustrato, etc. En su numeral 1.C.a) define lo que es sustrato blando y duro:

- *Sustrato blando*: lecho subacuático cubierto por material granular no cohesionado o poroso, cuyas partículas exhiben relación de movimiento entre sí, tales como: gravas, arenas o fangos.
- *Sustrato duro*: lecho subacuático formado por roca consolidada o sólida, donde no existen partículas que exhiben movimiento.



Los objetivos específicos 4.1.d; 4.1.e; 4.1.f; y 4.1.g se relacionan con el tipo de fondo (ya sea blando y/o duro) sobre el cual se podría emplazar un cultivo de abalón con sistema suspendido y la consecuente capacidad de desplazamiento en un determinado de sustrato ante un eventual escape o sobrevivencia en el fondo de un abalón.

La experiencia que tiene la Universidad Católica del Norte (UCN) en el cultivo de abalones en la zona norte, tanto en estanques como en información disponible en sistemas suspendidos en el mar en el norte y sur del país, es que los abalones tienden a permanecer dentro de los sistemas y su movilidad es perimetralmente reducida; la movilidad se ve disminuida cuando no está sometido a estrés o encuentra refugio, pero si se quiere medir el grado de reacción o movilidad de un abalón debe justamente ser expuesto a luz natural o artificial, porque se movilizará para encontrar un refugio.

Existe la creencia de que los abalones desarrollan una mayor velocidad en la noche o en áreas oscuras (de noche se movilizan más porque hay mayor área sin luminosidad), pero en la práctica éstos se movilizan cuando requieren alimento y ello ocurre de día o de noche; también cuando arrancan de la luz (fototropismo negativo). Por el contrario, si tiene alimento disponible y está en tranquilidad, entonces el animal no tenderá a moverse. Así, si se quiere observar movimiento del abalón entonces hay que exponerlo a la luz, razón por la cual las pruebas de desplazamiento se realizaron a la luz del día. No obstante lo anterior, se replicaron las experiencias en la noche.

A raíz de los resultados de las pruebas diseñadas (ver en Resultados punto 4.1.e), el desplazamiento se vincula más al tipo de sustrato sobre el cual se desplaza el animal que a la luz que está expuesto. Es así como se puede señalar que los animales (con tallas entre 25 y 60 mm) mostraron un desplazamiento o recorrido no lineal (entendiendo por ello que luego de desplazarse puede volver incluso al mismo punto). En total se hicieron 135 observaciones de día y 90 de noche, cada una con 20 minutos de observación y que en promedio tuvieron el siguiente resultado:



	Día	Noche
○ Sustrato duro (HDPEE) :	41,8 cm/20´	44,1 cm/20´
○ Sustrato semi-duro (Gravilla):	2,2 cm/20´	2,5 cm/20´
○ Sustrato blando (Arena) :	2,0 cm/20´	1,7 cm/20´

Es fácilmente observable que en sustrato no duro la tasa de desplazamiento se reduce ostensiblemente (disminuye en un 95%). Un alto porcentaje de animales en fondo blando permanecen estáticos (tanto de día como de noche). Otro aspecto observable, es que en promedio prácticamente no hay diferencia entre el desplazamiento de día y el de noche.

Al mismo tiempo se puede señalar que individuos de talla inferior a 40 mm de longitud su desplazamiento es casi nulos en sustrato blando (en promedio 0,35 cm cada 20 minutos). En consecuencia y en forma preliminar se puede inferir que la normativa es pertinente en cuanto a la exigencia de suelos blandos para la autorización de sistemas suspendidos puesto que en este tipo de sustrato en la eventualidad de escape de un individuo juvenil o adulto su probabilidad de sobrevivencia es baja, porque se reduce su campo de maniobrabilidad y queda expuesto a la depredación y la imposibilidad de acceder competitivamente al alimento.

Para el presente proyecto, los resultados obtenidos del estudio oceanográfico de sedimentos en bahía Inglesa se observa que los sedimentos submareales entre los 27 y 37 metros de profundidad se caracterizan en su totalidad por estar compuestos por arenas muy finas asociadas a un grado de selección correspondiente fracciones bien seleccionadas, con un predominio total de fracciones simétricas en las curvas granulométricas y un contenido de materia orgánica que oscila entre 13,50 y 27,10 mg/g. La normativa N° 4282/05 no especifica el nivel de granulometría para definir el tipo de sustrato, pero de acuerdo al estudio realizado el contenido de materia orgánica en el sector submareal de bahía Inglesa en general es bajo ya que es inferior a 27,10 mg/g,



pero está dentro de los rangos de bahías del norte de nuestro país; si se compara con bahías del sur, como por ejemplo con bahía Concepción en donde se han reportado valores por sobre los 100,0 mg/g. En consecuencia se puede inferir que las bahías de la zona norte corresponden a una clasificación de sustrato de tipo blando y por ende apto para cultivar abalones en sistemas suspendidos.



4.1.f Analizar la pertinencia del requerimiento de un sustrato blando para instalar un centro de cultivo en el mar, conforme lo establece la Resolución (SUBPESCA) N° 4282 de 2005.

La Resolución N° 4282/2005 en su numeral 1.C. especifica los tipos de sustrato y la metodología para determinar su categoría. Ya se ha indicado en el punto 4.1.a que la probabilidad de asentamiento de una larva sobre un fondo blando es nula. En el punto 4.1.e se demostró que el abalón adulto – en la eventualidad de un escape – no presenta movilidad sobre este tipo de superficie y ello atenta determinadamente contra su supervivencia. Asimismo, en el punto 4.1.g se analizará que el riesgo de cultivar sobre fondo duro es muy bajo.

Por otro lado, en todas las bahías y sectores protegidos y semi-protegidos en la zona norte - donde es factible instalar módulos de cultivo suspendidos - ya se sabe que son en un alto porcentaje fondos blandos (la SUBPESCA posee las Clasificaciones Preliminares de Sitios y los perfiles de las INFA). Al mismo tiempo, según lo señalado por los oceanógrafos participantes del presente proyecto (punto 4.2.c) el uso de la cartografía oficial elaborada por el SHOA es confiable para determinar profundidades en los sectores y bahías de la zona norte, en donde la correlación existente entre los perfiles batimétricos obtenidas con ecógrafos se correlacionan por sobre el 99% con los perfiles de las cartas náuticas, en consecuencia no se requiere exigir una batimetría de mayor precisión

Respecto la pertinencia de normar el tipo de fondo se puede señalar que el hecho de exigir fondo blando es adecuado para disminuir riesgo, pero lo determinante no es el tipo de fondo sino que la profundidad de la porción de agua ya que si ésta es mayor a 10 metros la concentración de oxígeno disuelto es muy baja y también hay una disminución de la capa fótica que afecta la disponibilidad de microalga bentónica, todo lo cual afecta la viabilidad y supervivencia de una larva de abalón.

Según los antecedentes recogidos sobre la biodiversidad marina de fondos blandos de la IV Región existen alrededor de 20 especies de Crustáceos y aunque menos comunes y abundantes, también existen especies de Cnidarios (anEchuiros, Sipunculidos,



Echinodermos (estrellas de mar y erizos de mar), los cuales están incluidos como predadores y competidores de abalón, respectivamente

En conjunto con los datos presentados en las experiencias desarrolladas en el cultivo diversos autores mencionan que generalmente en los sistemas de bahías del norte de Chile hacia fondos mayores a 15 m de profundidad, la tendencia general de la riqueza de especies es a disminuir con el incremento de la profundidad, lo cual es causado por las condiciones de hipoxia-anoxia detectado hacia fondos profundos (Fernández et al. 2000, Thiel et al. 2007). La densidad y biomasa total de organismos en los fondos blandos disminuyen con la profundidad. Si bien es cierto se han informado una alta variabilidad de los promedios de biomasa por m² en bahía Tongoy estas se producen por el sesgo de unos pocos individuos de gran tamaño que aportan mucho en la estimación total de la biomasa es el caso por ejemplo, de los caracoles *Oliva peruviana* en fondos someros, o del caracol *Xanthochorus cassidiformis*, del ostión *Argopecten purpuratus*, la jaiva *Cancer setosus* y la estrella de mar *Meyenaster gelatinosus* es importante mencionar que estas dos últimas especies han sido informadas como predadores del Abalón Finalmente se informa que los predadores bentónicos más importantes en los fondos blandos de bahías del norte Chico conforman un gremio compuesto por jaivas (e.g. *Cancer setosus*, *Cancer portieri*) y estrellas de mar (*Meyenaster gelatinosus*, *Luidia magellanica*) (Ortiz 2008). Las especies que componen este gremio tienen la facultad de extender su espectro trófico de especialistas (i.e. comen preferentemente ostiones) a generalistas (i.e. comen lo disponible en el ambiente), particularmente cuando la disponibilidad de presas disminuye sustancialmente (Wolff & Cerda 1992, León 2000, Ortiz et al. 2003). Esta última afirmación conlleva a la imposibilidad de una sobrevivencia del abalón en caso de caer en un fondo blando.



4.1.g Determinar los riesgo de autorizar el cultivo de abalón en sustrato con fondo duro.

Hasta ahora se ha podido establecer que el riesgo sobre sustrato blando es nulo. Se sabe que la mayoría de los fondos de sectores costeros y bahías de la zona norte del país son de tipo fangoso y/o arenoso. Al mismo tiempo, también se sabe que la larva de abalón requiere de un fondo duro, principalmente rocoso.

No obstante lo anterior – y considerando todos los antecedentes de los capítulos anteriores – a fin de visualizar el riesgo de desoves espontáneos de animales que se encuentren en módulos de cultivo suspendido sobre fondos duros, si se formula una hipótesis positiva de escenarios y con supuestos pro-desove y asentamiento, se tiene lo siguiente:

- ✓ Que existan ambos sexos (sin olvidar que actualmente sólo está autorizada la condición de monosexo y específicamente hembras en determinados sectores).
- ✓ Que la probabilidad de que los animales – hembras y machos - alcancen un máximo gonadal (IG = 3) en forma natural es de 1,26% ($p = 0,0126$). Los muestreos señalan que esta probabilidad es menor en machos que en hembras.
- ✓ Que la probabilidad de que exista alguna eventualidad para que se manifieste algún inductor natural (físico-químico) efectivo para que se estimule y gatille el desove espontáneo sea 100% ($p = 1,0$). Aunque es ocasional, para efectos del presente análisis se asume como un evento recurrente.
- ✓ Que los ejemplares hembras y machos activados para desove provengan desde un mismo módulo (estructura suspendida). Si están en módulos distantes, la probabilidad de fecundación se anula.



- ✓ De los resultados obtenidos en las cinco experiencias de desoves realizados en Coquimbo (con y sin inducción química, en los batch con agua de la bahía), sólo el 36,5% de las hembras desovó (a pesar que todas fueron acondicionadas para alcanzar el máximo índice gonadal) y en el caso de los machos desovó sólo 29,2%. Hay que tener presente que las hembras y machos que no fueron inducidos químicamente, ninguna (0%) logró desovar. En consecuencia si se asume que por algún factor externo se induce al desove espontáneo en el medio marino, entonces en el mejor de los casos la probabilidad de que se manifieste una sincronía cruzada de respuesta positiva entre hembras y machos corresponderá al producto de los resultados anteriores, es decir un 0,11% ($p = 0,0011$)
- ✓ En laboratorios de cultivos experimentales e industriales la fertilización de ovocitos se hace en forma asistida (mezcla y agitación mecánica en acuarios de bajo volumen, de 18 litros), por lo que su efectividad es alta y que en promedio es aproximadamente de un 80%.

Aunque no se tienen antecedentes del porcentaje de fertilización que se produciría en el medio marino, para efectos de evaluación se asume un escenario optimista y para lo cual se considera una agitación mareal suficiente como para que los espermios logren fertilizar a los ovocitos en una alta proporción, por lo que se designa una probabilidad de 50% de éxito de fertilización ($p= 0,5$).

Sin embargo, hay que tener presente que la lógica indica que aún proviniendo los gametos desde una misma jaula o estructura suspendida, la alta dilución y la reducida agitación en la columna de agua harán que la probabilidad de fecundación exitosa sea extremadamente baja en el medio marino. Lo anterior se corrobora en aquellas pesquerías donde existe el abalón en el medio natural (como México y Japón) y aún cuando se ha establecido veda extractiva por extensos períodos, los stocks no se han podido recuperar.



- ✓ Que en el supuesto que se den todas las condiciones de temperatura, oxígeno disuelto y circulación de arrastre de larvas hacia fondos duros; la mejor sobrevivencia obtenida en laboratorio (ver 4.1.a) con agua cruda y sobre fondo duro (roca), luego de sesenta días fue de 0,61% (en fondo de arena fue de 0%). También hay que señalar que estas larvas no alcanzaron a desarrollar tamaños de viabilidad, siendo inferiores a las 400 micras luego de sesenta días; a modo de referencia, en laboratorio de cultivo industrial este tamaño se alcanza entre quince a veinte días y a los 60 días ya ha superado las 1.000 micras .

En consecuencia la probabilidad de sobrevivencia para el asentamiento de la larva es de $p = 0,0061$. Hay que tener presente que en laboratorios de cultivos experimentales e industriales la sobrevivencia entre la etapa de larva metamórfica de pre-fijación y la etapa juvenil luego de un año de vida en cultivo, no supera en promedio el 2% a 3%.

Entonces, en el supuesto escenario optimista generado anteriormente, la probabilidad de que ocurra un desove espontáneo exitoso desde un módulo suspendido en el mar, con asentamiento y sobrevivencia larval en el medio marino luego de sesenta días, es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Probabilidad asentamiento} &= \text{Prob IG=3} * \text{Prob desove espontáneo} * \text{Prob} \\ &\quad \text{sincronía} * \text{Prob fertilización} * \text{Prob sobrevivencia} \\ &\quad \text{larval.} \\ &= 0,0126 * 1,0 * 0,0011 * 0,5 * 0,0061 \\ &= 0,00000042 \quad (0,000042\%) \end{aligned}$$

En consecuencia, obviando la condición de monosexo exigida por el D.S. N° 231/05 y en el supuesto de que exista la probabilidad de cruce de ambos sexos en un mismo módulo suspendido en el mar y al igual que en el punto 4.1.a es posible plantearse tres escenarios de probabilidad de éxito de un desove espontáneo de abalón sobre fondo

duro (Figura 97): 1) Columna fótica de agua al interior de una bahía; 2) Columna sub-superficial y fondo duro al interior de una bahía; 3) Sector de rompiente con sustrato duro.

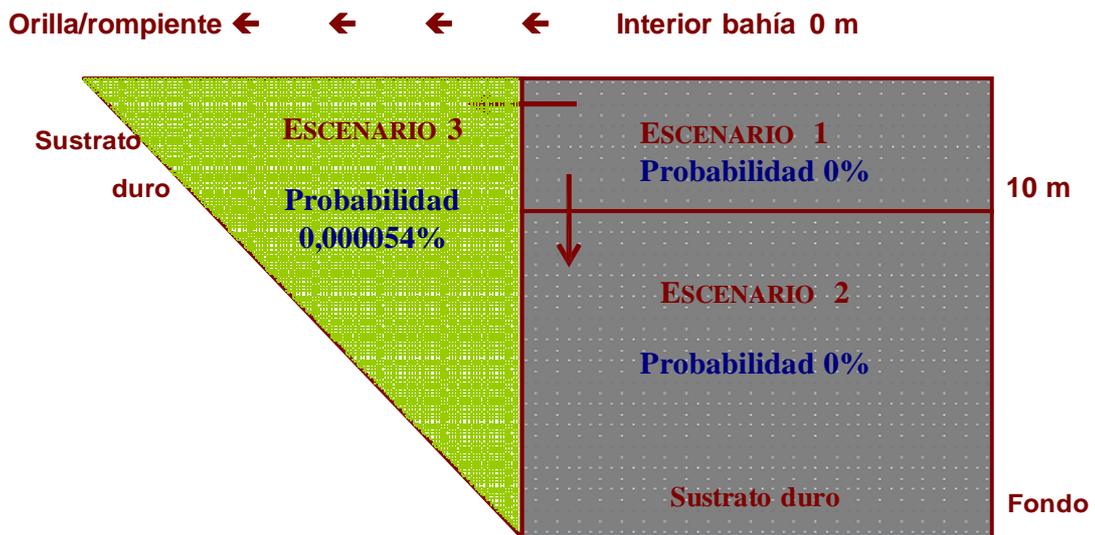


Figura 96: Escenarios de probabilidad de supervivencia de *H. rufescens*, ante un desove espontáneo en un sistema de cultivo suspendido en el mar sobre fondo duro.



Escenario 1 (*Columna fótica de agua al interior de una bahía*): corresponde al sector donde se ubicaría un módulo de cultivo suspendido de abalón en alguna bahía de la zona norte del país, en donde la probabilidad de sobrevivencia y asentamiento de una larva es de 0%. En el supuesto que hayan ambos sexos y que se produzca un desove espontáneo sincronizado, la probabilidad de fertilización es muy baja y la probabilidad de asentamiento es nula porque el único sustrato sería el módulo suspendido mismo y éste no cumple con las condiciones exigida por la especie.

- **Escenario 2** (*Columna sub-superficial y sustrato duro al interior de una bahía*): corresponde al sector inmediatamente debajo del Escenario 1 y a una profundidad mayor a los 10 metros, en donde la probabilidad de sobrevivencia y asentamiento de una larva es de 0%. En el supuesto que hayan ambos sexos y que se produzca un desove espontáneo sincronizado, la probabilidad de fertilización es igual o menor al 50% y si se produce, entonces la larva migrará hacia el fondo (duro) buscando un sustrato para su fijación, pero encontrará temperaturas muy bajas y al no ser una zona fótica no habrá colonización de microalgas bentónicas y su desarrollo será lento y se debilitará. Además, encontrará una concentración de oxígeno disuelto en el agua inferior a los 4 ml/lit y que es muy inferior a su requerimiento, por lo que su sobrevivencia será nula.
- **Escenario 3** (*Sector de rompiente con fondo duro*): corresponde al sector costero de la bahía donde está el sistema de cultivo suspendido. Si se produce un desove espontáneo sincronizado de ambos sexos, la probabilidad de fertilización exitosa se produciría sólo si el sistema de circulación de la bahía deriva a la larva hacia el sector de rompientes y en la mezcla se produzca la fertilización. Una vez fertilizado, eclosionará dependiendo de la combinación temperatura-oxígeno disuelto, entonces su única probabilidad de sobrevivencia dependerá si encuentra un sustrato duro (rocoso) y con disponibilidad de alimento (microalga bentónica).

El proceso hipotético aquí planteado, presenta una serie concatenada de supuestos optimistas respecto de la realidad y cuyo resultado arroja una



probabilidad de 0,000042% de éxito al proceso de desove gatillado espontáneamente en el medio marino.

Finalmente entro de los resultados mas relevantes de la revisión y caracterización ambiental de las comunidades marinas en sistemas de bahias del norte chico de ambiente rocoso se destaca la alta complejidad estructural del hábitat generada por la sobreposición de plataformas rocosas, rocas y bolones que producen grietas y espacios entre las rocas, esto hace de un ambiente ideal que permite la ocurrencia de altas abundancias de predadores de abalon siendo el mas reconocido en este hábitat el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* (Calliaux & Stotz 2003), junto a otros crustáceos decápodos (e.g. *Homalaspis plana*, *Pisoide adwarsii* y *Paraxanthus barbiger*) y cangrejos porcellanidos (e.g. *Petrolisthes desmarestii*). Todos predadores voraces, que no permiten la supervivencia mayor a las 12 horas de un individuo de abalon, según los resultados experimentales de predacion.

Recientemente se demostrado que el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* es un controlador biológico eficiente de especies exóticas en ambientes rocosos, tales como la *Ciona intestinalis* (Dumont et al. 2009)

En estudios realizados por Stotz & Mitrovich 1999 en la bahía de la herradura de 10 individuos amarrados en un costado de las rocas no hubo sobrevivientes al día siguiente (14 horas de exposición). En las inmediaciones habían abundantes predadores (principalmente jaibas moras (*Homalaspis plana*)). También había una gran abundancia del caracol *Nassarius gayii*.

De acuerdo a todos los antecedentes antes descritos, y basados en la caracterización de la biodiversidad marina de fondos duros y en conjunto con los experimentos realizados, resulta factible una autorización de cultivo sobre fondos duros ya que según los experimentos expuestos en este estudio y estudios anteriores realizados por por Stotz ningún individuo logro una supervivencia mayor a 5 días en este tipo de hábitat lo que hace imposible que un individuo de esta especie podría establecerse en forma permanente en un sustrato rocoso en el medio natural debido a que la a presión de predación es muy alta como ha sido demostrado.



4.1.h Evaluación del error en la determinación visual del sexo a partir de los 40mm.

La Resolución N° 4282/2005 1.B establece las condiciones para la determinación del sexo de los ejemplares a cultivar, en donde se señala:

- Que la talla mínima será de 40 mm de longitud total.
- Que los ejemplares estén maduros sexualmente.
- Que el sexage se realice en forma previa a la inspección sanitaria del programa de vigilancia activa conforme al D.S. N° 319/2001.
- Que se admitirá un margen de error máximo de 5%, con corroboración histológica.

De los 2.000 ejemplares sexados en el centro de cultivo experimental de la UCN (50% hembras y 50% machos, de distintas tallas) y de la observación mensual para la ratificación de sexo realizada entre abril/2009 y enero/2010, no se presentó ninguna modificación respecto de la designación de sexo original, en consecuencia el error visual para la determinación del sexo fue de 0%. En la práctica es difícil que una persona entrenada y con experiencia en la determinación de sexo (“ojo de experto”) pueda cometer un error cuando existe material gonádico suficiente como para diferenciar el sexo. La excepción a lo anterior puede producirse cuando las hembras están en los primeros estadios de maduración gonadal, pudiendo confundirse el material gonádico con la masa hepatopáncrica, en ese caso - cuando haya duda - lo normal es que se califique como indeterminado. Asimismo, con un $IG \geq 2$ la probabilidad de error, tanto en hembra como en machos, es nula porque las gónadas están bien desarrolladas y se hace fácil diferenciar el sexo.

De acuerdo a los resultados del muestreo de preparación para análisis histopatológico realizado en el mes de julio y noviembre de 2009, la totalidad de las hembras extraídas del cultivo suspendido en mar (con ejemplares entre 85 y 117 mm, con pesos entre 95 y 291 gr), con el examen visual e histológico se confirmó que correspondían a ese sexo



(hembras). Esto ratifica lo anterior, en el sentido de que el 100% de los ejemplares muestreados que estaban en el sistema suspendido tenían el mismo sexo con el cual fueron ingresados al mar, es decir eran hembras.

Es necesario recordar que el D.S. N° 4282/05 en su numeral 1.B.h señala que será causal de rechazo del lote e impedimento para su ingreso al mar cuando se determine más de un 5% de error o existencia de sexo diferente al declarado como monosexo, con lo cual admite la posibilidad de que haya ejemplares de ambos sexos.

Respecto de la pertinencia de los 40 mm como talla mínima para sexar e ingresar al mar, con los muestreos mensuales realizados tanto en Coquimbo (UCN) como en Caldera (Pesquera Camanchaca) se ha observado que a esa talla no es posible definir ningún sexo. En la muestra de Coquimbo en el 94% de los animales de 40 mm no presentan material gonádico (*Sin gónada*), el 3% es indeterminado y sólo el 3% se puede definir su sexo (en este caso machos); en Caldera, el 100% de los individuos muestreados no presenta material gonádico a los 40 mm.

La Figura 96 (Caldera) muestra que a los 45 mm aún persiste el 60% de los individuos sin gónada y que el 37,5% está en una condición indeterminada, por lo que sólo el 2,5% de los animales presenta un sexo definido (en este caso machos). A partir de los 50 mm y hasta los 70 mm se puede identificar en promedio un 27% de hembras y un 29% de machos, pero siempre permanece un 44% de individuos que no pueden ser sexados. A partir de los 85 mm se manifiesta claramente el sexo y disminuyen los indeterminados al nivel de 10%.

La Figura 97 (Coquimbo) muestra que a los 40 mm al 97% de los individuos no se les puede identificar el sexo y describe una situación similar a la observada en Caldera.

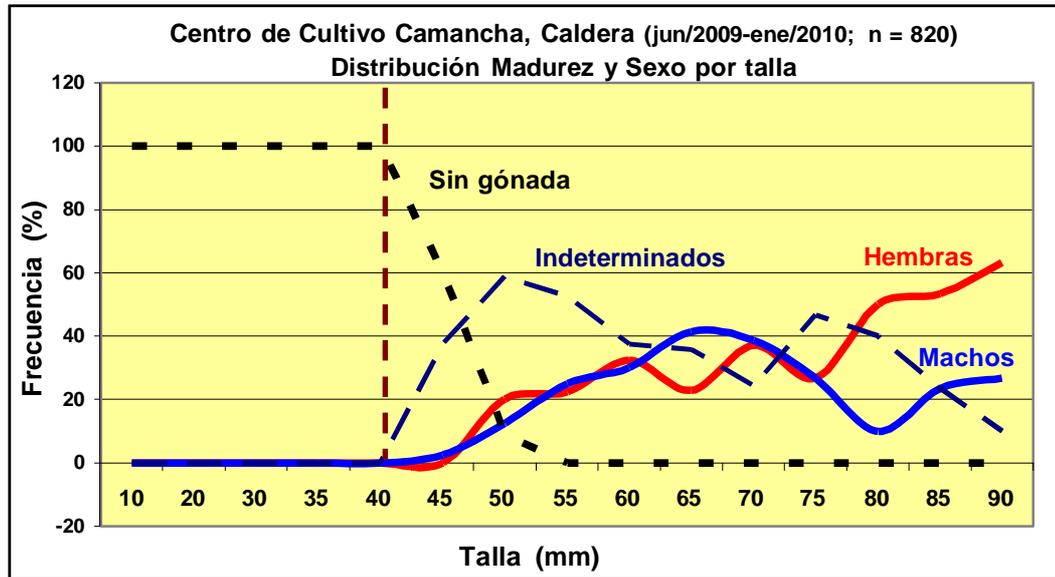


Figura 97: Sexage de Abalón rojo (*H. rufescens*), por Talla, en centro de cultivo industrial en tierra en Caldera (III Región, jun/2009 –ene/2010).

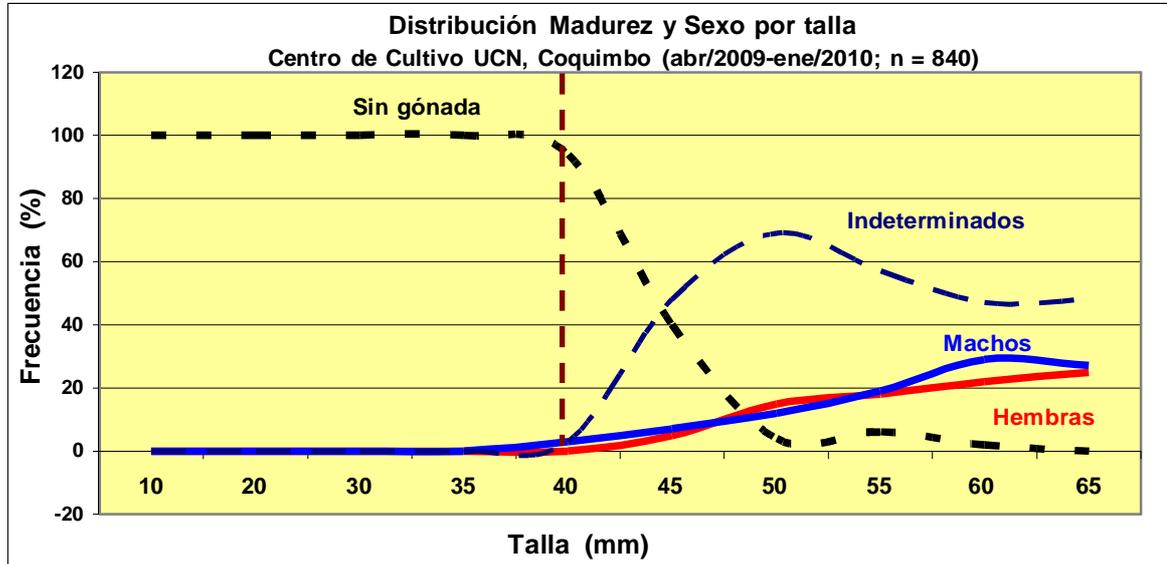


Figura 98: Sexage de Abalón rojo (*H. rufescens*), por Talla, en centro de cultivo experimental de la UCN en Coquimbo (IV Región, abr/2009 –ene/2010).



En base a lo anterior, hasta los 80 mm hay una fracción importante de ejemplares que no podrían ser llevados al mar. En Caldera, del total muestreado entre junio/2009 y enero/2010, sólo el 36,1% pudo ser sexado, de los cuales el 19,5% eran hembras y un 16,6% fueron machos; es decir hubo un 63,9% de individuos que fueron seleccionados para determinar su sexo y ello no se consiguió, ello implica que además de impulsar una permanente manipulación del animal para verificar su sexo, desde la perspectiva productiva no es muy atractivo. En el caso de Coquimbo, como sólo se tuvieron ejemplares hasta los 65 mm, las proporciones son más marcadas en donde un 78% no pudo ser determinado su sexo, entre abril/2009 y enero/2010.

A lo anterior se debe agregar que la disposición de la Resolución N° 4282/05, al establecer el monosexo, hace que sólo una fracción muy pequeña (menor al 20%) serviría para ser ingresado al mar, lo cual desde el punto de vista productivo es una acción poco eficiente.



🚧 Objetivo Específico 4.2: *Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.*

4.2.a y 4.2.b Evaluación de la condición sanitaria de los centros de cultivo de abalón existentes en la zona norte (III y IV Regiones), identificando las enfermedades asociadas, capacidad de dispersión de las mismas y posibles daños generados a otras especies cultivadas en el país.

Evaluación de los procedimientos y metodologías empleadas para realizar las certificaciones sanitarias de los organismos previo a su traslado a los centros en el mar.

Los análisis histopatológicos realizados detectaron la presencia del patógeno bacteriano *Candidatus Xenohalotus californiensis* responsable de la enfermedad denominada “Withering Syndrome” (síndrome del pie marchitado o síndrome de deshidratación), y que se indica en la Lista 2 del Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para Especies Hidrobiológica (RESA) y que ha sido detectada en los Centros de Cultivo de abalón considerados en el estudio en el Programa de Vigilancia Activa (PVA) para Moluscos, tanto para el cultivo en estanques como en cultivo en mar. Además se ha detectado otro tipo de inclusión diferente a la producida por *X. californiensis* y no se ha asociado a signos clínicos en abalones infectados.

Las prevalencias de RLOs WS no presentaron diferencias significativas entre orígenes de las muestras, en cambio la prevalencia de las RLOs “nuevas” fueron significativamente más altas en los abalones provenientes de Caldera.

Se detectó una alta prevalencia de coccidios en los nefridios de los abalones analizados, en todas las muestras consideradas, esto concuerda con los resultados obtenidos en el PVA realizado por las ambas empresas en estudio. Este parásito no está incluido ni en la Lista 1 ni 2 del RESA y no ha sido relacionado a signología clínica en los abalones infectados.



No se detectó la presencia de *Terebrasabella heterouncinata* gusano incorporado en la Lista 2 del RESA. Es de vital importancia detectar su presencia en los abalones que serán cultivados en el mar, ya que se ha descrito que este gusano puede infestar moluscos gasterópodos, como caracoles y lapas. Como lo indica el Artículo 4 del Informe Técnico N°47 los ejemplares que se incorporarán al mar deben encontrarse libres de enfermedades de alto riesgo, por lo cual este punto estaría cubierto.

Los abalones cultivados en el mar presentan un 100% de prevalencia para gusanos polidóridos con altas intensidades, lo que se traduce en un daño severo de la concha, el cual se ve enmascarado por la presencia de un fouling compuesto por incrustantes, el cual aparentemente previene la ruptura de la concha producto de la gran cantidad de madrigueras construidas en ella. La infestación de los abalones mantenidos en cultivo en mar por poliquetos polidóridos es un evento frecuente, ya que estos gusanos están presentes en la columna de agua en su estadio larval (planctónico) el cual luego pasa a su etapa bentónica asentándose en la concha de los abalones cultivados. Las prevalencias e intensidades fueron muy bajas en los abalones cultivados en estanques, principalmente en los ejemplares provenientes de Live SeaFood (Región de Coquimbo). Las especies de polidóridos detectadas fueron 4 y son las que habitualmente se encuentran en la costa chilena, con un predominio de *Polydora rickettsi*



4.2.c Caracterización ambiental de las principales bahías de la III y IV Regiones, en donde se pudiera realizar cultivo de abalones.

En la zona de estudio la mayor parte de la literatura existente se concentran entre la Punta Lengua de Vaca y Punta Choros, IV Región, (Marín y Delgado, 2007; Olivares, 2005), y en dichas publicaciones se ha determinado velocidades promedios de 0,27 m/s, que son cercanos a los previamente estimados por Marín et al. (2003), basado en el análisis de imágenes SeaWiFS, que a su vez concuerda con la velocidad media estimada para la corriente de Humboldt (Chaigneau y Pizarro, 2005).

Para el sector de Bahía Inglesa no se cuenta con publicaciones con las cuales comparar lo que se obtuvo en las simulaciones, sólo se cuenta con imágenes satelitales del área, las cuales muestran que efectivamente existe una cuña de agua en el sector al norte de Bahía Inglesa y que desde la punta se desprenden filamentos hacia el oeste. Por otra parte los resultados encontrados nos permiten comprender cómo en esta bahía se produce el incremento de la producción de algunas especies fitoplanctónicas producto del ingreso de aguas más profundas ricas en nutrientes y pobres en oxígeno disuelto.

En el caso del sistema de Bahías Tongoy-Guanaqueros, los resultados nos muestran un sistema más complejo tanto por el efecto del viento sobre las corrientes, como por el efecto de la topografía sobre las corrientes. Factores que en condiciones de surgencia producen corrientes paralela a la costa que ingresan por el sur de Bahía Tongoy y salen por el norte de Bahía Guanaqueros, y que en condiciones de relajación producen giros al interior de ambas bahías. En Bahía Inglesa se da el caso que el sistema produce que los derivadores o larvas en este caso, estén un corto tiempo al interior de las bahías y después salgan sin la posibilidad de retornar, mientras que en el segundo caso los derivadores permanecen más tiempo al interior de las bahías, e incluso derivadores ingresan a Bahía Tongoy desde la Bahía Guanaqueros.



Bahía Inglesa presenta bajas concentraciones de O.D. ($< 3 \text{ mg/L}$) a la profundidad de 10m, condiciones ambientales que no deja ninguna posibilidad que un ejemplar de Abalón pueda sobrevivir a esa profundidad de la columna de agua, debido a que requieren concentraciones superiores a 5 mg/L (Freeman 2001). Cabe señalar que las condiciones de O.D. de Bahía Tongoy son más aceptables para la supervivencia del abalón en la columna de agua. Sin embargo, si estos ejemplares se caen de sus jaulas de cultivo al fondo, aumenta la probabilidad de muerte por las bajas concentraciones de O.D. ($< 2 \text{ mg/L}$) cerca del fondo en ambas bahías, además el sustrato es arenoso donde no se pueden desplazar siendo presa de especies de crustáceos carnívoros como las jaibas.

Estos resultados están limitados por las condiciones forzantes utilizadas, en especial los campos tridimensionales de temperatura y salinidades, y del uso de un viento homogéneo en el espacio. Esto significa que al área oceánica se le introdujo el efecto de la brisa marina, la cual sólo influye cerca de la costa. Las limitaciones que presentan los campos de temperatura y salinidad, es que no incluyen los gradientes intensos costa-océano de temperatura y salinidad típicos de la surgencia costera

De este trabajo y de acuerdo a las limitaciones descritas, se puede decir que es necesario considerar en los futuros estudios de campos de vientos espaciales de alta resolución, los cuales se deben corregir con mediciones a lo largo de la costa de forma de incluir la variabilidad costera y oceánica; considerar observaciones de radiación (neta y de onda corta [shortwave]) de forma de tener las pérdidas de calor y calentamiento de la superficie que están en directa relación con la surgencia, y finalmente estudios de la variabilidad espacio-temporal de temperatura y salinidad de tal forma de representar en una forma más realista el proceso de surgencia y como éste influye en el transporte del plancton, específicamente de las larvas de abalón. Si se pretende comprender como afecta El Niño en el transporte de larvas, mayor es la necesidad de mejorar las observaciones oceanográficas y meteorológicas de la zona; en caso contrario la comprensión del sistema sólo será parcial.



La conclusión que se puede sacar de esta observación comparativa es de utilidad operacional, en el sentido de ante una solicitud para una actividad acuícola para el cultivo suspendido de abalón, los solicitantes podrían obtener el perfil batimétrico de la cartografía oficial sin necesidad de exigir una batimetría de mayor precisión.

4.2.d Análisis causas posibles de la ausencia de asentamiento de Abalones en las costas Chilenas.

Las causas por las cuales una especie se encuentra presente en determinados lugares de la Tierra son múltiples y complejas y requiere de extensos estudios e investigaciones que pueden tardar años y remontarse incluso al origen de las especies. Como primer antecedente para determinar por qué no existen asentamiento de abalones en las costas chilenas, se encuentran buenos argumentos en la Tesis Doctoral (Ph.D) de Daniel L. Geiger, 1999. En dicho trabajo se menciona que Ubaldi (1993, 1995) empezó a publicar una serie que intenta cubrir, en orden alfabético, todas las especies existentes de abalones. Las últimas especies válidas descritas son *H. roberti* McLean, 1970. *H. coccinea canariensis* Nordsieck, 1975, y el tipo *H. aurantium* Simone, 1998, de Brasil

El trabajo de Geiger 1999 establece que durante la revisión de esta familia evaluó todos los taxones recientes, 200 a nivel de especies y 17 a nivel de género incluyendo análisis biogeográfico y agrega que tres hipótesis sobre el origen de los abalones han sido propuestas y discutidas por Geiger & Groves (1999), que se resumen en la Figura 99

Donde:

A. Anillo del Pacífico. Un arco abarcando desde Japón hasta el noreste de Australia fue identificado por Talmadge (1963a) parece ser la cuna de la familia.

B. Indo Pacífico. Actualmente la más alta diversidad de la familia se encuentra en el área Indo Malaya, provee un posible centro de radiación para la familia y fue discutido por Lindberg (1992) y Briggs (1999).

C. Tethys. De datos publicados sobre número de cromosomas (desde el número más bajo al más alto) Geiger y Grooves (1999) consideran un origen en el Mar de Tethys (océano que existió entre los continentes de Gondwana y Laurasia durante el Mesozoico, antes de la apertura del Océano Índico).

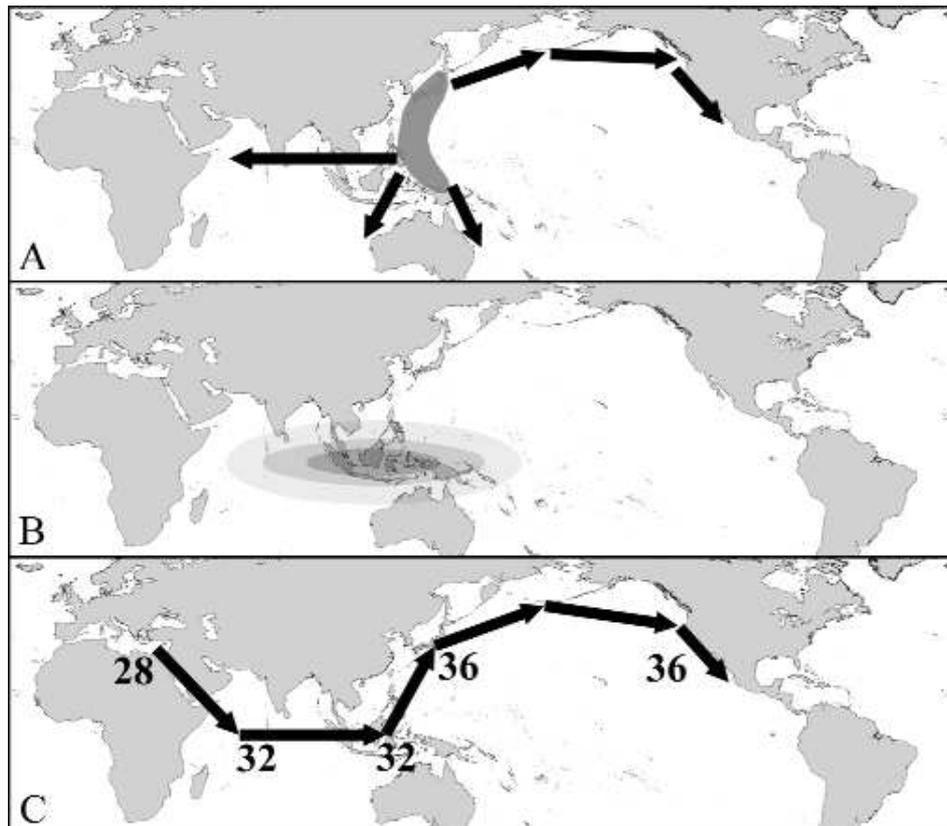


Figura 99: Ilustración de los tres modelos biogeográficos para el origen de los Haliotidae

Visto estos antecedentes, queda claro entonces que la única especie de abalón, pequeña, sin interés comercial, descrita para Sudamérica se encuentra en Brasil y también queda establecido en el trabajo de Geiger & Groves, 1999, que hacen una revisión de los abalones fósiles comparados con las especies recientes, que nunca han existido abalones para la costa del Pacífico Sur, ni fósiles ni recientes. Es probable que los abalones no fueron capaces de colonizar o no se adaptaron a las condiciones del Pacífico Sur por barreras climáticas, oceanográficas o fenómenos recurrentes adversos como el fenómeno



El Niño o simplemente por la presencia de fauna competidora o depredadora que les dificultara el asentamiento.

Descartada la posibilidad de asentamiento natural de abalones en nuestras costas, queda pendiente una explicación de por qué, una vez que se introdujo artificialmente en Chile en ambiente controlado (estanques en tierra) dos especies de abalones, *H. rufescens* en la década del 70' y *H. discus hannai* en la década del 80' y posteriormente *H. rufescens* fue sacado al mar (en cultivo suspendido) en los inicios de la década del 90' y considerando además que las condiciones oceanográficas y de alimentación son similares a las existentes en sus lugares de origen, ¿porqué no se han detectado asentamientos de estos abalones en nuestras costas, cuando ya han transcurrido casi 20 años desde el momento de su introducción al mar?.

Parte de la explicación se desprende del trabajo realizado en este proyecto que demuestra la dificultad para que ocurran los asentamientos de abalones, al menos en las bahías analizadas y en la zona sur donde fue autorizado su cultivo en el mar hace ya casi 20 años. Está demostrado además en la abundante literatura existente al respecto, que la población mundial de abalones objeto de pesquerías está disminuyendo notablemente, a pesar de los enormes esfuerzos hechos por los países con intereses en estos recursos, como Japón y China, que siembran con fines de repoblamiento entre 50 a 300 millones de juveniles de 2 a 3 centímetros anualmente, sin lograr revertir esta disminución. Lo anterior estaría demostrando que si en lugares donde los abalones poseen un nicho natural es difícil lograr asentamientos, mayor dificultad deberían experimentar los abalones que se introducen en un nicho que no reconocen como propio, especialmente en lo que a depredadores se refiere.

Las estadísticas de siembra de juveniles se refieren a animales que por su estado de desarrollo tienen una baja mortalidad (10 a 15%), y aún así no logran repoblar áreas sobre explotadas, pero cuando se habla de asentamiento de larvas a la deriva provenientes de desoves espontáneos en el ambiente natural, las mortalidades son enormes, cercanas al 100%, entonces es casi imposible los asentamientos, más aún si esto se produce en sectores no apropiados en lo que respecta a sustrato (fondos arenosos) y profundidades (



20 a 40 metros). Las condiciones de oxigenación en las áreas de cultivo de abalones es muy baja (< al 40%) y disminuyen drásticamente con la profundidad que son muy superiores a las profundidades que normalmente habitan los abalones en el intermareal rocoso (5 a 15 metros con oxigenación cercana al 100%) y además, de ocurrir desoves espontáneos, las características del sustrato del fondo (principalmente arena) conspiran aún más contra la supervivencia o asentamiento de abalones.

Además de las condiciones ambientales adversas y la dinámica de las corrientes en las bahías en estudio en los lugares propuestos para los cultivos suspendidos, se debe considerar tal vez como uno de los factores más relevantes en la falta de asentamiento de abalones en el sector costero de Chile la intensa depredación y competencia por el alimento a que son sometidos los abalones por un importante número de especies incluyendo estrellas de mar, gasterópodos, muricidos, peces, erizos y crustáceos. Los ataques importantes se producen en todas las etapas de desarrollo de los juveniles, especialmente en los animales recién asentados.

Por otra parte, la introducción de abalones al mar en la costa de Chile, nunca ha sido total, siempre se han mantenido confinados en estructuras de mallas, jaulas o tambores y en sectores alejados de los lugares normales para el asentamiento (intermareal rocoso). Si en condiciones naturales, en sectores adecuados para el asentamiento, los abalones tienen dificultad para asentarse, es evidente que en condiciones adversas las posibilidades de asentamiento serán prácticamente nulas.

En las actuales condiciones en que se solicita autorizar el cultivo de abalones en el mar en dos bahías de la III y IV regiones, no existe posibilidad alguna de asentamiento ni de colonización por parte de este recurso del sector costero de estas regiones, como ha quedado demostrado con los resultados de las pruebas y experiencias realizadas en la ejecución de este proyecto. Finalmente los casi 20 años transcurridos desde que se autorizó por primera vez la salida al mar de los abalones en el sur de Chile, sin que se haya detectado hasta hoy la presencia de asentamientos de abalones, es la mejor prueba de que estos delicados organismos, en las condiciones establecidas para su cultivo en el mar, nunca podrán colonizar el sector costero. Finalmente el punto más relevante de las causas



por las cuales no se localicen asentamiento de abalones se debe a la interacción demostrada en los estudios experimentales descritos en el punto 4.2.e donde la sobrevivencia del abalon en las costas chilenas es nula lo que genera un improbabilidad que este molusco pueda establecer algún tipo de asentamiento en las costas chilenas. Esta conclusión es similar a la expuesta por los trabajos de Stotz & Mitrovich, realizados para el proyecto FONDEF D991 1099, donde se expone que si bien el abalon puede crecer y alimentarse en las costas chilenas difícilmente podrá establecer poblaciones importantes a causa de la predacion en el ambiente.

4.2.e Posibles competidores y depredadores, de llegar a generarse asentamientos de abalones.

De los datos de macro y micro fauna acompañante de ambas bahías debemos mencionar como datos relevantes los estudios de impacto ambiental de Pesquera Camanchaca y de acuerdo a la información disponible en las INFAs 2004 e INFAs 2006 de Bahía inglesa, en la cual se observa que la gran cantidad de biomasa existente del lugar se encuentra concentrada en el Phylum Mollusca en todos los sectores de estudio. Las especies que registraron mayor densidad *Nassarius* sp. (120 ind/m²; 14,4 gr/m²), *Nucula* sp. (2060 ind/m²; 14,42 gr/m²) y *Columbellidae* (190 ind/m²; 18,06 gr/m²). (GESTEC, 2007). En este estudio, de igual manera se observó una mayor biomasa de moluscos, principalmente *Argobuccinum* sp.(10 ind/m²; 191 gr/m²)y *Muricidae* (10 ind/m²; 14,56 gr/m²).

Estudios de Caracterización preliminar de la biodiversidad y declaración de impacto ambiental realizados por Live Seafood en bahía Tongoy reflejan que las comunidades submareales de la macrofauna bentónica presentan una riqueza total de 45 Taxa, distribuidos en: 16 familias de Poliquetos, 10 especies de Moluscos, 14 especies de Crustáceos, 1 Cnidarios, 1 Echuira, 1 Echinodermata y 2 Nemertina. Los organismos con mayor frecuencia son los anfípodos *Gammaridea* sp, *Ampelisca* sp y *Cumacea*, los Poliquetos de la Familia *Nephtyidae*, *Glyceridae* y *Lumbrineridae*, y los



bivalvos *Mulinia* sp y *Tagelus dombeii*. De estas especies fueron frecuentes en densidad en la mayoría de las estaciones monitoreadas, los anfípodos Gammaridea y Ampeliscidae; junto con Poliquetos Nephtyidae y el Bivalvo *Mulinia* sp. Mientras que, los Poliquetos, Glyceridae y Lumbrineridae son abundantes pero presentan una menor constancia en las muestras. En biomasa, los Poliquetos de la Familia Nephtyidae son los que presentan la mayor constancia en las muestras. Aunque son los moluscos gastrópodos *Oliva peruviana* y *Chorus giganteus* los que aportan las mayores biomasa, pero ambas especies presentan muy baja abundancia. (Espinosa, 2006; Vega & Piaget, 2006). En este estudio se observó una mayor abundancia de crustáceos, como

Ampeliscidae (1367 ind/m²; 10,33 gr/m²) y cumacea (887 ind/m²; 3,67 gr/m²), respecto a la biomasa, se aprecia una dominancia de moluscos, principalmente de *Tagelus dombeii* (457 ind/m²; 22,47 gr/m²)

Muchas de las especies que habitan en el bentos arenoso y fangoso son Predadoras y carnívoras, que se alimentan de moluscos, lo que hace poco probable que abalones juveniles tempranos puedan escapar de estos depredadores, además de encontrarse en un hábitat ambiental no apropiado para estos gasterópodos. Además los ejemplares de abalón de talla comercial cultivados próximos a superficie que caigan al fondo en Bahía Inglesa, también serían devorados especialmente por la especie *Cancer setosus*. Esta especie de jaiba es colectada diariamente por pescadores artesanales extrayendo un promedio diario de 300 ejemplares para su comercialización (Com.pers. Alex Ramos). Similar situación debe pasar en Bahía Tongoy (no se cuenta con registro).

En Bahía Inglesa según lo observado se puede encontrar una gran diversidad de predadores, dentro de los moluscos encontramos los caracoles Muricidae y *Trophon* sp que habitan en fondos arenosos y se alimentan principalmente de bivalvos introduciendo su sifón entre las valvas sin dejar ningún tipo de huella (Guzmán et al., 1998). Otros depredadores importantes observados son las jaibas y cangrejos,



Brachyura y Mursia sp, los cuales se alimentan buscando moluscos en fondos arenosos (Zuñiga, 2002). Por otro lado también encontramos las estrellas de mar, encontrándose Asteroidea, Predadoras y carnívoras, se alimentan de moluscos, crustáceos y otros animales marinos. Habitan los fondos marinos, arenosos, y rocosos. (Jaramillo et al., 1998). Por otra parte, en Bahía Tongoy se observa una gran dominancia de crustaceos como depredadores de moluscos, observándose Cancer sp, Pinnixa sp y Pseudocorystes sicarios, los cuales habitan en fondos arenosos y rocosos del norte de Chile. (Zuñiga, 2002).

Las experiencias señaladas indican que la probabilidad de sobrevivir de un abalón rojo en el medio natural es prácticamente nula, puesto que no tiene mecanismos de defensa y su movilidad es muy baja, lo cual se ve agravado cuando está en sustrato blando (arena). En el informe final se incluirá material gráfico y fílmico de los mecanismos de ataque de estos depredadores.

4.2.f Proponer distancia mínima entre centros de cultivo de abalón monosexo que minimice la fecundación de gametos de abalones que hayan escapado de un sistema de cultivo en el mar.

Si se considera que el desarrollo larval de abalón puede durar más de 4 días, el modelo hidrodinámico nos muestra que en las bahías de la IV Región que la larva puede ser arrastrada varios kilómetros dentro de las bahías Guanaquero y Tongoy incluso pueden cambiarse de bahía, en cambio en Bahía Inglesa, el modelo de deriva, indica que las larvas se desplazarían en una reducida zona dentro de la bahía y rápidamente serían rastradas hacia al océano.

Si se considera la viabilidad de los gametos tanto ♂ como ♀ que es de un 100% antes de la ½ h de su evacuación, baja exponencialmente a 40% a las 2 hrs y a menos del 10% a las 3 hrs. (Uky com personal). Con estos antecedentes se puede inferir un límite de 3 hrs de desplazamiento. Y bajo el modelo hidrodinámico para Bahía Inglesa la distancia recorrida en línea recta es de 200m y en Bahía Tongoy – Guanaqueros es de 500m.



4.2.g Factibilidad que biofactores naturales del medio marino induzcan a desoves espontáneos, fijaciones y sobrevivencia.

Numerosas señales químicas han sido descritas como fundamentales para desencadenar la respuesta del asentamiento larval en abalones. Por un lado, inductores naturales han sido caracterizados a partir de estudios de respuesta de asentamiento como consecuencia de la presencia de sustratos naturales. (Rodríguez et.al,1992)

Se conocen numerosas especies cuyas larvas son inducidas a asentarse por organismos que van a constituir el alimento de los reclutas adultos. En este sentido una serie de especies hervivoras son inducidas en respuesta de asentamiento por algas crustosas, tales como gastrópodos (Morse 1990, Yool et al, 1986), chitones (Barnes& Gonor 1973), patelas (Steneck 1982), erizos. (Cameron & Hinegardner 1974, Rowley 1989, Parece & Scheibling 1990, 1991). El abalon californiano *Haliotis rufescens* ha sido el molusco más estudiado en este ámbito, para este se ha observado un asentamiento específico sobre algas crustosas coralinas de los géneros *Lithothamnium* y *Lithophyllum*, o sobre algas crustosas no coralinas del género *Hildebrandia* (Morse et al.1979, Morse & Morse 1984, Barlow 1990). En ambos casos el inductor se encontraría disponible en estas algas y correspondería a un oligopeptido que imitaría en su acción al neurotransmisor ácido γ -aminobutírico (GABA), uniéndose a receptores específicos de este. (Morse,1990).

Pese a lo mencionado anteriormente el conteo de las placas al 7º día en aquellas que contenían algas crustosas no superaron el 10% del número inicial. Algunos autores mencionan que las moléculas responsables a la inducción al asentamiento han sido encontrada en extractos y no en la superficie de las algas (Morse & Morse 1984), por lo cual se necesitaría algún tipo de tratamiento a estas algas para conseguir el inductor





4.2.h Condición sexual de individuos considerados como “sexo indeterminado”

Exponen los resultados y discusión en estos mismos puntos. 4.1b y 4.1c, se

- ✚ **Objetivo Específico 4.3: Proponer cambios y/o nuevas normativas, que permitan minimizar los riesgos asociados al desarrollo de la actividad.**

En la normativa se consideran estudios de batimetría de precisión; sin embargo los resultados de las observaciones realizadas en este proyecto demuestran que la batimetría de las cartas elaboradas por el SHOA son suficientes y de calidad para la instalación de cultivos suspendidos. La variación por marea y otros cambios del nivel del mar no afectan las instalaciones. Tales estudios de precisión entonces no se justifican para la instalación de cultivos suspendidos.

En consideración a los resultados antes expuestos se proponen las siguientes modificaciones normativas:

- ✓ Modificación a la normativa ambiental de carácter general
- a) Para la Ley 18.892. LGPA, Título IV, Párrafo 1°, incorporar un plazo acotado para el proceso establecido en el Artículo 78°, del mismo modo que ya existe para los procedimientos posteriores de otorgamiento de concesión establecidos en los Artículos 79° y 80° siguientes. Lo anterior en términos, por una parte, de dar agilidad a la actividad productiva, y por otra garantizar que las condiciones ambientales en el período que se efectúa la solicitud sean equivalentes a las del momento en que éstas pasan a la etapa siguiente (Informe de la Subsecretaría de Pesca enviado al Ministerio de Defensa). En la actualidad, se registran en Subsecretaría de Pesca ingresos de solicitudes con 10 años de antigüedad, lo que constituye una seria trabala desarrollo de una acuicultura sustentable

De este modo, se propone dejar la redacción del Artículo 78° del siguiente modo:
“Recibida la solicitud por la Subsecretaría, deberá verificarse, previo informe técnico



del Servicio, si ella da cumplimiento a lo establecido en los artículos 87 y 88 de la presente ley y si el área se sobrepone, en forma total o parcial, a una o más concesiones o autorizaciones de acuicultura ya otorgadas o a las solicitudes en trámite presentadas con anterioridad.

Si el área solicitada ya estuviere concedida o se sobrepone con la de otra solicitud en trámite, la Subsecretaría devolverá al solicitante los antecedentes, dictando una resolución denegatoria fundada al efecto; en los demás casos, se procederá de acuerdo a lo establecido en el reglamento. El plazo para dictar la resolución denegatoria o proceder de acuerdo al Reglamento, será de seis meses contados desde la recepción de la solicitud por la Subsecretaría

Se publicarán los extractos de las resoluciones denegatorias en el Diario Oficial.

Con el mérito de la resolución denegatoria y agotados los recursos administrativos y judiciales o transcurrido el plazo para su interposición, la Tesorería General de la República devolverá al titular el 90% de la suma consignada por el solicitante en conformidad con lo dispuesto en el artículo 80 bis, cuando corresponda.”

- b) Para el D.S. MINECON N° 320/01 Reglamento Ambiental para la Acuicultura, se propone, al menos, homologar los criterios de distancia entre centros establecido en el Título II, Artículo 11° a los indicados en el 13° bis, quedando de este modo “Los centros de cultivo intensivos, cuya alimentación se base exclusiva y permanentemente en macroalgas, deberán mantener una distancia mínima de 200 metros entre sí y 400 metros respecto de otros centros de producción”.



✓ **Modificación a la normativa ambiental específica**

- a) Para el D.S. MINECON N° 231/05, Establece condiciones Especiales para el Cultivo de Abalón rojo y Abalón verde
- Habiéndose demostrado la prácticamente nula viabilidad y fecundidad de gametos en las condiciones oceanográficas de los sistemas abiertos, se propone modificar el Artículo 2°, eliminando “de un mismo s exo
 - En los mismos términos anteriores, derogar el Artículo 3° “La Subsecretaría de Pesca, previo Informe Técnico del Servicio Nacional de Pesca, deberá autorizar el sexo de los abalones que sean ingresados en cada bahía o cuerpo de agua delimitado”
 - Consistentemente, modificar el Artículo 4°, eliminando “y *que todos ellos pertenecen a un mismo sexo*”.
 - Considerando la demostrada escasa posibilidad de fijación y crecimiento de larvas, si éstas llegaran a alcanzar la talla correspondiente, en términos de las condiciones ambientales típicas (profundidad, asociada a ausencia de oxígeno y alimento, dinámica del área, etc.) de las solicitudes para cultivos de esta naturaleza, alejadas del intermareal rocoso, se propone, para los Artículos 5° y 6° que establecen restricciones por tipo de sustrato de fondo, incorporar excepciones asociadas a la profundidad del área solicitada en concesión. De este modo, la redacción de los artículos quedaría como sigue: “Artículo 5°. Sólo se podrán cultivar abalones en concesiones de porción de agua y fondo de mar, que posean al menos un 95% de sustrato blando en el área que abarcan los módulos de cultivo, en sectores cuya profundidad sea inferior a 15 metros, incluyendo sus sistemas de anclaje. La condición anterior deberá cumplirse en los casos en que se aplique rotación de



módulos del cultivo dentro del mismo centro, lo que deberá señalarse al momento de presentar la respectiva solicitud” y “Artículo 6º. Las estructuras de cultivo no podrán ser instaladas sobre sustrato duro o semiduro, en sectores donde la profundidad sea inferior a 15 metros”

b) Para la Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 4.282/2005, en su punto B) “Determinación del sexo de los ejemplares”, de acuerdo a las conclusiones establecidas en los estudios de campo y en consideración a la propuesta del punto precedente, se deben efectuar las siguientes modificaciones:

- Derogar punto e.1), “Se deberá revisar individualmente cada uno de los ejemplares del lote que se pretenda ingresar al cultivo”, en términos que se está estableciendo una metodología cuyos resultados NO serán pre-requisito para ingresar animales al cultivo.
- Derogar, en el mismo tenor anterior, punto h) “En el caso que exista más de un 5% de ejemplares de un sexo distinto al declarado, se rechazará el lote y no se podrá ingresar al mar hasta una nueva revisión”

c) Derogar por completo Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 2820/2006, en términos de no establecer restricciones en relación al sexaje, dados los resultados concluyentes relativos a la inviabilidad de colonización del medio por la especie, sea por desove o escape de ejemplares.



VII. CONCLUSIONES

- Para obtener un desove exitoso en laboratorio (hatchery) se requiere seleccionar, acondicionar y preparar los reproductores, llevarlos a su condición de máxima madurez gonadal (IG=3) y luego sincronizar y estimular externamente hembras y machos para obtener ovocitos y espermatozoides, para posteriormente asistir la fertilización. Incluso - como ocurrió con el desove de septiembre – puede que todo lo anterior no de resultado. La probabilidad de que ocurra un desove exitoso sincronizado en forma natural y en un sistema suspendido (aunque hubiese machos y hembras en las jaulas) es muy baja.
- Si a las condiciones excepcionales anteriores se le agrega el máximo cuidado y asepsia en laboratorio, se obtiene empíricamente una sobrevivencia fertilización-fijación de aproximadamente 1% en promedio. Por lo tanto la fecundidad y viabilidad de los gametos en sistemas abiertos sería de muy baja probabilidad.
- En adición a lo anterior, los muestreos señalan que en un mismo plantel el grado de madurez en sistemas suspendidos en mar es inferior a un sistema en estanque en tierra.
- Se considera correcta y pertinente que la normativa autorice sólo fondos (sustratos) blandos para realizar un cultivo de abalón en mar, puesto que el abalón no tiene posibilidades de desplazamiento en este tipo de suelo y como se ha señalado en el proyecto la probabilidad de asentamiento de un larva en sustrato blando es nula.
- El método visual de sexaje, a ojo de experto, prácticamente no tiene error pero se requiere que el animal tenga un grado de madurez gonadal avanzado y esto no es



posible antes de los 50 – 55 mm. La talla mínima que indica la normativa actual es de 40 mm y a esa talla no hay masa gonadal aún.

- En las bahías donde se autoriza actualmente el cultivo de abalón en la zona norte la condición de fondo (blando), de agua (baja temperatura y baja concentración de oxígeno) hacen que la existencia de microalgas requeridas para la primera alimentación y la posibilidad de sobrevivencia de una larva sea nula.
- El abalón rojo es un mal competidor por alimento frente al erizo negro y erizo rojo en el medio natural. Además, la tasa de consumo de alimento del abalón rojo es un tercio de la del erizo a igual talla.
- En el medio natural, el abalón rojo tiene nula probabilidad de sobrevivir frente a depredadores tales como la estrella de mar, el loco y la jaiva. Se agregan a los anteriores, los peces carnívoros.
- Se puede concluir que la probabilidad de que el abalón rojo pueda tener éxito y viabilidad de colonizar en forma natural algunas de las bahías de la zona norte es nula.
- Según lo observado en el muestreo, con la excepción del nivel IG = 2, en todos los otros grado de desarrollo gonadal se nota un nivel de desarrollo menor en los sistemas suspendidos en el mar que en los estanques en tierra; fundamentalmente en IG=3.



- De este trabajo y de acuerdo a las limitaciones descritas, se puede decir que es necesario considerar en los futuros estudios de campos de vientos espaciales de alta resolución, los cuales se deben corregir con mediciones a lo largo de la costa de forma de incluir la variabilidad costera y oceánica; considerar observaciones de radiación (neta y de onda corta [shortwave]) de forma de tener las pérdidas de calor y calentamiento de la superficie que están en directa relación con la surgencia, y finalmente estudios de la variabilidad espacio-temporal de temperatura y salinidad de tal forma de representar en una forma más realista el proceso de surgencia y como éste influye en el transporte del plancton, específicamente de las larvas de abalón. Si se pretende comprender como afecta El Niño en el transporte de larvas, mayor es la necesidad de mejorar las observaciones oceanográficas y meteorológicas de la zona; en caso contrario la comprensión del sistema sólo será parcial.

- Se han utilizado modelos con el fin de explicar la dinámica interna de las bahías; el primero propuesto en bahía Tongoy, considera la marea semidiurna como la causante de las corrientes, y para las bahía Tongoy e Inglesa se incorpora posteriormente la variable viento. Sin embargo, estos modelos sólo explican la circulación de forma idealizada, ya que se plantea en base a una columna no estratificada, es decir, que no presenta variación vertical.

- La temperatura registrada durante 15 meses en Tongoy, muestra una variabilidad entre los 5 y 15 m de profundidad, demostrando una estratificación clara de la columna de agua en el período cálido. Un cambio térmico de casi 5°C a los 5m y de 3°C a los 15, en 5 días, origina un enfriamiento brusco seguido de un calentamiento gradual. Esta característica es aplicable a una onda interna de período largo, observable como una termoclina oscilante de verano. Esta onda



demás promueve cambios en aspectos físico-químicos y se puede sugerir que podría afectar la biota presente, ya que un cambio térmico podría ocasionar desove parcial o total en los organismos presentes en la columna de agua.

- En la normativa se consideran estudios de batimetría de precisión; sin embargo los resultados de las observaciones realizadas en este proyecto demuestran que la batimetría de las cartas elaboradas por el SHOA son suficientes y de calidad para la instalación de cultivos suspendidos. Los estudios de precisión se justifican para otro tipo de estructuras fijas como muelles, diques, etc.
- Los sedimentos obtenidos en el área piloto confirman estudios anteriores sobre la calidad del sedimento. Con respecto al tipo de arena, dominan arenas finas.
- Las corrientes son suaves en el interior de las bahías observadas con valores del orden de los 10,0 cm/s, a los 10 m de profundidad, lo que muestra baja energía cinética. Esto infiere un desplazamiento de 360 m en una hora; la dirección de las corrientes fluctúa ya sea estacionalmente, asociado a cambios de estratificación, o cambios de vientos.
- A pesar de las innumerables limitaciones, el Modelo desarrollado refleja de excelente modo la dinámica de la zona de estudio, permitiendo un mejor entendimiento de las características hidrodinámicas de la bahía Inglesa y del sistema Tongoy-Guanaqueros.
- La dinámica de las bahías está influenciada por la surgencia costera, y las variaciones diarias del viento por diferencia en el calentamiento de la tierra y el mar, y la topografía del lugar.



- Durante la fase de relajación de la surgencia se incrementa el tiempo de retención de las partículas, y por ende de las larvas en estado pasivo, como lo muestran los resultados de los derivadores.
- Los resultados del seguimiento de los derivadores numéricos muestran que en el caso del sistema de Bahías Tongoy-Guanaqueros, que los huevos y larvas pueden salir de la bahía y retornar a esta dentro de su periodo de desarrollo en más de una oportunidad, mientras que en Bahía Inglesa los organismos después de ser llevados fuera de la bahía no tendrían opciones de retornar a su interior, debido al patrón de corrientes de la bahía y del área exterior.

De acuerdo a las experiencias de campo, en términos de establecer la viabilidad de que individuos suspendidos en un cultivo de abalón puedan colonizar el medio producto de desoves espontáneos o por escape de ejemplares, las conclusiones principales son:

- Existe escasa viabilidad y fecundidad de gametos en las condiciones oceanográficas de los sistemas abiertos, las tasas de sobrevivencias de larvas y juveniles de abalón japonés (*H. discus hannai*) aún en condiciones de ambiente controlado (agua micro filtrada, esterilizada, temperatura, oxígeno, salinidad, pH, alimentación, luz, asepsia, etc.), para diferentes etapas, según el experto en cultivo de abalones Dr. Keiji Takeda (1992) no superan el 1,1%, experiencias en UCN no superaron el 0,5% de supervivencia a los 20mm con abalón rojo de California (*Haliotis rufescens*).
- Existe escasa posibilidad de fijación y crecimiento, en términos de las condiciones del medio sustrato blando (arena), que es pobre en oxigenación y la profundidad de las áreas no es apropiada para los abalones (> 15 m), además de la ausencia de alimento, éstas áreas se encuentran alejadas del submareal rocoso, lugar de eventual fijación natural, falta de dinámica del agua en el sector



que requieren los abalones y la baja movilidad de los ejemplares contrastada con la abundante presencia de predadores.

- En fondos blandos (arenosos) y en profundidades mayores a los 15 metros donde hay baja oxigenación en las bahías de la zona norte (menor a 5 ml/L, según Uribe *et al* 1995), generan un escenario hipóxico de baja probabilidad para el asentamiento y sobrevivencia larval de abalón.
- Existe escasa posibilidad de crecimiento, dado la nula capacidad de competir por alimento y la amenaza, sin posibilidad de defensa, por sus depredadores (Jaiba, estrella de mar, etc). Lo anterior, dado que, a diferencia de los moluscos-gastrópodos nativos (lapa, loco, caracol), el abalón mantiene expuestas partes blandas (tentáculos y borde del manto), lo que lo hace una presa fácil y vulnerable.

Dado lo anterior, y teniendo en consideración además aspectos de viabilidad económica de los proyectos de acuicultura, se proponen las siguientes modificaciones normativas:

- ✓ Modificación a la normativa ambiental de carácter general
- a) Para la Ley 18.892, LGPA, Título IV, Párrafo 1º, incorporar un plazo acotado para el proceso establecido en el Artículo 78º, del mismo modo que ya existe para los procedimientos posteriores de otorgamiento de concesión establecidos en los Artículos 79º y 80º siguientes. Lo anterior en términos, por una parte, de dar agilidad a la actividad productiva, y por otra garantizar que las condiciones ambientales en el período que se efectúa la solicitud sean equivalentes a las del momento en que éstas pasan a la etapa siguiente (Informe de la Subsecretaría de Pesca enviado al Ministerio de Defensa). En la actualidad, se registran en Subsecretaría de Pesca ingresos de solicitudes con 10 años de antigüedad, lo que constituye una seria trabazón al desarrollo de una acuicultura sustentable.



De este modo, se propone dejar la redacción del Artículo 78° del siguiente modo: “Recibida la solicitud por la Subsecretaría, deberá verificarse, previo informe técnico del Servicio, si ella da cumplimiento a lo establecido en los artículos 87 y 88 de la presente ley y si el área se sobrepone, en forma total o parcial, a una o más concesiones o autorizaciones de acuicultura ya otorgadas o a las solicitudes en trámite presentadas con anterioridad.

Si el área solicitada ya estuviere concedida o se sobrepone con la de otra solicitud en trámite, la Subsecretaría devolverá al solicitante los antecedentes, dictando una resolución denegatoria fundada al efecto; en los demás casos, se procederá de acuerdo a lo establecido en el reglamento. El plazo para dictar la resolución denegatoria o proceder de acuerdo al Reglamento, será de seis meses contados desde la recepción de la solicitud por la Subsecretaría

Se publicarán los extractos de las resoluciones denegatorias en el Diario Oficial.

Con el mérito de la resolución denegatoria y agotados los recursos administrativos y judiciales o transcurrido el plazo para su interposición, la Tesorería General de la República devolverá al titular el 90% de la suma consignada por el solicitante en conformidad con lo dispuesto en el artículo 80 bis, cuando corresponda.”

- b) Para el D.S. MINECON N° 320/01 Reglamento Ambiental para la Acuicultura, se propone, al menos, homologar los criterios de distancia entre centros establecido en el Título II, Artículo 11° a los indicados en el 13° bis, quedando de este modo “Los centros de cultivo intensivos, cuya alimentación se base exclusiva y permanentemente en macroalgas, deberán mantener una distancia mínima de 200 metros entre sí y 400 metros respecto de otros centros de producción”.



✓ Modificación a la normativa ambiental específica

a) Para el D.S. MINECON N° 231/05, Establece condiciones Especiales para el Cultivo de Abalón rojo y Abalón verde

- Habiéndose demostrado la prácticamente nula viabilidad y fecundidad de gametos en las condiciones oceanográficas de los sistemas abiertos, se propone modificar el Artículo 2°, eliminando “de un mismo s exo
- En los mismos términos anteriores, derogar el Artículo 3° “La Subsecretaría de Pesca, previo Informe Técnico del Servicio Nacional de Pesca, deberá autorizar el sexo de los abalones que sean ingresados en cada bahía o cuerpo de agua delimitado”
- Consistentemente, modificar el Artículo 4°, eliminando “*y que todos ellos pertenecen a un mismo sexo*”.
- Considerando la demostrada escasa posibilidad de fijación y crecimiento de larvas, si éstas llegaran a alcanzar la talla correspondiente, en términos de las condiciones ambientales típicas (profundidad, asociada a ausencia de oxígeno y alimento, dinámica del área, etc.) de las solicitudes para cultivos de esta naturaleza, alejadas del intermareal rocoso, se propone, para los Artículos 5° y 6° que establecen restricciones por tipo de sustrato de fondo, incorporar excepciones asociadas a la profundidad del área solicitada en concesión. De este modo, la redacción de los artículos quedaría como sigue: “Artículo 5º: Sólo se podrán cultivar abalones en concesiones de porción de agua y fondo de mar, que posean al menos un 95% de sustrato blando en el área que abarcan los módulos de cultivo, en sectores cuya profundidad sea inferior a 15 metros, incluyendo sus sistemas de anclaje. La condición anterior deberá cumplirse en los casos en que se aplique rotación de



módulos del cultivo dentro del mismo centro, lo que deberá señalarse al momento de presentar la respectiva solicitud” y “Artículo 6º. Las estructuras de cultivo no podrán ser instaladas sobre sustrato duro o semiduro, en sectores donde la profundidad sea inferior a 15 metros”

b) Para la Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 4.282/2005, en su punto B) “Determinación del sexo de los ejemplares”, de acuerdo a las conclusiones establecidas en los estudios de campo y en consideración a la propuesta del punto precedente, se deben efectuar las siguientes modificaciones:

- Derogar punto e.1), “Se deberá revisar individualmente cada uno de los ejemplares del lote que se pretenda ingresar al cultivo”, en términos que se está estableciendo una metodología cuyos resultados NO serán pre-requisito para ingresar animales al cultivo.
- Derogar, en el mismo tenor anterior, punto h) “En el caso que exista más de un 5% de ejemplares de un sexo distinto al declarado, se rechazará el lote y no se podrá ingresar al mar hasta una nueva revisión”

c) Derogar por completo Res. Ex. (Subsecretaría de Pesca) N° 2820/2006, en términos de no establecer restricciones en relación al sexaje, dados los resultados concluyentes relativos a la inviabilidad de colonización del medio por la especie, sea por desove o escape de ejemplares.



En consecuencia y considerando todos los resultados y observaciones precedentes el equipo multidisciplinario de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE a cargo de la investigación propone lo siguiente:

- Es pertinente ingresar abalones de ambos sexos a cultivos suspendidos en el mar.
- Se recomienda autorizar el cultivo sólo sobre fondos blandos.
- Se recomienda autorizar el cultivo a profundidades sobre los 15 mts



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. 1992.** Microbiological examination. In Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed. Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. and Eaton, A.D. (eds.), pp. 9.1-9.147. Washington, D.C. American Public Health Association.
- ACUÑA, E., J. MORAGA & E. URIBE. 1989.** La zona de Coquimbo: Un sistema nerítico de surgencia de alta productividad. Com. Perm. Pacífico Sur (Número Especial): 145-157.
- BOARDER S. y M. SHPIGEL. 2001.** Comparative performances of juvenile *Haliotis roei* fed on enriched *Ulva rigida* and various artificial diets. Journal of Shellfish Research. 2001 20(2):653-657.
- BARRAZA J. 2005.a.** Antecedentes generales y planificación de la producción de un cultivo de abalones. Facultad de Ciencias del mar, Universidad Católica del Norte. 78 p.
- BARRAZA J. 2005.b.** Ingeniería básica para la instalación de un centro productivo de abalones en Coquimbo. Facultad de Ciencias del mar, Universidad Católica del Norte. 129 p.
- Berrios, M. & J. Olivares. 1996.** Caracterización granulométrica y contenido de carbono orgánico de los sedimentos marinos superficiales, en el sistema de bahías de la IV Región. Coquimbo. Ciencia y Tecnología Marina (CONA) 19: 37-45.
- BRAZEIRO, A., N. ROZBACZYLO & J. M. FARIÑA. 1998.** Distribución espacial de la macrofauna en una playa expuesta de Chile central: efectos de la morfodinámica intermareal. Investigaciones Marinas (Valparaíso) 26: 119-126.
- CASTILLO M. 2001.** Bombas. En: Curso Internacional (4^{to}, 2001, Coquimbo, Chile). Ingeniería en cultivo de Moluscos. Coquimbo, Chile, JICA, UCN, AGCI, 2001. pp. 42-79.
- CAILLAUX L. & W. STOTZ. 2003.** Distribution and abundance of *Rhynchocinetes typus* (Crustacea: Decapoda), in different benthic community structures in northern Chile, J. Mar. Biol. Ass. U.K. 83, pp. 143–150.
- CAMUS P.A. (2001)** Biogeografía marina de Chile continental. Revista Chilena de Historia Natural 74: 587-617. 1990.
- CAMUS, P. A. & R. M. BARAHONA. 2002.** Insectos del intermareal de Concepción, Chile: perspectiva para la investigación ecológica. Revista Chilena de Historia Natural 75 (4): 793-804. C. Dumont, J. Urriago, A. Abarca, C. Gaymer, M. Thiel (2009) The native rock shrimp *Rhynchocinetes typus* as a biological control of fouling in suspended scallop cultures Aquaculture 292(1): 74-79.



- CARRASCO, F.D. & V.A. GALLARDO. 2001.** Biodiversidad del macrozoobentos sublitoral de Bahía Concepción: entre disturbios y la alta productividad potencial. Sustentabilidad de la Biodiversidad. Un problema actual, bases científico técnicas, teorizaciones y proyecciones. (K. Alveal & T. Antezana, Eds.) Ediciones Universidad de Concepción, Concepción (CHILE) 34: 663-6678.
- CLARKE, M. & R. PEÑA. 1988.** Zonación de la Macroinfauna en una Playa de Arena en el norte de Chile. Estudios Oceanológicos, Universidad de Antofagasta - Instituto de Investigaciones Oceanológicas. 7: 17-31.
- CHEN, C.S., H.LIU, & R.C.BEARDSLEY. 2003.** An unstructured, finite-volume, threedimensional, primitive equation ocean model: Application to coastal ocean and estuaries. J. Atmos.Oceanic.Technol.,20, 159-186 pp.
- COLL J. 1991.** Acuicultura Marina Animal. 3^{ra} ed. España, Mundi Prensa. 1991. 671 p.
- CORAZANI D. 1997.** Crecimiento y consumo de alimento en juveniles de *Haliotis discus hannai* Ino, 1952 y *Haliotis rufescens* Swason 1822, alimentados con diferentes dietas. Memoria, Ingeniero en Acuicultura. Coquimbo, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte. 1997. 84p.
- CORREA, J. G. 2001.** Selección de especies de diatomeas bentónicas para el cultivo del abalón. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. pp. 135.
- CORTÉS C., M. GALLEGUILLOS y J. VILLALOBOS. 1998.** Estudio del Mercado el Abalón y Elaboración de una estrategia de Comercialización. Seminario Superior en Marketing. Ingeniero Comercial. Coquimbo, Chile. UCN, Escuela de Ingeniería Comercial. 1998. 226 p.
- CHAINGEAU, A., PIZARRO, O. 2005.** Mean surface circulation and mesoscale turbulent flow characteristics in the eastern South Pacific from satellite tracked drifters. Journal of Geophysical Research 110, C05014.
- CHEN, C, G COWLES, RC BEARDSLEY. 2003.** An unstructured, finite-volume, three-dimensional, primitive equation ocean model: Application to coastal ocean and estuaries. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 20: 159-1
- CHEN, C, RC BEARDSLEY, G COWLES. 2006.** An unstructured grid, finite-volume costal ocean model FVCOM User Manual. Second Edition. SMAST/UMASSD-06-0602. University of Massachusetts, School of Marine Science and Technology, New Bedford, MA. 315 pp.
- DRAGO, G. 2003.** Informes internos de Cultivos Vinycon Ltda.: 37 p.
- DRAGO, G. 2004.** Reutilización y recirculación del agua de mar en el cultivo de abalón japonés. Proyecto de innovación tecnológica, CORFO realizado por Cultivos Vinycon Ltda.: 86 p.



- DODDS W., J. BARRY y R. LOWE. 1999.** Photosynthesis-irradiance patterns in benthic microalgae: variations as a function of assemblage thickness and community structure. *Journal of Phycology*. 1999. 35:42-53.
- EDDING M. y F. TALA.** Cultivo masivo de laminariales para la alimentación del abalón *Haliotis discus hannai*. En: 2^{do} Curso Internacional de Ingeniería de Cultivo de Moluscos. Universidad Católica del Norte, Coquimbo. pp. 38-41
- FALLU R. P. 1991.** Abalone farming. Fishing News Books Ed. United states of America. 1991.280 p.
- FALLU, R.P. 1996.** Abalone Farming, Eitorial O. Mead 1991 England. Juan Illanes Bucher. Noveno curso Internacional en cultivo de Moluscos, Coquimbo Chile 1996.
- FAO. 2002.** *Propuesta de Política Nacional de Acuicultura Documento de trabajo*. [on line] Versión 2.0 Subsecretaría de Pesca, 2002. 60p [fecha de consulta:7 de Febrero 2002]. Disponible en: <<http://www.subpesca.cl/areas/acuicultura/documentos/PNA.pdf>>
- FENTEANY. G. & D. E. MORSE. 1993.** Specific inhibitors of protein synthesis do not block RNA synthesis or settlement in larvae of a marine gastropod mollusk (*Haliotis rufescens*). *Biol. Bull.* 184: 6-14
- FERNÁNDEZ, M., E JARAMILLO, P. A. MARQUET, C. A. MORENO, S. A. NAVARRETE, F. P. OJEDA, C. R. VALDOVINOS & J. A. VÁSQUEZ. 2000.** Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73: 797-830.
- FLEMING A., R. VAN BARNEVELD y P. HONE.** The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. *Aquaculture*.140:5-53
- FONCK E. y G. MARTÍNEZ. 1999.** Evaluación de dietas para *Haliotis discus hannai* de uno a dos años de edad. En: 2^{do} Curso Internacional de Ingeniería de Cultivo en Moluscos. Universidad Católica del Norte, Coquimbo. 1999. pp. 50-53
- GEN HE y KANGSEN MAI. 2001.** Ontogenetic Trends of Mineralogy and elements in the shell of abalone, *Haliotis discus hannai*, Ino. *Journal of Shellfish Research*. 2001. 20(2):685-687
- GORDON H. y P. COOK. 2001.** World abalone supplí, markets and pricing: historical, current and future. *Journal of Shellfish Research*. 2001. 20(2):567-570.
- GONZÁLEZ, S. A. 1990.** *Heterozostera tasmanica* (Martens ex Aschers.) den Hartog y comunidad



- HAHN, K. 1989.** Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. Boca Ratón. Florida. Ed. Kirk O. Hahn. Bodega marine laboratory. University of California C.R.C. Press Inc, 1989. 355 p.
- ILLANES, J.E. a. 1999.** Instalaciones básicas para la selección y acondicionamiento de reproductores de semilla de abalón en hatchery. En: 2^{do} curso internacional de Ingeniería de Cultivo en Moluscos. Universidad Católica del Norte, Coquimbo. 1999. pp. 192-213
- ILLANES, J.E. b. 1999.** Tecnología de Cultivo en Hatchery de semillas de abalón Japonés *Haliotis discus hannai*. En: Taller "Cultivo de Abalón Japonés" Coquimbo, Universidad Católica del Norte, 1999. 102 p.
- JACKSON D., K. WILLIAMS y B. DEGNAN. 2001.** Suitability of Australian formulated diets for aquaculture of the tropical abalone *Haliotis asinina* Linnaeus. Journal of Shellfish Research. 2001. 20(2):627-636.
- JARAMILLO, E. 1987.** Sandy beach macroinfauna from the Chilean Coast: zonation patterns and zoogeography. Vie Milieu 37:165-174
- JARAMILLO, E., F. CARRASCO, P. QUIJÓN, M. PINO & H. CONTRERAS. 1998.** Distribución y estructura de la macroinfauna bentónica en la costa del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 459-478.
- JARAMILLO E, H. CONTRERAS, C. DUARTE & P. QUIJÓN. 2001.** Relationships between community structure of the intertidal macroinfauna and sandy beach characteristics along the Chilean coast. Marine Ecology. 22:323-342.
- JARAMILLO, E., C. DUARTE & H. CONTRERAS. 2000.** Sandy beach macroinfauna from the coast of Ancud, Isla de Chiloe, Southern Chile. Revista Chilena de Historia Natural 73: 771-786.
- JOFRE M., S. 1999.** Utilización de Efluente proveniente de un Cultivo en estanques de Abalón Japonés (*Haliotis discus hannai* Ino, 1953), en Cultivos Marinos San Cristobal S.A. III Región. Informe de Práctica Profesional Final. Ingeniero en Acuicultura. Coquimbo, Chile. UCN, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Acuicultura. 1999. 28 p.
- KAWAMURA T., R. ROBERTS y C. NICHOLSON. 1998.** Factors affecting the food value of diatom strains for post-larval abalone *Haliotis iris*. Aquaculture. 1998. 160:81-88.
- KAWAMURA T., R. ROBERTS y H. TAKAMI. 1998.** A review of the feeding and growth of postlarval abalone. Journal of Shellfish Research. 1998. 17(3):615-625.
- LAWSON, T. 1995.** Fundamentals of aquacultural engineering. United States of America. Ed Chapman y Hall. 1995. 351 p.



- LAWRENCE, J.M. (1975)** On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 13: 213-286.
- LANCELOTTI, D. & J.A. VÁSQUEZ (1999)** Biogeographical patterns of benthic invertebrates in the southeastern Pacific littoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006.
- LANCELOTTI, D. & J.A. VÁSQUEZ (2000)** Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 99-129.
- LAUDIEN, J., ROJO, M.E., OLIVA, M. E., ARNTZ, W.E & S. THATJE 2007.** Sublittoral soft bottom communities and diversity of Mejillones Bay in northern Chile (Humboldt Current upwelling system). *Helgol. Mar. Res.* (in press, DOI 10.1007/s10152-007-0057-8.
- LEÓN, R. F. 2000. RELACIONES TRÓFICAS DE *CANCER POLYODON* (POEPPING, 1836).** Tesis para optar al Título de Biólogo Marino. Departamento de Biología Marina. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte.
- MACAYA, E.C., S. BOLTAÑA, I.A. HINOJOSA, J.E. MACCHIAVELLO, N.A. VALDIVIA, N.R. VÁSQUEZ, A.H. BUSCHMANN, J.A. VÁSQUEZ, J.M.A. VEGA & M. THIEL. 2005.** Presence of sporophylls in floating kelp rafts of *Macrocystis* spp. (Phaeophyceae) along the Chilean Pacific coast. *Journal of Phycology* 41 (5): 913-922.
- MCLACHLAN, A. & E. JARAMILLO. 1995.** Zonation on sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review.* 33:305-335.
- MAUREIRA J.C. y E. TAKEDA.** Manual de procedimientos utilizados para el cultivo de abalón japonés (*Haliotis discus hannai*, Ino). Coquimbo, Universidad Católica del Norte. 40p
- MARIN, V, L DELGADO. 2007.** Lagrangian observations of surface coastal flows north of 30°S in the Humboldt Current system. *Continental Shelf Research* 27: 731-743.
- MARIN, V, L DELGADO, G LUNA-JORQUERA. 2003.** S-chlorophyll squirts at 30°S off the Chilean coast (Eastern South Pacific): feature-tracking analysis. *Journal of Geophysical Research* 108 (C12), 3378.
- MELLOR, GL, T YAMADA. 1982.** Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 20, 851-875
- Meneses (1993)** Vertical distribution of coralline algae in the rocky intertidal of northern Chile. *Hydrobiologia* 260/261: 121-129.
- MOREY R. 1997.** Determinación de la tasa de consumo de oxígeno del abalón japonés (*Haliotis discus* variedad hannai), realizada en el centro de producción de abalones (programa Awabi) de la universidad Católica del Norte, sede Coquimbo, entre enero y marzo de



- MORAGA, J., VALDEBENITO, E. & J. RUTLLANT. 2001.** Condiciones oceanográficas durante la fase de relajación de un evento de surgencia invernal frente a Punta Lengua de Vaca, Coquimbo. *Investigaciones marinas*. 29: 59-71.
- MORSE, D.E., TEGNER, M., DUNCAN, H., HOOKER, N., TREVELYAN, G., CAMERON, A., 1980.** Induction of settling and metamorphosis of planktonic molluscan (*Haliotis*) larvae. III. Signaling by metabolites of intact algae is dependent on contact. In: Muller-Schwarze, D., Silverstein, R.M. (Eds.), *chemical signaling in vertebrate and aquatic animals*. Plenum Press, New York, pp. 67-86.
- N. C. U., 2003.** "Recirculating Aquaculture Technology Workshop", dictado en North Carolina State University (College of Agriculture and Life Sciences), Estados Unidos.
- Olivares, J. 1987.** Comparación entre las bahías de Tongoy y Guanaqueros, en relación con las condiciones hidrográficas y distribución de sedimentos. *Investigaciones Marinas (Valparaíso)* 15: 7-23.
- Ortiz M. 2008.** The effect of a crab predator (*Cancer porteri*) on secondary producers versus ecological model predictions in Tongoy Bay (south-east Pacific coast): implications for management and fisheries. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. ecosyst.* 18:923-929
- Ortiz M.A., S. Jesse, W. Stotz & M. Wolff. 2003.** Feeding behaviour of the asteroid *Meyenaster gelatinosus* in response to changes in abundance of the scallop *Argopecten purpuratus* in Northern Chile. *Arch. Hydrobiol.* 157 2 213–225
- Ortiz, M.A. & W.B. Stotz. 1996.** Distribución de juveniles recientemente asentados de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) en tres bahías de la Cuarta Región: Variables físicas y químicas que le caracterizan. *Biología Pesquera* 25: 27-40.
- PEREIRA, L; A. POBLETE; F. ARAYA; F. SOLAR; G. PIZARRO y T. RIQUELME. 1999.** Antecedentes de la tecnología de cultivo del abalón Ezo Awabi *Haliotis discus hannai* en el centro de producción de la Universidad Católica del Norte. En Taller: "Cultivo de Abalón Japonés". Coquimbo, Universidad Católica del Norte, 1999. pp 29-36



-
- PITCHER G., J. FRANCO, G. DOUCETTE, C. POWELL y A. MOUTON. 2001.** Paralytic shellfish poisoning in the abalone *Haliotis midae* on the west coast of South Africa. *Journal of Shellfish Research*. 2001. 20(2):895-904.
- PIZARRO, C. 2003.** Evaluación de una técnica de ensilado para el alga *Macrocystis pyrifera* y observación de su consumo por parte de abalón rojo (*Haliotis rufescens*). Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco, Chile. 50 pp.
- RIERA, J. y R. SFEIR. 1999.** El mercado mundial del abalón Japonés. En Taller de cultivo de Abalón Japonés en Chile. Universidad Católica Del Norte. 102pp.
- RIVERA E., R. 1999.** Determinación del consumo de alimentos formulados en base a *Spirulina maxima* (Setchel et Gardner) Geitler, 1932 en juveniles de abalón japonés *Haliotis discus hannai* (Ino, 1953), realizado en el centro de Producción de Abalones de la Universidad Católica del Norte, Informe de Práctica Profesional Final. Coquimbo, Chile. UCN, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Acuicultura. 1999. 20 p.
- RIVERA, M. 1999.** Sinopsis del cultivo del Abalón Japonés en Chile. En Taller de cultivo de Abalón Japonés en Chile. Universidad Católica Del Norte. 102pp.
- ROBERTS R. 2001.** A review of settlement cues for larval abalone (*Haliotis spp*). *Journal of Shellfish Research*. 2001. 20(2):571-586.
- ROBERTS R., C. LAPWORTH y R. BARKER. 2001.** Effect of starvation on the growth and survival of post-larval abalone (*Haliotis iris*). *Aquaculture*. 2001. 200:323-338.
- Rodriguez, S.R., F.P. Ojeda & N.C. Inestrosa. 1992.** Inductores químicos del asentamiento de invertebrados marinos bentónicos: importancia y necesidad de su estudio en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 297-310.
- SÁNCHEZ, M., J. CASTILLA & O. MENA. 1982.** Variaciones verano-invierno de la macrofauna de arena en playa Morrillos (Norte Chico, Chile). *Studies on Neotropical fauna and Environment*. 17:31-49
- SANTELICES, B. 1989.** Algas Marinas de Chile, Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 380 pp.
- SANTELICES, B. (1991)** Intertidal and litoral ecosystems. *Ecosystems of the world* 24 (A.C. Mathieson & P.H. Nienhuis, Eds.) Ediciones ELSIEVER 14: 347-369.
- SANTELICES, B. & F. P. OJEDA (1984)** Recruitment, growth and survival of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) at various tidal levels in exposed habitats of central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 19: 73-82
- SASAKI R. y S. SHEPHERD. 2001.** Ecology and post-settlement survival of the Ezo abalone, *Haliotis discus hannai*, on Miyagi coasts, Japan. *Journal of Shellfish Research*. 2001. 20(2):619-626.



- SEARCY R., A. SALAS y P. FLORES.** Investigaciones en México sobre la etapa crítica de la producción de semilla de abalón (*Haliotis spp.*). En: Abalone of the world. USA. pp. 547-560
- SEARCY-BERNAL R. 1996.** Boundary layers and abalone postlarval culture: Preliminary studies. Aquaculture. 1996. 140:129-137
- SHIPTON T. y P. BRITZ. 2001.** The partial and total replacement of fishmeal with selected plant protein sources in diets for the south african abalone, *Haliotis midae* L. Journal of Shellfish Research. 2001. 20(2):637-645.
- STRUB, P.T., J.V. MESIAS, V. MONTECINOS, J. RUTLAND & S. SALINAS. 1998.** Coastal ocean circulation off western South America. In: Brink K. H. & A. R. Robinson (eds). The global coastal ocean. John Wiley & Sons Inc. New York. The Sea 11: 273-313.
- STOTZ WB, DA LANCELLOTTI, DJ MARTINEZ, P DE AMESTI & E PEREZ. 1991.** Variación temporal y espacial del registro de juveniles recién asentados de *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) en el intermareal rocoso de la IV Región, Chile. Revista Biología Marina, Valparaíso 26: 351-361.
- STOTZ W. & S. GONZÁLEZ. 1994.** Biodiversidad y Pesca Artesanal: Manejo experimental de recursos marinos bentónicos en la costa del centro-norte de Chile. Informe Final. Departamento de Biología Marina. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte.
- STOTZ, W. B., ABURTO J., CALLAUX L. M. & S. A. GONZÁLEZ (2005)** Rocky subtidal community zonation along the exposed coast of north-central Chile. In *littoralis*.
- TAKAMI H., KAWAMURA T. e Y. YAMASHITA. 1997.** Survival and growth rates of post-arval abalone and/or benthic diatom *Cocconeis scutellum* var. parva. Aquaculture. 1997. 152:129-138.
- TAKAMI H., KAWAMURA T. e Y. YAMASHITA. 1997.** Contribution of diatoms as food sources for post-larval abalone *Haliotis discus hannai* on a crustose coralline alga. Moll. Res. 1997. 18:143-151.
- TIMMONS M., J. EBELING, F. WHEATON, S. SUMMERFELT, B. VINCI, G. PARADA y M. HEVIA. 2002.** Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. 2^{da} ed. Santiago, Chile, Fundación Chile, 2002. 747 p.
- TRAPIDO ROSENTHAL, H. G. & D. E. MORSE. 1986.** Regulation of receptor-mediated settlement and metamorphosis in larvae of a gastropod mollusc (*Haliotis rufescens*). Bull. Mar. Sci. 39: 383-392
- THIEL, M., E.C. MACAYA, ET. AL. 2007.** The Humboldt Current System of northern-central Chile - Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 45: 195-345.



- URIBE, E., 1978.** Estudio de las comunidades fitoplanctónicas sobre el proceso de Surgencias frente a Punta Curaumilla. (Tesis de Título). Universidad Católica de Valparaíso.
- URIBE, E., Neshyba, S. and T. Fonseca. 1982.** Phytoplankton community composition across the west drift off South America. Deep-Sea Research, Vol. 29 # IDA pp 1229-1243.
- URIBE, E. y S. Neshyba, 1983.** Phytoplankton pigments from the Nimbus-7 Coastal zone color Scanner: Coastal waters of Chile from 18°S. Proceeding of the International Conference on Marine Resources of the Pacific. Pag. 33-40.
- URIBE, E., D. BORÉ, J. OLIVARES, J. MORAGA, J. L. BLANCO, J. RUTLLANT, I. ETCHEPARE, C. JÉLVEZ & G. LEDERMAN. 1995.** Determinación de la Capacidad de Carga de Bahía Inglesa (III Región) y Bahía Tongoy (IV Región) Chile. Informe, Fondo de Investigación Pesquera. Subsecretaría de Pesca. 121 pp.
- URIBE, E., J. MORAGA, J. L. BLANCO, S. ZUÑIGA, G. ALVAREZ, P. AVALOS & S. CHIRINO.** En revisión. Establecimiento de un Protocolo de Seguimiento Ambiental para la Determinación de la Capacidad de Carga para el Cultivo del Ostión del Norte. Informe, Fondo de Investigación Pesquera. Subsecretaría de Pesca.
- VALDOVINOS, C. 2001.** Biodiversidad en fondos blandos sublitorales macroinvertebrados del Golfo de Arauco (Chile). Sustentabilidad de la Biodiversidad. Un problema actual, bases científico técnicas, teorizaciones y proyecciones. (K. Alveal & T. Antezana, Eds.) Ediciones Universidad de Concepción, Concepción (CHILE) 33: 635-662.
- VASQUEZ J A, 2002.** Evaluación Base para una Eventual Área Marina Protegida (AMP) en el Norte de Chile (III) Punta Morro Desembocadura de Copiapó.
- VÁSQUEZ, J. A. & J. M. A VEGA. 2004.** Ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Historia Natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge (F.A. Squeo, J.R. Gutiérrez & I.R. Hernández, Eds.) Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2004) 13: 235-252.
- VÁSQUEZ & BUSCHMANN (1998)** Herbivore-kelp interactions in Chilean subtidal communities: a review. Revista Chilena de Historia Natural 70:41-52
- URIBE E. 1999.** Cultivo de microalgas bentónicas para la alimentación de post larvas y juveniles de abalón. En: Taller "Cultivo del abalón japonés" Universidad Católica del Norte. Coquimbo. 1999. pp 43-49



- VINCI B., B. WATTEN y M. TIMMONS. 1997.** Modeling gas transfer in a spray tower oxygen absorber. *Aquacultural Engineering*, 1997. 16:91-105.
- YOOL, A. J., S. M. GRAU, M. G. HADFIELD, R. A. JENSEN, D. A. MARKELL & D. E. MORSE. 1986.** excess potassium induces larval metamorphosis in four marine invertebrate species. *Biol. Bull.* 170: 255-266.
- WHATTEN B. 1990.** Design of packed columns for commercial oxygen addition and dissolved nitrogen removal based on effluent criteria. *Aquacultural Engineering*, 1990. 9:305-328.
- WHEATON, F. 1982.** Acuicultura, diseño y construcción de sistemas. México D.F., AGT S.A., 1982. 703 p.
- WOLFF M. & CERDA G. 1992.** Feeding ecology of the crab *Cancer polyodon* in La Herradura Bay, northern Chile: II. Food spectrum and prey consumption. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 100, 119-125.
- Geiger, D. 1999. A total evidence Cladistic Analysis of the Haliotidae (Gastropoda: Vetigastropoda). A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School University of Southern California, in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree Doctor of Philosophy (Biology).

Referencias citadas en el Trabajo de Tesis de Daniel L. Geiger (1999)

- Briggs, J. C. 1999. Coincident biogeographic patterns: Indo-West Pacific Ocean. *Evolution* 53: 326-335.
- Geiger, D. L. & L. T. Groves. 1999. Review of fossil abalone (Gastropoda: Vetigastropoda: Haliotidae) with comparison to Recent species. *Journal of Paleontology* 73:872-885.
- Lindberg, D. R. 1992. Evolution, distribution and systematics of Haliotidae. In: Shepherd, S. A., M. J. Tegner & S. A. Guzmán del Prío (eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp. 3-18.
- McLean, J. H. 1970. New species of tropical Eastern Pacific Gastropoda. *Malacological Review* 2:115-116.
- Simone, L. R. C. 1998. Morphology of the western Atlantic Haliotidae (Gastropoda, Vetigastropoda), with description of a new species from Brazil. *Malacologia* 39:59-75.
- Talmadge, R. R. 1963a. Insular haliotids in the western Pacific. *The Veliger* 5:129-139, pl. 14.
- Ubaldi, R. 1993. Atlas of the living abalone shells of the world [First delivery with introductory notes and four species treated]. *Associazione Malacologica Internazionale*, Rome. ISSN 1122-0309. [Irregular pagination]



Ubaldi, R. 1995. Atlas of the living abalone shells of the world [Second part with six species treated]. Associazione Malacologica Internazionale, Rome. ISSN 1122-0309. [Irregular pagination]



Proyectos ejecutados por la Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, asociados al cultivo de abalones *Haliotis discus hannai* & *Haliotis Rufescens*.

- 1.- Optimización del crecimiento del Abalón *Haliotis discus hannai* en la Etapa del cultivo intermedio del Cultivo Intermedio-DGI. 2001.
- 2.- Estudio sobre la biología reproductiva, desarrollo larval, y asentamiento del abalón rojo de California en laboratorio. FUNDACION CHILE. 1991. Asistencia Técnica.
- 3.- Curso Internacional en Cultivos de Moluscos JICA.
- 4.- Mantención y crecimiento de semillas de abalón japonés *Haliotis discus hannai*, en estanques BLUE OCEAN LTDA. 1992.
- 5.- Factibilidad técnico/económica de un centro de cultivo de abalones en circuito cerrado. ALGAS MULTIEXPORT S.A. 1992.
- 6.- Cultivo suspendido del Abalón japonés en el Mar "D991 1099" FONDEF 1999.
- 7.- Curso Internacional de Ingeniería en Cultivo de Moluscos.
- 8.- Estudio sobre la factibilidad técnica de producir semilla de abalón rojo en Hatchery de la empresa Smolt Chile S.A. En la localidad de Queilén. Smolt Chile S.A.2000.
- 9.- Asistencia Técnica Capacitación y Diseño de un Centro de Producción de Abalón Japonés en Estanque. CALDERA Industria Vinycon Chilena Ltda. 2001.
- 10.- I Etapa. Proyecto de Transferencia Tecnológica: "Producción de abalón japonés en estanques en el norte de Chile" FONDEF-DOOT 1061.2001.
- 11.- Factibilidad Técnica e Ingeniería Conceptual para reconversión al Cultivo de Abalón Pesq. ITATA S.A. 2002.
- 12.- II Etapa: "Desarrollo integral del Cultivo de abalón japonés en estanques en el norte de Chile. FONDEF DOOT 2061. 2002.
- 13.- Curso "Técnicas bacteriológicas aplicadas al cultivo controlado de moluscos" Empresas de Cultivos de Moluscos. 2002.
- 14.- Investigación y optimización del cultivo de juveniles de Abalón japonés *Haliotis discus hannai* en estanques, en la IV Región, Coquimbo. Inversiones e Inmobiliaria Rosa Nevada S.A. 2002.
- 15.- Sustento tecnológico del cultivo del abalón japonés para a región de Coquimbo. CORFO IV Región. 2002.



- 16.- Investigación y Desarrollo de Reproductores y Semilla de Calidad Genética y Sanitaria para la Sustentabilidad del Cultivo de Abalón Japonés (*Haliotis discus*) FONDEF DO2I 1129. 2003.
- 17.- Asistencia Técnica para un Centro de Producción de Abalones en Estanques Empresa Eléctrica Guacolda S.A.2003.
- 18.- Estudio para la evaluación de impacto ambiental del abalón rojo *Haliotis rufescens* Pesqueras. 2003.
- 19.- Curso-Taller Patología de Moluscos. 2004.
- 20.- Reutilización y recirculación del agua de mar en el cultivo de abalón japonés. Industrias Vinycon Chilena Ltda. Asistencia Técnica. 2004.
- 21.- Criopreservación de espermatozoides de abalón (*Haliotis discus hanna*) DGI, 2004.
- 22.- Proyecto abalón San José. Pesquera San José S. A. Asistencia Técnica, 2004.
- 23.- Declaración de Impacto Ambiental para el Cultivo de Abalón en El Panul. Asistencia Técnica 2004.
- 24.- Taller" Avances en el Cultivo de Abalón: Aspectos Genéticos, Nutricionales, Sanitarios y de Cultivo. Estudiantes, Técnicos y Empresarios. 2006.
- 25.- Taller "Relevancia de la nutrición en la acuicultura: el género *Haliotis* UCN - FONDEF AQ04I 1018. 2006.
- 26.- Aumento de la productividad del cultivo de abalón rojo (*Haliotis rufescens*) mediante mejoramiento genético y control de patógenos FONDEF DO5I 10013. 2007.
- 27.- Desarrollo de Tecnología de Recirculación para disminuir el riesgo en el cultivo de abalón en tierra y aumentarla competitividad de las Empresas; FONDEF DO5I 10299. 2007.
- 28.- Curso: Actualizaciones en enfermedades de Abalón. FONDEF D05I 10013. 2007.



ANEXOS



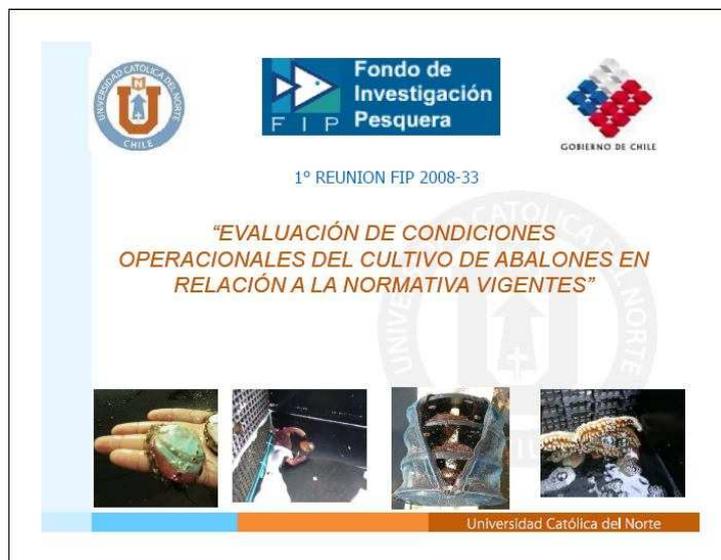
ANEXO - 1

REFERENCIA TALLER - 1



1.- 1^{ER} TALLER VALPARAISO.

Reunión con personal del Fondo de Investigación Pesquera, realizada el 24 de Julio 2009 en la ciudad de Valparaíso, los participantes del equipos UCN, que asistieron son Juan Enrique Illanes, Joel Barraza Soto y Guido Drago López, en esta reunión se dio a conocer la metodología el equipo y las empresas participantes.



Anexo - 1.1: Presentación de la metodología a utilizar para el desarrollo de proyecto

2.- EQUIPO DE INVESTIGADORES

El equipo investigador está compuesto por los siguientes académicos de la Universidad Católica del Norte.



Anexo -1. 2: Equipo investigador proyecto FIP.

3.- EMPRESAS PARTICIPANTES



Anexo - 1.3: Empresas participantes en el proyecto FIP.

4.- AREAS DE INVESTIGACIÓN

AÉREAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ **Comportamiento Biológico**
 - Evaluar la factibilidad de asentamiento poblacional del Abalón en el mar
 - Atraves de estudios que permitan Determinar de la viabilidad y fecundidad de gametos en las condiciones oceanográficas de los sistemas abiertos.
- ✓ **Estudios oceanográficos**
 - Se realizará la Caracterización oceanográfica de las principales bahías de las regiones III y IV.
- ✓ **Moldeamiento de corrientes**
- ✓ **Condiciones Sanitarias**
 - Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de abalón en sistemas suspendidos en el mar.

Universidad Católica del Norte

Anexo - 1.4: Áreas de investigación del proyecto.

5.- INFORMACIÓN PRESENTADA

Historial Cronológico Aspectos Legales

- ✓ **1978** Introducción del Abalón Rojo desde California, dando inicio a su cultivo experimental (Fundación Chile & UCN)
- ✓ **1986** Introducción del Abalón Japonés "Ezoawabi" en cultivo experimental (UCN)
- ✓ **1992** Se autoriza el cultivo de Abalón rojo en circuito controlado en todo Chile y en circuito abierto-semicerrado entre las Lat. 41°21'55" S (Seno Reloncaví, X Región) y 46°00'00" S (Península Skyring, XI Región). (Fundación Chile, U de Los Lagos y UCN)
- ✓ **1993** el Abalón japonés se incorporan a la nómina de especies de importación habitual. Restringe su cultivo a circuito controlado.
- ✓ **2005** Se autoriza el cultivo de Abalón rojo y japonés en circuito abierto entre las Lat. 26°03'30" S (límite norte III Región) y 30°20'00" S (límite sur bahía Tongoy). (Stotz, 2002)



Universidad Católica del Norte

Anexo - 1 5: Historia cronología de aspectos legales del cultivo de abalones.



Anexo - 1.6: Industria y empresas que cultivan abalón en Chile.



Anexo - 1.7: Empresas actualmente en funcionamiento en Chile.

Empresas Zona Norte	Región	Producción anual		
		Producción total	Uso cultivo	Excedente a venta
Spasa S.A.	V	1.750.000	1.250.000	500.000
Cultivos Marinos San Cristóbal	III	1.500.000	1.000.000	500.000
Cultivos Abalone	IV	1.000.000		1.000.000
Aquamontt	IV	900.000		
Cultivos Don Jorge	IV	800.000		
Vinycon	III	300.000		300.000
Pesquera Camanchaca	III	2.000.000		
Comercial Panamericana	IV	1.000.000	800.000	200.000
Pesquera ALCAR-AWABI	IV	300.000	150.000	150.000
Marine Farms	V	150.000		150.000
Abalones Chile	IV	500.000	400.000	100.000
Pesquera San José	IV	s.p.		
Spinetech Chile S.A.	III	s.p.		
Live Sea Food	IV	s.p.		
Chilesan	IV	s.p.		
Producción (cosecha 2009-2010)			5.750.000	
Oferta semilla (2006-2007)			4.800.000	

Universidad Católica del Norte

Anexo - 1.8: Distribución de Empresas a lo largo del país.

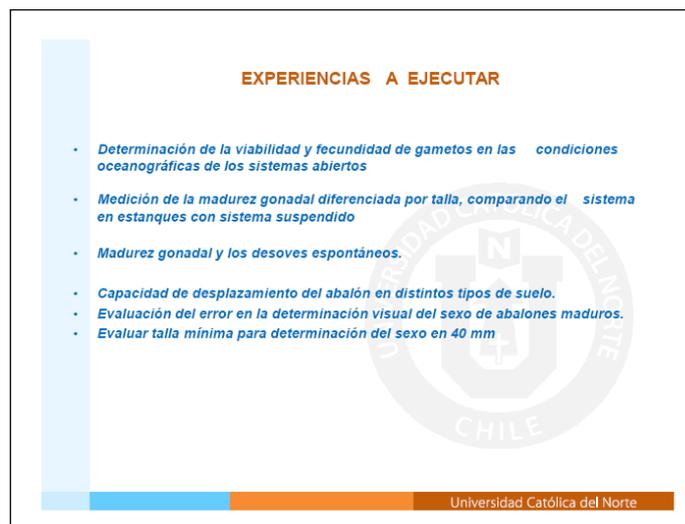


Universidad Católica del Norte

Anexo - 1.9: Cosecha de abalones en Chile.



Anexo - 1.10: Tecnología del cultivo de abalón.



Anexo - 1.11: Experiencias a ejecutar para el desarrollo del objetivo N° 1.

✓ **Estudios oceanográficos**

- Se realizará la Caracterización oceanográfica de las principales bahías de las regiones III y IV.

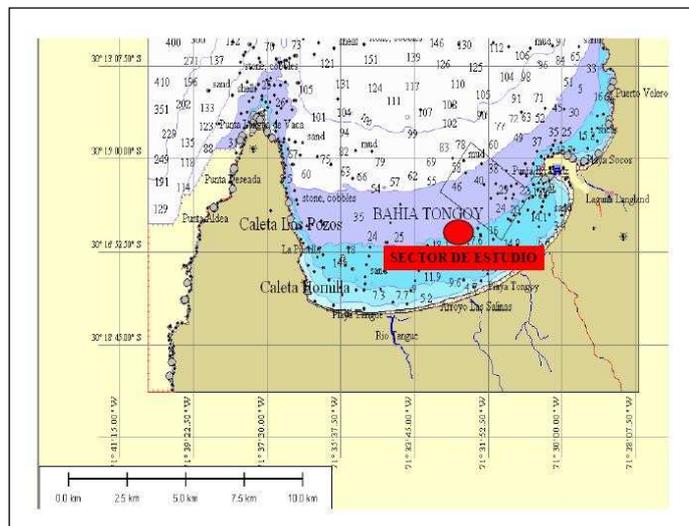
Estudio de corrientes

El área de muestreo seleccionada es de 30 Ha en bahía Tongoy (ver figura) y de igual tamaño en bahía Inglesa..

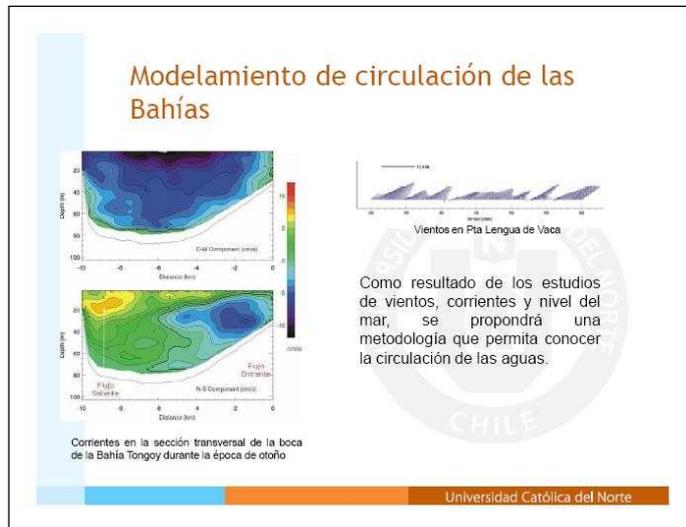
En un punto dentro del área elegida, se efectuará un registro de corrientes con un correntómetro FSI, por 15 días, en dos épocas del año (otoño-invierno, y primavera-verano), a una profundidad entre la superficie y los 10 m. La información de corrientes se analizará junto con registros de vientos y nivel del mar.

Universidad Católica del Norte

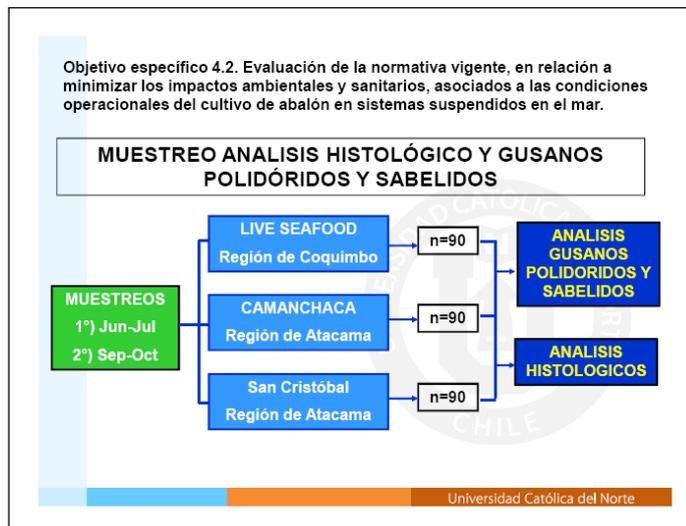
Anexo - 1.12: Experiencias a ejecutar para el desarrollo del objetivo N° 1.



Anexo - 1.13: Esquema batimétrico Bahía de Tongoy.



Anexo - 1.14: Esquema batimétrico Bahía de Tongoy.



Anexo - 1.15: Actividades sanitarias a realizar en las empresa participantes.



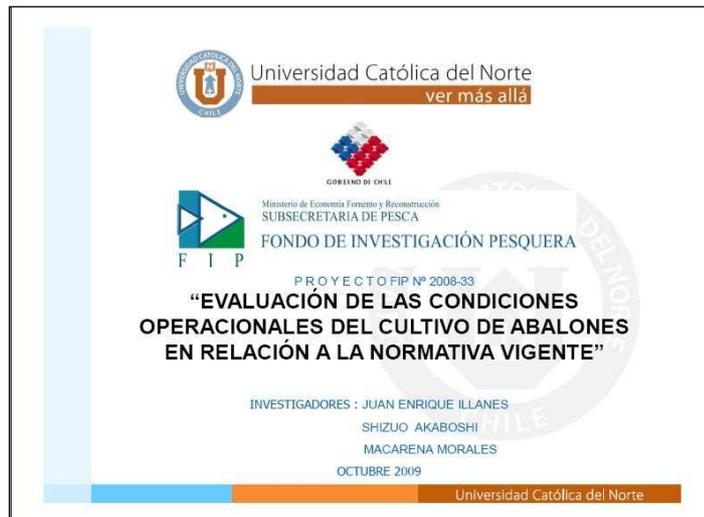
ANEXO - 2

REFERENCIA TALLER - 2

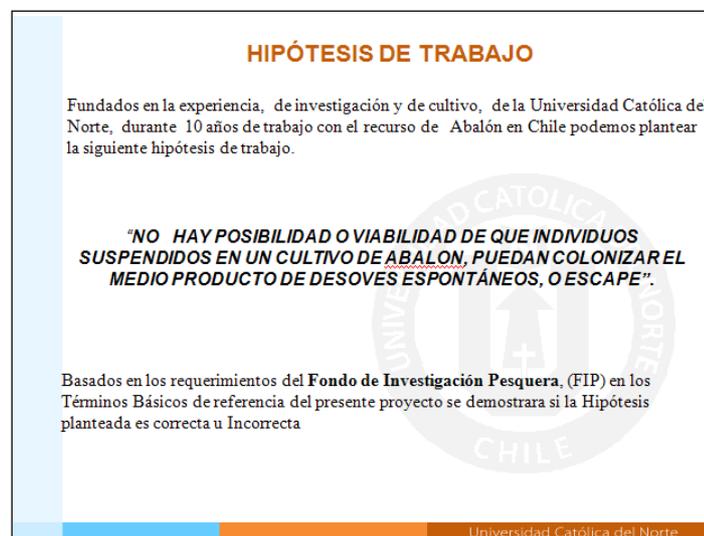


I.- 2^{DO} TALLER AVANCE DE RESULTADOS.

El taller de avance de resultados se realizó en la ciudad de Caldera, y participaron representantes de diferentes entidades aquí se entregaron los avances de los resultados obtenidos en las diferentes experiencias realizadas.



Anexo - 2.1: Presentación de avances resultados objetivo N° 1.

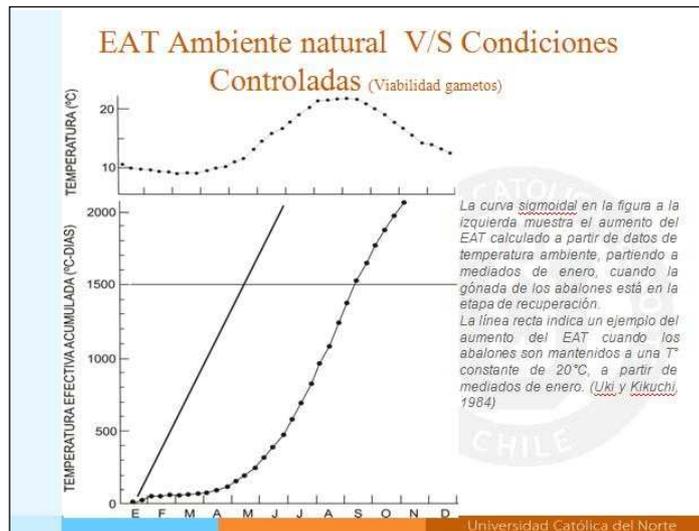


Anexo - 2.2: Presentación normativa vigente y aspectos legales del cultivo de abalón.

ACTIVIDADES ASOCIADAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

- ✓ Viabilidad gametos
 - Desoves efectuados con condiciones controladas Hatchery/ SW Cruda/ SW filtrada
 - % sobrevivencia larval en desoves efectuados en diferentes épocas del año
 - % Fijación Diferentes sustratos SW Cruda/SW Filtrada
- ✓ Madurez gonadal
 - Campañas de muestreo con identificación de sexo (40-70mm)
- ✓ Grado madurez sexual
 - Campañas de muestreo Mensual Índice gonadal a los individuos identificados sexualmente
- ✓ Capacidad desplazamiento
 - Evaluación capacidad de desplazamiento en distintos sustratos
- ✓ Error método sexaje
 - Comprobación de error de sexaje a través de cortes histológico
- ✓ Competidores/ depredadores

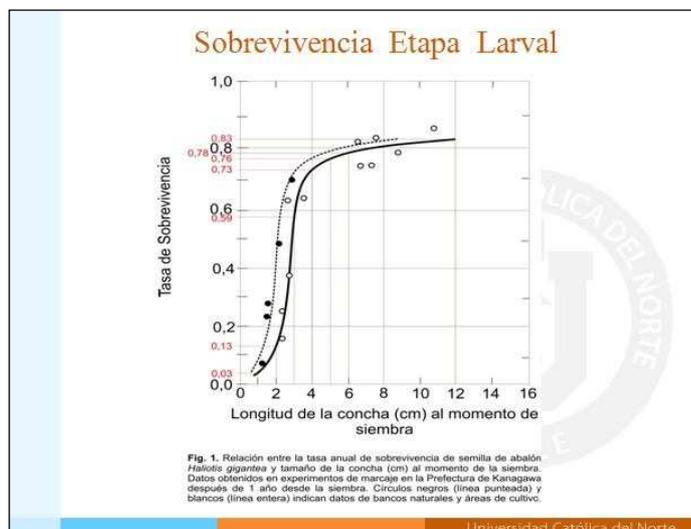
Anexo - 2.3: Actividades realizadas al cumplimiento de los objetivos.



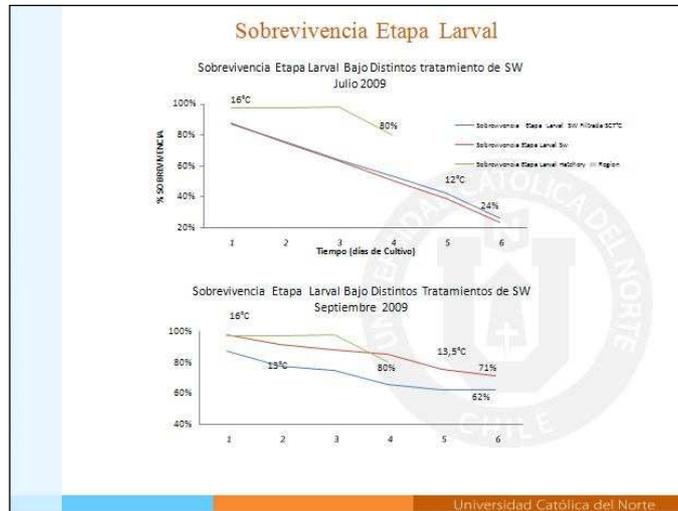
Anexo - 2.4: Curva de temperatura efectivas acumuladas.



Anexo - 2.5: Comportamiento de reproductores (viabilidad de gametos).



Anexo - 2.6: Supervivencia etapa larval 1.



Anexo - 2.7: Sobrevivencia etapa larval 2.



Anexo - 2.8: Fijación en tres tipos de sustratos.



Anexo - 2.9: Competidores y depredadores utilizados en el experimentos.

Trabajo avanzado.

- 1) Se está revisando la información oceanográfica de las bahías Inglesa y Tongoy obtenida de diferentes proyectos ejecutados por la UCN y otros consultores (Se incluirá en el informe final)
- 2) Se ha probado una metodología alternativa para efectuar batimetría, medición de corrientes junto a vientos locales y altura del nivel mar, y estudio de sedimentos, además de un modelo de circulación.

El avance de este trabajo se presenta centrado en bahía Inglesa, cuya información está completamente procesada. Actualmente se trabaja en bahía Tongoy.



Anexo - 2.10: Trabajos realizados en las bahías tongoy y bahía Inglesa.

Batimetría

- Bahía Inglesa: Latitud media de 27° 04' 48" (S),
- posee un grado de exposición al Noroeste
- presenta a nivel general pendientes batimétricas que oscilan entre 0,50% - 1,8% en las zonas centrales y 4%-6% en las zonas laterales.
- El área de estudio

Tabla 1. Coordenadas de perfiles batimétricos analizados.

PERFIL	COORDENADAS (WGS-84)				LONGITUD DE PERFIL (m)
	INICIO DE PERFIL		TERMINO DE PERFIL		
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
P-1	27° 07' 37"	70° 53' 07"	27° 07' 30"	70° 53' 23"	460
P-2	27° 07' 24"	70° 53' 19"	27° 07' 32"	70° 53' 04"	480
P-3	27° 07' 29"	70° 53' 01"	27° 07' 21"	70° 53' 15"	480
P-4	27° 07' 35"	70° 53' 24"	27° 07' 27"	70° 53' 00"	700
P-5	27° 07' 20"	70° 53' 14"	27° 07' 42"	70° 53' 08"	700

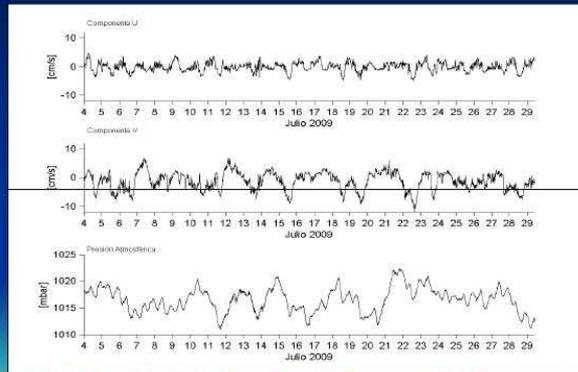
Anexo - 2.11: Batimetría bahía inglesa.

Sedimentos. Bahía Inglesa

- Se observa que los sedimentos submareales, entre los 27 y 37 m de profundidad en el área de estudio, se caracterizan en su totalidad por estar compuestos por arenas muy finas
- con un grado de selección correspondiente a fracciones bien seleccionadas,
- con un predominio de fracciones simétricas en las curvas granulométricas
- y un contenido de materia orgánica que oscila entre 13.50 y 27.10 mg/g.

Anexo - 2.12: Sedimentos encontrados en bahía inglesa.

Registro de vientos en Bahía Inglesa (m/s)



Anexo - 2.13: Registro de vientos de bahía inglesa.

Correntometría

- **TABLA 2.** Estadística básica de los datos registrado cada hora por el Correntómetro FSI en Bahía Inglesa.

	U [cm/s]	V [cm/s]	TEMPERATURA [°C]	[u v] [cm/s]
PROMEDIO	1.68	3.13	12.66	7.60
STD	5.52	4.64	0.24	2.61
MODA	-4.71	3.18	12.50	8.41
MAX	15.78	13.72	13.00	16.30
MIN	0.01	0.03	12.00	1.01

Anexo - 2.14: Registro de correntometria bahía inglesa.

Universidad Católica del Norte
ver más allá

F I P

Sesión Temática III

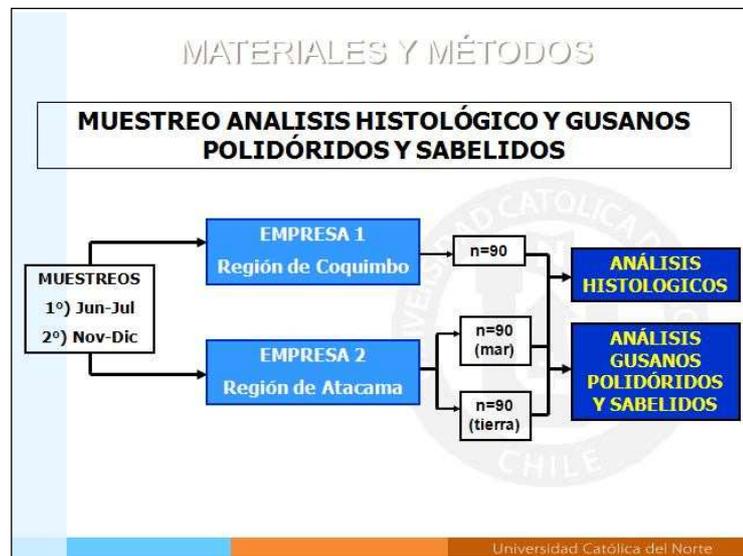
Condiciones Sanitarias
Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y sanitarios, asociados a las condiciones operacionales del cultivo de Abalón en sistemas suspendidos en el mar

RESULTADOS PRELIMINARES

MSc. RODRIGO A. ROJAS ARAYA
Laboratorio de Patobiología Acuática
Departamento de Acuicultura

Universidad Católica del Norte

Anexo - 2.15: Impactos sanitarios evaluados durante el primer periodo de análisis...



Anexo - 2.16: Impactos sanitarios evaluados durante el primer periodo de análisis.



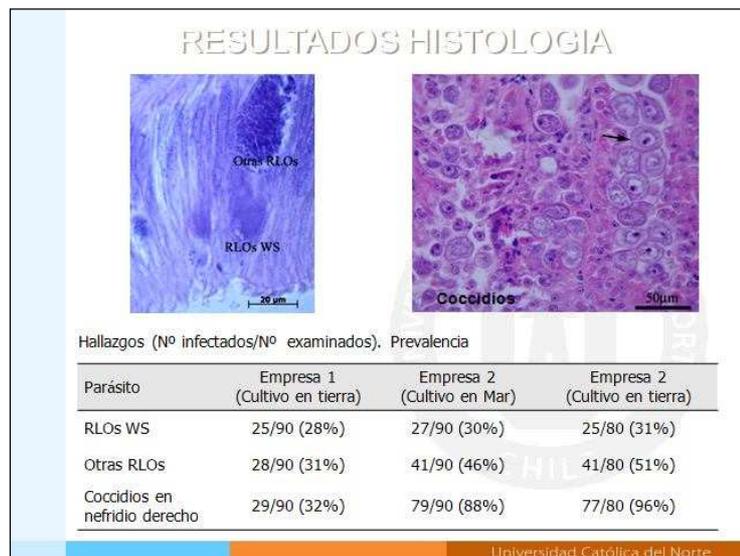
Anexo - 2.17: Análisis histológico abalones.



Anexo - 2.18: Metodología de prevalencia e intensidad de infecciones por gusanos polidóridos.



Anexo - 2.19: Metodología detección Terebrasabella Heterouncinata..



Anexo - 2.20: Resultados de los análisis histológicos.

RESULTADOS POLIDÓRIDOS

Prevalencia e Intensidad de gusanos polidóridos en ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo.

Origen de los abalones	Prevalencia	Intensidad (polidóridos por abalón)		
		Promedio	Máxima	Mínima
Empresa 1 (Cultivo en tierra)	2,2%	0,02	1	1
Empresa 2 (Cultivo en mar)	99,9%	10,5	1	60
Empresa 2 (Cultivo en tierra)	14,4%	0,16	1	2




Universidad Católica del Norte

Anexo - 2.21: Resultados de prevalencia e intensidad de enfermedades en abalones analizados.

RESULTADOS POLIDÓRIDOS

Número de ejemplares de abalón en las 4 categorías de acuerdo al daño de la concha por infestación de gusanos polidóridos

Categoría	Empresa 1 (Cultivo en tierra)	Empresa 2 (Cultivo en Mar)	Empresa 2 (Cultivo en tierra)
0	88	1	77
1	2	40	13
2	0	35	0
3	0	14	0
Tamaño muestra	90	90	90

Especies pertenecientes a gusanos polidóridos y su porcentaje detectadas en los ejemplares de abalón rojo provenientes de 3 sitios de cultivo

Especies	Empresa 1 (Cultivo en tierra)	Empresa 2 (Cultivo en mar)	Empresa 3 (Cultivo en tierra)
<i>Polydora rickettsi</i>	● 100%	● 58,3%	● 91,7%
<i>Dipolydora huelma</i>		● 6,3%	
<i>Dipolydora giardi</i>		● 35,4%	
<i>Boccardia tricuspa</i>			● 8,3%

Universidad Católica del Norte

Anexo - 2.22: Ejemplares analizados para determinación de prevalencia e intensidad.



II.- DIFUSIÓN TALLER REALIZADO EN CALDERA

 Universidad Católica del Norte
ver más allá

 FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

JOEL BARRAZA SOTO
Director Proyecto FIP 2008-33

Le saluda muy cordialmente y tiene especial agrado de invitarle al Taller Ampliado de Abalón en el marco del Proyecto FIP N° 2008-33 "Evaluación de las condiciones operacionales de cultivo de Abalones en relaciones a la normativa vigente". En el cual se tratarán temas relevantes para la ejecución de un eventual cultivo de Abalón en sistemas Suspendidos.

Dicho taller se efectuará el día viernes 23 de Octubre, a las 16:00 en el Salón principal de la **HOSTERIA PUERTA DEL SOL** ubicada en Avda. Wheelwright, N° 750 III Región Caldera, Chile.

Agradecemos la confirmación de su asistencia al e-mail cultivos@ucn.cl o al fono (51)-209756

Coquimbo, 2 de octubre del 2009.

Anexo - 2.23. Tarjeta de invitación enviada a participantes del taller.



Universidad Católica del Norte
ver más allá



TALLER AMPLIADO DE ABALÓN:
Proyecto FIP N° 2008-33
"Evaluación de las condiciones operacionales del cultivo de Abalón en relación a la normativa vigente".

23 de Octubre de 2009

HOSTERIA PUERTA DEL SOL
Avda. Wheelwright N° 750 III Región, Caldera, Chile

PROGRAMA

16:00-16:15 Salón	<i>Bienvenida</i> Saludos a las autoridades y presentación de objetivos del Taller. Sr. Joel Barraza Soto, Director de Proyecto, FIP2008-33, Académico Universidad Católica del Norte - Presentación del Programa
16:20 – 16:35 Salón	Sesión Temática I: Presentación de la Normativa Vigente y Aspectos legales del cultivo de Abalón en Chile Sra. <i>Ximena Bravo Cavicchioli</i> Coordinadora Asociación De Industriales Pesqueros y
16:40 - 17:00 Salón	Sesión Temática II: <i>Estudios oceanográficos & Moldeamiento de corrientes</i> • <i>Caracterización oceanográfica de las principales bahías de las regiones III y IV.</i> Presentación de avances de resultados Dr. <i>Eduardo Uribe Tapia</i> , Universidad católica del Norte
17:05- 17:20 Salón	Sesión Temática III: <i>Condiciones Sanitarias</i> • <i>Evaluación de la normativa vigente, en relación a minimizar los impactos ambientales y</i> Presentación de avances de resultados MSc. Rodrigo Rojas
17:20 - 17:30	Café
17:35-18:00 Salón	Sesión Temática IV: <i>Comportamiento Biológico</i> • <i>Evaluar la factibilidad de asentamiento poblacional del Abalón en el mar Atraves de estudios</i> Dr. <i>Juan Enrique Illanes Bücher</i> Dr. <i>S. Akaboschi</i>
18:30	Ronda de preguntas
	Fin de la Jornada

Anexo - 2.24. Programa del taller realizado en caldera.



LISTA ASISTENCIA TALLER FIP			
Fecha			23/10/2009
Ítems	Nombre	@Mail	Institución
1	Matias Casanello	mcasanello@corfo.cl	Corfo
2	David Rojas	drojas@corfo.cl	Corfo
3	Manuel Márquez	Pekten@yahoo.com	
4	Viviana Cordoba C	viviana.cordoba.c@gmail.com	
5	Patricio Cortes L	patriciocortes@vtr.cl	Camanchaca S.A
6	Ricardo Catalan G	rcatalan@sernapesca.cl	Sernapesca
7	Daniel Yañez C	dyanez@achs.cl	ACHS
8	Max Ramos F	mflores@camanchaca.cl	Camanchaca S.A
9	Alejandro Montero R	----	
10	Hernan Fredes	hernanfredes@yahoo.es	
11	Alejandro Rojas	acuiservicios@gmail.com	Empresario
12	Veronica Ossandón	vossandon.3@conama.cl	Conama
13	Alvaro Valenzuela Espoz	aveoo4@ucn.cl	Universidad Católica del Norte
14	Norman Gaete V	ngv002@ucn.cl	Universidad Católica del Norte
15	Laura Castillo Vergara	lc008@ucn.cl	Universidad Católica del Norte
16	Rafael Crisostomo	rcrisostomo@camanchaca.cl	Camanchaca S.A
17	Carolina Gonzalez	csgonzalez@camanchaca.cl	Camanchaca S.A
18	Nestor Lloya	nlloya@sernapesca.cl	Sernapesca
19	Sebastian Viniczay de la Casa	sebin@gmail.com	Universidad Católica del Norte
20	Jose Araya C	Josearaya_200@hotmail.com	Universidad Católica del Norte
21	Susana Gallardo G	gallardo.susana87@gmail.com	Universidad Católica del Norte
22	Mauricio Rojas B.	aveoo4@ucn.cl	
24	Pablo Aguilar Benavente		
27	Alfonso Cornejo O.		
28	Rene Salinas Blanco	rsalinas@camanchaca.cl	Gerente General III y IV región Camanchaca
29	Ximena Bravo C	xbravo@gesteconsultora.cl	Consultora Externa
30	Juan E. Illanes	Jeillanes@ucn.cl	Universidad Católica del Norte
31	Eduardo Uribe	euribe@ucn.cl	Universidad Católica del Norte
32	Marizol Alvarez	malvarez@subpesca.cl	Subpesca
33	Pablo Lagos S.	plagos@subpesca.cl	Subpesca

Anexo - 2.24: Lista asistencia del taller realizado en la ciudad de caldera.

Este viernes en Caldera

UCN dará a conocer avances en proyecto FIP dedicado a evaluar condiciones operacionales de cultivo de abalones

Universidad Católica del Norte

Investigación considera restricciones vigentes contenidas en la normativa dispuesta por la Subpesca.

Revisa las actividades universitarias en la Agenda Universia



Este viernes se efectuará en Caldera, Región de Atacama, un taller destinado a presentar los avances en el proyecto del Fondo de Investigación Pesquera, FIP, 2008-33 "Evaluación de las condiciones operacionales de cultivo de abalones, en relación a la normativa vigente", cuyo director es Joel Barraza Soto, académico de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Católica del Norte.

La jornada tendrá lugar a partir de las 16 horas, en el salón principal de la Hostería Puerta del Sol, ubicada en Avda. Wheelwright N° 750, Caldera.

El proyecto responde a la necesidad de evaluar y verificar si las restricciones de la actual normativa que rigen para el cultivo de abalón en la zona norte de Chile, reducen los riesgos de las condiciones operacionales de esta actividad en sistemas suspendidos en el mar y los impactos ambientales y sanitarios asociados a ellos como producto de la actividad in situ.

Si bien los abalones, moluscos gastrópodos con hábitos herbívoros, fueron introducidos en Chile en la década de los '80, recién en los últimos diez años han experimentado un gran incremento en su producción, superando las 300 toneladas exportadas anuales, equivalentes a casi 8 millones de dólares.

Cabe recordar que, hasta ahora, el cultivo de abalones en Chile ha sido autorizado en todo el territorio nacional en circuitos controlados (cultivos en tierra), en tanto los sistemas abiertos (suspendidos en el mar) y semicerrados sólo están permitidos en dos zonas de aguas marítimas del país: la X región, y entre los límites norte de la III y sur de la IV regiones.

Edición: *Universia / RR*

Fuente: *Universidad Católica del Norte*

Anexo - 2.25: Publicidad generada para difundir el taller de avances del proyecto en pagina web de Universia.



Anexo - 2.26: Fotografías tomadas durante la realización del taller.



Anexo - 2.27: Fotografías tomadas durante la realización del taller.



ANEXO - 3

PLAN DE ACTIVIDADES



1. Plan de actividades

Las actividades a desarrollarse en el proyecto (agrupadas de acuerdo a cada Objetivo específico) y los tiempos dedicados a ellas, son las siguientes:

Anexo - 3.1: Plan de actividades presentada en la propuesta técnica.

Actividades Objetivos Específicos	HORAS / M E S POR ACTIVIDAD												Total Horas	
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb		Mar
Objetivo Específico 1:														
1.1. Viabilidad gametos		17	17	17	17	17	17	17	17					135
1.2. Madurez gonadal		19	19	19	19	19	19	19	19	19				170
1.3. Grado madurez sexual		17	17	17	17	17	17	17	17	17				155
1.4. Áreas autorizadas								28	28	28	28	28		140
1.5. Capacidad desplazamiento			28	28	28	28	28	28	34	34	34	34	34	170
1.6. Suelo blando						31	31	31	31	31	31	31		155
1.7. Suelo duro		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15		155
1.8. Error método sexaje														
Subtotal 1		67	95	95	95	160	160	188	143	143	43	28	0	1.250
Objetivo Específico 2:														
2.1. Condición sanitaria					22	22	22	22	22	22	22	22	22	130
2.2. Procedimientos sanitarios					101	101	101	101	101	101	101	101	101	130
2.3. Caracterizar bahías								101	101	101	101	101	101	604
2.4. Análisis bahías			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	505
2.5. Competidores/depredadores						34	34	34	48	48	48	48	48	160
2.6. Distancia mínima							27	27	27	27	27	27	27	240
2.7. Biofactores naturales									34	34	34	34	34	240
2.8. Sexo indeterminado									27	27	27	27	27	160
Subtotal 2		0	164	76	76	155	203	252	354	352	197	176	0	2.169
Objetivo Específico 3:														
3.1. Propuesta alternativa sexaje									38	38	38	38		150
Subtotal 3		0	38	38	38	38	0	150						
Otros:														
a. Taller 1				30										30
b. Taller 2								325						325
c. Informe de avance									120					120
d. Preinforme final											150			150
e. Informe final												110		110
Subtotal Otros		0	0	30	0	0	0	325	120	0	0	150	110	735
TOTAL HORAS PROYECTO		209	259	171	171	315	364	560	535	513	602	391	110	4.304



2. Descripción de actividades

La extensión de actividades a desarrollarse en el proyecto y agrupadas de acuerdo a cada Objetivo específico, son las siguientes:

Anexo - 3.2: Descripción y horas aplicadas en el desarrollo del proyecto.

Actividades Objetivos Específicos	Mes	Total Horas
Objetivo Específico 1:		
1.1. Viabilidad gametos	1-8	135
1.2. Madurez gonadal	2-10	170
1.3. Grado madurez sexual	2-10	155
1.4. Áreas autorizadas	8-12	140
1.5. Capacidad desplazamiento	3-8	170
1.6. Suelo blando	6-10	170
1.7. Suelo duro	6-10	155
1.8. Error método sexaje	1-11	155
Objetivo Específico 2:		
2.1. Condición sanitaria	1-3/7-9	130
2.2. Procedimientos sanitarios	3-5/9-11	130
2.3. Caracterizar bahías	2-3/6-7/9-10	604
2.4. Análisis bahías	8-12	505
2.5. Competidores/ depredadores	1-8	160
2.6. Distancia mínima	8-12	240
2.7. Biofactores naturales	4-10	240
2.8. Sexo indeterminado	7-12	160
Objetivo Específico 3:		
3.1. Propuesta alternativa sexaje	9-12	150
Otros:		
a. Taller 1	1	30
b. Taller 2	11	325
c. Informe de avance	8	120
d. Preinforme final	12	150
e. Informe final	13	110



3. Carta Gantt de actividades.

Anexo - 3.3: Carta Gantt de Actividades a Desarrollar.

Actividades Objetivos Específicos	M E S												
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Objetivo Específico 1:													
1.1. Viabilidad gametos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.2. Madurez gonadal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.3. Grado madurez sexual		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.4. Áreas autorizadas								X	X	X	X	X	
1.5. Capacidad desplazamiento				X	X	X	X	X	X	X	X		
1.6. Suelo blando						X	X	X	X	X	X		
1.7. Suelo duro						X	X	X	X	X	X		
1.8. Error método sexaje		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Objetivo Específico 2:													
2.1. Condición sanitaria		X	X				X	X	X	X	X		
2.2. Procedimientos sanitarios									X	X	X		
2.3. Caracterizar bahías					X	X	X		X	X	X	X	
2.4. Análisis bahías								X	X	X	X	X	
2.5. Competidores/ depredadores		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2.6. Distancia mínima									X	X	X	X	
2.7. Biofactores naturales					X	X	X	X	X	X	X	X	
2.8. Sexo indeterminado							X	X	X	X	X	X	X
Objetivo Específico 3:													
3.1 Propuesta alternativa sexaje									X	X	X	X	X
Otros:													
a. Taller 1				X									
b. Taller 2													
c. Informe de avance										X			
d. Preinforme final												X	
e. Informe final													X



4. Actividades y tiempos por participantes.

Las actividades y tiempos por participantes están en la tabla siguiente:

Anexo - 3.4: Actividades y tiempos comprometidos por los participantes.

Actividades por Objetivos Específicos	Barraza	Drago	Illanes	Akaboshi	Moraga	Rojas	Uribe	Godoy	Hurtado	Avalos	Ayud.	Otros
Objetivo Específico 1:												
1.1. Viabilidad gametos	10	25	10					10			80	
1.2. Madurez gonadal	10	25	20	25				10			80	
1.3. Grado madurez sexual	10	25		25				15			80	
1.4. Áreas autorizadas	20	25						15			80	
1.5. Capacidad desplazamiento	30	25						15			100	
1.6. Suelo blando	30	25						15			100	
1.7. Suelo duro	15	25						15			100	
1.8. Error método sexaje	15	25						15			100	
Subtotal 1	140	200	30	50	0	0	0	110	0	0	720	0
Objetivo Específico 2:												
2.1. Condición sanitaria						60			70			
2.2. Procedimientos sanitarios						60			70			
2.3. Caracterizar bahías					50		30			30	400	94
2.4. Análisis bahías					25		40			40	400	
2.5. Competidores/ depredadores	15	25						20			100	
2.6. Distancia mínima	15	25					40	20		40	100	
2.7. Biofactores naturales	15	25					40	20		40	100	
2.8. Sexo indeterminado	15	25						20			100	
Subtotal 2	60	100	0	0	75	120	150	80	140	150	1.200	94
Objetivo Específico 3:												
3.1. Propuesta alternativa sexaje	60	60	30									
Subtotal 4.3	60	60	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros:												
a. Taller 1	15	15										
b. Taller 2	50	75	20	15	15	15	20	110				
c. Informe de avance	25	50	10	15	10	20	15	20				
d. Preinforme final	20	30	20			20	15	20				
e. Informe final	20	50						20				
Subtotal Otros	130	220	50	30	25	55	50	170	0	0	0	0
TOTAL HORAS PROYECTO	395	580	110	80	100	175	200	360	140	150	1.920	94



**UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
SEDE COQUIMBO
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**