

# **INFORME FINAL**

**PROYECTO FIP 2008-52**

**“EVALUACIÓN DE PRADERAS Y PROPOSICIÓN DE ESTRATEGIAS  
DE SUSTENTABILIDAD DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA V Y VI  
REGIONES”**

**- Julio 2011 -**

## **REQUIRENTE**

---

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA, CIP**

**FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA, FIP**

**Presidente del Consejo: Pablo Alberto Galilea Carrillo, Subsecretario de Pesca**

## **EJECUTOR**

---

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MARINA**

**UNIVERSIDAD ARTURO PRAT**

**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**PUERTO MONTT**

## **COLABORACIÓN**

---

**SUBSECRETARÍA DE PESCA**

**SERVICIO NACIONAL DE PESCA VI REGIÓN**

**ORGANIZACIONES DE PESCADORES DE LA V REGIÓN**

**ORGANIZACIONES DE PESCADORES DE LA VI REGIÓN**

## **JEFE DE PROYECTO**

---

**Dr. Julio Vásquez C.**

## **AUTORES**

---

**Julio Vásquez**

**Marcela Ávila**

**Julián Cáceres**

**Sebastián Abades**

**María Inés Piel**

**Nicole Piaget**

**Dení Rodríguez**

**Alonso Vega**

## RESUMEN EJECUTIVO

Desarrollar el conocimiento biológico y ecológico de un recurso marino junto con establecer su importancia socio-económica son elementos claves para implementar medidas de administración y regulación pesquera de las poblaciones naturales. Es en este contexto que el presente estudio tiene como objetivo general “Evaluar las praderas de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI Regiones y proponer estrategias para su explotación sustentable”. Así, este informe da cuenta de los distintos objetivos específicos solicitados para cumplir con este objetivo general.

### **1. Georeferenciar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI Regiones.**

Las prospecciones y el monitoreo de algas carragenófitas en el área de estudio fueron enfocados al estudio de las praderas de *Mazzaella laminarioides*, la especie más conspicua y abundante de la franja intermareal intermedia, la única con impacto socio-económico, y que forma praderas. Aunque, durante el desarrollo del proyecto se continuó prospectando los sectores de trabajo de los usuarios, no se detectó la presencia de praderas explotadas de otras algas carragenófitas.

Las localidades seleccionadas para determinar el grado de intervención de las praderas de *M. laminarioides* (y su comunidad asociada), muestran distintos escenarios de explotación: (1) áreas con praderas sin explotación ubicadas en Áreas Marinas Protegidas (e.g. Montemar); (2) áreas con AMERB que incluyen a *M. laminarioides* en el plan de manejo y explotación (e.g. Topocalma, Pichilemu); (3) áreas con AMERB que excluyen a *M. laminarioides* en los planes de manejo y explotación, y que prohíben su cosecha (e.g. Horcón, Playa chica de Quintay); (4) áreas de libre acceso con praderas de *M. laminarioides* que son cosechadas mensualmente por los usuarios (e.g. Matanzas, Bucalemu); y (5) áreas de libre acceso con praderas de *M. laminarioides* que no son cosechadas (e.g. La Laguna de Zapallar).

Los patrones de distribución y abundancia de *M. laminarioides* en los distintos escenarios muestran efectos diferenciales causado por perturbaciones antropógenicas (e.g. cosecha) y naturales (terremoto y maremoto del 27.02.10) sobre la dinámica de las praderas.

## **2. Establecer estimadores de abundancia, biomasa y productividad en las principales praderas de algas carragenófitas de la V y VI Regiones.**

La biomasa vegetativa de *M. laminarioides* domina en el gradiente latitudinal sobre la biomasa reproductiva, con una dominancia gametofítica en todas las poblaciones estudiadas que es favorecida cuando las praderas no son intervenidas. Los patrones temporales de biomasa vegetativa muestran un ciclo estacional bien marcado con un máximo estival. La biomasa cistocárpica presenta un desfase de dos meses con respecto al máximo vegetativo. En cambio, la biomasa tetraspórica con un ciclo más atenuado, presenta un desfase de cuatro meses respecto al máximo vegetativo.

La abundancia de frondas vegetativas de *M. laminarioides* es dominante y constante durante el ciclo anual superando en un orden de magnitud la abundancia de frondas reproductivas. La densidad de frondas tetraspóricas y cistocárpicas presenta un máximo anual en mayo y otro en septiembre. La abundancia de frondas reproductivas es similar en las praderas de la VI Región, mientras que en la V Región las frondas cistocárpicas dominan sobre las tetraspóricas.

Las frondas de mayor tamaño ocurren en las praderas no intervenidas de *M. laminarioides* (La Laguna de Zapallar y Montemar), mientras que en praderas intervenidas las tallas de las frondas son menores (Bucalemu). Las estructuras de tallas durante el ciclo anual responden a dinámicas locales, independiente del grado de intervención de la pradera. Esto implica que: a) los efectos de la explotación son compensados rápidamente por crecimiento vegetativo de frondas no cosechadas; b) las perturbaciones naturales de áreas no explotadas serían equivalentes a los efectos de perturbación por cosecha; c) los potenciales efectos de explotación son aparentes y el grado de intervención real del recurso es marginal.

En general se observó una alta ocurrencia de eventos de aparición de nuevos discos crustosos de *M. laminarioides*, sobre el 60% en todos los períodos.

### **3. Caracterizar el comportamiento reproductivo de las algas carragenófitas en la zona de estudio.**

Las estructuras reproductivas en las frondas cistocarpicas de *M. laminarioides* muestran un máximo en verano, mientras que en las frondas tetraspóricas en otoño-invierno. El proceso de esporulación durante el ciclo anual comienza con la maduración de las estructuras reproductivas en primavera y continúa con la liberación de esporas en verano, finalizando en otoño con un claro dominio de estructuras esporuladas. En invierno nuevas frondas comienzan un nuevo ciclo de maduración.

La producción de esporas y viabilidad es mínima durante el máximo de abundancia de estructuras reproductivas maduras (primavera), probablemente debido a las condiciones ambientales desfavorables. En cambio, la producción de esporas y viabilidad es máxima en otoño-invierno, lo cual sugiere un desfase semestral necesario para producir reclutas viables en las praderas. Por otra parte la poda de frondas no afectó la regeneración de frondas desde el disco crustoso de *M. laminarioides*, lo cual sugiere que la regeneración de frondas es un mecanismo importante de mantención poblacional de las praderas, que complementa las estrategias reproductivas del ciclo de vida.

### **4. Determinar períodos óptimos de cosecha y criterios de extracción para algas carragenófitas**

En términos de prácticas de manejo, es recomendable que la explotación de *M. laminarioides* se realice en primavera-verano, con posterioridad a los máximos observados para los ciclos de maduración de estructuras reproductivas, producción de esporas y viabilidad. Cabe señalar que las actividades de poda experimental sugieren que la extracción de frondas en esta temporada se recobraría en un plazo de seis meses. Sin embargo, la mayor frecuencia de oscilación mostrada por el ciclo de maduración de frondas cistocárpicas, hace

recomendable la práctica de rotación de sitios extractivos, con el fin de evitar la supresión de la onda de maduración primaveral de la fase cistocárpica.

Se aprecia que praderas intervenidas y no intervenidas, se diferencian estructuralmente en el sentido de la relación existente entre el latente poblacional y los indicadores de diversidad de flora y fauna. Esto sugiere que la condición de intervención tendría un efecto indirecto negativo sobre otras componentes ecológicas del sistema. Posiblemente esto se deba a que la acción de intervención por parte de extractores no sólo se limita a la remoción de algas, sino de otros recursos asociados. También es razonable suponer que la pérdida de biomasa y/o densidad de luga podría reducir la facilitación del establecimiento y mantención de otras especies, lo que podría sugerir un rol estructurador de esta especie en el paisaje intermareal.

#### **5. Establecer indicadores de impacto biológico pesquero por remoción de algas carragenofitas en la zona de estudio.**

El estudio muestra que, para *M. laminarioides*, las variables indicadoras relevantes a monitorear deberían ser la biomasa y densidad poblacional y la proporción de frondas maduras esporuladas para ambos tipos de pradera. La importancia de los indicadores de flora y fauna sólo fueron relevantes en praderas intervenidas. En consecuencia, es importante notar que en el proceso de selección de modelos relacionales alternativos, y posterior reducción de complejidad, se obtuvieron estructuras equivalentes tanto para praderas intervenidas como no intervenidas, salvo por el sentido de correlación del modelo estructural interno. Es interesante notar que no se detectaron vías indirectas, lo que favorece la interpretación de la información integrada a partir de bases de datos de distinta naturaleza. Se observa que los indicadores poblacionales estarían correlacionados con los indicadores biológicos a nivel de "individuos" de manera independiente a las relaciones que se establecen con los indicadores ecológicos a nivel comunitario.

#### **6. Describir, identificar y caracterizar la diversidad y abundancia de invertebrados asociados a praderas de algas carragenofitas.**

En general, el litoral rocoso de la V y VI Región está dominado por ambientes intermareales y submareales expuestos al oleaje con un patrón de zonación y diversidad (fauna y flora), previamente descrito, que caracteriza la costa central de Chile. Las praderas intermareales de algas carragenófitas están caracterizadas por un cinturón muy conspicuo de *M. laminarioides*. No fueron detectadas praderas submareales de otras algas carragenófitas (e.g. *Sarcothalia*). Un análisis de la diversidad biológica (presencia de especies) del sistema intermareal rocoso del área de estudio muestra que las praderas de *M. laminarioides* podrían tener un rol como especie fundacional o de ingeniero ecosistémico.

Se detecta una variación espacial y temporal en la diversidad de especies asociadas a las praderas de *M. laminarioides* monitoreadas a lo largo de la V y VI región. Esta variabilidad está determinada por procesos bióticos (e.g. predación o competencia) y abióticos (e.g. disponibilidad de nutrientes) locales regulados por factores climáticos (e.g. El Niño Oscilación del Sur) o perturbaciones naturales (e.g. maremoto 27.02.10) y/o antropogénicas (e.g. turismo, cosecha de algas, mariscadores, urbanismo) que actúan en sinergia produciendo una matriz de paisajes en distintos estados sucesionales, que dan forma a la diversidad local y regional del área de estudio.

#### **7. Caracterizar y cuantificar el esfuerzo pesquero aplicado sobre las algas (aspectos socio-económicos, estacionalidad del trabajo, arte de pesca, distribución geográfica).**

Durante el período de estudio, de acuerdo a la encuesta realizada a los recolectores, la pesquería de algas carragenófitas en el área de estudio se centra en una sola especie la luga cuchara *Mazzaella laminarioides*. La extracción de luga cuchara se realiza manualmente recolectando con la mano los talos más grandes y dejando en el sustrato los talos pequeños adheridos al disco crustoso.

La cosecha de luga se realiza durante las mareas bajas y medias bajas del mes. Los volúmenes recolectados de luga varían dependiendo del sector, con un mínimo de cosecha de

10-25 Kg de alga a un máximo de 35-100 Kg de alga. El precio puesto en playa por kilo de luga varió entre sectores, centrándose en un precio promedio de \$200 pesos.

La caracterización socio-económica de los recolectores de algas carragenófitas, muestra que esta pesquería es realizada preferentemente por mujeres. Independiente de este indicador, la mitad de los encuestados esta afiliado a una organización y cerca del 70% esta en el registro pesquero artesanal (RPA). El nivel de escolaridad predominante es básica incompleta, aunque hay una fracción representativa de los usuarios que alcanza niveles de básica completa y media incompleta o completa. La categoría de RPA dominante es la de recolector de orilla, aún cuando también participan buzos y pescadores. Los usuarios aprenden a recolectar luga desde muy jóvenes, lo cual se refleja en los años que realizan esta actividad. Una lugera cosecha un promedio de 40 kilos de alga seca que representa un ingreso diario aproximado de \$ 8.000 pesos.

Además de cosechar luga cuchara como recurso carragenofita, los algueros en el área de estudio complementan sus ingresos con la extracción de otros recursos pesqueros, preferentemente otras algas tales como el cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y la chasca (*Gelidium spp*). El maremoto ocurrido el 27.02.10 explica el número de usuarios encuestados durante el período de estudio, además dificultó el desarrollo del análisis socio-económico de los usuarios y de la cadena productiva.

#### **8. Describir las redes de comercialización y demanda de algas carragenófitas en la zona de estudio.**

Más del 95% del desembarque en el área de estudio corresponde a *M. laminariodes*, la cual presenta una estacionalidad extractiva con máximos en verano y mínimos en invierno. La cadena productiva presenta tres niveles laborales, previamente identificados para otras algas de importancia económica (e.g. algas pardas): 1. recolectores o algueros; 2. Intermediarios; 3. plantas comercializadoras o de proceso. La identificación de las plantas de proceso y de las comercializadoras fue difícil, puesto que no hay registros de las empresas que se dedican a

esta actividad en la zona, y porque el terremoto y maremoto del 27.02.10 generó un impacto social y económico en el área de estudio de baja resiliencia.

**9. Determinar las zonas de mayor potencial conflictivo por acceso de diferentes usuarios al recurso en la V y VI Región.**

El análisis detecta que el trabajo de las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero de las regiones de Valparaíso y O'Higgins se encuentra detenido. Si bien están constituidas las comisiones, estas funcionan a la voluntad de la autoridad de turno, siendo relevadas o no, estando hoy sólo concentradas en levantar los D.S. para asignación de las zonas aptas para el ejercicio de la Acuicultura (AAA). Los principales conflictos tienen relación con la privatización del borde costero y la factibilidad de acceso al borde costero.

**10. Establecer un sistema de monitoreo en terreno con registro de las operaciones de recolección de alga varada y extraída (cosecha diaria total por recurso, alguero/a, buzo y embarcación para cada área de pesca), de transporte (cantidad total de recurso recolectado y transportado por área de pesca) y de los desembarques (cantidad o volumen, precio de venta y destino por recurso alguero/a, buzo extractor) asociados a las principales praderas de algas carragenófitas en explotación en la zona de estudio.**

El sistema de monitoreo en terreno propuesto para el registro de cosecha de algas carragenofitas considera la división del litoral de la V y VI Región en Zonas de Operación Extractiva (ZOE); y acciones de control a través de la cadena productiva, utilizando Formularios de Operación de Cosecha (FOC) y Formularios de Comercialización y Abastecimiento (AC-F). Complementariamente se sugiere instruir monitores, designados por las propias organizaciones, quienes tienen el rol de recolectar la información pesquera en las ZOE a través del registro de los desembarques, acceso y origen de las cosechas (AMERB ó ALA); considerando el método de extracción, la especie y los intermediarios autorizados (Con RPA y Código SIEP). Esto permitirá establecer un sistema de recolección de datos, mediante el

uso de FOC y AC-F elaborados por el SERNAPESCA, para el registro de la información necesaria para llevar el control del desembarque y del esfuerzo de pesca.

#### **11. Coordinar reuniones con los actores locales para la elaboración e implementación de un plan de administración de la pesquería de algas carragenófitas de las V y VI Regiones.**

Se propone un plan de manejo sustentado en salvaguardar los procesos biológicos y ecológicos que permiten la auto-regeneración de las praderas explotadas de *M. laminarioides*, extendible a otras algas carragenofitas. Esta propuesta debe ser discutida y analizada en conjunto en una mesa de diálogo con las autoridades públicas del sector pesquero artesanal. Desde esta perspectiva, se proponen indicadores y acciones para monitorear las praderas de algas carragenofitas, a través de un plan de administración pesquera, promoviendo el manejo intuitivo del recurso por recolectores/buzos/pescadores artesanales en el área de estudio. Complementariamente, este plan de manejo propone acciones que intentan facilitar las labores de fiscalización y control por parte de la autoridad pesquera administrativa a través de un sistema de monitoreo en terreno.

El plan de manejo recomienda indicadores de cosecha conservadores para asegurar el normal funcionamiento de los procesos biológicos y ecológicos de las praderas intervenidas.

Finalmente, la discusión con los actores locales en la elaboración e implementación de este plan de administración de la pesquería de algas carragenófitas de las V y VI Regiones fue inesperadamente interrumpida por el terremoto y maremoto del 27.02.10 que afectó social y económicamente a los usuarios de este recurso en el área de estudio.

## ÍNDICE

<b>INDICE</b>	12
<b>INDICE DE TABLAS</b>	17
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	21
<b>1. OBJETIVOS</b>	32
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL</b>	32
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	32
1.2.1. Georeferenciar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI Regiones.	32
1.2.2. Establecer estimadores de abundancia, biomasa y productividad en las principales praderas de algas carragenófitas de la V y VI Regiones.	32
1.2.3. Caracterizar el comportamiento reproductivo de las algas carragenófitas en la zona de estudio.	32
1.2.4. Determinar períodos óptimos de cosecha y criterios de extracción para algas carragenófitas.	32
1.2.5. Establecer indicadores de impacto biológico pesquero por remoción de algas carragenófitas en la zona de estudio.	32
1.2.6. Describir, identificar y caracterizar la diversidad y abundancia de invertebrados asociados a praderas de algas carragenófitas.	32
1.2.7. Caracterizar y cuantificar el esfuerzo pesquero aplicado sobre las algas (aspectos socio-económicos, estacionalidad del trabajo, arte de pesca, distribución geográfica).	33
1.2.8. Describir las redes de comercialización y demanda de algas carragenófitas en la zona de estudio.	33
1.2.9. Determinar las zonas de mayor potencial conflictivo por acceso de diferentes usuarios al recurso.	33
1.2.10. Establecer un sistema de monitoreo en terreno con registro de las operaciones de recolección de alga varada y extraída (cosecha diaria total por recurso, alguero/a, buzo y embarcación para cada área de pesca), de transporte (cantidad total de recurso recolectado y transportado por área de pesca) y de los desembarques (cantidad o volumen, precio de venta y destino por recurso alguero/a, buzo extractor) asociados a las principales praderas de algas carragenófitas en explotación en la zona de estudio.	33
1.2.11. Coordinar reuniones con los actores locales para la elaboración e implementación de un plan de administración de la pesquería de algas carragenófitas de la V y VI Regiones.	33
<b>2. ANTECEDENTES GENERALES</b>	34
<b>3. METODOLOGIA</b>	40
<b>3.1. GEOREFERENCIAR LAS PRINCIPALES ÁREAS DE EXTRACCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EL LITORAL DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 1).</b>	40
3.1.1. Recopilación de la información existente para determinar y caracterizar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en la V y VI Regiones.	40

3.1.2. Reconocimiento en terreno de las zonas de explotación, considerando los recursos asociados a las praderas de algas carragenófitas (e.g. *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis*, *Mastocarpus*). 44

3.1.3. Integración de la información del recurso algas carragenófitas (*Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis* y *Mastocarpus*) en un Sistema de Información Geográfica (SIG). 44

### **3.2. ESTABLECER ESTIMADORES DE ABUNDANCIA, BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD EN LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).** 46

3.2.1. Reconocimiento y prospección de la zona de estudio. 46

3.2.2. Selección, Georeferenciación y delimitación de las praderas seleccionadas. 46

3.2.3. Descripción de las características propias de cada pradera referente a su distribución geográfica, tamaño, profundidad, tipo de sustrato, grado de exposición y distribución mareal entre otros. 48

3.2.4. Descripción de las variaciones de abundancia, biomasa, densidad, estructura de tallas y estados reproductivos en praderas de algas carragenófitas. 49

3.2.5. Muestreos poblacionales de algas carragenófitas. 52

3.2.6. Estimación de la mortalidad natural de las praderas. 59

3.2.7 Considerar áreas de manejo que tengan como recurso objetivo algas carragenófitas. 62

### **3.3. CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 3).** 64

3.3.1. Época reproductiva por fase y por recurso. 64

3.3.2 Abundancia y tamaño mínimo de frondas con estructuras reproductivas por fase. 65

3.3.3. Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas por fase. 67

3.3.4. Grado de maduración de las estructuras reproductivas en un período anual. 68

3.3.5. Viabilidad y germinación de los diferentes tipos de esporas, en un período anual. 69

### **3.4 DETERMINAR PERÍODOS ÓPTIMOS DE COSECHA Y CRITERIOS DE EXTRACCIÓN PARA LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).** 71

3.4.1 Tasa de crecimiento vegetativo de las fases gametofítica y esporofítica. 71

3.4.2. Formas y capacidad de propagación e importancia del reclutamiento en el aporte de biomasa anual. 73

3.4.3. Efecto de la poda y capacidad de recuperación a través del crecimiento vegetativo. 74

3.4.4. Ciclo productivo de los recursos y seguimiento de la variación de biomasa y densidad así como de la estructura de tallas. 76

### **3.5. ESTABLECER INDICADORES DE IMPACTO BIOLÓGICO PESQUERO POR REMOCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 5).** 77

3.5.1 Modelo relacional. 77

3.5.2 Impacto antrópico. 78

3.5.3. Consideraciones generales para la evaluación del impacto biológico-pesquero. 79

<b>3.6. DESCRIBIR, IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE INVERTEBRADOS ASOCIADOS A PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).</b>	80
3.6.1. Caracterización de la flora y fauna intermareal y submareal rocosa del entorno de las praderas de algas carragenófitas.	81
3.6.2. Caracterización de macroinvertebrados asociados a praderas de algas carragenófitas.	81
<b>3.7. CARACTERIZAR Y CUANTIFICAR EL ESFUERZO PESQUERO APLICADO SOBRE LAS ALGAS (ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS, ESTACIONALIDAD DEL TRABAJO, ARTE DE PESCA, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA) (OBJETIVO ESPECÍFICO 7).</b>	83
3.7.1. Caracterización y cuantificación del esfuerzo pesquero.	83
<b>3.8. DESCRIBIR LAS REDES DE COMERCIALIZACIÓN Y DEMANDA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.</b>	84
<b>3.9. DETERMINAR LAS ZONAS DE MAYOR POTENCIAL CONFLICTIVO POR ACCESO DE DIFERENTES USUARIOS AL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 9).</b>	85
<b>3.10. ESTABLECER UN SISTEMA DE MONITOREO EN TERRENO CON REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE RECOLECCIÓN DE ALGA VARADA Y EXTRAÍDA (COSECHA DIARIA TOTAL POR RECURSO, ALGUERO/A, BUZO Y EMBARCACIÓN PARA CADA ÁREA DE PESCA), DE TRANSPORTE (CANTIDAD TOTAL DE RECURSO RECOLECTADO Y TRANSPORTADO POR ÁREA DE PESCA) Y DE LOS DESEMBARQUES (CANTIDAD O VOLUMEN, PRECIO DE VENTA Y DESTINO POR RECURSO ALGUERO/A, BUZO EXTRACTOR) ASOCIADOS A LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EXPLOTACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.</b>	86
<b>3.11. COORDINAR REUNIONES CON LOS ACTORES LOCALES PARA LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE LA PESQUERÍA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES.</b>	86
<b>3.12. TALLER METODOLÓGICO</b>	87
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	89
<b>4.1. GEOREFERENCIAR LAS PRINCIPALES ÁREAS DE EXTRACCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EL LITORAL DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 1).</b>	89
4.1.1. Recopilación de la información existente para determinar y caracterizar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en la V y VI Regiones.	90
4.1.2. Reconocimiento en terreno de las zonas de explotación, considerando los recursos asociados a las praderas de algas carragenófitas (e.g. <i>Mazzaella</i> , <i>Sarcothalia</i> , <i>Ahnfeltiopsis</i> y <i>Mastocarpus</i> ).	95
4.1.3. Integración de la información del recurso algas carragenófitas ( <i>Mazzaella</i> , <i>Sarcothalia</i> , <i>Ahnfeltiopsis</i> y <i>Mastocarpus</i> ) en un Sistema de Información Geográfica (SIG).	96

<b>4.2. ESTABLECER ESTIMADORES DE ABUNDANCIA, BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD EN LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).</b>	98
4.2.1. Reconocimiento y prospección de la zona de estudio.	98
4.2.2. Selección, Georeferenciación y delimitación de las praderas seleccionadas.	101
4.2.3. Descripción de las características propias de cada pradera referente a su distribución geográfica, tamaño, profundidad, tipo de sustrato, grado de exposición y distribución mareal	103
4.2.4. Descripción de las variaciones de abundancia, biomasa, densidad, estructura de tallas y estados reproductivos en praderas de algas carragenófitas.	110
4.2.5 Muestreos poblacionales de algas carragenófitas.	112
4.2.6. Estimación de la mortalidad natural en las praderas monitoreadas.	139
4.2.7 Considerar áreas de manejo que tengan como recurso objetivo algas carragenófitas.	144
<b>4.3. CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS ALGAS CARRAGENOFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 3).</b>	145
4.3.1. Época reproductiva por fase y por recurso.	145
4.3.2 Abundancia y tamaño mínimo de frondas con estructuras reproductivas por fase.	145
4.3.3. Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas por fase.	154
4.3.4. Grado de Maduración de las estructuras reproductivas en un periodo anual.	170
4.3.5 Viabilidad y germinación de los diferentes tipos de esporas en un periodo anual.	176
<b>4.4. DETERMINAR PERÍODOS ÓPTIMOS DE COSECHA Y CRITERIOS DE EXTRACCIÓN PARA LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).</b>	182
4.4.1 Tasa de crecimiento vegetativo de las fases gametofítica y esporofítica.	182
4.4.2. Formas y capacidad de propagación e importancia del reclutamiento en el aporte de biomasa anual.	186
4.4.3. Efecto de la poda y capacidad de recuperación a través del crecimiento vegetativo.	197
4.4.4. Ciclo productivo de los recursos y seguimiento de la variación de biomasa y densidad así como de la estructura de tallas.	198
<b>4.5. ESTABLECER INDICADORES DE IMPACTO BIOLÓGICO PESQUERO POR REMOCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 5).</b>	200
<b>4.6. DESCRIBIR, IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE INVERTEBRADOS ASOCIADOS A PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).</b>	207
4.6.1. Caracterización de la flora y fauna intermareal y submareal rocosa del entorno de las praderas de algas carragenófitas.	207
4.6.2. Caracterización de macroinvertebrados asociados a praderas de algas carragenófitas.	215
<b>4.7. CARACTERIZAR Y CUANTIFICAR EL ESFUERZO PESQUERO APLICADO SOBRE LAS ALGAS (ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS, ESTACIONALIDAD DEL TRABAJO, ARTE DE PESCA, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA) (OBJETIVO ESPECÍFICO 7).</b>	227
4.7.1. Estadísticas de desembarque de algas carragenófitas.	227
4.7.2. Caracterización y cuantificación del esfuerzo pesquero.	229

<b>4.8. DESCRIBIR LAS REDES DE COMERCIALIZACIÓN Y DEMANDA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 8).</b>	235
4.8.1. Cadena productiva.	235
<b>4.9. DETERMINAR LAS ZONAS DE MAYOR POTENCIAL CONFLICTIVO POR ACCESO DE DIFERENTES USUARIOS AL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 9).</b>	238
4.9.1. Comisión Regional del Uso del Borde Costero. REGIÓN DE VALPARAÍSO.	239
4.9.5. Comisión Regional del Uso del Borde Costero REGIÓN DE O´HIGGINS.	241
4.9.6. Algunos conflictos de usos identificados para estas regiones, incluye un catastro realizado por sernatur.	247
<b>4.10. ESTABLECER UN SISTEMA DE MONITOREO EN TERRENO CON REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE RECOLECCIÓN DE ALGA VARADA Y EXTRAÍDA (COSECHA DIARIA TOTAL POR RECURSO, ALGUERO/A, BUZO Y EMBARCACIÓN PARA CADA ÁREA DE PESCA), DE TRANSPORTE (CANTIDAD TOTAL DE RECURSO RECOLECTADO Y TRANSPORTADO POR ÁREA DE PESCA) Y DE LOS DESEMBARQUES (CANTIDAD O VOLUMEN, PRECIO DE VENTA Y DESTINO POR RECURSO ALGUERO/A, BUZO EXTRACTOR) ASOCIADOS A LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EXPLOTACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.</b>	258
4.10.1. Sistema de monitoreo en terreno a través de la cadena productiva.	259
<b>4.11. COORDINAR REUNIONES CON LOS ACTORES LOCALES PARA LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE LA PESQUERÍA DE ALGAS CARRAGENOFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECIFICO 11).</b>	265
4.11.1. Proposición de un plan de administración de la pesquería de algas carragenofitas.	265
<b>5. CONCLUSIONES</b>	276
<b>6. REFERENCIAS</b>	285
<b>7. COMPOSICIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO</b>	294
<b>8. FIGURAS</b>	295

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Proyectos relacionados a algas marinas que presentan bases de datos de abundancia, distribución y comunidades asociadas a sus praderas.	42
<b>TABLA 2.</b> Categorías superiores de la escala granulométrica de Wentworth-Uden (modificada) que esta siendo empleada en este estudio.	48
<b>TABLA 3.</b> Escala de evaluación de exposición al oleaje para las localidades de estudio en función a una escala de indicador biológico.	49
<b>TABLA 4.</b> Definición de transiciones según proceso ecológico más plausible.	62
<b>TABLA 5.</b> Resumen de proyectos financiados y aprobados que han estudiado macroalgas productoras de carrageninas (e.g. <i>Mazzaella</i> , <i>Sarcothalia</i> , <i>Ahnfeltiopsis</i> , <i>Mastocarpus</i> ).	93
<b>TABLA 6.</b> Ubicación geográfica de los lugares prospectados en la V y VI Regiones.	98
<b>TABLA 7.</b> Coordenadas geográficas del sitio de estudio de cada pradera seleccionada para el monitoreo de <i>Mazzaella laminarioides</i> . Se indica además, nombre de la localidad, Región y medida administrativa instaurada en el sector.	102
<b>TABLA 8.</b> Tipos de sustrato predominante en las localidades en estudio.	109
<b>TABLA 9.</b> Variables físicas de las principales áreas de extracción de carragenófitas visitadas.	110
<b>TABLA 10.</b> Biomasa promedio (g/m <sup>2</sup> ) de <i>M. laminarioides</i> . Se detallan valores por fase.	118
<b>TABLA 11.</b> Análisis de la varianza de dos vías para la biomasa cistocárpicas de <i>M. laminarioides</i> .	119
<b>TABLA 12.</b> Análisis de la varianza de un factor. Variable de respuesta: biomasa total.	120
<b>TABLA 13.</b> Análisis de la varianza de dos factores para biomasa total de <i>M. laminarioides</i> .	120
<b>TABLA 14.</b> Análisis de la varianza de un factor. Biomasa total (sin desglose por fase) como variable de respuesta.	121
<b>TABLA 15.</b> Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para la biomasa de frondas de <i>M. laminarioides</i> .	122
<b>TABLA 16.</b> Densidad promedio (frondas/m <sup>2</sup> ) de <i>M. laminarioides</i> . Se detallan valores por fase.	128
<b>TABLA 17.</b> Análisis de la varianza de dos vías para biomasa de <i>M. laminarioides</i> .	129
<b>TABLA 18.</b> Análisis de la varianza de un factor. Variable de respuesta: densidad total.	130
<b>TABLA 19.</b> Análisis de la varianza de dos factores para biomasa total de <i>M. laminarioides</i> .	130

<b>TABLA 20.</b> Análisis de la varianza de un factor. Densidad total (sin desglose por fase) como variable de respuesta.	131
<b>TABLA 21.</b> Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para la densidad de frondas de <i>M. laminarioides</i> .	132
<b>TABLA 22.</b> Largo promedio de frondas de <i>M. laminarioides</i> . Se detallan las estimaciones de promedio aritmético y un desvío estándar para frondas vegetativas, tetraspóricas y cistocárpicas.	136
<b>TABLA 23.</b> Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para los largos de frondas de <i>M. laminarioides</i> .	137
<b>TABLA 24.</b> Patrones de co-ocurrencia temporal de los períodos de máxima elongación de frondas de <i>M. laminarioides</i> . La comparación se realiza entre localidades y por separado para cada fase de frondas.	138
<b>TABLA 25.</b> Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta: proporción de casos de aumento en diámetro de disco de adhesión.	140
<b>TABLA 26.</b> Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta es el número de casos donde se verificó el aumento en abundancia de discos de adhesión.	141
<b>TABLA 27.</b> Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta es el número de casos donde se verificó el aumento en número de frondas por disco de adhesión.	142
<b>TABLA 28.</b> Aportes proporcionales de los procesos ecológicos inferidos según frecuencia de ocurrencias de cambios de estado para combinaciones de número y diámetro de discos. Proporción esperada fue estimada por aleatorización. Se presentan dos errores estándar entre paréntesis.	143
<b>TABLA 29.</b> Variables seleccionadas en proceso de modelamiento log-lineal. Análisis realizados separadamente para la fase vegetativa, tetraspórica y cistocárpica de <i>M. laminarioides</i> .	154
<b>TABLA 30.</b> Variables explicativas finales después de proceso de selección de variables a partir de modelo saturado.	169
<b>TABLA 31.</b> Densidad de reclutas observados durante Septiembre del 2010, en la V y VI región.	186
<b>TABLA 32.</b> Tamaño promedio de reclutas observado durante el muestreo de Septiembre del 2010 en las localidades de la V y VI región.	188
<b>TABLA 33.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la La Laguna durante los meses de muestreo.	189

<b>TABLA 34.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Horcón durante los meses de muestreo.	190
<b>TABLA 35.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Montemar durante los meses de muestreo.	191
<b>TABLA 36.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Playa Chica de Quintay durante los meses de muestreo.	192
<b>TABLA 37.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Matanza durante los meses de muestreo.	193
<b>TABLA 38.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Matanza durante los meses de muestreo.	194
<b>TABLA 39.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de Pichilemu durante los meses de muestreo.	195
<b>TABLA 40.</b> Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de Bucalemu durante los meses de muestreo.	196
<b>TABLA 41.</b> Análisis de la varianza para evaluar la recuperación de frondas en paradera de <i>M. laminarioides</i> sometidas a poda experimental. Variable de respuesta corresponde al largo promedio de frondas.	198
<b>TABLA 42.</b> Biomasa productiva de las praderas de la V región durante el periodo de estudio, y separadas por fase reproductiva.	199
<b>TABLA 43.</b> Biomasa productiva de las praderas de la VI región durante el periodo de estudio, y separadas por fase reproductiva.	200
<b>TABLA 44.</b> Listado de variables indicadoras organizadas en variables latentes.	202
<b>TABLA 45.</b> Unidimensionalidad de los constructos latentes.	203
<b>TABLA 46.</b> Indicadores de bondad de ajuste para los modelos relacionales de praderas intervenidas y no intervenidas de <i>M. laminarioides</i> .	203
<b>TABLA 47:</b> Indicadores de ajuste para el modelo estructural (modelo interno) de los análisis PLSPM para praderas intervenidas y no intervenidas.	204
<b>TABLA 48.</b> Parámetros de importancia relativa para modelo externo del análisis PLSPM.	205
<b>TABLA 49.</b> Biodiversidad florística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.	211
<b>TABLA 50.</b> Biodiversidad faunística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.	213

<b>TABLA 51.</b> Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.	216
<b>TABLA 52.</b> Nombre científico, nombre común y desembarque promedio anual (media $\pm$ desviación estándar) por Región en el área de estudio. (Fuente: Anuario Estadístico Sernapesca)	230
<b>TABLA 53.</b> Ubicación geográfica de los sectores donde se efectuó la caracterización socio-económica de los usuarios recolectores de algas carragenófitas (solo se recolecta <i>Mazzaella laminarioides</i> ).	231
<b>TABLA 54.</b> Caracterización socio-económica preliminar de los usuarios recolectores de algas carragenófitas.	233
<b>TABLA 55.</b> Otros ingresos. Caracterización socio-económica de los usuarios recolectores de algas carragenófitas.	234
<b>TABLA 56.</b> Cuadro resumen de los actores relevantes del borde costero en regiones de Valparaíso y O'Higgins	257
<b>TABLA 57.</b> Información Actores Comunales relacionados al Borde Costero en regiones de Valparaíso y O'Higgins.	257
<b>TABLA 58.</b> Código (ID), coordenadas geográficas (UTM) y nombre de las Zonas de Operación Extractivas (ZOE) por Región. (Coordenadas Latitudinales de Proyección UTM, Datum WGS84, Zona 19 Sur).	259

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Diseño de muestreo para evaluar las praderas de algas carragenófitas en ambientes intermareales propuesto para cumplir con lo solicitado en los Términos Básicos de Referencia (TBR) del Proyecto FIP 2008-52.	294
<b>FIGURA 2.</b> Lugares visitados y prospectados en la V Región.	295
<b>FIGURA 3.</b> Lugares visitados y prospectados en la VI Región.	296
<b>FIGURA 4.</b> Praderas seleccionadas en la V Región y la medida administrativa que la caracteriza.	297
<b>FIGURA 5.</b> Praderas seleccionadas en la VI Región y la medida administrativa que la caracteriza.	298
<b>FIGURA 6.</b> Praderas seleccionadas de la V Región y caracterizadas de acuerdo al grado inclinación de la costa.	299
<b>FIGURA 7.</b> Praderas seleccionadas de la V Región y caracterizadas de acuerdo al tipo de sustrato observado en la costa.	300
<b>FIGURA 8.</b> Praderas seleccionadas de la VI Región y caracterizadas de acuerdo al grado inclinación de la costa.	301
<b>FIGURA 9.</b> Praderas seleccionadas de la VI Región y caracterizadas de acuerdo al tipo de sustrato observado en la costa.	302
<b>FIGURA 10.</b> Variación de la Biomasa en las praderas seleccionadas de la V y VI Región.	303
<b>FIGURA 11.</b> Variación de la Densidad en las praderas seleccionadas de la V y VI Región.	304
<b>FIGURA 12.</b> Tamaño de los frondas de <i>Mazzaella laminariodes</i> , en las praderas seleccionadas de la V y VI Región.	305
<b>FIGURA 13.</b> Variación de Uniformidad en las praderas estudiadas de la V Región y VI Región, en el tiempo.	306
<b>FIGURA 14.</b> Variación de la riqueza de especies en las praderas estudiadas de la V Región y VI Región.	307
<b>FIGURA 15.</b> Variación de diversidad en las praderas estudiadas de la V Región y VI Región, en el tiempo.	308
<b>FIGURA 16.</b> Extracción de luga cuchara (Kilo seco/día) en la V Región (A) y VI (B) Región.	309
<b>FIGURA 17.</b> Información económica de extracción de luga cuchara (pesos/kilo) pagados en la V Región (A) y VI (B) Región.	310

- FIGURA 18.** Información organizacional de los pescadores recolectores de luga cuchara en la V Region (A) y VI Region (B). 311
- FIGURA 19.** Número de pescadores mariscadores para la V Región y VI Región. 312
- FIGURA 20.** Indicador de esfuerzo pesquero en las localidades estudiadas de la V y VI region. 313
- FIGURA 21.** Prospección de algas carragenófitas en localidades del sector norte de la V Región. 314
- FIGURA 22.** Localidades seleccionadas para evaluar las praderas del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la V Región. A y B) La Laguna de Zapallar. C y D) Horcón. E y F) Montemar. G y H) Playa Chica en Quintay. 318
- FIGURA 23.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ± ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de La Laguna de Zapallar, V Región (área de libre acceso, no intervenida). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 320
- FIGURA 24.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ± ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Horcón, V Región (AMERB, las carragenófitas no son un recurso objetivo en el PME). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 320
- FIGURA 25.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ± ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Montemar (Área Marina Protegida), V Región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 321
- FIGURA 26.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ± ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Playa Chica (Quintay), V Región (AMERB, las carragenófitas no son un recurso objetivo en el PME). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 321
- FIGURA 27.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ± ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Matanza, VI Región (área de libre acceso, intervenida por cosecha). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 322
- FIGURA 28.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60±ee) del recurso *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Topocalma, VI Región (AMERB donde las carragenófitas son un recurso objetivo en el PME). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 322

**FIGURA 29.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ±ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Pichilemu, VI Región (AMERB donde las carragenófitas son un recurso objetivo en el PME). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 323

**FIGURA 30.** Variación temporal de la biomasa húmeda promedio en 225 cm<sup>2</sup> (n=60; ±ee) del alga carragenofita *Mazzaella laminarioides* en la pradera ubicada en la localidad de Bucalemu, VI Región (área de libre acceso, muy intervenida por cosecha). La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 323

**FIGURA 31.** Distribuciones de frecuencia para la biomasa (g/m<sup>2</sup>) de frondas vegetativas de *M. laminarioides*. 324

**FIGURA 32.** Distribuciones de frecuencia para la biomasa de frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. 325

**FIGURA 33.** Distribuciones de frecuencia para la biomasa de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. 326

**FIGURA 34.** Distribuciones de frecuencia para la biomasa total de frondas de *M. laminarioides*. 327

**FIGURA 35.** Distribución temporal de la biomasa de *M. laminarioides* por fase. 328

**FIGURA 36.** Distribución temporal de la biomasa de *M. laminarioides*. Fracción de la biomasa correspondiente a frondas vegetativas fue resuelta por test de resorcinol. 328

**FIGURA 37.** Distribución espacial de biomasa de *M. laminarioides*. Meses de observación van desde septiembre de 2009 a Septiembre de 2010. 329

**FIGURA 38.** Distribución espacial de biomasa poblacional de *M. laminarioides* de acuerdo la *haploidia* de frondas. Meses de observación van desde septiembre de 2009 a Septiembre de 2010. Identidad de fase de frondas vegetativas se resolvió por test de resorcinol. 329

**FIGURA 39.** Efecto de la condición de intervención sobre la biomasa total de *M. laminarioides*. 330

**FIGURA 40.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60; ±ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en La Laguna, V región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 331

**FIGURA 41.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60; ±ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Horcón, V región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 331

**FIGURA 42.** Variación temporal en la densidad promedio de talos (n=60; ±ee) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Montemar, V región. La línea

continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 332

**FIGURA 43.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60;  $\pm ee$ ) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Playa Chica-Quintay, V Región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 332

**FIGURA 44.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60;  $\pm ee$ ) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Matanza, VI región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 333

**FIGURA 45.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60;  $\pm ee$ ) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Topocalma, VI Región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 333

**FIGURA 46.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60;  $\pm ee$ ) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Pichilemu, VI Región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 334

**FIGURA 47.** Variación temporal de la densidad promedio de talos (n=60;  $\pm ee$ ) del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en la pradera localizada en Bucalemu, VI Región. La línea continua representa la biomasa total promedio y las barras representan la biomasa promedio por fase reproductiva. 334

**FIGURA 48.** Distribuciones de frecuencia para la densidad (n° frondas/m<sup>2</sup>) de frondas vegetativas de *M. laminarioides*. 335

**FIGURA 49.** Distribuciones de frecuencia para la densidad de frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. 336

**FIGURA 50.** Distribuciones de frecuencia para la densidad de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. 337

**FIGURA 51.** Distribuciones de frecuencia para la densidad total de frondas de *M. laminarioides*. 338

**FIGURA 52.** Distribución temporal de la densidad de *M. laminarioides* por fase. 339

**FIGURA 53.** Distribución temporal de la densidad de *M. laminarioides*. Fracción de la biomasa correspondiente a frondas vegetativas fue resuelta por test de resorcinol. 339

**FIGURA 54.** Distribución espacial de densidad de *M. laminarioides*. Meses de observación van desde septiembre de 2009 a Septiembre de 2010. 340

**FIGURA 55.** Distribución espacial de densidad de *M. laminarioides*. Meses de observación van desde septiembre de 2009 a Septiembre de 2010. Identidad de fase de frondas vegetativas se resolvió por test de resorcinol. 340

- FIGURA 56.** Efecto de la condición de intervención sobre la densidad total de *M. laminarioides*. 341
- FIGURA 57.** Tamaño promedio poblacional de los talos de *Mazzaella laminarioides* para las praderas de las localidades seleccionadas en la V región. 342
- FIGURA 58.** Tamaño promedio poblacional de los talos de *Mazzaella laminarioides* para las praderas de las localidades seleccionadas en la VI región. 342
- FIGURA 59.** Distribuciones de frecuencia para el largo de frondas vegetativas de *M. laminarioides*. 343
- FIGURA 60.** Distribuciones de frecuencia para el largo de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. 344
- FIGURA 61.** Distribuciones de frecuencia para el largo de frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. 345
- FIGURA 62.** Distribuciones de frecuencia para el largo de frondas (todas las fases) de *M. laminarioides*. 346
- FIGURA 63.** Distribución espacial de tallas de *M. laminarioides*. Localidades se muestran (de izquierda a derecha) en orden latitudinal. No se aprecian tendencias regionales ni latitudinales claras. Valores promedio calculados a lo largo de todo el ciclo anual. 347
- FIGURA 64.** Distribución temporal de tallas de *M. laminarioides*. Meses de observación van desde septiembre de 2009 a Septiembre de 2010. No se aprecian diferencias significativas, sin embargo es posible apreciar una leve tendencia al aumento en enero. Valores promedio calculados a lo largo de todas las localidades. 347
- FIGURA 65.** Evolución temporal del largo promedio de frondas de *M. laminarioides*. Gráfica superior corresponde a frondas vegetativas, gráfica intermedia a frondas tetraspóricas y gráfica inferior a frondas cistocárpicas. 348
- FIGURA 66.** Proporción de eventos de crecimiento de discos en cuadrantes de seguimiento de *M. laminarioides* para períodos consecutivos a lo largo del ciclo anual. 349
- FIGURA 67.** Proporción de eventos de crecimiento de discos en cuadrantes de seguimiento de *M. laminarioides* en las distintas localidades de estudio. 349
- FIGURA 68.** Proporción de cuadrantes que mostraron eventos de aparición de nuevos discos de *M. laminarioides*. 350
- FIGURA 69.** Proporción de cuadrantes que mostraron evidencias de aumento o mantención del número de discos de *M. laminarioides*. 350
- FIGURA 70.** Proporción de sitios en los que se observó aumento en el número de frondas por disco de adhesión de *M. laminarioides*. 351
- FIGURA 71.** Proporción de cuadrantes que mostraron evidencias de aumento o mantención del número de frondas en discos de *M. laminarioides* 351

**FIGURA 72.** Aportes proporcionales de los procesos ecológicos inferidos a partir de los cambios observados en cuadrantes de seguimiento para las variables diámetro de disco de adhesión y número de discos de adhesión de *M. laminarioides*. 352

**FIGURA 73.** Aportes proporcionales inferidos para distintos procesos ecológicos que explicarían la dinámica de cambio del número y diámetro de discos de adhesión de *M. laminarioides*. 353

**FIGURA 74.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de La Laguna. 355

**FIGURA 75.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Horcón. 357

**FIGURA 76.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Montemar. 359

**FIGURA 77.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Playa Chica. 361

**FIGURA 78.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Matanza. 363

**FIGURA 79.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Topocalma. 365

**FIGURA 80.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Pichilemu. 367

**FIGURA 81.** Longitud de fronda (cm) y frondas reproductivas (%) por fase en las distintas tallas (T1: frondas < 1 cm; T2: frondas entre 1 – 2,9 cm; T3: frondas entre 3 – 4,9 cm; T4: frondas entre 5 – 9,9 cm y T5: frondas > 10 cm) en los 3 niveles del intermareal (superior, medio y bajo) para los distintos muestreos realizados en la localidad de Bucalemu. 369

**FIGURA 82.** Distribución de frondas de *M. laminarioides* por clase de tamaño, fase y altura intermareal. 370

**FIGURA 83.** Distribución de áreas muestreadas en frondas de *Mazzaella laminarioides*. 371

**FIGURA 84.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010) en la localidad de La Laguna. 373

**FIGURA 85.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio y Septiembre 2010) en la localidad de Horcón. 375

**FIGURA 86.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010) en la localidad de Montemar. 377

**FIGURA 87.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre del 2010) en la localidad de Playa chica. 379

**FIGURA 88.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre del 2010) en la localidad de Matanza. 381

**FIGURA 89.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre del 2010) en la localidad de Topocalma. 383

**FIGURA 90.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre del 2010) en la localidad de Pichilemu. 385

**FIGURA 91.** Distribución y abundancia de estructuras reproductivas presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (superior, medio y bajo) en los distintos meses de muestreo (Septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre del 2010) en la localidad de Bucalemu. 387

**FIGURA 92.** Dinámica temporal y distribución de estructuras reproductivas sobre la superficie de frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. Se expresan los datos porcentualmente para comparar los aportes de distintas ubicaciones sobre la fronda. AC, AD y AI corresponden a mediciones realizadas en la porción central, izquierda y derecha de la zona distal. Se emplea nomenclatura similar para las zonas media y basal de la fronda. 388

**FIGURA 93.** Dinámica temporal y distribución de estructuras reproductivas sobre la superficie de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. Se expresan los datos porcentualmente para

comparar los aportes de distintas ubicaciones sobre la fronda. AC, AD y AI corresponden a mediciones realizadas en la porción central, izquierda y derecha de la zona distal. Se emplea nomenclatura similar para las zonas media y basal de la fronda. 389

**FIGURA 94.** Cambios temporales y de altura intermareal para el número de estructuras reproductivas ( $n\%cm^2$ ) en frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. Barras de error corresponden a dos errores estándar. 390

**FIGURA 95.** Cambios temporales y de altura intermareal para el número de estructuras reproductivas ( $n\%cm^2$ ) en frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. Barras de error corresponden a dos errores estándar. 390

**FIGURA 96.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de La Laguna. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 391

**FIGURA 97.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Horcón. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 392

**Figura 98.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Montemar. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 393

**FIGURA 99.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Playa Chica. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 394

**FIGURA 100.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Matanza. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 395

**FIGURA 101.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Topocalma. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 396

**FIGURA 102.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal

superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Pichilemu. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 397

**FIGURA 103.** Grado de maduración de estructuras reproductivas (M: estructura reproductiva madura, I: estructura reproductiva inmadura y V: estructura reproductiva vacía) presentes en frondas de ambas fases provenientes de los tres niveles del intermareal (IS: intermareal superior, IM: intermareal medio e IB: intermareal bajo) en la localidad de Bucalemu. A: frondas cistocárpicas y B: frondas tetraspóricas. 398

**FIGURA 104.** Porcentaje de germinación de esporas al quinto día de cultivo en las 8 localidades muestreadas. 399

**FIGURA 105.** Numero de esporas encontradas en un mililitro de cultivo encontradas en las 8 localidades muestreadas. En A) numero de carposporas/ml y en B) numero de tetrasporas /ml de cultivo. 400

**FIGURA 106.** Ciclo de maduración de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. E= esporulados; I= inmaduros; Ma=maduros 401

**FIGURA 107.** Ciclos de aparición de estructuras reproductivas, producción y viabilidad de esporas de la fase cistocárpica de *M. laminarioides*. 401

**FIGURA 108.** Ciclo de maduración de frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. E= esporulados; I= inmaduros; Ma=maduros. 402

**FIGURA 109.** Ciclos de aparición de estructuras reproductivas, producción y viabilidad de esporas de la fase tetraspórica de *M. laminarioides*. 402

**FIGURA 110.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminarioides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Laguna (V región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo 403

**FIGURA 111.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminarioides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Horcón (V región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo 404

**FIGURA 112.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminarioides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Montemar (V región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo 405

**FIGURA 113.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminarioides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos

realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Playa Chica (V región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo

406

**FIGURA 114.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminaroides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Matanza (VI región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo.

407

**FIGURA 115.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminaroides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Topocalma (VI región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo.

408

**FIGURA 116.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminaroides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Pichilemu (VI región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo

409

**FIGURA 117.** Crecimiento de las frondas de *Mazzaella laminaroides* cultivadas en el laboratorio bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y luz para los muestreos realizados durante los meses de septiembre 2009, Noviembre 2009, Enero 2010, Marzo 2010, Junio 2010 y Septiembre 2010 en la localidad de Bucalemu (VI región). En A plantas gametofíticas y en B plántulas esporofíticas. Donde T0 Tiempo Inicial y T4 Quinta semana de muestreo

410

**FIGURA 118.** Evolución de Placas de reclutamiento colocadas en el cinturón de algas carragenófitas que conforma la pradera de *Mazzaella laminarioides*.

411

**FIGURA 119.** Evolución temporal del crecimiento de frondas de *M. laminarioides* para distintos tratamientos de poda experimental.

412

**FIGURA 120.** Evolución temporal del crecimiento de frondas de *M. laminarioides* para distintos tratamientos de poda experimental.

413

**FIGURA 121.** Modelos relacionales para praderas intervenidas (Laguna de Zapallas, Horcón, Matanzas y Bucalemu) y no intervenidas (Montemar, Quintay, Pichilemu y Topocalma).

414

**FIGURA 122.** Desembarque histórico de Luga en el país y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca).

415

**FIGURA 123.** Desembarque histórico de algas secas en el país y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca). 415

**FIGURA 124.** Desembarque histórico de carragenina en el país y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca). 416

**FIGURA 125.** Desembarque histórico de luga luga por región geopolítica y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca). 416

**FIGURA 126.** Desembarque histórico de luga luga en la V y VI Región y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca). 417

**FIGURA 127.** Desembarque histórico de lugas en la V y VI Región y clasificación vernacular de las especies (Fuente Sernapesca). 417

**FIGURA 128.** Variación temporal del desembarque de *M. laminarioides* en la VI Región durante el ciclo anual. Promedio mensual y medida de dispersión (ee) fueron obtenidos de los registros del anuario estadístico del SERNAPESCA 2001-2008. Las flechas indican los meses que se han realizado muestreos durante el año 2009 y 2010 (con asterisco), donde no se encontró gente trabajando en la playa para realizar encuestas. 418

**FIGURA 129.** Esquema SIG (Sistema de Información Geográfica) de las Zonas de Operación Extractiva (ZOE) e intermediarios algueros (información obtenida del Informe FIP 2006-25). 419

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las praderas de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI Regiones y proponer estrategias para su explotación sustentable.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1.2.1. Georeferenciar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI Regiones.

1.2.2. Establecer estimadores de abundancia, biomasa y productividad en las principales praderas de algas carragenófitas de la V y VI Regiones.

1.2.3. Caracterizar el comportamiento reproductivo de las algas carragenófitas en la zona de estudio.

1.2.4. Determinar períodos óptimos de cosecha y criterios de extracción para algas carragenófitas.

1.2.5. Establecer indicadores de impacto biológico pesquero por remoción de algas carragenófitas en la zona de estudio.

1.2.6. Describir, identificar y caracterizar la diversidad y abundancia de invertebrados asociados a praderas de algas carragenófitas.

1.2.7. Caracterizar y cuantificar el esfuerzo pesquero aplicado sobre las algas (aspectos socio-económicos, estacionalidad del trabajo, arte de pesca, distribución geográfica).

1.2.8. Describir las redes de comercialización y demanda de algas carragenófitas en la zona de estudio.

1.2.9. Determinar las zonas de mayor potencial conflictivo por acceso de diferentes usuarios al recurso.

1.2.10. Establecer un sistema de monitoreo en terreno con registro de las operaciones de recolección de alga varada y extraída (cosecha diaria total por recurso, alguero/a, buzo y embarcación para cada área de pesca), de transporte (cantidad total de recurso recolectado y transportado por área de pesca) y de los desembarques (cantidad o volumen, precio de venta y destino por recurso alguero/a, buzo extractor) asociados a las principales praderas de algas carragenófitas en explotación en la zona de estudio.

1.2.11. Coordinar reuniones con los actores locales para la elaboración e implementación de un plan de administración de la pesquería de algas carragenófitas de la V y VI Regiones.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

La mayoría de las especies de algas marinas son explotadas aprovechando tanto la biomasa desprendida y acarreada naturalmente a la costa, así como la biomasa cosechada directamente con el uso de algún tipo de herramienta (Doty *et al.* 1987, Guiry & Blunden 1991, Alveal 1995, Kirkman & Kendrick 1997). En Chile, las algas marinas son exportadas y/o utilizadas como materia prima en la industria local de alginatos, carragenanos y agar; y en menor grado, consumidas como alimento (Santelices 1989). En la última década, la importancia económica de estos recursos ha incrementado los niveles de explotación de 27.000 a casi 47.500 ton secas por año, con un retorno anual que varía entre US\$ 25 millones a US\$ 26,8 millones (Avila & Pavez 2003). Las algas marinas tienen una importancia social relevante, dado que la recolección es realizada por pescadores artesanales y sus familias, quienes dependen total o parcialmente de estos recursos (Vásquez & Westermeier 1993, Vásquez 2008). Las algas de importancia económica son también ecológicamente importantes, no sólo por ser la base de cadenas tróficas bentónicas, sino porque además constituyen hábitat y refugio, zonas de reproducción de numerosas especies de invertebrados y peces, de asentamiento larval y reclutamiento de juveniles (Vásquez *et al.* 2001a, 2001b; Vásquez & Vega 2005). Las algas marinas de importancia económica son especies conspicuas en los ecosistemas marinos costeros formando praderas en áreas intermareales y submareales someras, y frecuentemente albergan otras especies igualmente importantes desde el punto de vista económico y social (e.g. lapas, loco, erizos, peces de peña).

En Chile, la explotación de algas productoras de carragenanos o “carragenofitas” se inició en la VIII Región, en 1962 (Romo *et al.* 1993), la cual se amplió paulatinamente con los años hasta cubrir toda el área de distribución de las especies, entre la V Región y la XII Región. El primer desembarque registrado y exportado correspondió probablemente a *Sarcothalia crispata* (Bory) Leister (como *Iridaea ciliata* Kützinger), en el año 1962, con un desembarque de 12 ton secas (aproximadamente 70 ton húmedas). Mientras que el máximo volumen

desembarcado, incluyendo todas las especies de carragenófitas, fue en 1996 con 3.220.000 ton húmedas y que abarcó a la II, III y IV regiones en el norte del país y en la VIII y X Regiones en el centro sur de Chile.

Las luga, son el componente más importante del conjunto de especies que forman el recurso algas carragenófitas, y constituyen el mayor volumen de materia prima para las plantas procesadoras de ficocoloides nacionales y extranjeras. La temporada de extracción comienza en agosto o septiembre dependiendo de las zonas y de la especie pudiendo extenderse hasta el mes de marzo-abril del año siguiente. En las estadísticas de desembarque pesquero del Sernapesca hasta el año 2001, la luga roja (*Gigartina skottsbergii*), la luga negra (*Sarcothalia crispata*) y la luga cuchara (*Mazzaella laminarioides*) fueron consideradas dentro de un solo grupo bajo el nombre de “luga luga” con desembarques que alcanzaron hasta 37,6 ton húmedas. A partir del año 2002, los recursos fueron individualizados y separados en las estadísticas observándose un importante cambio en la información de los desembarques. En la actualidad el mayor porcentaje del desembarque, que refleja la extracción de cada especie que compone el recurso algas carragenófitas, esta concentrada en la luga negra y la luga roja con valores para el año 2009 de 34.289 ton y 29.159 ton, respectivamente. Un aporte mínimo al desembarque de las luga esta dado por la luga cuchara con 4.225 ton. Durante el año 2009, los desembarques de las especies que conforman las algas carragenófitas se concentraron principalmente en la VIII, X, XI y XII Región, aportando al total desembarcado nacional el 22,6%, 51,0%, 2,0% y 21,6%, respectivamente.

Las carragenófitas constituyen una gama muy variada de especies de algas marinas de la clase Rhodophyceae; las cuales son la materia prima para la elaboración del hidrocoloide natural carragenano. Este compuesto está constituido por una familia de moléculas llamados galáctanos sulfatados, propias de cada especie, en los cuales cada unidad repetitiva es un disacárido constituido por un residuo  $\beta$ -D-galactosa unido por la posición 3 (unidad A) y un residuo de  $\alpha$ -D-galactosa unido por el carbono 4. Se han reconocido 11 tipos o especies de

carragenanos (algunos de ellos naturales en la pared celular de rodófitas y otros derivados de los primeros y obtenidos por manipulación química; Cerezo 1996). Muchos de estos carragenanos son estructuralmente diferentes en fases reproductivas alternantes de la historia de vida de una misma especie. Por ejemplo: el *kappa* carragenano de gametofitos y *lambda* carragenano en esporofitos de *Chondrus crispus*, que fue la primera especie donde se detectaron estos compuestos (McCandless *et al.* 1973). Esta diferencia tiene implicancias fundamentales que determinan las distintas aplicaciones industriales ya sea usándolos como producto puro, como mezcla de estos o mezclados con gomas naturales de otro origen. Incluso, se demostró que varios tipos de carragenanos diferentes pueden estar presentes en los distintos pseudo-parénquimas o estructuras anatómicas de una misma especie (Estévez *et al.* 2002) aunque siempre predomina un tipo sobre los otros. Para el caso de las algas carragenófitas objeto de estudio del Proyecto N° 2008-52 los carragenanos obtenidos son principalmente *kappa*, *lambda* (e.g. *Sarcothalia*, *Mazzaella*) e *iota* carragenanos (e.g. *Ahnfeltiopsis*).

Entre 1990 y 1999, la chicoria de mar (*Chondracanthus chamissoi*), fue una de las especies de carragenófitas frecuentemente usadas como materia prima para la extracción de carragenanos, pero también fue requerida por el mercado oriental para su uso como alimento humano. La explotación y demanda se amplió rápidamente por el mayor precio pagado en playa por el producto fresco, el cual es procesado en plantas industriales diseñadas para dicho rubro bajo la presentación de chicoria verde, blanca y roja deshidratada. Estos nuevos requerimientos de demanda, originaron una serie de tensiones entre agentes extractivos, los que continúan hasta hoy, por el acceso al recurso involucrando principalmente organizaciones de recolectores de orilla y organizaciones de buzos artesanales.

Hasta la fecha no existen cultivos comerciales extensivos de ninguna especie de algas carragenofitas con excepción de ensayos piloto realizados con *Gigartina skottsbergii* y *Sarcothalia crispata* iniciados en el 2004 por la empresa procesadora de carragenano

DANISCO Chile en las cercanías de Calbuco en la X Región. Sin embargo, existen estudios sobre factibilidad de cultivos y producción de almácigos (Ávila *et al.* 2003a) y cultivo masivo a escala comercial de *G. skottsbergii* (Romo *et al.* 2006) y de *Sarcothalia crispata* efectuados por Ávila *et al.* (1999, 2003b) en la X Región y por Romo *et al.* (2001) en la VIII Región. En la actualidad, el método de cultivo de carragenófitas más factible se basa principalmente en propagación e inoculación de esporas (Romo 1988). Otras metodologías, como la fusión de protoplastos que mejorar la tasa de crecimiento de los talos, esta siendo experimentalmente evaluada en algunas especies (*e.g.* Proyecto FONDEF).

La industria productora de carrageninas tiene 18 años de existencia y esta establecida en la X región. Su producción se ha incrementado exponencialmente desde 26 ton en 1989 hasta 3.986 ton de carrageninas durante el 2006. Esto significó un retorno de divisas de US\$ 33,8 millones. Chile, además exportó 7.731 ton de alga seca obteniendo ingresos adicionales de US\$ 9.000 millones. La extracción de carrageninas se concentra básicamente en materias primas obtenidas de los recursos luga negra y luga roja. Hoy día la industria tiene una inversión en plantas de proceso cercanas a los US\$20 millones. Debido al incremento en la demanda de materia prima en el mercado nacional e internacional ya en Chile están operando 3 plantas productoras de carrageninas; y se estima que la demanda interna seguirá aumentando lo cual significa que se seguirá ejerciendo una alta presión extractiva sobre las algas carragenófitas. La extracción de estos recursos, se realiza durante la mayor parte del año por recolectores de orilla y actualmente constituye una alternativa para parte de la flota y buzos dedicados a la extracción de mariscos bentónicos durante las vedas reproductivas aplicadas a los recursos que ellos extraen tradicionalmente.

La explotación de algas carragenófitas no está regulada por ninguna norma específica y el régimen de acceso a la pesquería es de libertad de pesca o libre acceso. Esta falta de regulación que se suma a la alta demanda actual, tanto para su exportación así como para su procesamiento en la industria local de carragenano, ha generado una explotación intensa de

las praderas naturales de carragenofitas entre la V y XII Región. Es en este contexto que el Consejo de Investigación Pesquera, teniendo presente lo informado por la Subsecretaría de Pesca y las necesidades de contar con nuevos y más detallados antecedentes técnicos para la evaluación de las medidas de manejo, ha decidido incluir el Proyecto FIP N°2008-52 en el Programa de Investigación Pesquera del año 2008.

La explotación no regulada de praderas de algas marinas tiene efectos ecológicos, tales como la remoción de especies asociadas y la alteración del hábitat. Esto, frecuentemente se traduce en cambios en los patrones de distribución y abundancia de las especies, y en las estructuras poblacionales (Druehl & Breen 1986, Foster & Barilotti 1990, Vásquez, 1995). Un punto de referencia, que refleja las modificaciones de las interacciones comunitarias dentro del ecosistema por explotación de alguno de sus componentes, es la riqueza y la abundancia relativa de especies. Esta variable comunitaria, recomendada como indicador de cambios ambientales, es útil para monitorear la explotación directa (Caddy & Mahon 1995). En algunas pesquerías de algas marinas se ha detectado como producto de las cosechas y/o capturas un agudo cambio en la riqueza y abundancia relativa de las especies constituyentes de la comunidad asociada (Castilla & Duran 1985, Bustamente & Castilla 1990).

La fragilidad de las poblaciones de algas marinas, en relación a eventos oceanográficos de gran escala (e.g. El Niño-Oscilación del Sur), y sus atributos morfo-funcionales (distribución de estructuras reproductivas y meristemas de crecimiento, donde el corte a cualquier nivel interrumpe eventos de reproducción sexual y/o de regeneración), sugieren un grave impacto en las poblaciones produciendo un efecto descendente sobre la estructura y organización de las comunidades marinas intermareales y submareales (Camus 2001). Esto, a corto plazo debiera impactar fuertemente las actividades económicas asociadas a las algas carragenofitas ya establecidas (e.g. industria Carragenina, exportación de materia prima), y de otras proyecciones sociales y económicas, tales como la producción de hormonas de crecimiento, usos múltiples en biomedicina y desarrollo de nanotecnologías.

La biología, ecología, distribución y productividad (desembarques) de las praderas naturales de *Mazzaella* y *Sarcothalia* han sido extensamente estudiadas en el centro-sur de Chile (32°-56°S) desde 1980 (Santelices 1989). En cambio, para otras especies de carragenófitas la información es más escasa (e.g. *Ahnfeltiopsis*). En general, numerosos factores determinan la productividad de las praderas de algas carragenófitas, los que no sólo se relacionan con el conocimiento de la ecología y la biología de las especies, sino también con factores exógenos como: (1) presiones de los mercados nacionales e internacionales por materia prima, (2) desempleo de los asentamientos humanos costeros, (3) abundancia y disponibilidad de otros recursos marinos bentónicos, (4) nivel de las regulaciones de extracción de recursos marinos, (5) nivel de educación de pescadores artesanales, y compromiso con medidas de conservación, (6) disponibilidad e implementación de planes de manejo (Vásquez & Westermeier 1993, Vásquez & Vega 1996, Ávila *et al.* 1993). Estos factores, además del conocimiento bio-ecológico de las especies objetivo, son claves en la implementación de medidas de administración y regulación pesquera de las poblaciones naturales de algas marinas en Chile (Vásquez & Westermeier 1993, Vásquez 2007). Además, estos pueden ser utilizados como criterios para otras especies de algas marinas menos estudiadas.

La revisión del conocimiento bio-ecológico, de los factores exógenos, y de las proyecciones y consecuencias de los futuros destinos y usos de las algas carragenofitas, sugieren además un fuerte impacto, no sólo al nivel de las poblaciones de las especies, sino también al nivel de la estructura y organización de las comunidades de ambientes rocosos. Estas comunidades constituyen áreas de reclutamiento y desove de numerosas pesquerías bentónicas de enorme valor socio-económico (e.g. loco, erizo, lapa), las que podrían ser irreversiblemente afectadas. En consecuencia, dado el valor fundacional de las algas carragenófitas en los ecosistemas marinos litorales, los resultados de este estudio tendrán un valor relevante en la conservación de ambientes marinos costeros rocosos.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. GEOREFERENCIAR LAS PRINCIPALES ÁREAS DE EXTRACCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EL LITORAL DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 1).**

##### **3.1.1. Recopilación de la información existente para determinar y caracterizar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en la V y VI Regiones.**

Utilizando la información existente, se generó una base sistematizada y actualizada de la biología, ecología y distribución de algas carragenófitas (e.g. *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis*, *Mastocarpus*) en las costas de la V y VI Regiones. Se hizo especial énfasis en la caracterización de los patrones temporales (e.g. estacional, anual) y espaciales (e.g. batimétrica, latitudinal) de distribución y abundancia de las praderas de algas carragenófitas. Esto último, con el fin de determinar las dimensiones del área cubierta a lo largo del área de estudio, ubicando cada uno de los componentes específicos que conforman el recurso algas carragenófitas (e.g. *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis*, *Mastocarpus*). Además, se efectuó una revisión bibliográfica del rol ecológico de las praderas de algas carragenófitas en ambientes marinos costeros, así como con respecto a las especies de importancia económica asociadas (recursos asociados tales como loco, lapa). También se identificó, a través de la literatura el arte de pesca sugerido para la extracción de cada una de las algas carragenófitas identificadas como recurso, así como cualquier antecedente biológico y ecológico que sea útil para establecer programas de manejo o medidas de administración pesquera de las praderas.

Cabe mencionar que el recurso algas carragenófitas corresponde a algas marinas productoras de carragenina de la Clase Rhodophyceae (algas rojas), de las cuales la mayoría pertenece al Orden Gigartinales (Santelices 1989). Sin embargo, aunque comparten algunas características morfológicas y sus praderas son hábitats de muchos macroinvertebrados, estas especies de algas rojas muestran diferencias en aspectos tales como el crecimiento de las fases reproductivas y/o en el ciclo de vida (Hoffman & Santelices 1997).

Para cumplir con este objetivo se analizaron los resultados y bases de datos de los proyectos que se listan en la **TABLA 1**, y de la recopilación de información publicada en revistas científicas, tesis y memorias. El equipo de trabajo tiene y demuestra una gran experiencia en el estudio de la biología, ecología y manejo de algas marinas. Además, los proponentes tienen una amplia experiencia en la biodiversidad asociada a algas marinas, lo que permite abordar con propiedad el efecto de las cosechas sobre las praderas de algas carragenófitas, la biodiversidad marina costera y el impacto de su extracción. Esto mismo, permitió realizar un diagnóstico biológico pesquero para formular un plan de administración, en el cual se propuso estrategias para la sustentabilidad de las praderas de algas carragenófitas en la V y VI Regiones.

Las bases de datos disponibles (ver **TABLA 1**, e.g. FNDR VI Región; FIP N° 2006-25, proyectos FONDECYT; Estudios de línea base y seguimiento de AMERBs) permiten dimensionar la abundancia y distribución de algas carragenófitas tales como: *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltipsis* y *Mastocarpus* en las costas de la V y VI Región (app. 500 km de costa). Además, se cuenta con información de la estructura poblacional y del estado reproductivo de alguna de las especies mencionadas.

La información existente, especialmente la que se relaciona con:

- (1) distribución latitudinal de las poblaciones,
- (2) distribución intermareal y batimétrica de las poblaciones,
- (3) composición de especies (biodiversidad) de las praderas de algas carragenófitas,
- (4) especies de interés económico asociada a las praderas de algas carragenófitas
- (5) estimadores de abundancia (biomasa y/o densidad),
- (6) estructura poblacional, y
- (7) estado reproductivo;

Toda la información fue sistematizada y organizada, de manera que sea una herramienta relevante en la toma de decisiones en la administración, explotación y ordenamiento de la pesquería de algas carragenófitas en la V y VI Regiones, y en el País.

Esta base de datos fue integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), la cual fue complementada con información levantada durante el proyecto y que tienen relación con:

- (a) los niveles de explotación,
- (b) el destino de las cosechas,
- (c) el esfuerzo pesquero por especie de alga carragenófitas,
- (d) distribución y número de recolectores y cosechadores,
- (e) arte utilizado en la extracción,
- (f) focos y áreas de cosecha, y
- (g) biodiversidad asociada a las praderas.

**TABLA 1:** Proyectos relacionados a algas marinas que presentan bases de datos de abundancia, distribución y comunidades asociadas a sus praderas.

ANO	NOMBRE PROYECTO	EJECUTOR -RESPONSABLE	FINANCIAMIENTO
1977	Evaluación del recurso algas pardas en la I Región. Informe	IFOP	IFOP
1980	Prospección-Evaluación de Chascón-y Huiro en la II Región	U. DE CHILE (ANTOFAGASTA)	SUBPESCA
1980-1981	<b>Estudio de la biología de <i>Lessonia nigrescens</i></b>	<b>P.U. CATOLICA DE CHILE</b>	<b>SUBPESCA</b>
1987-1988	<b>Estructura y organización de comunidades submareales de <i>Lessonia trabeculata</i>.</b>	<b>U. CATOLICA DEL NORTE</b>	<b>UCN-DGI</b>
1988-1989	<b>Manejo y cultivo de algas naturales de <i>Lessonia trabeculata</i>.</b>	<b>U. CATOLICA DEL NORTE M.Sc. M. Edding I. Responsable</b>	<b>CORFO</b>
1993	Explotación y Aprovechamiento de macroalgas varadas en la provincia el Choapa	IFOP	SERPLAC IV Región
1993	Diagnostico de las macroalgas en la zona costera Punta lengua de Vaca, IV Región, Coquimbo.	IFOP	SERPLAC IV Región
1994	Pre-factibilidad de cultivo de algas nativas, a través de transferencias o adaptación de tecnologías.	U. DE VALPARAISO	FIP 09-96
1994	Diagnostico de la pradera de algas pardas en el litoral de la tercera región.	IFOP	FNDR
1996-1998	<b>Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas litorales de surgencia en el norte de Chile: la importancia del afloramiento costero como un factor ascendente.</b>	<b>U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable</b>	<b>FONDECYT SECTORIAL Nº 5960001</b>

1997-1998	Distribución espacial de los recursos existentes en la zona de reserva artesanal de las III y IV Regiones de Chile	U. CATOLICA DEL NORTE	FIP Nº 97/50.
1998	Investigación y Manejo para la explotación de huiros, III región	U. CATOLICA DEL NORTE M.Sc. M. Edding I. Responsable	FNDR BIP 20109880
1998	Ultraestructura de la gametogénesis, fecundación, embriones en <i>D. Antarctica</i> (Chamisso) Hariot (Phaeophyta).	Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso	Dirección de Investigación Universidad de Valparaíso
1998-1999	Estudio Piloto, Ecológico y Socio-económico en áreas potenciales de reservas marinas III y IV Regiones	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez Co-I. Responsable	FIP 97-45
1998-2000	The Diversity, Biogeography and Dynamics of Nearshore Ecosystems in Chile: Foundations for Marine Conservation Ecology.	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez Co-I. Responsable	FONDAP OCEANOGRAFIA Y BIOLOGÍA MARINA Nº 3
2000	Estrategias de explotación sustentable algas pardas en la zona norte de Chile	IFOP	FIP Nº 2000-19
2001	Ordenación espacio-temporal de la actividad extractiva artesanal entre la I y IV regiones.	IFOP	FIP Nº 2001-25
2000-2004	Population ecology of <i>Macrocystis spp</i> in northern and southern Chile.	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	FONDECYT 1000044
2001	Estudios de Línea Base para la implementación de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos de la VI Región	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	FNDR
2002	Estudios de línea base para la implementación de áreas marinas protegidas en el norte de Chile	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	PNUD-GEF CONAMA
2002	Efecto de radiación UV en estados tempranos de desarrollo de <i>L. nigrescens</i> y <i>L. trabeculata</i> en cultivo.	U. CATOLICA DEL NORTE M.Sc. M. Edding I. Responsable	DGICT-UCN
2002	Estudios de Seguimiento del Plan de manejo y explotación de AMERBs en la VI Región. El Chorrillo, Topocalma, Pichidangui y Bucalemu.	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	FNDR
2003	Impacto de la radiación UV en diferentes estados del desarrollo de <i>L. nigrescens</i> y <i>L. trabeculata</i> en condiciones de laboratorio.	U. CATOLICA DEL NORTE M.Sc. F. Tala I. Responsable	DGICT-UCN
2003-2004	Estudios de Seguimiento del Plan de manejo y explotación de AMERBs en la VI Región. Topocalma.	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	SERCOTEC
2004-2008	Effects of thermal anomalies (El Niño-La Niña) on the structure and organization of coastal marine communities in northern Chile (19°-30°S)	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	FONDECYT 1040425.
2004	Evaluación de la biomasa de algas pardas ("huiros") en la costa de la III y IV Región, norte de Chile.	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	COPRAM- SONAPESCA. PESCA INVEST.
2005	Caracterización de la pesquería de algas pardas de las regiones I a IV, 2005-2006	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	COPRAM- SONAPESCA. PESCA INVEST.
2005	Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la III y IV Regiones	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	FIP 2005-22
2005	A population genetics approach to understand the process of recolonization post-perturbation at different spatial scales in the intertidal kelp <i>Lessonia nigrescens</i> .	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez Co-investigador	FONDECYT
2006	Distribución y abundancia de algas pardas en el área marina costera y protegida Isla Grande de Atacama, III Región	U. CATOLICA DEL NORTE Dr. J. Vásquez I. Responsable	PNUD

### **3.1.2. Reconocimiento en terreno de las zonas de explotación, considerando los recursos asociados a las praderas de algas carragenófitas (e.g. *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis*, *Mastocarpus*).**

Para desarrollar esta actividad, durante el primer trimestre de ejecución del proyecto se ubicaron las principales praderas donde se extraen algas carragenófitas a partir de la información base con que cuenta el equipo de trabajo (e.g. Proyectos FDNR, FIP; ver **TABLA 1 y TABLA 5**). Además, a través de contactos previos realizados con empresas y plantas de proceso de algas carragenófitas, se determinaron las principales áreas a georeferenciar, considerando siempre otros recursos asociados (e.g. “lapas” *Fissurella spp*, “loco” *Concholepas concholepas*). Se dió especial énfasis en la georeferenciación de las praderas en escala decreciente a las especies de los géneros *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis* y *Mastocarpus*. Con la integración y soporte de estos antecedentes preliminares, se realizó un reconocimiento *in situ* de las zonas de explotación de praderas de algas carragenófitas tanto en la V Región así como en la VI Región.

### **3.1.3. Integración de la información del recurso algas carragenofitas (*Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis* y *Mastocarpus*) en un Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Con el fin de contar con una base de datos geográfica de las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en el litoral de la V y VI regiones, se utilizó el programa ARCGIS 9.3 como Sistema de Información Geográfica (SIG) para delimitar y caracterizar las praderas de algas. Para lograr ubicar espacialmente las praderas se empleó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) específicamente mediante el equipo Garmin 76s. Con el GPS se colectó entonces la información en terreno, para posteriormente crear los puntos de extracción con su correspondiente base de datos que las caracteriza. Esta base de datos contiene las principales variables como densidad, biomasa y tamaño por periodo de medición. Con estos datos cuantitativos fue posible crear una geo-base de datos con la cual se generaron una serie de

mapas temáticos explicando la variación estacional de la densidad, biomasa y el tamaño de cada una de las praderas en las dos regiones.

Como productos se entregan mapas temáticos señalando las áreas y su variación temporal de la biomasa y densidad. Contra entrega del pre Informe final se adjuntarán los archivos digitales para ser empleados en SIG (shapefile) en forma de puntos de las áreas de extracción con sus atributos de información detallados anteriormente. La metadata se ajustó a las normas de estandarización establecidas por el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) cuya Proyección será UTM WGS84 huso 18 sur.

### **3.2. ESTABLECER ESTIMADORES DE ABUNDANCIA, BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD EN LAS PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).**

#### **3.2.1. Reconocimiento y prospección de la zona de estudio.**

Durante el Proyecto, se realizaron prospecciones visuales a lo largo del litoral de la V y VI Regiones para reconocer la distribución de las praderas de algas carragenófitas y a la vez seleccionar las praderas representativas en los distintos sectores geográficos de ambas regiones. Para facilitar la identificación de las praderas se usó como base la información obtenida del proyecto FIP 2006-25 (**TABLA 1**), y la información contenida en las referencias bibliográfica (e.g. Avila 1996; Alveal 2001; Santelices 1989; Hoffman & Santelices 1997).

#### **3.2.2. Selección, Georeferenciación y delimitación de las praderas seleccionadas**

En cada región se identificaron praderas del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* y se seleccionaron áreas de estudio con distintas medidas pesqueras de administración de acuerdo a lo solicitado en las bases técnicas:

- a) Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs) con algas carragenófitas incorporadas como recursos (e.g. Topocalma, Pichilemu);
- b) AMERBs sin algas carragenófitas incorporadas como recursos (e.g. Caleta Horcón, Quintay);
- c) áreas de libre acceso sin intervención (e.g. La Laguna de Zapallar),
- d) áreas sin acceso a la pesquería u actividad antropogénica (e.g. Áreas Marinas Protegidas ó AMP de Montemar); y
- e) áreas de libre acceso con intervención (e.g. Matanzas, Bucalemu).

De las praderas que se encuentran sometidas a explotación se seleccionaron aquellas que tenían una importancia histórica reconocida en la actividad extractiva y en investigación biológica.

Para la selección de las praderas se consideraron criterios como: accesibilidad a la costa, cercanía a vías de comunicación, lugares que involucran bajos costos de operación y mayor seguridad del equipo de trabajo para realizar las evaluaciones de algas carragenófitas. Una vez seleccionada cada pradera se delimitó su extensión para obtener el área total.

Para el alga carragenófito intermareal *Mazzaella laminarioides*, se demarcó la forma de la pradera en el período de más baja marea. Las prospecciones submareales realizadas por el equipo consultor en ambas regiones durante el periodo del estudio han demostrado la ausencia de praderas submareales en el área de estudio (e.g. *Sarcothalia*). Cada extremo de la pradera se registró con un GPS (siglas en inglés para Sistema de Posicionamiento Global), y la distancia entre cada punto se calculó con el mismo instrumento, con el fin de obtener el área de cada pradera en m<sup>2</sup>, lo cual permitió crear polígonos, con su correspondiente base de datos (atributos), para los resultados de la actividad de los objetivos específicos 3.1 y 3.2.

Las prospecciones mencionadas en la actividad anterior mostraron que la única alga carragenófito que es representativa en distribución y abundancia a lo largo del área de estudio, con praderas bien definidas, cinturones continuos tanto en la V Región como en la VI Región es el recurso *Mazzaella laminarioides*. El resto de los recursos en estudio aparecen en forma esporádica, con muy poca biomasa y no alcanzan a constituir cinturones continuos en el intermareal, lo cual hace imposible realizar algún tipo de muestro poblacional de acuerdo al diseño propuesto en la metodología del equipo de trabajo.

Considerando lo anteriormente expuesto y con los antecedentes recopilados en las prospecciones realizadas en la costa de la V y VI región, el equipo de trabajo decidió enfocar los esfuerzos de muestreo en el estudio del recurso luga cuchara *Mazzaella laminarioides*. Durante el transcurso del desarrollo de este proyecto, no se observaron praderas ni se obtuvieron antecedentes de extracción de *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis* y *Mastocarpus*.

### 3.2.3. Descripción de las características propias de cada pradera referente a su distribución geográfica, tamaño, profundidad, tipo de sustrato, grado de exposición y distribución mareal entre otros.

La caracterización abiótica del hábitat donde se desarrollan las praderas de algas carragenófitas se determinó mediante la observación *in situ* en cada localidad seleccionada. Esta inspección se efectuó durante las primeras campañas de evaluación de las praderas (septiembre y noviembre 2009). A continuación se describen los métodos que se usaron para la caracterización propia de cada pradera.

**Tipo de sustrato:** En cada localidad se evaluó el tipo de sustrato predominante. Esta evaluación se realizó mediante un recuento al azar sobre el terreno, dado que todos los recursos en estudio se encuentran creciendo sobre sustratos de tipo rocoso, se consideró en este estudio las categorías de guijarro, canto rodado, bloque y macizo rocoso de la escala granulométrica de Wentworth-Uden modificada (Pettijohn 1963) (**TABLA 2**). La evaluación se realizó en forma visual para praderas intermareales. Durante el transcurso de los muestreos realizados no se registraron recursos submareales.

**TABLA 2.** Categorías superiores de la escala granulométrica de Wentworth-Uden (modificada) que fue empleada en este estudio (Extractada de Romo *et al.* 1985).

Tipo de sustrato	Dimensión (cm de diámetro mayor)
Canto rodado	> 0,5 --- 5
Guijarro	> 5,0 --- 25
Bloque	> 25 --- 100
Macizo rocoso	> 100 ---

**Grado de exposición al oleaje:** El grado de exposición al oleaje fue evaluado de acuerdo a las características particulares de distribución del recurso objetivo de estudio. Se definieron diferentes categorías de exposición al oleaje, tales como: Frente Protegido, Frente Semi-Protegido, Frente

Semi-Expuesto, Frente Expuesto y Frente muy Expuesto. Los tipos de exposición fueron definidos en base a una escala de indicadores biológicos (Stephenson & Stephenson 1949, Alveal 1970) que consiste en la altura que alcanzan en la costa rocosa el cirripedio *Jehlius cirratus* en frentes rocosos perpendiculares a la dirección del oleaje (TABLA 3).

**TABLA 3.** Escala de evaluación de exposición al oleaje para las localidades de estudio en función a una escala de indicador biológico.

Tipos de Frentes	Altura (m) sobre 0 mareal del límite superior de la población de <i>Jehlius cirratus</i>
Frente protegido	2 m ---- 3 m
Frente semi-protegido	>3 m ---- 4 m
Frente semi-expuesto	>4 m ---- 7 m
Frente expuesto	>7 m ----

**Salinidad, Temperatura y Profundidad:** En todas las praderas seleccionadas se realizaron mediciones de salinidad y temperatura con un sensor electrónico multi-paramétrico YSI –30. Para el caso de detectar praderas submareales de algas carragenófitas la salinidad y temperatura fueron tomadas en superficie y fondo. La profundidad fue medida *in situ* con un profundímetro.

**Zonificación mareal:** La zonificación mareal en cada lugar se determinó según el método descrito por Alveal & Romo (1995). El método consideró la utilización de TABLAS de Mareas de la Armada de Chile, donde se calcularon las mareas para el puerto secundario más próximo a la localidad en estudio. Como puerto de referencia para las correcciones de marea del puerto secundario, se usó el Puerto Patrón Valparaíso (V Región) y San Antonio (VI Región). Para medir las alturas verticales en la costa se usó el método del nivel de agua con manguera plástica (Alveal & Romo 1995).

### **3.2.4. Descripción de las variaciones de abundancia, biomasa, densidad, estructura de tallas y estados reproductivos en praderas de algas carragenófitas.**

**Evaluación preliminar:** En cada localidad seleccionada para el monitoreo de algas carragenófitas fue necesario realizar una evaluación previa a los muestreos regulares. Lo anterior permitió definir el diseño y la cantidad mínima de muestras usadas para las estimaciones de los parámetros y descriptores poblacionales (y de la comunidad asociada) de cada pradera seleccionada.

**Programa de muestreo:** En todo fenómeno natural coexisten múltiples escalas de variación, cada una de las cuales requiere una frecuencia de muestreos distinta para su correcta detección y caracterización (Wiens 1989). En última instancia, la elección de la intensidad de muestreo depende de la escala de fluctuación del fenómeno particular que se desea explicar. En este caso, el fenómeno de interés dice relación con los cambios en productividad de la pradera, los que a su vez dependen de los cambios en biomasa. Es sabido que fluctuaciones apreciables en biomasa responden significativamente a condiciones estacionales (ver ejemplos en Proyectos FIP 99-21; FIP 99-22; FIP 2002-27; FIP 2001-28; FIP 2003-19). Estadísticamente, el período más corto que se puede resolver para una señal ambiental dada, es igual a dos veces la ventana de muestreo (Legendre & Legendre 1998). En este sentido, un fenómeno estacional (*i.e.* tres meses) queda descrito como mínimo a través de una frecuencia de dos muestreos.

Por otra parte, aumentar la frecuencia de muestreo compensando el esfuerzo de muestreo por medio de la reducción del número de praderas a prospectar atenta contra la esencia estadística de la replicación, la cual es necesaria para la correcta generalización de los resultados obtenidos (Hurlbert 1984). Es sabido que la garantía metodológica básica contra los efectos de gradientes pre-existentes es la entremezcla de tratamientos y replicación (Underwood 1997). Por lo tanto, cualquier resultado basado en antecedentes recolectados para una única pradera no podría ser generalizado a otras praderas. En este sentido, el proyecto contempla los elementos de

diseño mínimos requeridos. Sin embargo, una intensidad mensual de muestreo no generaría mejoras apreciables sobre la ventana bimensual que se pretende en esta propuesta, pero sí incrementarían en demasía los costos asociados a los muestreos poblacionales. En este contexto, se realizó un programa de muestreo diseñado para la única especie explotada que compone el recurso algas carragenófitas, *Mazzaella*, que se encuentra distribuido en la zona intermareal de la costa del área de estudio. Se excluyeron las otras especies de carragenofitas (e.g. *Sarcothalia*, *Mastocarpus* y *Ahnfeltiopsis*) porque no hubo registros pesqueros o se detectaron praderas representativas durante el período de estudio. Se realizaron muestreos de las praderas de algas carragenófitas *in situ* cada 2 meses por un período de 15 meses. Con este programa de muestreo se obtuvo los datos para caracterizar las fluctuaciones temporales (e.g. estacional y anual) de biomasa, densidad, estructura de tallas y abundancia relativa de los estados reproductivos (y/o fenofases carposporofítica, tetrasporofítica y vegetativa) a partir de los cuales se obtuvieron las estimaciones poblacionales. Además, con esta metodología se obtuvo información complementaria necesaria para cumplir con los Objetivos específicos 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6.

**Diseño de Muestreo:** Se propuso un diseño de toma de muestras el cual permitió alimentar adecuadamente los análisis estadísticos comparativos solicitados en los Términos básicos de Referencia del Proyecto FIP N° 2008-52. Además, con este diseño de muestreo entregó y alimentó la información adecuada y necesaria para el desarrollo de los modelos matemáticos que fueron utilizados para estimar el impacto biológico pesquero y para formular un plan de administración pesquera (Objetivos específicos 3.5 y 3.11, respectivamente). El diseño de muestreo propuesto a continuación organizó el esfuerzo de muestreo de manera tal de satisfacer la mayor cantidad de información requerida, generando un esquema único de toma de datos transversal a los objetivos específicos. De esta manera, la información obtenida permitió realizar comparaciones estadísticas factoriales balanceadas (e.g. análisis de la varianza; Wonnacot & Wonnacot 1992), y al mismo tiempo permitió relacionar la mayor cantidad posible de variables en

la etapa de parametrización de los modelos biológico-pesqueros (*i.e.* sistema de ecuaciones estructurales) sobre los cuales se fundamentó el modelo de administración pesquera del recurso algas carragenófitas.

El total de muestras a recolectar fue definido por el esfuerzo de muestreo que es posible aplicar por dos equipos de trabajo en terreno (uno para la V región y otro para la VI Región) condicionados a cuatro días de baja mar en cada ciclo de muestreo. Cada uno de los equipos destinó un día completo de trabajo a una pradera particular. Esto implicó que se prospectaran cuatro praderas por región en cada ciclo de muestreo, bimensualmente.

Dado que en un día de bajamar se dispone de aproximadamente tres horas efectivas de buenas condiciones de trabajo intermareal, se exigió a los equipos de trabajo, recolectar todas las muestras y adquirir todos los datos requeridos en un plazo aproximado de 30 minutos, por sitio. Esta distribución del esfuerzo permitió contar con información para un total de seis sitios por pradera. Se entendió por un sitio dentro de una pradera, a aquella unidad espacial que se muestre como continua y coherente en cuanto a cobertura aparente del recurso, y que se aprecie como disjunta de otras agrupaciones cercanas de algas. Este es un criterio de definición espacial flexible que pretendió definir una escala de muestreo a la cual se dispuso de mediciones para la mayor cantidad de combinaciones de valores de las distintas variables necesarias para resolver los distintos objetivos específicos. Este requerimiento surge de la necesidad de contar con una unidad de muestreo que organice la mayor cantidad de información posible para permitir la detección de correlaciones entre variables, empleadas específicamente en el desarrollo de los modelos de ecuaciones estructurales presentados en el objetivo 3.11. No obstante lo anterior, todos los análisis comparativos (*i.e.* análisis de la varianza; Zar 1999) utilizaron a la pradera como unidad de muestreo, considerándose a los sitios como submuestras.

La **FIGURA 1**, muestra un esquema del diseño de muestreo propuesto y clarifica la nomenclatura adoptada para distinguir los distintos niveles espaciales de toma de datos explicados en el diseño de muestreo. Este diseño esquemático de muestreo se aplicó en cada

una de las praderas seleccionadas y en cada campaña de muestreo. Lo muestreos se llevaron a cabo con una periodicidad temporal bimensual, es decir, cada 2 meses. Si bien es cierto es deseable realizar muestreos de mayor frecuencia (al menos en algunos sitios), la estructura actual de costos del proyecto no lo permite.

### **3.2.5. Muestreos poblacionales de algas carragenófitas.**

La especie intermareal que compone el recurso algas carragenófitas fue la luga *Mazzaella laminarioides*. Dentro de los objetivos indicados por los términos básicos de referencia esta disponer de información sistematizada del estado en que se encuentran los recursos a evaluar, tanto en la V Región así como en la VI Región. El tipo de investigación en dinámica de praderas de algas marinas tiene un claro sentido práctico, toda vez que las medidas de manejo futuro de las praderas emanadas de este proyecto, vislumbra la posibilidad de establecer modelos alternativos de manejo, que sean puestos en práctica por pescadores artesanales, cuya variable motivacional para la explotación es la biomasa extraída, es decir láminas o frondas visibles al ojo desnudo, y no el conteo de discos individuales, lo cual para los pescadores resulta ser irreconocible. En consecuencia, la evaluación de discos, en cualquier medida de manejo de praderas a través de cuotas sería impracticable en términos de abundancia de discos. Más aún, el número de discos que constituyen la población no necesariamente refleja los niveles de productividad de la misma, debido en primer lugar a que se han definido dos grupos de algas marinas de acuerdo al patrón de desarrollo vegetativo: las algas clonales y las algas unitarias (Scrosati 2004; Santelices 2001). Las algas clonales tienen la capacidad de generar numerosas frondas a partir de un disco basal de adhesión, y cada una de estas tiene capacidad autónoma. Además, el disco basal de adhesión también tiene la capacidad de producir nuevas frondas, y en algunos grupos de algas clonales existen antecedentes de fusión de sus discos lo que se traduce en un organismo quimérico (Santelices *et al.* 1999, 2003, 2004). En segundo lugar el efectos de auto-raleo y ensombrecimiento restringen el crecimiento individual de una fracción importante de las mismas

(Hara *et al* 1986, Scrosati 2005). En consecuencia, la lámina de un alga marina de este tipo puede ser considerada en términos pesqueros como una unidad potencialmente cosechable. En contraste, las algas unitarias solo producen una fronda o eje desde su disco.

Es en este contexto que las mediciones de abundancia (*e.g.* densidad y biomasa) total y por fase reproductiva de frondas se realizaron por medio de la remoción del recurso objetivo en cuadrantes dispuestos al azar en cada sitio de estudio. Debido a que se trata de una actividad destructiva, se empleó cuadrantes de pequeña dimensión (15x15 cm), con el fin de mantener los niveles de impacto por muestreo lo más reducido posible. Se dispuso de un total de 10 cuadrantes por cada sitio de muestreo (**FIGURA 1**). Este tamaño de muestreo permitió un buen compromiso entre la representatividad y la potencia requerida para obtener estimadores confiables de los parámetros poblacionales necesarios para el análisis de datos y el modelamiento, manteniendo los niveles de esfuerzo de muestreo dentro de márgenes razonables de eficiencia (Underwood 1997).

De esta forma, se dispuso de 10 cuadrantes de 15x15 cm al azar en cada sitio de muestreo, posteriormente para el presente pre informe final la información poblacional (biomasa y densidad) fue extrapolada a un 1m<sup>2</sup>. Todo el material contenido dentro del área de muestreo fue extraído por medio de espátulas, y almacenado en bolsas debidamente etiquetadas para su posterior análisis en laboratorio. Las muestras fueron preservadas en frío (en contenedor aislante) y transportadas al laboratorio. Una vez en laboratorio se midió el largo máximo de cada fronda y se determinó la fase y estado reproductivo de las mismas. Todo el material no correspondiente al recurso objetivo (*i.e.*, flora y fauna acompañante) fue separado, identificado, preservado y etiquetado de forma tal que fue posible relacionar inequívocamente los catastros de flora y fauna acompañante con los registros de densidad y biomasa de cada cuadrante (ver metodología en Objetivo específico 3.6). De esta forma, todos los datos registrados en terreno y en el laboratorio quedaron organizados de manera balanceada para realizar los análisis estadísticos posteriores.

Producto de esta actividad se obtuvieron estimadores de densidad y biomasa promedios por sitio de estudio. Se realizaron una serie de análisis comparativos entre praderas (intervenidas y no intervenidas de existir éstas últimas) y entre regiones, por medio de análisis de la varianza anidados (Sokal & Rolf 1981; Zar 1999).

Los análisis emplearon como variables de respuesta los valores de densidad, biomasa, proporción de fases y tallas promedio por pradera. Sólo, una vez completado el ciclo anual de muestreo se incluyó explícitamente el factor estacionalidad en el análisis, elaborándose así un último análisis consolidado que comparó los cambios en las variables antes mencionadas considerando posibles diferencias regionales, entre praderas (intervenidas y no intervenidas) y estacionalidad.

Las frondas fueron separadas según su fase reproductiva (cistocárpicas, tetraspóricas y vegetativas o no reproductivas). Con esto, se recogió en forma simultánea información de la biomasa, densidad y estructura de talla por fase reproductiva de las poblaciones evaluadas de cada recurso, por cada muestreo realizado. Además el tipo de muestreo y los datos obtenidos fueron utilizados como información complementaria para el Objetivo específico 3.3.

En cada cuadrante se extrajeron todas las frondas (unidades potencialmente cosechable), las que fueron depositadas en una bolsa de malla cebollera "Marienburg" previamente etiquetadas de acuerdo al número de cuadrante (y número de transecto). Las muestras fueron conservadas en frío y transportadas al laboratorio. Posteriormente para cada muestra, las frondas fueron separadas según su fase reproductiva y se registró la biomasa húmeda ( $\text{g/m}^2$ ), longitud y ancho de las frondas (cm) y número de talos por fase reproductiva ( $\text{n}^{\circ}$  talos/  $\text{m}^2$ ). Las frondas que presentaron estructuras reproductivas en diferentes estados de desarrollo fueron contadas, medidas (largo y ancho) y pesadas. Solamente se consideraron frondas mayores a 1 cm. de longitud, que en definitiva es lo que debería evaluarse si se considera el objetivo general del proyecto tiene un enfoque de evaluación pesquera.

Durante el período de estudio no se detectaron praderas submareales de algas carragenofitas en la V y VI Región. En los primeros muestreos se realizaron prospecciones en la costa y se consultaron a pescadores artesanales de las todas las localidades visitadas sobre la presencia y extracción de *Sarcothalia crispata* (luga negra) y en ningún caso se encontró praderas submareales en la V o VI Región de algas carragenófitas. Tampoco se han observado algas varadas durante la prospección y los muestreos realizados. Solo en una localidad de la V región se ha detectado presencia de luga negra en la pradera seleccionada en “Playa Chica” de la localidad de Caleta Quintay. Específicamente se ha observado un parche de unos 2 metros de largo por un 3 cm de ancho en el sitio 4 de esta pradera en el franja infra litoral del intermareal costero. Por lo tanto se puede constatar solo cuando se está con el nivel de marea más bajo.

#### Factores explicativos

El diseño de muestreo configura una estructura de datos para *M. laminarioides* que incluye varios factores potencialmente relevantes para explicar la variabilidad observada en biomasa, densidad y largo promedio de las frondas. Estos incluyeron: Región de origen de las frondas, Condición de intervención, Período de muestreo, Identidad de la pradera, Sitios dentro de cada pradera. Análisis de la varianza llevados a cabo preliminarmente indicaron que todos los supuestos subyacentes fueron violados (*ie.* heterogeneidad de varianzas, independencia y normalidad de errores). Con el fin de subsanar esta situación, junto con reducir la complejidad de los modelos a evaluar, se optó por modelar la información disponible por mínimos cuadrados generalizados (Venables & Ripley 1997, Pinheiro & Bates 2000), según el protocolo de análisis sugerido por Zuur *et al* (2009). Este consistió en un procedimiento repetitivo de selección de modelos, el que se inició con el ajuste de un modelo general que incluyó todos los términos aditivos y de interacción. Este modelo fue parametrizado por método de máxima verosimilitud y empleado como primer referente de contraste. Posteriormente se examinaron gráficamente los residuos del modelo, detectándose evidencias de heterogeneidad de

varianzas. Se evaluaron estructuras de varianza alternativas sobre el mismo modelo de referencia, las que fueron comparadas por medio de criterio de información de Akaike. Posteriormente, se procedió a la eliminación progresiva de términos no significativos (comenzando por los términos de interacción más altos) por medio de comparación de razón de verosimilitud, transformándose el nuevo modelo reducido en el referente para una nueva ronda de reducción de términos. Una vez obtenido el modelo final (al cual no fue posible eliminar más términos), se examinaron gráficamente varias pruebas diagnósticas para verificar que los supuestos de independencia de los errores y heterogeneidad de varianzas hayan sido salvaguardados correctamente gracias a los procedimientos aplicados. La finalidad de este proceso repetitivo, es obtener el conjunto de variables independientes que mejor explican la variabilidad observada en los registros de biomasa, densidad ó largo promedio de frondas de *M. laminarioides*.

El modelo completo empleado al inicio del protocolo fue:

$$B_{fase} = R + I + M + R \times I + R \times M + I \times M + R \times I \times M + \varepsilon$$

$$D_{fase} = R + I + M + R \times I + R \times M + I \times M + R \times I \times M + \varepsilon$$

$$LP_{fase} = R + I + P + M + I \times P + I \times M + P \times M + I \times P \times M + \varepsilon$$

Donde  $B_{fase}$  corresponde a la biomasa promedio (g/m<sup>2</sup>);  $D_{fase}$  corresponde a la densidad promedio (frondas/m<sup>2</sup>) de frondas de distinta fase (*i.e.*, vegetativas, tetraspóricas y cistocárpicas) y Donde  $LP_{fase}$  corresponde al largo promedio de frondas de distinta fase.  $R$  es una variable categórica que representa la región de muestreo con dos niveles (V y VI región),  $I$  es una variable categórica que refleja el grado de intervención con dos niveles (intervenido: si es área de libre acceso o AMERB con explotación del recurso, no-intervenido: si es AMERB sin explotación o reserva),  $M$  es una variable categórica que indica el período de muestreo y  $\varepsilon$  corresponde al término de error. Por simplicidad se han omitido los subíndices.

Después del examen inicial de estructuras de error, se optó por emplear una corrección de varianzas diferentes por estrato para cada pradera  $P$ , ya que ésta mostró el mayor nivel de heterogeneidad de varianzas.

**Test de Resorcinol:** Durante el desarrollo de los muestreos realizados para la V y VI Región, se detectó que gran parte de las praderas seleccionadas de *M. laminarioides* están conformadas por talos vegetativos. Obtener y almacenar el 50% de las frondas vegetativas resultó logísticamente impracticable, debido al gran volumen de algas a reservar. Por otro lado, tampoco resultó práctico remover una fracción de talo para su almacenamiento, debido al gran número de otras actividades que debían ser realizadas simultáneamente en terreno. Se decidió reservar un 10% de la biomasa total de frondas vegetativas por muestreo en base a la siguiente estimación de tamaño muestral (Cook & Campbell 1979, Milton & Tsokos 2001):

$$n = N Z^2 p q / d^2 (N-1) + Z^2 p q$$

donde;

N: total poblacional

$Z^2$ : coeficiente de confianza al cuadrado (1,96 para una confianza del 95%)

p: proporción esperada

q: (1-p)

d: precisión de la estimación

Considerando  $N=17511,3$  como el total de la biomasa de frondas vegetativas (datos agregados para todos los muestreos realizados),  $p=0,22$  (proporción de la biomasa correspondiente a frondas tetraspóricas medidas) y  $q= 0,78$  (proporción de la biomasa correspondiente a frondas cistocárpicas medidas), y  $d=0,05$  (5% de precisión deseada para la estimación), se obtiene una estimación de tamaño muestral  $n=192$  gramos, equivalente a un 1% de la biomasa vegetativa recolectada. Como salvaguarda a cualquier error de medición de terreno

en las proporciones observadas, se decidió aumentar esta estimación en un orden de magnitud, lo que arroja un 10% de la biomasa vegetativa reservada para realizar el test de resorcinol.

En base al test de resorcinol se determinó la fase cariológica de las frondas vegetativas (haploide: fase esporofítica; o diploide: fase gametofítica) (Garbary & De Wreede 1988). La prueba del Resorcinol consiste en una reacción colorimétrica en donde el *kappa*-carragenano de las frondas gametofíticas reacciona dando una coloración roja-carmesí; mientras que el *lambda*-carragenano de las frondas esporofíticas no reacciona dando una coloración anaranjada pálida o transparente. El margen de error del método oscila entre un 0 a 5%. Es en este contexto que se determinó la densidad de cada fase fenológica. Además, se contabilizó el número de talos en cada unidad de muestreo y se expresó como número de talos de cada fase reproductiva por m<sup>2</sup>. Este tipo de información complementó los resultados obtenidos para caracterizar el comportamiento reproductivo espacial y temporal de las algas carragenófitas

### **3.2.6. Estimación de la mortalidad natural de las praderas.**

El auto-raleo en algas carragenófitas se asocia a una disminución en el tamaño o jerarquía de la fronda en una población. Esto se debe a que en una población de una especie de alga clonal, un porcentaje importante de las clases de menor tamaño se desprende naturalmente durante el proceso de crecimiento, generando un proceso de mortalidad natural. Lo anterior se debe a la competencia asimétrica de las clases de frondas de mayor tamaño (Weiner 1998; Weiner *et al.* 2001). En organismos unitarios en cambio, los individuos más pequeños mueren progresivamente como resultado de la competencia asimétrica de la luz con los organismos de mayor tamaño. Como complemento, la disminución del tamaño y la mortalidad de frondas y/o plantas de algas carragenófitas intermareales puede ser causada por la pérdida de tejido distal de la fronda debido a la decoloración (Scrosati & DeWreede, 1997) o por el pastoreo de organismo herbívoros (Santelices 1989).

Es en este contexto que esta actividad consideró la evaluación simultánea de cambios a lo largo del tiempo (evaluaciones cada 2 meses) en la densidad y tamaño promedio de las frondas de los recurso objetivos. Además, de manera simultánea se realizó el seguimiento de los cambios en las dimensiones de las estructuras basales que dan origen a las frondas erectas. Un monitoreo detallado de los cambios en número y/o dimensiones de las estructuras basales permitirá obtener dos tipos de parámetros de interés para la pesquería de algas carragenófitas en particular:

a) La desaparición de estructuras basales (discos de adhesión) permitió estimar los valores de mortalidad natural "estructurales", es decir, aquellos que suponen la remoción total de individuos de un área dada. Si bien es cierto, no es posible obtener con certeza una estimación del número real de individuos desaparecidos de un área dada, producto del posible enmascaramiento por fenómenos de coalescencia, si es posible expresar la mortalidad natural como pérdida en cobertura de sustrato primario por parte del recurso objetivo.

b) El seguimiento de la densidad y tamaño de frondas en las mismas áreas está estimando cambios en cobertura de discos, permitiendo estimar la mortalidad "aparente" del recurso alga carragenófitas.

La relación entre ambos estimadores de mortalidad permitió, como resultado adicional a este objetivo, determinar el nivel de error asociado a mortalidad por el conteo de frondas. Cabe destacar que cambios positivos en cobertura de discos se entendió como la resultante del efecto conjunto del crecimiento (individual y/o coalescente) más el reclutamiento. Esto permite complementar los resultados de las actividades a desarrollar en los Objetivos 3.3 y 3.4 de la presente propuesta.

Se definieron 6 cuadrantes estáticos de 15 x 15 cm en cada pradera de *Mazzaella laminarioides*, los que han sido utilizados para realizar un seguimiento temporal no destructivo de la cobertura de discos de esta especie, junto con el monitoreo de cambios en densidad y tamaño de las frondas asociadas a dichos discos. Los cuadrantes fueron inicialmente dispuestos al azar dentro de la zona de ocurrencia del recurso objetivo, y su posición fue georeferenciada para su

posterior seguimiento. Adicionalmente, se delimitaron los vértices del cuadrante empleando masilla epóxica permanente, la que ha perdurado en buen estado durante todo el desarrollo del proyecto. Se seleccionaron zonas estratégicas en cada sitio para ubicar los cuadrantes de monitoreo, intentando seleccionar aquellos lugares de difícil o improbable acceso de alqueros u otros factores de perturbación antropogénica.

En cada período de muestreo se midió dentro de cada cuadrante 1) el número de discos de adhesión de *M. laminarioides*, 2) el número de frondas talos por cada disco (exceptuando talos inferiores a 1 cm de largo), 3) el diámetro máximo de cada disco de adhesión, 4) el largo de diez frondas elegidas al azar, entendidas como submuestras para la estimación del diámetro característico de cada disco. La naturaleza de los datos obtenidos permite aventurar un análisis de mortalidad individual basado en la dinámica de cambio de estas variables.

En particular, es posible definir cuatro formas de cambio temporal (*i.e.*, transiciones entre períodos de muestreo) asociadas a distintos procesos ecológicos ocurriendo a pequeña escala, los que afectarían el número de discos de adhesión observados y su tamaño (**TABLA 4**). La transición R+Cr se produce toda vez que, entre períodos consecutivos de muestreo, un cuadrante de seguimiento muestre un aumento en el número de discos presentes y un aumento del diámetro de los mismos. En dicho escenario, es plausible que el proceso de cambio dominante sea una combinación de reclutamiento (R) y crecimiento de los ejemplares ya presentes (Cr). La transición R+F se empleó cuando un aumento en el número de discos estuvo acompañado por una disminución del tamaño de los discos. Dicho escenario sólo es plausible si se está en presencia de reclutamiento (R), o fragmentación de discos (F), o una combinación de ambos. La categoría C corresponde a un decremento en el número de discos acompañado de un aumento sustantivo del diámetro de los mismos. Esta condición es esperable para un escenario de coalescencia de discos (C). Por último, la transición M considera la combinación entre pérdida de discos y disminución del diámetro promedio, lo que reflejaría un proceso de mortalidad estructural (pérdida efectiva de individuos).

**TABLA 4:** Definición de transiciones según proceso ecológico más plausible.

		<b>Diámetro del disco</b>	
		<i>Aumento</i>	<i>Decremento</i>
<b>Número de discos</b>	<i>Aumento</i>	R+Cr	R+F
	<i>Decremento</i>	C	M

Esta clasificación fue utilizada para codificar los cambios observados en cada cuadrante a lo largo del ciclo anual. Posteriormente, se contabilizó el número de cuadrantes que mostró cada una de estas transiciones, y la proporción de éstos se interpretó como la probabilidad de ocurrencia del proceso.

### **3.2.7 Considerar áreas de manejo que tengan como recurso objetivo algas carragenófitas.**

La presencia de áreas de manejo de recursos bentónicos (AMERBs) que contienen planes de manejo y explotación (PME) de algas carragenófitas en la V y VI regiones esta permitió realizar contrastes (ver **FIGURA 1**) entre áreas con distinto grado de intervención antropogénica (e.g. AMERBs vs Áreas de libre acceso; AMERBs vs AMP Áreas Marinas Protegidas; Áreas de libre acceso vs AMP). Se seleccionaron AMERBs que consideran algas carragenófitas en los PME en el área de estudio (25% del total de praderas a prospectar).

Para obtener información de AMERBs que tengan como recurso objetivo primario o secundario algas carragenófitas, se recopiló información de pescadores artesanales y de las instituciones públicas (e.g. Sernapesca); y de líneas bases de AMERBs o de sus correspondientes seguimientos del PME ejecutados por el equipo consultor (**TABLA 1**). Con estos antecedentes, junto con el reconocimiento preliminar de praderas de algas carragenófitas (ver Objetivo específico 3.1) se realizó la selección de praderas en AMERBs para contrastar con áreas de libre

acceso o con alguna medida de administración pesquera de protección (e.g. Area Marina Protegida en Montemar).

### **3.3. CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 3).**

Para la caracterización del comportamiento reproductivo de las algas carragenófitas se ocupó el mismo diseño de muestreo propuesto en el Objetivo específico 3.2, que sugiere la selección de cuatro praderas por recurso de alga carragenófitas en estudio, tanto para la V Región así como para VI Región. En el presente Objetivo se propuso una metodología para caracterizar el comportamiento reproductivo de las algas carragenófitas (e.g. *Mazzaella*), enfatizando la evaluación y caracterización de los períodos de maduración por fase reproductiva. Sin embargo solo fue posible desarrollar cada una de las actividades con el alga carragenofita *Mazzaella laminarioides*, ya que es la única especie que constituye praderas con un patrón de distribución y abundancia continuo en forma de cinturón a lo largo del intermareal rocoso de la costa, lo cual favoreció la aplicación del diseño de muestreo propuesto por el equipo de trabajo. En el punto 3.2.2 se especifica en forma más detallada los argumentos de esta disposición.

Además, se utilizaron las mismas áreas seleccionadas para contrastar los efectos espaciales (e.g. sitios intervenidos vs no intervenidos vs gradiente latitudinal) o de las distintas medidas de administración pesqueras (e.g. AMERBs vs AMP vs Áreas de libre acceso) de acuerdo a lo solicitado en las bases técnicas del FIP N° 2008-52. Todos los controles de cada una de las actividades desarrolladas en este objetivo específico (3.3) se realizaron en forma paralela al muestreo de los patrones de distribución y abundancia de las poblaciones de cada recurso alga carragenófitas *M. laminarioides* en estudio (Objetivo específico 3.2).

#### **3.3.1. Época reproductiva por fase y por recurso.**

Para determinar la época reproductiva por fase y por recurso, se estudió en el litoral de la V y VI Regiones sólo al alga carragenófitas *Mazzaella laminarioides*. La información de esta actividad se obtuvo a partir de los controles de las actividades propuestas en el Objetivo específico 3.2, básicamente de los muestreos poblacionales en cada pradera seleccionada por

especie del recurso algas carragenófitas en estudio. De los muestreos poblacionales se obtuvo los valores máximo y mínimos de biomasa, densidad y tamaño de las frondas reproductivas en el tiempo por especie, y serán comparados de acuerdo a los análisis estadísticos *ad hoc* (i.e. análisis de la varianza: Sokal & Rolf 1981; Zar 1999) utilizando a la pradera como unidad de muestreo, considerando a los sitios de muestreo en la praderas como submuestras.

### **3.3.2 Abundancia y tamaño mínimo de frondas con estructuras reproductivas por fase**

Para determinar la abundancia y el tamaño de las frondas reproductivas por fase, se estudió la en el litoral de la V y VI Regiones las praderas de *Mazzaella laminarioides*. Para cada pradera en estudio y para cada especie del recurso, se usó el mismo diseño de muestreo y frecuencia de muestreo descritos en el objetivo específico 3.2 de la propuesta. En forma paralela al muestreo poblacional se recolectaron 5 frondas al azar de manera aleatoria para 5 clases de tallas (e.g. < a 1cm; >1cm<3cm; >a 3cm<5cm; >5 cm <de 10cm; >10cm) obtenidos de la franja superior, media e inferior del intermareal. Las frondas fueron puestas en bolsas plásticas previamente etiquetadas por clase de talla, para ser almacenadas y refrigeradas en un contenedor aislante; y posteriormente ser transportadas al laboratorio. En el laboratorio, cada fronda categorizada en función de la talla fue medida (e.g. largo, ancho) y pesada en una balanza semi-analítica. Posteriormente, las frondas fueron observadas bajo lupa estereoscópica para identificar la presencia o ausencia de estructuras reproductivas. Con la información obtenida se evaluaron distintos parámetros reproductivos, tales como número de estructuras reproductivas (e.g. soros esporangiales, cistocarpos) o frecuencia de frondas reproductivas por categoría de talla, durante el período de muestreo.

En las especies del género *Mazzaella*, las fases esporofíticas y gametofíticas femeninas fueron identificadas a simple vista por la observación de sus estructuras reproductivas (soros tetraspórangiales y cistocarpos, respectivamente). Las frondas vegetativas también fueron evaluadas para detectar gametofitos masculinos, extrayendo con un sacabocado una muestra de

1 cm<sup>2</sup> de la parte central de la fronda (o apical según corresponda) para analizar bajo microscopio y determinar la presencia o ausencia de espermatangios.

Estos antecedentes sirvieron para establecer relaciones entre tamaño y abundancia, así como para definir el tamaño mínimo de madurez reproductiva en la curva de estructuras de tamaño de la población, de cada recurso en estudio. Además se evaluaron diferencias reproductivas de las poblaciones dentro del gradiente vertical de distribución del recurso luga en cada uno de los sitios y praderas de estudio.

### Análisis

Para evaluar los efectos explicados por las variables independientes consideradas en el diseño de toma de datos se definió el modelo saturado,

$$O_{fase} = M \times R \times I \times Z \times T + e$$

Donde la variable binaria  $O_{fase}$  corresponde al número de ocurrencias de frondas de una determinada fase (*i.e.*, análisis por separado para frondas vegetativas, cistocárpicas y tetraspóricas),  $M$  es una variable categórica que indica el período de muestreo,  $R$  es una variable categórica que indica la región de origen de los talos examinados,  $I$  una variable categórica con dos niveles que indica la condición de intervención de las praderas,  $Z$  es una variable categórica que representa el nivel de altura intermareal del que provienen los talos (intermareal superior, medio y bajo),  $T$  es una variable categórica que indica la clase de tamaño de los talos examinados (Talla 1: < a 1cm, Talla 2: >1cm a<3cm, Talla 3: >a 3cm y <5cm cm, Talla 4: >5 cm <de 10cm; Talla 5: >10cm), y  $e$  es un término de error residual. Por simplicidad sólo se presenta el término de interacción de más alto nivel, quedando implícita la existencia de interacciones de menor jerarquía, además de los efectos independientes de cada factor. También por simplicidad se han omitido los subíndices del modelo.

Dado que todas las variables de respuesta son de naturaleza categórica, y la variable de respuesta es binaria, se utilizaron modelos log-lineales para evaluar los efectos de cada

término aditivo e interacciones. Se modeló la distribución de errores en base a una distribución binominal. La selección de variables se realizó contrastando modelos reducidos contra el modelo saturado por medio de criterio de información de Akaike. Si dos o más modelos resultaron indistinguibles en términos de parsimonia, se procedió a una selección de variables por medio del protocolo de reducción de términos propuesto por Zuur *et al* (2009) y Logan (2010), basado en el contraste de modelos por test de Chi-cuadrado.

### **3.3.3. Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas por fase.**

En forma paralela a la realización del muestreo poblacional propuesto en el objetivo específico 3.2., se extrajeron 10 frondas al azar en 3 sitios del gradiente vertical (intermareal superior, medio e inferior) o batimétrico según correspondió para cada recurso, y transecto realizado. Cada grupo de frondas fue colocado en bolsas plásticas y etiquetadas con el número del transecto y posición (gradiente vertical o batimétrica), según corresponda, luego fueron almacenadas en un contenedor aislante y transportado a laboratorio para su posterior análisis.

Debido a que los recursos de esta propuesta poseen morfologías diferentes se aplicó en laboratorio métodos distintos. Para el caso de *Sarcothalia* y *Mazzaella* que presentan frondas laminares, en cada lámina se ubicaron 3 líneas, dos delimitadas en ambos márgenes de la fronda y una línea ubicada en el centro de la fronda, mediante un sacabocados se extrajo una determinada cantidad de trozos circulares a lo largo de cada transecto. Cada uno de estos trozos fue observado bajo la lupa microscópica. En esta área se contó el número total de estructuras reproductivas para cada fase obteniendo la abundancia y distribución de cistocarpos y de soros tetrasporangiales, diferenciando 3 áreas en el sentido longitudinal correspondiente a la posición de los transectos (marginal – central – marginal) y 3 áreas en sentido vertical (distal, centro y basal).

El diseño aplicado en la estimación del potencial reproductivo presentado en esta propuesta, fue orientado a obtener información de cómo es el crecimiento, desarrollo de madurez de cada fronda, de esta manera poder detectar si existen sectores diferenciales de la lámina que

maduran, si los individuos maduran en forma completa o si existe una madurez gradual desde el sector basal a apical, desde el centro de la lamina hacia los borde, desde los márgenes al centro, o desde el ápice hacia el disco, etc. Un muestreo al azar dentro de cada lamina puede no responder a esta pregunta dado a que es factible que más de alguna muestra sea repetida en un mismo sector de la fronda, perdiendo información por una parte y sobreestimando información por otra.

### **3.3.4. Grado de maduración de las estructuras reproductivas en un período anual.**

Para determinar el grado de madurez de las estructuras reproductivas de las especies en estudio, se realizaron muestreos bimensuales durante un período anual en las praderas seleccionadas para evaluar los patrones de distribución y abundancia de algas carragenófitas (ver Objetivo específico 3.2.). Para esto, durante el muestreo poblacional se recolectaron al azar 10 frondas cistocárpicas y 10 frondas tetraspóricas, en tres sectores del intermareal (intermareal superior, medio y bajo) o en el gradiente de profundidad (somero, intermedio y profundo). De esta manera se determinaron los patrones temporales en cada gradiente vertical del intermareal por recurso en estudio.

Para la observación de la maduración de estructuras reproductivas de cada fronda se consideraron 3 categorías, usando como referencia la metodología de Camus *et al.* (en revisión) y Santelices & Martínez (1997):

- Maduras: Cistocarpos o Soros que presentan un color café o marrón con o sin presencia de ostiolo (el ostiolo es una abertura que se distingue generalmente en la parte central del cistocarpo o soro y es por donde ocurre la liberación de las carposporas y de las tetrasporas, respectivamente).
- Inmaduras: Cistocarpos o Soros de color amarillo tenue.
- Esporulado: Cistocarpos o Soros que presentan un color blanco como consecuencia del espacio vacío que queda al evacuarse las células reproductivas.

Usando las categorías antes mencionadas, se estimó el estado de madurez de los cistocarpos y de los soros tetrasporangiales en frondas cistocarpicas o tetrasporofíticas; obteniendo al azar un trozo de tejido mediante un sacabocados. Luego cada trozo fue observado bajo la lupa estereoscópica y se procedió a contar los cistocarpos o soros maduros, inmaduros y esporulados en un área de 1 cm<sup>2</sup>. Con estos datos se estimó el número total y promedio de los cistocarpos o soros maduros, inmaduros y esporulados por área muestreada y área de la fronda, proyectando finalmente la información al número total de frondas recolectadas.

### **3.3.5. Viabilidad y germinación de los diferentes tipos de esporas, en un período anual.**

A partir de los muestreos poblacionales propuestos en el objetivo específico 3.2 del recurso algas carragenófitas, se obtuvo 5 frondas cistocárpicas y 5 frondas tetraspóricas maduras. Cada fronda fue lavada cuidadosamente con agua de mar filtrada, luego se obtuvo su biomasa húmeda y posteriormente se cortó un trozo de 6 cm<sup>2</sup> de cada fronda. En los trozos se contó la densidad de estructuras reproductivas y se estimó la biomasa. Posteriormente, cada trozo fue puesto en forma individual en capsulas petri de 10 cm x 1,5 cm, y las estructuras reproductivas fueron deshidratadas e hidratadas, usando la metodología propuesta por Scrosati (2006). Las capsulas petri fueron mantenidas en condiciones ambientales controladas dentro del laboratorio durante un intervalo de tiempo que depende de cada especie (Santelices 1990). Luego de transcurrido el tiempo y finalizada la esporulación tanto para carposporas como para tetrasporas liberadas en la esporulación, se removieron en forma cuidadosa los trozos de cada capsula.

Posteriormente se procedió a homogenizar las capsulas petri y se extrajo una alícuota de 1 ml en cada una de las 5 cápsulas con carposporas y de las 5 cápsulas con tetrasporas. Estas alícuotas fueron fijadas con lugol, para preservar las esporas y posteriormente determinar el número de esporas por ml, depositando la alícuota en una cámara de conteo Sedgewick-rafter, contando las esporas con un microscopio invertido. Se realizó una estimación del número total de esporas liberadas en cada esporulación, extrapolando el promedio de esporas obtenidas en el

volumen de total de cada capsula y a la biomasa de cada trozo de fronda reproductiva.

De la solución de esporas obtenida de cada una de las capsulas se extrajo tres volúmenes de 1 ml que fueron incubados en capsulas de menor tamaño con medio de cultivo Provasoli (Provasoli 1969). Se procedió de la misma forma, por separado con la solución de carposporas y de tetrasporas. Las cápsulas fueron mantenidas en las siguientes condiciones controladas de cultivo a 10°C de temperatura, con un fotoperíodo de 12 horas luz y de 12 horas oscuridad, y a una radiación PAR de  $30 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Para la determinación de la viabilidad de las esporas se contó el número de esporas (carposporas o tetrasporas según corresponda) en 5 campos oculares con un aumento definido (40 x) al azar y en sentido horario, al día siguiente de sembrada la solución de esporas en las cápsulas (24 h). Después de 5 días en condiciones controladas de cultivo se procedió a contar 5 campos oculares en cada una de las cápsulas para determinar esporas vivas y muertas. Cada uno de estos muestreos se realizó observando con un microscopio invertido las esporas adheridas a la capsula. Con los valores resultantes y en función del número inicial de esporas inoculadas en cada cápsula se estimó el porcentaje de supervivencia de carposporas y tetrasporas. Para lograr esto se consideró como espora viva a toda aquella espora que presente un color rosado con una pared celular bien definida y con citoplasma homogéneo; en cambio las esporas muertas fueron aquellas esporas que presentan una pared celular no definida con un citoplasma caracterizado por una gran cantidad de gránulos, además de la falta de pigmentación las células.

La germinación de carposporas y tetrasporas se evaluó en las mismas esporas cultivadas para estimar viabilidad, utilizando la misma metodología de conteo de esporas al microscopio invertido y con 3 réplicas de campos oculares (40 x). El criterio utilizado para determinar si una espora esta germinada fue la presencia de un borde bien definido y división celular.

### **3.4 DETERMINAR PERÍODOS ÓPTIMOS DE COSECHA Y CRITERIOS DE EXTRACCIÓN PARA LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).**

La siguiente metodología permitió determinar los períodos óptimos de cosecha para el recurso en estudio. La metodología propuesta considera las distintas estrategias de mantención de las poblaciones tales como crecimiento vegetativo de las fases (gametofítica y esporofítica), las formas y capacidades de propagación vegetativa y la reproducción sexual (reclutamiento). Además, esta metodología consideró el efecto de la poda y la capacidad de recuperación de frondas a través del crecimiento vegetativo desde el disco basal adhesivo, y el ciclo productivo de los recursos.

#### **3.4.1 Tasa de crecimiento vegetativo de las fases gametofítica y esporofítica.**

Para evaluar la tasa de crecimiento vegetativo de las fases gametofítica y esporofítica se propuso llevar a cabo un experimento manipulativo controlado diseñado exclusivamente para este fin. El supuesto implícito en esta actividad es que, el crecimiento de esporas de ambas fases elegidas fue representativo de las condiciones de crecimiento y regeneración de frondas del recurso objetivo en las praderas estudiadas. Realizar marcajes en terreno es poco viable como experiencia, ya que las frondas se necrotizan, impidiendo hacer el seguimiento correspondiente. Por otro lado, no se puede excluir el factor antropogénico y la ocurrencia de alguna perturbación (e.g. marejadas, tormentas), razón por la cual se plantea realizar experiencias en laboratorio, en donde se pueden simular las condiciones y cambios estacionales, para así evaluar el crecimiento. Para llevar a cabo este estudio, se trabajó con los mismos cultivos utilizados en la actividad 3.3.5. Por lo tanto se consideraron cuatro localidades de la V Región (La Laguna, Horcón, Montemar y Playa Chica) y cuatro localidades de la VI Región (Matanza, Bucalemu, Pichilemu y Topocalma). Cada localidad tuvo 3 réplicas para la fase gametofítica y 3 réplicas para la fase tetraspórica. Todos estos cultivos (placas petri con 20 ml de medio de cultivo enriquecido con Provasoli) se mantuvieron en condiciones de laboratorio con un fotoperíodo de 12 horas luz y

12 horas oscuridad,  $12 \pm 0,5$  °C y un rango de intensidad de luz entre 14 a  $15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Los recambios de medio de cultivo se hicieron cada 15 días.

Después de un mes de cultivo, se procedió con las mediciones de los cultivos, para ello se escogieron al azar 20 individuos por cada réplica (placa petri). Por lo tanto se obtuvieron 60 mediciones de gametofitos y 60 mediciones de tetrasporofitos por cada localidad. Estas mediciones se llevaron a cabo sacando fotografías bajo lupa estereoscópica (32x), y posteriormente se utilizó el programa Image J, con el cual se obtuvo las mediciones de tamaño (mm) tanto de gametofitos como tetrasporofitos. Para determinar las tasas de crecimiento, se utilizó el incremento en tamaño, el cual se expresó a través de la siguiente ecuación:

$$= \left( \frac{Lnt_2 - Lnt_1}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \right) \times 100$$

Donde:

$Lnt_1$ = Logaritmo natural del tamaño de talos al tiempo 1;

$Lnt_2$ = Logaritmo natural del tamaño de talos al tiempo 2;

$\Delta t_1$ = Diferencia de tiempo 1;

$\Delta t_2$ = Diferencia de tiempo 2.

Estas mediciones se realizaron semanalmente, durante un periodo de 5 semanas. El diseño se plantea con miras a un análisis de la varianza de un factor (*i.e.*, crecimiento de talo). Se asignaron 20 unidades experimentales (esporas) replicadas tres veces. Dicho diseño se llevo a cabo una vez por estación.

Con esta información fue posible determinar la tasa de crecimiento promedio para cada condición experimental en cada estación, comparando los resultados por medio de análisis de la varianza unifactorial con datos pareados (Sokal & Rolf 1981). Al final del proyecto se planteó realizar un análisis consolidado que incorporó explícitamente los efectos de la estacionalidad y de las fases (*i.e.*, análisis de la varianza de dos vías; Sokal & Rolf 1981, Zar 1999).

### **3.4.2. Formas y capacidad de propagación e importancia del reclutamiento en el aporte de biomasa anual.**

Con el fin de evaluar los aportes del reclutamiento a la dinámica poblacional de cada pradera, se propuso un diseño que relacione la magnitud del reclutamiento con los cambios posteriores observados en densidad y biomasa. Para dicho análisis se empleó el esquema de modelamiento por medio de ecuaciones estructurales explicado en el Objetivo específico 2.2.11. Debido a que los efectos del reclutamiento sólo tienen sentido para la dinámica poblacional al ser considerados con un retardo temporal, se evaluarán modelos estructurales donde la variable reclutamiento sea incorporada como factor exógeno, cuyo efecto sobre la densidad observada tendrá un desfase de dos, cuatro y seis meses. Estas escalas temporales quedan impuestas por el esquema general de muestreo (periodicidad cada 2 meses). Dado que el diseño de muestreo permite evaluar los efectos de retroalimentación entre variables con retardo, también se ensayaron modelos que confirman donde la densidad y biomasa expliquen los cambios en reclutamiento observado. Esto permitió explorar los efectos del reclutamiento sobre la densidad y viceversa, permitiendo aventurar una estimación de las escalas que relacionan ambas variables. En otras palabras, se pretende estimar la escala temporal a la cual es relevante el aporte del reclutamiento a la densidad; y la escala (desfase) temporal a la cual es relevante el efecto de la densidad sobre el reclutamiento. La detección de asimetría en las escalas de dependencia (de existir éstas) fue de importancia para definir posible escenarios de vedas o ventanas extractivas seguras.

La magnitud del reclutamiento se estimó por medio de placas de reclutamiento de terreno. En cada sitio de muestreo (ver **FIGURA 1**) propuso disponer un total de 5 placas cerámicas circulares de 110mm de diámetro, adheridas al sustrato por medio de pernos de acero inoxidable. Dado a la gran magnitud de placas por sitios se disminuyó a 2 placas de reclutamiento por sitio. En cada muestreo se recuperaron y reemplazaron las placas instaladas en la campaña precedente (no se contempla seguimiento de placas en el tiempo). Las placas

recuperadas de terreno fueron transportadas al laboratorio a baja temperatura utilizando esponjas húmedas como medio de prevención de desecación, cuidando reemplazar el agua de mar frecuentemente. En laboratorio se identificaron los reclutas del recurso objetivo por observación bajo lupa estereoscópica. No se planteó reconocer individuos a nivel de espora, sólo individuos identificables como pequeños talos unitarios (Scrosati 2006). Se contabilizó el total de ejemplares reclutados en el cerámico, expresando la magnitud del reclutamiento como número de individuos por cm<sup>2</sup>. Dada la baja exposición temporal de los sustratos de reclutamiento, no se esperan efectos importantes de coalescencia sobre estas estimaciones (Santelices *et al.* 2004, Scrosati 2005).

### **3.4.3. Efecto de la poda y capacidad de recuperación a través del crecimiento vegetativo.**

Para evaluar el efecto de la poda y la capacidad de recuperación se llevó a cabo un experimento manipulativo diseñado para este fin. Dicho experimento se montó en dos áreas de manejo en la V región, una en la localidad de Montemar y otra en Quintay. Ambas localidades corresponden a área marinas protegidas, donde se asegura que las condiciones de intervención no afectarán los resultados (*i.e.*, estos son sitios sin intervención o con posibilidad de gestionar la salvaguarda de los experimentos con el sindicato o entidad administradora). Sin embargo, sólo fue posible monitorear de manera continua el experimento montado en la localidad de Montemar, pues las condiciones de acceso al sitio elegido en Playa Chica (Quintay) se tornaron peligrosas hacia el otoño-invierno, situación que no pudo ser prevista al momento del montaje experimental por las buenas condiciones de marea del momento.

El diseño experimental se desarrolló con miras a un análisis de la varianza de un factor (*i.e.*, poda), con tres niveles: poda a nivel de talo, poda a nivel de fronda (*i.e.*, 3 cm) y control sin poda, considerando como variable de respuesta la longitud de las frondas medidas en muestreos sucesivos. Se asignaron cinco unidades experimentales (cuadrantes de 10x10 cm) a cada nivel del factor. En el caso del tratamiento control (sin poda), se registró el largo

promedio de diez frondas tomadas al azar, con el fin de establecer el largo promedio de frondas a tiempo inicial para este tratamiento. Cabe señalar que este experimento no considera explícitamente posibles diferencias en crecimiento entre fases reproductivas, debido a que la obtención de unidades experimentales sin mezcla de fases es impracticable en terreno.

Las unidades de muestreo correspondieron a cuadrantes estáticos, apropiadamente georeferenciadas con hitos fijos reconocibles (masilla epóxica) para su ubicación ulterior inequívoca. Las unidades experimentales se dispusieron en un arreglo espacial contiguo, ordenando los tratamientos de manera semejante a un cuadrado latino, lo que permite corregir cualquier efecto de gradiente existente en la zona de estudio.

Todo el montaje del experimento se realizó en la primera campaña de terreno (septiembre de 2009). En todas las campañas de muestreo sucesivas se registraron las longitudes de diez frondas de *M. laminariodes*, elegidas al azar dentro de cada réplica (*i.e.*, submuestras a partir de las cuales se estimó el valor a asignar a la réplica). Las frondas fueron medidas *in situ* sin ser cortadas.

Con esta información se determinó la tasa de crecimiento promedio para cada condición experimental en cada estación, comparando los resultados por medio de análisis de la varianza (Wonnacot & Wonnacot 1992). Según se ha comprometido, durante el desarrollo del proyecto los análisis se realizaron de manera independiente para cada estación, y sólo al final del proyecto se plantea realizar un análisis consolidado que incorpora explícitamente los efectos de la estacionalidad y tipo de poda (*i.e.*, análisis de la varianza de dos vías; Zar 1999).

Cabe notar que las estimaciones de crecimiento vegetativo obtenidas a partir del nivel experimental "control" permite satisfacer las estimaciones de crecimiento vegetativo solicitadas en la TBR, aunque no permiten discriminar entre los aportes por fase reproductiva.

#### **3.4.4. Ciclo productivo de los recursos y seguimiento de la variación de biomasa y densidad así como de la estructura de tallas.**

El curso anual de todas las variables productivas medidas (densidad, biomasa, tamaño promedio de las frondas y dominancia de fases) observadas al nivel de resolución espacial de pradera, permitieron inferir un ciclo productivo anual. Las series de tiempo obtenidas permitieron determinar si dicho ciclo productivo existe, y si éste es coherente entre todas las praderas prospectadas (o si presentan desfases espaciales tipo gradiente, que requieran ser considerados por los modelos biológico-pesquero y administrativo).

### **3.5. ESTABLECER INDICADORES DE IMPACTO BIOLÓGICO PESQUERO POR REMOCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 5).**

El establecimiento de indicadores de impacto biológico pesquero por remoción de algas carragenófitas contempla la evaluación pesquera del recurso considerando dos aspectos fundamentales:

- I) desarrollar un modelo relacional para las distintas variables poblacionales estudiadas en cada objetivo específico, que además incorpore aspectos comunitarios (*i.e.*, evaluaciones de flora y fauna asociada).
- II) permitir una evaluación explícita de los efectos de impacto por intervención antropogénica.

A continuación se desglosan las actividades y aproximaciones para cada uno de estos puntos.

#### **3.5.1 Modelo relacional**

Se propone utilizar el esquema de modelado por medio de ecuaciones estructurales, desarrollado en detalle en el objetivo específico 3.11. Este tipo de aproximación corresponde a un tipo de modelación de datos de carácter confirmatorio, donde se plantea una serie de hipótesis mecanicistas teóricas que articulan las variables observadas en circuitos causales (*i.e.*, un esquema de relaciones directas e indirectas). Dichos circuitos causales definen un sistema de relaciones cuya matriz de varianza/covarianza queda condicionada por las vías específicas que conectan dos variables cualesquiera que sea. La validez de dichos modelos teóricos se pone a prueba contrastando contra la matriz de varianzas/covarianzas empíricas, permitiendo seleccionar así aquellos modelos causales capaces de explicar las estructuras relacionales observadas empíricamente (objetivo específico 3.11).

Esta actividad propone incluir en el modelo racional los distintos modelos causales expuestos en objetivo específico 3.11, varios indicadores comunitarios que permitan entender como se conecta la dinámica del recurso objetivo, con otros recursos de importancia

hidrobiológica existentes en la zona intermareal (submareal si lo hubiera), y cómo se comportarían otros actores ecológicos, tales como flora y fauna acompañante. En particular, se utilizará el mismo esfuerzo de muestreo empleado para la estimación de densidad y biomasa por sitio de estudio. A partir de las mismas áreas de muestreo raleadas para extraer las fondas del recurso objetivo, se obtendrán muestras de flora y fauna acompañante (Objetivo específico 3.6).

Se confeccionaron listas de especies asociadas a cada cuadrante. Con esta información, se estimó la riqueza específica por cuadrante. Las ocurrencias de especies por cuadrante permitió estimar índices de dominancia específica a nivel de sitio y pradera, los que sirvieron de variables indicadoras para construir variables latentes que caractericen los componentes faunísticos y florísticos de cada pradera (Objetivo específico 3.6 y 3.11). Esta aproximación de modelamiento correlacional entre los distintos atributos poblacionales medidos al recurso objetivo, y la inclusión de variables representativas de su contexto ecológico multiespecífico, permitieron enfrentar posibles efectos laterales que tendrían distintas formas de manejo del recurso, identificando paralelamente indicadores comunitarios (e.g. composición y riqueza de especies).

### **3.5.2 Impacto antrópico**

El esquema racional de modelado sugerido en el punto anterior se llevó a cabo por separado para cada pradera en estudio, enfocándose en la detección de regularidades causales propias de las praderas intervenidas así como propias de las praderas sin intervención. La finalidad de esta experiencia de modelado, es detectar diferencias estructurales entre sistemas que han estado sometidos a intervención antropogénica sostenida (por continua cosecha de frondas) respecto de aquellos que no están intervenidas (e.g. AMP, AMERBs sin explotación de algas) o presentan una práctica de manejo (AMERBs). Se utilizó la información bio-ecológica recopilada en los Objetivos específicos 3.2 y 3.4 tanto de zonas con praderas intervenidas por cosecha así como las no intervenidas (Áreas Marinas Protegidas o AMERBs sin cosecha de algas carragenófitas). Estas posibles diferencias permitieron detectar las vías relacionales más

afectadas por el impacto humano, revelando elementos de juicio a considerar al momento de establecer un programa de administración para la explotación del recurso.

### **3.5.3. Consideraciones generales para la evaluación del impacto biológico-pesquero.**

Considerando los antecedentes obtenidos de los Objetivos específicos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 donde se seleccionan poblaciones intervenidas y no- intervenidas, se determinan parámetros reproductivos, y se evalúan los efectos de la cosecha sobre las algas carragenófitas; y en conjunto con la biodiversidad asociadas (Objetivo específico 3.6) y el modelo relacional-antrópico (Objetivo específico 3.11), realizando:

- Un estudio comparativo entre zonas intervenidas y no intervenidas, considerando distribución y densidad de plantas, tamaño de las frondas y biomasa total entre otros, para identificar indicadores biológicos o ecológicos de sobre-explotación basados en los atributos poblacionales y/o reproductivos de los recursos algas carragenófitas (e.g. disminución de la talla mínima reproductiva o del tamaño de las frondas) o en los atributos de sus comunidades asociadas (e.g. cambios en la composición y riqueza de especies).
- Evaluando distintos tipo de poda con el fin de determinar el arte de pesca óptimo de algas carragenófitas en el área de estudio. Aunque el método óptimo de arte de pesca para algunas algas carragenófitas ha sido previamente establecido para la zona centro-sur de Chile para especies como *Mazzaella* (como *Iridaea*, ver Santelices & Norambuena 1987; Westermeier *et al.* 1987; Gómez & Westermeier 1991) o *Anhfeltiopsis* (como *Gymnogongrus*; ver Santelices *et al.* 1989); aún es necesario evaluar la magnitud del tiempo (frecuencia de cosecha) ocupado con el arte de pesca actualmente utilizado en la pesquería de estas algas en la V y VI Región.
- Para los recursos algas carragenófitas que no han sido intervenidas aún, se estableció una línea base que permitirá a futuro comparar y dimensionar perturbaciones en la biodiversidad de estas comunidades por el efecto antrópico de la poda.

### **3.6. DESCRIBIR, IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE INVERTEBRADOS ASOCIADOS A PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).**

#### **3.6.1. Caracterización de la fauna intermareal y submareal rocosa del entorno de las praderas de algas carragenófitas.**

Junto con la caracterización poblacional y reproductiva de las praderas de *Mazzaella laminarioides* se realizó un monitoreo bimensual del número de especies y de la abundancia en el entorno de estas, para tener una estimación de la dinámica estacional de la riqueza y de la diversidad de especies en cada localidad de estudio (intervenida o no intervenida; libre acceso, AMERBs o área marina protegida). Por un motivo práctico, sólo se consideraron macroinvertebrados, a modo que sea un indicador de rápido registro en terreno. Al final del estudio, los cambios temporales en la riqueza (S': número de especies) y abundancia específica fueron utilizados como un indicador comunitario (Vásquez & Vega, 2005), entre sectores intervenidos y no intervenidos por explotación o ubicado en áreas con distintas medidas de administración pesquera, tal como se indica en el Objetivo específico 3.5.

Para evaluar la diversidad de macroalgas e invertebrados asociados a gradientes de zonación en el entorno, se realizó un diseño de muestreo aleatorio estratificado utilizando transectas fijas que atraviesan todo el ancho del intermareal y/o submareal (1-15 m de profundidad). En el intermareal, los estratos en los transectos correspondieron al nivel alto, medio y bajo de mareas. Como unidades de muestreo se utilizaron cuadrantes de 50 cm por 50 cm, abarcando un área de 0,25 m<sup>2</sup>, los cuales fueron lanzados al azar en cada estrato (n=6). Para evaluar la abundancia de macroalgas e invertebrados hemi-sésiles (e.g. cirripedios, piure, actinias, etc.) se estimó la cobertura, utilizando cuadrantes reticulados de 100 puntos (0,25 m<sup>2</sup>), mientras que para especies de invertebrados móviles se cuantificó la densidad (número de individuos). Para la identificación de las especies no reconocidas en terreno se tomaron

muestras de algunos ejemplares, los que fueron preservados en formalina diluida al 7% en agua de mar e identificadas en el laboratorio, con el apoyo de la literatura taxonómica correspondiente (ver referencias en Lancelloti & Vásquez 1999, 2000: para invertebrados; y Hoffman & Santelices, 1997: para macroalgas).

### **3.6.2. Caracterización de macroinvertebrados asociados a praderas de algas carragenofitas.**

En cada pradera seleccionada de *Mazzaella laminarioides*, se realizaron muestreos destructivos para analizar la biodiversidad y estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados. Las muestras fueron obtenidas con cuadrantes de 15 cm. por 15 cm. (la misma unidad de muestreo destructivo propuesto en el objetivo específico 3.2) que son lanzados al azar dentro de la pradera en distintas zonas del gradiente de distribución vertical. Las muestras de algas carragenófitas intermareales (e.g. *Mazzaella*) fueron recolectadas desde el cinturón en el intermareal alto, medio y bajo durante el período de bajas mareas, tal como se indica en la propuesta metodológica del Objetivo específico 3.2.

Cada dos meses en cada localidad de estudio, las muestras fueron recolectadas desde el cinturón intermareal. Cada una de las muestras fue recolectada despegando y raspando del sustrato con espátulas de metal todas las frondas incluidas las estructuras de adhesión. Luego, las muestras fueron recubiertas con una malla (5 mm de apertura) para evitar el escape de los invertebrados móviles. Las muestras de algas carragenofitas fueron tamizadas *in situ* con agua de mar para separar la fauna asociada, la cual fue depositada en bolsas plásticas rotuladas y preservadas en formalina diluida al 7% en agua de mar. En el laboratorio, los organismos presentes en las muestras fueron removidos de impurezas y residuos lavando y reteniendo la fauna en tamices de 1 mm de reticulado. Los individuos recolectados (> 5 mm) fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, pesados, contados y medidos. Para cada especie de alga roja, la biomasa fue pesada por localidad de muestreo y por estación del

año. La identificación de las especies en el laboratorio, fue realizada con el apoyo de la literatura taxonómica correspondiente (ver referencias en Lancelloti & Vásquez 1999, 2000: para invertebrados; y Santelices 1989; Hoffman & Santelices, 1997: para macroalgas).

### **3.7. CARACTERIZAR Y CUANTIFICAR EL ESFUERZO PESQUERO APLICADO SOBRE LAS ALGAS (ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS, ESTACIONALIDAD DEL TRABAJO, ARTE DE PESCA, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA) (OBJETIVO ESPECÍFICO 7).**

#### **3.7.1. Caracterización y cuantificación del esfuerzo pesquero**

La caracterización y determinación de las principales áreas de extracción fueron realizadas usando la metodología y la experiencia adquirida de los proyectos realizados por el equipo consultor a lo largo de la costa de Chile, y basándose en la información disponible de proyectos desarrollados en la V y VI región para algas de importancia económica, incluido el recurso algas carragenofitas (ver **TABLA 1**). La información esta siendo complementada con estudios de situación base y/o de seguimientos de AMERBs donde están consideradas las algas carragenofitas como especie principal y/o secundaria realizadas por otras consultoras. Con esta información se ha identificado y demarcado las principales áreas de extracción, considerando la presencia de praderas de algas carragenofitas representado por luga cuchara, y los asentamientos rurales y urbanos de los algueros y de los pescadores artesanales.

### **3.8. DESCRIBIR LAS REDES DE COMERCIALIZACIÓN Y DEMANDA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.**

La principal herramienta metodológica utilizada para la caracterización de la actividad extractiva, corresponde a entrevistas individuales (persona a persona) o grupales (organizaciones de recolectores y pescadores), semi-estructuradas (respuestas abiertas) que se realizaron a lo largo del proyecto, durante el trabajo de terreno (Objetivo específico 3.1). La información fue obtenida tanto de áreas de libre acceso a los recursos como de AMRBs desarrollados en las regiones, y ordenada en forma bimensual.

Los aspectos del desembarque, tipo de productos, los mercados y precios por producto fueron obtenidos desde las mismas encuesta a usuarios, como de las Estadísticas Pesqueras SERNAPesca, FAO, Boletines del Banco Central, PROCHILE, y de portales relacionado a algas en Internet. Esta información permitió conocer la variación anual (estacional) de la biomasa cosechada y los ingresos que genera la actividad económica en la industria de las algas carragenófitas de la V y VI Regiones. Además, de identificar y describir el destino final de los recursos explotados, tanto en su procesamiento y/o elaboración de productos derivados de las algas. Toda esta información será presentada después de realizar el taller de discusión a realizar en el proyecto.

### **3.9. DETERMINAR LAS ZONAS DE MAYOR POTENCIAL CONFLICTIVO POR ACCESO DE DIFERENTES USUARIOS AL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 9).**

Para conocer, analizar y sugerir soluciones a los conflictos de uso del borde costero fue necesario recurrir a las instancias públicas y privadas que se encuentran trabajando en estas materias en las regiones de Valparaíso y O'Higgins, tales como Comisión Regional del Uso del Borde Costero; Municipalidades, Consejos Zonales de Pesca, Agrupaciones de pescadores, Agrupaciones de Industriales.

A través de la Política Nacional de Uso del Borde Costero se pretende dar al Borde Costero, a través de la zonificación de los espacios, un ordenamiento territorial acorde con la realidad del país, permitiendo su explotación noble, racional e inteligente en beneficio de las generaciones futuras. Al respecto, señala que se ha de "...proponer una zonificación de los diversos espacios que conforman el Borde Costero del Litoral de la República, teniendo en consideración los lineamientos básicos contenidos en la zonificación preliminar elaborada por el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina". Se presenta un Levantamiento de la Información disponible en la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero de cada región y se describen conflictos asociados a la actividad de explotación de los recursos algales detectado durante las visitas a terreno.

**3.10. ESTABLECER UN SISTEMA DE MONITOREO EN TERRENO CON REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE RECOLECCIÓN DE ALGA VARADA Y EXTRAÍDA (COSECHA DIARIA TOTAL POR RECURSO, ALGUERO/A, BUZO Y EMBARCACIÓN PARA CADA ÁREA DE PESCA), DE TRANSPORTE (CANTIDAD TOTAL DE RECURSO RECOLECTADO Y TRANSPORTADO POR ÁREA DE PESCA) Y DE LOS DESEMBARQUES (CANTIDAD O VOLUMEN, PRECIO DE VENTA Y DESTINO POR RECURSO ALGUERO/A, BUZO EXTRACTOR) ASOCIADOS A LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EXPLOTACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.**

Resultados y análisis se presentaran en el informe final del Proyecto (ver ítem 3.12 Taller Metodológico).

**3.11. COORDINAR REUNIONES CON LOS ACTORES LOCALES PARA LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE LA PESQUERÍA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES.3.10.**

Resultados y análisis se presentaran en el informe final del Proyecto (ver ítem 3.12 Taller Metodológico).

### 3.12. TALLER METODOLÓGICO

La propuesta de ordenamiento y análisis de la implementación de medidas de administración del recurso algas carragenófitas, consideraba la realización de dos talleres durante el desarrollo del Proyecto.

El primer taller, comprometido para el quinto mes de iniciado el proyecto, tenía como objetivo extraer ideas y consensuar opiniones sobre las características de cada una de las especies que componen el recurso carragenófitas, en este caso *Mazzaella laminarioides*, y los métodos de recolección utilizados por los usuarios. Este taller, planificado para marzo 2010, no fue realizado por el terremoto y maremoto ocurridos el 27.02.2010 que afectó las costas de la zona central de Chile, que como consecuencia modificó las prioridades normales de los usuarios del recurso algas carragenófitas, y de las comunidades de pescadores en general (Marin *et al.* 2010). La suspensión del taller fue explicada en carta enviada a Subpesca. El equipo consultor esperaba, de acuerdo a los registros históricos, detectar una mayor actividad extractiva de algas carragenófitas durante el verano, lo cual implicaba una mayor probabilidad de identificar y encuestar a todos los usuarios de la cadena productiva que participan en la cosecha de este recurso. Con estos antecedentes se obtendría la opinión experta de los distintos actores involucrados en la investigación, extracción, comercialización, procesamiento y ordenamiento del recurso algas carragenófitas, lo cual fue parcialmente logrado sólo al final del estudio (diciembre 2010 a febrero 2011).

Por otra parte, el segundo taller se debió llevar a cabo al décimo tercer mes de ejecutado el proyecto (considerando una prórroga de 2 meses). En una segunda carta enviada a la subpesca (donde se solicitó otra prórroga de 3 meses) se explicó la dificultad de realizar las encuestas a los actores de la cadena productiva que sustenta este recurso. Esto produjo la imposibilidad de identificar y reunir a todos los actores de la cadena productiva de algas carragenofitas en el área de estudio para efectuar el taller de discusión de la propuesta de administración pesquera. Las razones que han dificultado la ejecución de ambos talleres tiene

que relación con que los principales usuarios que explotan el recurso en estudio, los algueros, después del maremoto del 27.02.10 se han dedicado: (1) a la reconstrucción o traslado de hogares, rucos y obras afines en las caletas y sectores de trabajo; ó (2) a recuperar las pérdidas económicas efectuando otras actividades laborales no relacionadas con la cosecha de algas; y a que (3) muchas de las mujeres que efectuaban la pesquería no retornaron a su actividad normal de recolectora por inseguridad o porque el recurso no ha recuperado su productividad anual en su sector de trabajo.

Considerando lo anterior, tanto el taller metodológico y de discusión serán fusionados en un solo taller, donde se expondrá una propuesta de plan de administración de los recursos por área geográfica a partir del SEM a la comunidad incluyendo a los sectores público, privado y académico regional para su discusión. En este taller, que considera ambos talleres metodológico y de discusión) se entregarán antecedentes de la extracción, comercialización, procesamiento y ordenamiento a los usuarios (sector público, privado y académico) junto con los antecedentes bioecológicos y pesqueros obtenidos durante el desarrollo del proyecto, los cuales serán utilizados para la estructuración de un plan de administración del recurso algas carragenófitas y la ejecución de los Objetivos específicos 3.10 y 3.11. Estos resultados serán reportados en el informe final del Proyecto. Este taller final esta siendo coordinado para la última semana de mayo 2011.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. GEOREFERENCIAR LAS PRINCIPALES ÁREAS DE EXTRACCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EL LITORAL DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 1).

Durante el primer mes de iniciado el proyecto, se realizó una reunión entre los integrantes del equipo de trabajo del Proyecto, compuesto por investigadores del Departamento de Biología Marina de la Universidad Católica del Norte (sede Coquimbo) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad Arturo Prat (sede Puerto Montt), para establecer cuales son las especies de carragenófitas más importantes desde el punto de vista extractivo y ubicar sus correspondientes praderas para monitorearlas temporalmente en el área de estudio (V y VI Región). El análisis determinó que la única alga carragenofita explotada en la Región de Valparaíso y del Libertador Bernardo O'Higgins que forma praderas conspicuas es la luga *Mazzaella laminarioides*. Complementariamente, a partir de la información generada *in situ* durante el proyecto y la información histórica base recopilada por el equipo de trabajo (e.g. Proyecto FIP 2006-25) se caracterizaron las principales praderas de *Mazzaella laminarioides* en cuanto a medida de administración pesquera (e.g. Reserva Marina, AMERB, Libre Acceso), actividad y presión extractiva y ubicación geográfica. Esta clasificación *a priori* en las localidades seleccionadas para determinar el grado de intervención de las praderas de algas carragenofitas, establecidas para *Mazzaella laminarioides* y su comunidad asociada, muestran distintos escenarios de explotación:

Escenario 1: áreas con praderas de algas carragenofitas sin explotación ubicadas en Áreas Marinas Protegidas (e.g. AMP Montemar, dependiente de la Universidad de Valparaíso).

Escenario 2: áreas con AMERB que incluyen a las algas carragenófitas en los planes de manejo y explotación (e.g. Topocalma, Pichilemu).

Escenario 3: áreas con AMERB que excluyen a las algas carragenófitas en los planes de manejo y explotación, y que prohíben su cosecha (e.g. Horcón, Quintay).

Escenario 4: áreas de libre acceso con praderas de algas carragenófitas que son cosechadas mensualmente por los usuarios (e.g. Matanzas, Bucalemu).

Escenario 5: áreas de libre acceso con praderas de algas carragenófitas que no son cosechadas (e.g. Laguna de Zapallar).

#### **4.1.1. Recopilación de la información existente para determinar y caracterizar las principales áreas de extracción de algas carragenófitas en la V y VI Regiones.**

Utilizando la información existente, se generó una base sistematizada y actualizada de la biología, ecología y distribución del alga carragenófito *Mazzaella laminarioides* en las costas de la V y VI Regiones. La zona intermareal de las costas rocosas ofrece a las macroalgas un gradiente de características físicas y biológicas que son determinantes en los patrones de distribución y abundancia (DeWreede 1999). Factores como desecación, irradiación, salinidad, temperatura, impacto de las olas y disponibilidad de nutrientes tienen efecto en la productividad tanto de especies intermareales como submareales (Luning 1990). La única especie carragenofita abundante en la zona de estudio es *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Gigartinales, Rhodophyta), un alga roja de importancia económica y ecológica, que se caracteriza por presentar alternancia de generaciones isomorfas. Se distribuye a lo largo de la costa chilena desde los 30° hasta los 55°LS (Santelices 1989). Esta especie que habita en el intermareal, conocida como “luga cuchara”, es explotada desde las praderas naturales por alqueros recolectores para utilizarla como materia prima para la producción de carragenanos. Las poblaciones de *M. laminarioides* crecen sobre sustrato rocoso en la zona intermareal formando una franja o cinturón que puede tener varios metros de ancho. Crece en forma abundante en zonas expuestas al oleaje y si bien su morfología es similar en distintos ambientes, esta especie presenta coloración muy variable que va desde verde amarillo hasta un verde oscuro, sobre todo en la época estival (Buschmann & Pizarro 1986, Santelices, 1989).

La alta variabilidad en la coloración que presentan las frondas ubicadas en diferentes niveles del intermareal está relacionada principalmente con su fisiología fotosintética, relacionado con, por ejemplo, la tasa fotosintética neta, resistencia a la fotoinhibición, y recuperación de la fotosíntesis después de la desecación. Este aspecto ha sido estudiado por Varela & Santelices (2006) quienes evaluaron el efecto de la latitud, y ubicación en el intermareal, en la productividad midiendo *in situ* el comportamiento de la fotosíntesis. El monitoreo de la evolución diaria y estacional de plantas establecidas en el intermareal superior e inferior en dos praderas ubicadas a 1500 km de distancia entre sí, mostró que las respuestas fotosintéticas son afectadas principalmente por irradiación, temperatura y desecación. En el intermareal superior, las plantas tienen una tasa fotosintética reducida y menor eficiencia cuántica si se comparan con las plantas del intermareal inferior, indicando un alto nivel de excitación en la aclimatación de energía. Las diferencias de aclimatación son mayores en primavera y verano. Entre fases reproductivas, hay diferencias en los parámetros fotosintéticos en otoño e invierno, independiente de la posición de las plantas en el gradiente intermareal. Además, hubo variación estacional de la eficiencia fotosintética en plantas de la población del norte en ambas ubicaciones del intermareal. Este estudio mostró que la variabilidad en la productividad de *Mazzaella laminarioides* responde a la variabilidad estacional de los factores ambientales en el gradiente latitudinal. También destaca diferencias en la aclimatación a escala local y geográfica, y en el comportamiento fotosintético entre fases reproductivas isomórficas.

Marquart *et al.* (2010), demostraron que dos algas carragenofitas: la luga negra *S. crispata* y la luga cuchara *M. laminarioides*, y *Gracilaria*, tienen distintas estrategias de aclimatación diferentes. Mientras que *Sarcothalia* tiene una combinación de procesos de aclimatación morfológicos y fisiológicos, *Mazzaella* solo tiene mecanismos de aclimatación fisiológica lo cual contrasta con *Gracilaria* que carece de ésta. Otras diferencias se encontraron con respecto a la habilidad a sobrevivir periodos de irradiación sobresaturada. La luga negra *S. crispata* que crece en el submareal, no fue capaz de aclimatarse a cambios en la irradiancia en

aguas someras, mientras que las otras dos especies ajustaron su capacidad a cambios dinámicos en la fotoinhibición a la irradiación respectiva. La caracterización de variables que regulan el funcionamiento fotosintético se puede considerar como un criterio de importancia en el cultivo y en la optimización de estrategias de manejo. Estudios sobre el efecto de radiación UV (Mansilla *et al.* 2006) mostraron que se pueden producir diferencias en las tasas de crecimiento.

Hannach y Santelices (1985) mostraron que *M. laminarioides* (como *Iridaea laminarioides*), a pesar de tener un ciclo de vida isomórfico tiene respuestas fisiológicas y ecológicas diferentes a los factores ambientales en las fases reproductivas de su ciclo de vida. Los resultados indicaron que aunque las fases tetrasporica y cistocarpica de *Mazzaella laminarioides* y *Sarcothalia crispata* son similares morfológicamente, no tienen las mismas respuestas a variables ecológicas. En el terreno los estados reproductivos difieren en sus abundancias relativas y en los patrones de distribución espacio temporal. En el laboratorio las fases reproductivas mostraron diferencias intraespecíficas en la tasa de crecimiento bajo condiciones variables de temperatura, intensidad luminosa, movimiento de agua y salinidad. En cuanto al comportamiento ecológico, se observaron diferencias en susceptibilidad al pastoreo, siendo mayor en el intermareal alto que en el submareal. Los talos cistocarpicos de *M. laminarioides* dominan el margen superior de la distribución de la especie y crecieron más rápido que los tetrasporicos en condiciones de laboratorio. En ambas especies la fase cistocarpica fue más abundante que la tetrasporica. Estos resultados cuestionan la creencia general que los estados diploides tienen una adaptabilidad mayor sobre los estados haploides de algas. Este estudio se efectuó en Chile central, Pelancura. Los estados reproductivos de *M. laminarioides* tienen un peak de abundancia diferente para los cistocarpos en verano y en otoño que para los tetrasporofitos. Hubo predominancia de talos cistocarpicos para ambas especies durante el estudio. Siendo para las Rhodophyta una regla el hecho que lo esporofitos

dominan sobre los gametofitos, mientras que en Gigartinales se observa un comportamiento inverso.

Otro aspecto ecológico relevante en *M. laminarioides* fue descrito por Gómez y Westermeier (1991), quienes describen la formación de talos erectos desde discos crustosos basales. Esta estrategia hace que esta especie sea muy exitosa dominando los ambientes intermareales rocosos a través de la regeneración de frondas desde el disco basal. Este proceso regenerativo de frondas permite la persistencia de la población y la mantención de la dominancia competitiva en los ambientes rocosos, formando praderas ó cinturones característicos. Gómez y Westermeier (1991) evaluaron la frecuencia de poda sobre *M. laminarioides* (como *Irídea laminaíoides*), mostrando que, la producción de frondas desde los discos crustosos es un proceso estacional. Sin embargo, no hay diferencias significativas en el recrecimiento de las podas efectuadas en diferentes estaciones, ni evidencias de respuestas diferenciales a la poda entre fases reproductivas. Santelices y Aedo (2006) mostraron que las esporas de *M. laminarioides* recolectadas de praderas de Concepción y Maitencillo, pueden germinar agregadas en grupos y coalescer, aumentando las probabilidades de sobrevivencia durante el reclutamiento *in situ*.

Maggs y Cheney 1990, Santelices *et al*, 1999 y Morley *et al*. 2003, mostraron que las esporas de algas coalescentes pueden reclutar solas o en grupos. Los resultados indican que para *M. laminarioides* el reclutamiento en grupo es cercano al 44% en promedio. La manipulación de la abundancia de esporas por la cantidad de frondas fértiles y la concentración o incremento del  $Ca^{++}$  en el medio del cultivo puede ser útil para el proceso de germinación y para incrementar el reclutamiento de algas coalescentes.

Vera *et al*. (2008) mostró que además de existir coalescencia entre esporas de la misma ploidia en *M. laminarioides* en praderas de bahía de Coliumo (36°LS), también ocurre en terreno entre talos gametofíticos y esporofíticos.

Existen estudios y proyectos que han sido financiados por diferentes fondos (**TABLA 5**) que han estudiado diversos aspectos de algas carragenofitas. Actualmente se dispone de tecnologías de cultivo desarrollada por investigadores nacionales para dos especies en particular: *Gigartina skottsbergii* y *Sarcothalia crispata* (Avila *et al.* 1999, Buschmann *et al.* 2001, Romo *et al.* 2001a, Romo *et al.* 2001 b).

**TABLA 5.** Resumen de proyectos financiados y aprobados que han estudiado algas carragenofitas (e.g. *Mazzaella*, *Sarcothalia*).

Nombre Proyecto	Director/jefe proyecto	Fondo	Universidad
The effect of pleurocapsa sp. (Cyanophyta) on the fitness of <i>Mazzaella laminarioides</i> (Rhodophyta), and the role of host and pathogen genetic diversity in the expression of the deformative disease.	Juan Correa	Fondecyt regular, 2002	Pontificia Universidad Católica de Chile
Is a metapopulation approach useful for marine algae? a genetic and demographic study of the chilean seaweed <i>Mazzaella laminarioides</i>	Florence Tellier	Fondecyt, Post doctorado, 2010	Universidad Catolica del Norte
Plasticidad fenotípica versus diferenciación genética como respuesta a estrés ambiental en poblaciones de <i>Mazzaella laminarioides</i> (Gigartinales, Rhodophyta).	Daniel Varela	Fondecyt doctorado, 1999	Universidad de Chile
Costos y restricciones a la coalescencia en algas rojas.	Bernabé Santelices	Fondecyt regular, 2006	Pontificia Universidad Católica de Chile
Interacciones intraespecíficas en algas rojas: coalescencia como alternativa a competencia.	Bernabé Santelices	Fondecyt, regular 2002	Pontificia Universidad Católica de Chile
Investigación y desarrollo tecnológico del cultivo de algas y su utilización por invertebrados herbívoros en Chile	Renato Westermeier	Fondef, 2000 D0011144	Universidad Austral de Chile
Generación de un híbrido somático de luga para la industria de la carragenina	Carlos Muñoz	Fondef Regular, 2003 D0311164	Universidad Arturo Prat
Aprovechamiento de la zona intermareal para el desarrollo de una acuicultura sustentable	Luis Filun	Fondef regular, 2007 D0711125	Universidad de Los Lagos
Cultivo masivo de la chicoria ( <i>Chondracanthus chamissoi</i> ) en la zona central y sur de Chile	Marcela Avila	Fondef regular año 2006 D0611058	Universidad Arturo Prat
Masificación y escalamiento productivo del cultivo y repoblamiento de especies de algas nativas <i>Gigartina skottsbergii</i> y <i>Sarcothalia crispata</i> (luga roja y luga negra) en áreas de manejo de la X y XII Región.	Marcela Avila	Fondef HUAM, 2008 AQ0811011	Universidad Arturo Prat

#### **4.1.2. Reconocimiento en terreno de las zonas de explotación, considerando los recursos asociados a las praderas de algas carragenófitas.**

De acuerdo a los resultados de la prospección de algas carragenófitas en la V y VI Regiones realizada al inicio del proyecto, el esfuerzo de muestreos en el área de estudio fue dirigido particularmente al recurso *Mazzaella laminarioides*. Este recurso fue el único que constituye praderas con un patrón de distribución y abundancia continuo, en forma de cinturón, a lo largo del intermareal rocoso de la costa; lo cual favoreció la aplicación del diseño de muestreo propuesto por el equipo de trabajo. Las otras especies de algas carragenofitas propuestas en el proyecto: *Sarcothalia*, *Anhfeltiopsis* y *Mastocarpus* son poco frecuentes, o forman parte de la flora asociada a las praderas de *Mazzaella laminarioides*, lo cual se reflejada en abundancias comparativamente mínimas (e.g. *Sarcothalia* y *Anhfeltiopsis*) o ausentes (e.g. *Mastocarpus*). Por otra parte, de acuerdo a la encuesta aplicada durante el desarrollo de este estudio para establecer la cadena productiva, los recolectores sólo cosechan *Mazzaella laminarioides*. Aunque probablemente durante la procesos de recolección se incorporan algunas frondas de luga negra, todo es informado y declarado en el RPA (Registro de Pesca Artesanal) como luga cuchara. Por estas razones, fue imposible aplicar algún tipo de metodología que evalúe los patrones de distribución y abundancia de otras algas carragenofitas en el marco de este proyecto. Adicionalmente, de acuerdo a los antecedentes entregados por los propios pescadores y las organizaciones involucradas en el estudio, los volúmenes de biomasa cosechable de otra alga carragenofita durante el año, que no sea *Mazzaella laminarioides*, son mínimos y aparecen estacionalmente debido a la dinámica de los sedimentos litorales (e.g. *Anhfeltiopsis*). Esta estacionalidad, que limita la disponibilidad de biomasa anual, se traduce en un aumento en el esfuerzo de recolección durante la época estival y a un escaso interés o constancia de los agentes compradores.

La prospección visual a lo largo de la costa del área de estudio, las encuestas de extracción y las entrevistas a los usuarios de la cadena productiva certifican que la única especie

de alga carragenofita que forma praderas naturales y que es explotada en el área de estudio es la Luga cuchara *Mazzaella laminarioides*.

#### **4.1.3. Integración de la información del recurso algas carragenofitas en un Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Una vez colectada en terreno la información tanto biológica como social del recurso algas carragenofitas se procedió a sistematizarla e incorporarla en una base de datos espacial (geodatabase) mediante el programa ARCGIS 9.2. Con esto se caracterizaron 8 praderas que fueron monitoreadas a través de 6 muestreos bimensuales (Sept. 2009, Nov. 2009, Ene. 2010, Mar. 2010, Jun. 2010 y Sept. 2010) en las regiones de Valparaíso y del Libertador Bernardo O'Higgins.

Con la base de datos se elaboraron mapas temáticos para caracterizar y describir la variabilidad espacial y temporal de las praderas, entre otros aspectos. Los mapas indican: lugares prospectados al inicio del proyecto (**FIGURA 2 y 3**), praderas seleccionadas y la medida administrativa que las caracteriza (**FIGURA 4 y 5**), grado de inclinación, tipo de sustrato de las praderas seleccionadas (**FIGURA 6, 7, 8 y 9**), variación temporal del biomasa, densidad y tamaño de las frondas de luga cuchara *Mazzaella laminarioides* (**FIGURA 10, 11 y 12**), variación temporal de indicadores ecológicos como uniformidad, riqueza y diversidad de especies (**FIGURA 13, 14 y 15**), indicadores sociales como extracción en Kg·día<sup>-1</sup>, precio y porcentaje organizado de extractores del recurso (**FIGURA 16, 17 y 18**) y otros como el número de mariscadores por temporada en cada caleta y el esfuerzo de extracción del recurso (**FIGURA 19 y 20**). Además de estos mapas descriptivos se proporciona dicha información en formato SIG (shapes files) cuya proyección es UTM WGS84 huso 18.

En general, el área de extracción de algas carragenofitas, caracterizadas por praderas de luga cuchara *M. laminarioides*, ocurren principalmente a lo largo de toda la costa rocosa intermareal de la VI Región, del Libertador Bernardo O'Higgins. En la V Región, de Valparaíso, la

extracción de *M. laminarioides* se restringe al mostazal, ubicada en el extremo sur de la región que limita con La Boca del río Rapel y Navidad. No obstante, aunque se detectó una extracción insipiente en los roqueros del Puerto de San Antonio, en el resto de la Región de Valparaíso no hubo explotación de esta luga durante el desarrollo del proyecto.

## 4.2. ESTABLECER ESTIMADORES DE ABUNDANCIA, BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD EN LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECÍFICO 2).

### 4.2.1. Reconocimiento y prospección de la zona de estudio.

Durante el primer trimestre de ejecución del proyecto, se realizó una prospección visual a lo largo del litoral de la V y VI Regiones. La prospección consistió en visitar distintas localidades caracterizadas principalmente por una costa rocosa. Esta información fue cruzada con la información recopilada por el equipo consultor durante la ejecución del proyecto Fip 2006-25.

En cada una de las localidades prospectadas, se recorrió durante bajamar la costa intermareal rocosa para observar presencia o ausencia de las algas carragenófitas de interés (*i.e. Mazzaella*). En la **TABLA 6** se indica la ubicación geográfica, Región y el nombre de cada localidad prospectada en el área de estudio.

**TABLA 6.** Ubicación geográfica de los lugares prospectados en la V y VI Regiones.

Región	Localidad	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
V Región	Los Molles	32°14' 33,3'' S	71°30' 49,1'' W
	La Ballena	32°16' 42,9'' S	71°28' 24,4'' W
	Puchicuy	32°20' 40,7'' S	71°27' 40,9'' W
	Papudo	32°30' 01,3'' S	71°27' 58,1'' W
	Playa La Luna	32°42' 14,7'' S	71°27' 51,1'' W
	Ventana	32°44' 36,8'' S	71°29' 49,8'' W
	Con Con	32°55' 45,6'' S	71°33' 07,08'' W
	Las Salinas	32°59' 26,6'' S	71°32' 57,9'' W
	Algarrobo	33°21' 29,2'' S	71°39' 51,2'' W
	El Canelo	33°21' 55,9'' S	71°41' 15,3'' W
	El Canelillo	33°21' 55,5'' S	71°41' 33,8'' W
	El Quisco	33°24' 04,0'' S	71°41' 55,6'' W

	Punta de Tralca	33°25' 26,3'' S	71°42' 28,2'' W
	Isla Negra	33°25' 54,5'' S	71°41' 48,9'' W
	El Tabo	33°27' 15,0'' S	71°40' 28,6'' W
	El Tabito	33°27' 32,9'' S	71°39' 46,9'' W
	Las Cruces	33°30' 04,0'' S	71°38' 02,4'' W
	San Sebastian	33°31' 40,7'' S	71°36' 07,9'' W
	Cartagena	33°32' 36,9'' S	71°36' 10,4'' W
	San Antonio	33°34' 47,8'' S	71°37' 29,4'' W
	Santo Domingo	33°37' 43,9'' S	71°38' 07,9'' W
	El Mostazal	33°48' 11,2'' S	71°48' 16,5'' W
VI Región	La Boca	33°55' 10,9'' S	71°50' 56,9'' W
	Matanza	33°57' 73,0'' S	71°52' 47,4'' W
	El Chorillo	34°00' 12,9'' S	71°53' 47,7'' W
	Puertecillo	34°03' 17,8'' S	71°56' 30,2'' W
	Topocalma	34° 07' 48,2'' S	72° 00' 05,7'' W
	Alto Colorado	34°18' 23,2'' S	71°58' 33,6'' W
	Pichilemu	34°22' 40,0'' S	71°00' 53,0'' W
	Punta Lobos	34°25' 29,9'' S	72°02' 55,5'' W
	Las Trancas	34°36' 19,8'' S	72°02' 42,7'' W
	Bucalemu	34°38' 32,6'' S	72°02' 55,9'' W

**V Región norte:** se prospectaron las localidades de Los Molles, La Ballena y Pichicuy. El sustrato en estas localidades está constituido por roca sedimentaria fragmentada que domina principalmente en los sectores expuestos y penínsulas. El sustrato rocoso es interrumpido por playas de arenas ubicadas preferentemente en bahías y caletas. En la franja supralitoral del intermareal solo se observaron algas oportunistas (e.g. *Ulva spp* y *Porphyra*) asociados a invertebrados sésiles (e.g. Cirripedios) y algunos gastrópodos herbívoros como *Siphonaria lessoni* (**FIGURA 21**). En ninguna localidad se detectó la presencia de algas carragenófitas. Los pescadores artesanales y recolectores de algas de esta zona desconocen la ocurrencia de carragenófitas tales como *Mazzaella*, *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis* o *Mastocarpus*. La zona infralitoral de estas localidades está caracterizada por un cinturón de algas pardas formado por *Lessonia nigrescens*. Hacia el submareal, en fondos rocosos destacan la praderas de algas pardas; *Lessonia trabeculata* hacia fondos profundos y parches de *Macrocystis integrifolia* hacia fondos

someros. Estas especies caracterizan el recurso alga parda, las cuales son las especies de interés de los alqueros de esta zona.

**V Región centro-norte:** La localidad de Papudo se caracterizó por extensas playas de arena. Hacia el sur la costa es muy expuesta y está compuesta por plataformas rocosas con pendientes inclinadas (pendiente=45%), donde se observan parches discontinuos de *Mazzaella laminarioides* en la franja infralitoral del intermareal. Sin embargo, las condiciones del terreno y la exposición al oleaje hace muy riesgoso monitorear estas praderas (**FIGURA 21**).

**V Región centro sur:** Las localidades ubicadas entre Valparaíso y Santo Domingo (**FIGURA 21**) fueron prospectadas en el segundo muestreo durante las mareas más bajas de mes. En la mayoría de las localidades esta presente *Mazzaella laminarioides* conformando praderas de baja abundancia distribuidas en forma discontinua, como parches. La localidad de Santo Domingo y Ventana, aunque presentan ambientes rocosos expuestos en penínsulas, no evidencian praderas de algas carragenófitas, y están dominadas por algas oportunistas (e.g. *Ulvaes*) en la zona supralitoral del intermareal. Tampoco se observó presencia de otras algas (e.g. *Lessonia nigrescens*) en la franja infralitoral. Todas estas características sugieren áreas fuertemente impactadas por actividad antrópica.

**V Región sur:** La localidad representativa es El Mostazal que abarca desde la desembocadura del río Rapel hasta Las Rocas de Santo Domingo. Esta localidad está caracterizada por plataformas rocosas discontinuadas por la intrusión de arenas que conforman una extensa playa mixta. Sobre el sustrato rocoso se establece una pradera de *Mazzaella laminarioides* en forma de cinturón. En la franja infralitoral *Lessonia nigrescens* y *Macrocystis pyrifera* forman un cinturón discontinuo, que también es cosechado.

**VI Región:** Desde La Boca del río Rapel por el norte hasta Bucalemu por el Sur, los ambientes rocosos intermareales están compuestos por plataformas, farellones, islotes, roqueríos, barras y playas de bolones expuestos a muy expuestos al oleaje; el cual es frecuentemente interrumpido por extensas playas de arenas. En la franja supralitoral del intermareal rocoso de las distintas localidades prospectadas, se ubica un cinturón de algas caracterizada por praderas de *Mazzaella laminarioides*. A lo largo de toda la costa rocosa, *M. laminarioides* es intensamente explotada. La franja infralitoral rocosa, se caracteriza por un cinturón de algas pardas (*L. nigrescens* y *D. antarctica*) que varía dependiendo de la disponibilidad de sustrato rocoso y del grado de exposición al oleaje. Sin embargo, en ausencia de algas pardas, y en sectores rocosos del infralitoral donde los procesos de acresión y erosión de arena son frecuentes, *Anhfeltiopsis spp* forma un cinturón estacional efímero y espacialmente discontinuo que depende de la dinámica espacio-temporal de las arenas. Otras carragenófitas objetivo de este estudio (e.g. *Sarcothalia*, *Mastocarpus*) aunque presentes en algunas localidades, presentan una muy baja abundancia en esta franja intermareal sin que formen praderas propiamente tales.

#### **4.2.2. Selección, Georeferenciación y delimitación de las praderas seleccionadas**

Las prospecciones mencionadas en la actividad anterior (Ver 4.2.1) mostró que la única alga carragenófitas que es representativa en distribución y abundancia a lo largo del área de estudio, con praderas bien definidas, cinturones continuos tanto en la V Región como en la VI Región es el recurso luga cuchara *Mazzaella laminarioides*. El resto de los recursos en estudio están ausentes o aparecen en forma esporádica con muy poca biomasa y no alcanzan a constituir cinturones continuos en el intermareal.

Considerando lo anteriormente expuesto y con los antecedentes recopilados en las prospecciones realizadas en la costa de la V y VI región, el equipo de trabajo concentró el esfuerzo de muestreo en el estudio del recurso luga cuchara *Mazzaella laminarioides*.

Basado en la información recopilada en las primeras prospecciones, se definieron las praderas a estudiar de *Mazzaella laminarioides* (TABLA 7). En general, las praderas de *M. laminarioides* seleccionadas en la V Región no están intervenidas, mientras que las praderas escogidas en la VI Región están intervenidas por actividades de cosecha. Cada una de estas praderas fue delimitada y georreferenciada de acuerdo a la metodología propuesta. En la TABLA 7 se presentan las coordenadas de los sitios de estudio en cada pradera por localidad, Región y medida administrativa instaurada en el sector.

**TABLA 7.** Coordenadas geográficas del sitio de estudio de cada pradera seleccionada para el monitoreo de *Mazzaella laminarioides*. Se indica además, nombre de la localidad, Región y medida administrativa instaurada en el sector.

Región	Nombre localidad	Pradera	Sitio	Medida Administrativa	Coordenadas	
					Latitud (grados)	Longitud (grados)
V	Laguna de Zapallar	1	1	Libre acceso	32°37'25.9"	71°25'53.9"
V	Laguna de Zapallar	1	2	Libre acceso	32°37'25.6"	71°25'54.2"
V	Laguna de Zapallar	1	3	Libre acceso	32°37'24.7"	71°25'54.5"
V	Laguna de Zapallar	1	4	Libre acceso	32°37'42.2"	71°25'55.0"
V	Laguna de Zapallar	1	5	Libre acceso	32°37'23.7"	71°25'55.0"
V	Laguna de Zapallar	1	6	Libre acceso	32°37'23.0"	71°25'54.7"
V	Horcón	2	1	AMERB	32°42'39.8"	71°29'15.0"
V	Horcón	2	2	AMERB	32°42'40.7"	71°29'14.6"
V	Horcón	2	3	AMERB	32°42'41.1"	71°29'14.2"
V	Horcón	2	4	AMERB	32°42'41.9"	71°29'13.8"
V	Horcón	2	5	AMERB	32°42'42.8"	71°29'13.4"
V	Horcón	2	6	AMERB	32°14'04.4"	71°30'47.2"
V	Montemar	3	1	AMP	32°57'21.6"	71°33'01.2"
V	Montemar	3	2	AMP	32°57'22.1"	71°33'01.2"
V	Montemar	3	3	AMP	32°57'22.8"	71°33'02.1"
V	Montemar	3	4	AMP	32°57'23.1"	71°33'02.3"
V	Montemar	3	5	AMP	32°57'24.3"	71°33'02.6"
V	Montemar	3	6	AMP	32°57'24.7"	71°33'03.3"
V	Playa Chica	4	2	AMERB	33°12'21.0"	71°41'58.2"
V	Playa Chica	4	1	AMERB	33°12'20.5"	71°41'58.0"

V	Playa Chica	4	3	AMERB	33°12'21.4"	71°41'58.3"
V	Playa Chica	4	4	AMERB	33°12'21.8"	71°41'58.7"
V	Playa Chica	4	5	AMERB	33°12'22.1"	71°41'59.0"
V	Playa Chica	4	6	AMERB	33°12'22.5"	71°41'58.8"
VI	Matanzas	5	1	Libre acceso	33°57'41.2"	71°52'42.6"
VI	Matanzas	5	2	Libre acceso	33°57'41.9"	71°52'43.7"
VI	Matanzas	5	3	Libre acceso	33°57'42.2"	71°52'44.8"
VI	Matanzas	5	4	Libre acceso	33°57'41.9"	71°52'45.7"
VI	Matanzas	5	5	Libre acceso	33°57'42.7"	71°52'46.4"
VI	Matanzas	5	6	Libre acceso	33°57'45.9"	71°52'47.4"
VI	Topocalma	6	1	AMERB	34°07'47.7"	72°00'01.5"
VI	Topocalma	6	2	AMERB	34°07'47.6"	72°00'03.0"
VI	Topocalma	6	3	AMERB	34°07'48.1"	72°00'04.3"
VI	Topocalma	6	4	AMERB	34°07'48.2"	72°00'05.7"
VI	Topocalma	6	5	AMERB	34°07'48.5"	72°00'06.6"
VI	Topocalma	6	6	AMERB	34°07'48.4"	72°00'07.4"
VI	Pichilemu	7	1	AMERB	34°22'52.8"	72°00'54.4"
VI	Pichilemu	7	2	AMERB	34°22'51.2"	72°00'56.0"
VI	Pichilemu	7	3	AMERB	34°22'49.6"	72°00'57.4"
VI	Pichilemu	7	4	AMERB	34°22'49.0"	72°00'58.8"
VI	Pichilemu	7	5	AMERB	34°22'49.7"	72°01'00.8"
VI	Pichilemu	7	6	AMERB	34°22'53.8"	72°01'03.6"
VI	Bucalemu	8	2	Libre acceso	34°38'39.3"	72°02'57.2"
VI	Bucalemu	8	1	Libre acceso	34°38'37.3"	72°02'56.6"
VI	Bucalemu	8	3	Libre acceso	34°38'35.4"	72°02'56.1"
VI	Bucalemu	8	4	Libre acceso	34°38'34.3"	72°02'56.6"
VI	Bucalemu	8	5	Libre acceso	34°38'32.7"	72°02'55.9"
VI	Bucalemu	8	6	Libre acceso	34°38'31.5"	72°02'53.2"

**4.2.3. Descripción de las características propias de cada pradera referente a su distribución geográfica, tamaño, profundidad, tipo de sustrato, grado de exposición y distribución mareal entre otros.**

**Características ambientales de las praderas intermareales estudiadas y zonificación**

**V REGION**

**La Laguna de Zapallar:** La pradera de *Mazzaella laminarioides* (“luga cuchara”), se encuentra ubicada en la zona norte de esta localidad, bordea la costa rocosa en una franja discontinúa alcanzando los 10m de ancho, aunque en algunos sitios seleccionados el cinturón se restringe a unos 3m (**FIGURA 22A y 22B**). Esta pradera es de libre acceso y es comúnmente concurrida durante la época estival por veraneantes. No hay antecedentes de que sea un lugar donde las comunidades costeras, o recolectores de orilla, cosechen este recurso. Esta pradera se encuentra muy expuesta a los vientos de SW y NW, por lo cual el oleaje es intenso durante todo el año. La amplitud de mareas en sicigias es de aproximadamente 1,80m, pero el oleaje fuerte permite que el agua alcance varios metros de altura, un ejemplo de aquello es la presencia de invertebrados sésiles (e.g. cirripedios) en la franja supralitoral de la costa. Hacia el norte, las poblaciones se extienden en sustratos con moderada pendiente, hasta la vecina localidad de Cachagua y hacia el sur el contorno de la costa presenta una extensa playa arenosa que se extiende hasta la localidad de Maitencillo. Esta pradera tiene una diversa flora y fauna asociada. Entre la flora asociada son conspicuas *Porphyra sp*, *Laurencia sp*, *Grateloupia sp*, *Trematocarpus sp* y *Ahnfeltiopsis sp* y varias Ulvales. Por otra parte, se observó en la franja infralitoral un cinturón de *Lessonia nigrescens*. En esta localidad no se observó presencia continua, en biomasa y densidad, de otras algas carragenofitas (i.e. *Sarcothalia*, *Mastocarpus* y *Ahnfeltiopsis*), para poder realizar un estudio poblacional pertinente.

**Caleta Horcón:** En Horcón, *M. laminarioides* se distribuye en parches, sobre macizo rocoso en franja supralitoral y roca en el franja infralitoral (**FIGURA 22C y 22D**). Esta pradera discontinua se encuentra dentro del AMERB del Sindicato de Pescadores Artesanales de Horcón, sin embargo no es un recurso incluido como objetivo principal dentro del plan de manejo y explotación. Históricamente, este recurso ha sido ocasionalmente extraído por ribereños dependiendo de la necesidad económica del momento, pero actualmente no es explotada. Por otra parte, esta pradera

es comúnmente perturbada por los veraneantes ya que es la zona de tránsito entre la berma y la playa que se encuentra en la zona noreste de Horcón.

Durante el verano la pradera de “luga cuchara” está protegida de los vientos predominantes del SW la cual la condiciona a ser un sector muy protegido, en el periodo invernal los vientos NW son los predominantes. La amplitud de mareas en sicigia es de aproximadamente 1,55m. Al tener la plataforma rocosa un 5% de pendiente hace que el oleaje fuerte (ocasional) alcance varios metros, llegando a la franja supralitoral con facilidad. Es característico apreciar en la franja infralitoral una gran diversidad de flora asociada a la pradera entre los que se destaca *Ulva sp*, *Rhodymenia sp*, *Trematocarpus sp*, *Dendrymenia sp*. Además por ser una pradera muy protegida no esta presente el cinturón de algas pardas (e.g. *Lessonia nigrescens*). En esta localidad tampoco no se observó presencia continua, en biomasa y densidad, de otras algas carragenofitas (i.e. *Sarcothalia*, *Ahnfeltiopsis*), para poder realizar un estudio poblacional pertinente.

**Montemar:** La pradera de *M. laminarioides* se encuentra dentro de un área marina protegida (AMP), por lo tanto no se permite acceso a pescadores artesanales ni veraneantes a la zona. En esta localidad se observó una franja continua de *M. laminarioides*, el cual se encuentra adherido a un sustrato tipo macizo rocoso (**FIGURA 22E y 22F**). El grado de inclinación del sustrato hace que el ancho de cinturón de este recurso varíe, encontrándose sitios con muy poca pendiente lo cual hace que el cinturón de luga cuchara alcance un ancho aproximado de 10m, mientras que en otros sitios la pendiente es muy pronunciada (70°) disminuyendo el ancho del cinturón de este recurso a 1 o 2m. Al igual que la localidad de La Laguna de Zapallar, esta pradera se encuentra muy expuesta a los vientos SW y NW, por lo cual el oleaje es intenso tanto de verano e invierno. La amplitud de mareas en sicigia es de aproximadamente 1,50 m, pero al ser un lugar expuesto el oleaje fuerte permite alcanzar varios metros de altura. La franja infralitoral se caracteriza por un cinturón continuo y mixto de algas pardas *L. nigrescens* y *D. antarctica*. Como en las otras

localidades tampoco se observó presencia continua, en biomasa y densidad, de otras algas carragenofitas (*i.e. Sarcothalia, Ahnfeltiopsis*), para poder realizar un estudio poblacional pertinente.

**Playa Chica (Quintay):** Esta pradera de *M. laminarioides* se encuentra en la zona sur del AMERB del Sindicato de Trabajadores Independientes Pescadores Artesanales de Caleta Quintay. El acceso al lugar es restringido y para poder realizar la prospección y posterior muestreo en el lugar fue necesario solicitar una autorización formal a la organización. La pradera de luga cuchara se encuentra protegida de los vientos SE y está orientada hacia NW, aunque se caracterizó durante los muestreos por el fuerte oleaje. En la franja infralitoral esta presente el cinturón mixto de algas pardas *L. nigrescens* y *D. antártica* (**FIGURA 22G y 22H**). En esta localidad, *M. laminarioides* crece en forma discontinua sobre el sustrato rocoso macizo. Los sitios de estudio presentan características distintas debido al grado de inclinación de sustrato rocoso, esto hace que el cinturón de *Mazzaella* difiera en tamaño, alcanzando un ancho máximo de 5m y mínimo de 1,5m. La amplitud de marea en periodos de sicigia fue de 1,3 m. Como en las otras localidades tampoco se observó presencia continua, en biomasa y densidad, de otras algas carragenofitas (*i.e. Sarcothalia, Ahnfeltiopsis*), para poder realizar un estudio poblacional pertinente.

## **VI REGION:**

**Matanzas:** El área de estudio para la evaluación de *M. laminarioides* se ubicó frente al balneario de Matanzas (33°57'32"S-71°52'36"W). En general, el litoral rocoso del área de estudio está contenido dentro de un sistema de playas de arenas que presentan una morfodinámica del tipo intermedia (**FIGURA 22I y 22J**).

En Matanzas, la playa de arena es interrumpida por plataformas rocosas y pequeños islotes. La extensión vertical y la abundancia relativa de la pradera de *M. laminarioides* en la franja supralitoral varía dependiendo de la disponibilidad de sustrato rocoso y del grado de exposición al oleaje. La franja infralitoral se caracteriza por un cinturón de algas pardas conformado por *D.*

*antarctica* y *L. nigrescens*. Sobre los roqueríos de esta área de estudio se desarrolla una fuerte actividad extractiva sobre *Mazzaella*. La cosecha de *Mazzaella* realizada por los algueros en esta localidad de libre acceso sirve como un experimento mensurativo, sin mediación de los ejecutores, que fue monitoreada temporalmente con el objetivo de evaluar los efectos poblacionales y comunitarios de la cosecha directa.

En el área de estudio, se observan parches estacionales de *Anhfeltiopsis* en la franja infralitoral rocosa expuesta y comúnmente afectada por invasiones de arena, que interrumpen el sistema de roqueríos compuesto por plataformas bajas que recorren el litoral, lo cual genera numerosas pozas de mareas.

**Topocalma:** La pradera de *M. laminarioides* en Topocalma se ubica en el sector denominado El Secreto, dentro de los límites que determinan el AMERB del Sindicato de Recolectores de Orilla y Buzos Mariscadores de Caleta Topocalma.

Los ambientes rocosos intermareales están compuestos por plataformas, farellones, islotes, roqueríos, barras y playas de bolones expuestos y muy expuestos al oleaje que en la franja supralitoral domina en cobertura *M. laminarioides* (FIGURA 22K y 22L). El ancho de la pradera de *M. laminarioides* varía dependiendo de la disponibilidad de sustrato rocoso y del grado de exposición al oleaje. En general, el sustrato rocoso infralitoral está frecuentemente rodeado por arena, donde habita estacionalmente *Anhfeltiopsis*. En la zona infralitoral rocosa se observa un cinturón de algas pardas (*L. nigrescens* y *D. antarctica*). Los roqueríos expuestos al oleaje son interrumpidos por extensas playas de arena.

En el área de estudio, históricamente se ha cosechado *Mazzaella* de manera intensiva en primavera y verano. Esta cosecha temporal de *Mazzaella* realizada por los algueros sirve como un experimento mensurativo, sin mediación de los ejecutores, que está siendo monitoreado temporalmente con el objetivo de evaluar los efectos poblacionales y comunitarios de la cosecha.

**Pichilemu:** La pradera de *M. laminarioides* en el sector de La Puntilla fue evaluada, considerando que es parte del AMERB administrado por el Sindicato de Mujeres Recolectoras de Orilla de Pichilemu. El litoral del área de estudio está caracterizado por una playa de arena muy expuesta al oleaje, con una morfodinámica del tipo intermedia. En el área de estudio, las playas de arena son interrumpidas por un sistema rocoso desmembrado con islotes, roqueríos y barras rocosas que corren de manera perpendicular a la costa generando pozas de mareas con intrusiones de arena (**FIGURA 22M y 22N**). En el intermareal medio de la costa rocosa, *M. laminarioides* forma un cinturón que varía en extensión vertical y abundancia relativa dependiendo del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. Dentro de los recursos objetivos del AMERB está inscrita *M. laminarioides*, la cual es recolectada en función de un Plan de Manejo y Explotación, basado en dos criterios de cosecha: rotación del área y cosecha manual del recurso luga cuchara. Hacia el límite inferior del intermareal, sobre la barra rocosa que penetra hacia el mar en contacto con la arena, se ubican parches estacionales de *Anfeliopsis spp* en baja abundancia.

**Bucalemu:** La pradera de *M. laminarioides* ubicada en el límite sur de la VI Región correspondió a Bucalemu. El área de estudio, de libre acceso a los recolectores, se caracteriza por ambientes rocosos muy expuestos al oleaje. La costa presenta plataformas, farellones, roqueríos e islotes interrumpidos por playas de arena. En el intermareal medio de la costa rocosa, *M. laminarioides* forman un cinturón continuo que varía en extensión vertical y abundancia relativa dependiendo del grado de inclinación de la roca y de la exposición al oleaje. Los farellones y paredones rocosos muy expuestos al oleaje están caracterizados por un estrecho cinturón de *M. laminarioides*, en cambio en las plataformas rocosas expuestas y semi-expuestas al oleaje rodeadas por arenas, la distribución vertical y abundancia del cinturón de *Mazzaella* son significativamente mayores (**FIGURA 22Ñ y 22O**). En la zona infralitoral se observa un cinturón de algas pardas (*L. nigrescens* y *D. antarctica*). Este sector es muy intervenido por los usuarios, no existe un Plan de

Manejo y Explotación de recursos por lo que cualquiera puede recolectar algas y/o mariscos intermareales.

### Tipo de Sustrato

El sustrato costero en las praderas intermareales en general es rocoso (**TABLA 8**). En la pradera ubicada en la localidad de La Laguna, el sustrato tiene escasa pendiente, predomina como sustrato macizo rocoso, además se observaron pequeños sectores de roca tipo canto rodado de gran tamaño (>1m de altura), modelados por la acción abrasiva del oleaje en niveles altos de la costa. El grado de inclinación varía entre 10° a 45°. La pradera de Horcón presenta 2 tipos de sustrato bien definido, en el nivel superior de la costa se observó predominio de sustrato macizo rocoso tipo planchón y en la zona inferior se mezcla con sustrato de bloques y canto rodado. Además, el grado de inclinación de esta pradera fue mínima con un valor 5°. En la pradera de Montemar en los niveles inferiores del litoral hay predominancia de macizo rocoso y en la zona superior se mezcla con sustrato de bloques que hacen de barrera natural al fuerte oleaje de la zona. El grado de inclinación del sustrato varía entre 10° y 70°. En la pradera estudiada en Playa Chica también hay predominancia de macizo rocoso tanto en la zona más expuesta orientada hacia el noroeste. El grado de inclinación del sustrato varía entre 15° y 65°.

El sustrato rocoso de las praderas de la VI Región es sedimentario, caracterizado por macizos rocosos y roca con pendientes que oscilan entre 10 y 80° de inclinación, que frecuentemente están rodeadas de arena distribuida en extensos sistemas de playas (**TABLA 8**).

**TABLA 8.** Tipos de sustrato predominante en las localidades en estudio.

Localidad	Inclinación del sustrato (°)	Granulometría	Tipo de roca
La Laguna	10 a 45	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria
Horcón	5	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria
Montemar	10 a 70	Macizo rocoso	Sedimentaria

Playa Chica	15 a 65	Macizo rocoso	Sedimentaria
Matanzas	10 a 80	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria
Topocalma	10 a 80	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria
Pichilemu	10 a 80	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria
Bucalemu	10 a 80	Macizo rocoso y roca	Sedimentaria

(\*): Categorías superiores de la escala granulométrica de Wentworth-Uden (Extractada de Romo *et al.* 1985).

### Variables físicas medidas

La **TABLA 9** muestra las características de distintas variables físicas que caracterizan el hábitat del recurso luga cuchara *M. laminarioides* en la zona intermareal. Las principales diferencias se refieren al grado de exposición al oleaje definiendo lugares protegidos, semi protegidos, semi expuestos, expuestos y muy expuestos.

**TABLA 9.** Variables físicas de las principales áreas de extracción de carragenófitas visitadas.

Localidad	Oleaje	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)
La Laguna	Expuesto	14,2 °	33,4
Horcón	Protegido	15,0°	33,5
Montemar	Expuesto	14,5°	33,1
Playa Chica	SemiExpuesto	14,4°	32,6
Matanza	Muy expuesto	14,0°	33,023
Topocalma	Muy expuesto	14,0°	34,735
Pichilemu	Muy expuesto	14,0°	34,154
Bucalemu	Muy expuesto	14,0°	33,302

(\*) Sin registro de flujo fotónico por daño en el sensor.

Los datos ambientales son los típicos de aguas superficiales de aguas templadas frías y de elevada productividad de esta zona biogeográfica de transición (Camus 2001).

#### 4.2.4. Descripción de las variaciones de abundancia, biomasa, densidad, estructura de tallas y estados reproductivos en praderas de algas carragenófitas.

**Evaluación preliminar:** La prospección y monitoreo de las praderas de algas carragenófitas comenzó durante el ciclo de marea más bajo de Septiembre 2009. De esta manera se pudo observar en forma clara el cinturón intermareal de *M. laminarioides* y obtener información de presencia o ausencia de otras algas carragenófitas.

Para la V región, se establecieron 3 áreas de estudios identificadas como zona norte, zona centro y zona sur. La zona norte se caracterizó por una baja frecuencia de ocurrencia de praderas de *M. laminarioides*. Las praderas de *M. laminarioides* aumentan en frecuencia en la zona central de Región, aunque dependiendo de las características del hábitat cambian los patrones de distribución y abundancia en forma de cinturones o parches.

En la VI Región, los patrones de distribución y abundancia de *Mazzaella laminarioides* dependen de las características del hábitat. Aunque, en general, la costa rocosa es muy expuesta al oleaje y a los vientos dominantes SW facilitando la persistencia del cinturón intermareal que caracteriza este recurso.

**Programa de muestreo:** Los muestreos en ambas regiones fueron realizados en forma sincronizada, cada 2 meses, con fechas de muestreo dependientes del período de mareas más bajas del mes. Se realizaron 6 muestreos, completando un ciclo anual de acuerdo a las bases del TRR y comprometido en la propuesta.

**Terremoto y maremoto 27.02.10, zona centro-sur de Chile:** Durante el desarrollo del proyecto un devastador terremoto (magnitud del momento: 8,8 MW) afectó a Chile el 27 de febrero de 2010. Ondas de tsunami seguidas después del terremoto produjo extensos daños urbanos, cambio el relieve costero y generó mortalidad masiva de organismos en el intermareal y submareal somero rocoso somero (Castilla *et al.* 2010). Los efectos fueron especialmente notables en todo el Golfo de Arauco, Isla de Santa María y Bahía de Concepción (36 a 38°S). Especies que forman cinturones, como *M. laminarioides*, fueron utilizadas como biomarcadores indicando una elevación de la costa

que oscila entre 0,2 a 3,1m, con cambios drásticos en el ecosistema marino intermareal rocoso. Estos efectos catastróficos también ocurrieron en la VI Región y en el extremo sur de la V región (Marin *et al.* 2010), donde se concentra la extracción de algas carragenofitas.

**Diseño de muestreo:** El diseño de muestreo fue ejecutado de acuerdo a la propuesta elaborada por el equipo de trabajo. En cada pradera fueron seleccionados 6 sitios de muestreo abarcando toda la extensión de las praderas. En cada sitio se dispuso 10 cuadrantes de 15x15 cm al azar. En cada cuadrante, el material contenido dentro del área de muestreo fue extraído por medio de espátulas, y almacenado en bolsas debidamente etiquetadas para su posterior análisis en laboratorio. Las muestras fueron preservadas en frío (en contenedor aislante) y transportadas al laboratorio. Una vez en laboratorio se midió el largo máximo de cada fronda y se determinó la fase y estado reproductivo de las mismas. Todo el material que no correspondió al recurso objetivo (*i.e.*, flora y fauna acompañante) fue separado, identificado, preservado y etiquetado para relacionar inequívocamente los catastros de flora y fauna acompañante con los registros de densidad y biomasa de cada cuadrante.

#### **4.2.5 Muestreos poblacionales de algas carragenófitas.**

Los promedio de biomasa, densidad y tamaño de las praderas seleccionadas, fueron extrapolados a un área de 1m<sup>2</sup>. Expresar esta información demográfica en esta unidad de área permite realizar comparaciones con estudios equivalentes en la misma escala de resolución espacial. La información de las variables biológicas de *M. laminarioides* fue obtenida durante un ciclo anual, septiembre 2009 y septiembre 2010, en praderas de ubicadas en la V y VI Regiones.

**Variación temporal de los patrones de distribución y abundancia en las praderas de *Mazzaella laminarioides***

## BIOMASA

**La Laguna de Zapallar:** La biomasa total y por fase reproductiva de *M. laminarioides* en esta localidad, de libre acceso y sin explotación, varió estacionalmente. En septiembre y noviembre 2009, la pradera mantuvo una biomasa total promedio cercana a 200 g/m<sup>2</sup>; en enero 2010 la producción de biomasa se duplica y es máxima (452,9±36 g/m<sup>2</sup>); posteriormente disminuye linealmente hasta junio 2010, donde retorna a niveles cercanos o inferiores (165 g/m<sup>2</sup>) a los registrados al inicio del estudio. Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La fase cistocárpica muestra un máximo estacional entre enero y marzo 2010 con una biomasa promedio por sobre 100g/m<sup>2</sup>. La fase tetraspórica mantuvo una baja productividad durante el ciclo anual, aunque en junio 2010 se observó un máximo de biomasa (19,4±6,9 g/m<sup>2</sup>) (**FIGURA 23**).

**Horcón:** La biomasa total promedio de *M. laminarioides* en esta AMERB, donde no explotan el recurso algas carragenófitas, mostró una marcada estacionalidad, con máximos cercanos a 300g/m<sup>2</sup> en noviembre 2009 y enero 2010. Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La biomasa reproductiva presenta un máximo estacional en enero 2010 para ambas fases reproductivas con 48,9±14 g/m<sup>2</sup> para la fase tetraspórica y 103,9±19,9 g/m<sup>2</sup> para la fase cistocárpica, respectivamente. En septiembre 2010, la biomasa total (84,06 g/m<sup>2</sup>) esta representada principalmente por talos vegetativos (**FIGURA 24**).

**Montemar:** La tendencia temporal de la biomasa total y reproductiva en Montemar (Área Marina Protegida) es similar a la descrita para la pradera de *M. laminarioides* de Horcón. La biomasa total en esta AMP es máxima en noviembre 2009 y enero 2010 con promedios cercanos a 300 g/m<sup>2</sup>, determinado principalmente por la fracción vegetativa. Posteriormente, la biomasa disminuye

linealmente hasta junio 2010 y alcanza el mínimo en septiembre 2010 (84,06 g/m<sup>2</sup>). Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La biomasa cistocárpica presenta la misma tendencia temporal que la biomasa vegetativa; mientras que la biomasa tetraspórica fue máxima en marzo 2010 (66,3 g/m<sup>2</sup>). Semejante a la pradera de Horcón, la biomasa reproductiva disminuye o retorna a los niveles mínimos hacia junio y septiembre 2010 (**FIGURA 25**).

**Playa Chica (Quintay):** La pradera de *M. laminarioides*, ubicada dentro de un AMERB y que no es cosechada ni está en los planes de manejo, presentó una tendencia temporal particular en comparación con otras praderas monitoreadas, caracterizada por una variación interanual más que estacional. La biomasa total promedio presentó un máximo desde septiembre 2009 hasta enero 2010 con valores sobre 150g/m<sup>2</sup>, disminuyendo hacia septiembre 2010. Durante el período de muestreo, la tendencia temporal de la biomasa total coincide con la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La producción de biomasa reproductiva fue baja durante el ciclo anual con valores bajo los 35g/m<sup>2</sup>, y con un predominio de la fase cistocárpica sobre la tetraspórica, excepto en junio 2010 donde son iguales (**FIGURA 26**). Cabe mencionar que el muestreo de marzo 2010 en esta localidad no fue llevado a cabo porque las frecuentes réplicas del terremoto (27.02.2010) y marejadas impidieron realizar actividades en el borde costero. En este contexto, la organización que administra el AMERB suspendió las actividades como medida de seguridad. Después de tres días se suspendió el muestreo considerando los costos operativos; aunque se obtuvo material para desarrollar la caracterización reproductiva de esta pradera. Similar a las praderas monitoreadas más al norte, en septiembre se detectó los niveles mínimos de biomasa total y por fase reproductiva.

**Matanzas:** En esta localidad de libre acceso, intervenida por los usuarios (recolectores de algas) del recurso luga cuchara, la biomasa total incrementa desde septiembre 2009 hasta enero 2010, donde alcanza el máximo ( $304,8 \pm 22$  g/m<sup>2</sup>). Aunque la biomasa total disminuyó en marzo 2010 (192 g/m<sup>2</sup>), esta vuelve a incrementar en junio 2010; mientras que en septiembre 2010, la biomasa total disminuye a niveles mínimos. Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La biomasa reproductiva muestra un notorio predominio de la fase cistocárpica sobre la fase tetraspórica durante el ciclo anual, con un máximo reproductivo para ambas fases en junio 2010 (**FIGURA 27**).

**Topocalma:** En esta AMERB, que tiene inscrito el recurso *M. laminarioides* en el plan de manejo y explotación, la biomasa total promedio muestra una disminución temporal a través del período de monitoreo y una marcada variabilidad interanual. La biomasa total promedio es máxima en septiembre 2009 (cerca de 450 g/m<sup>2</sup>), y aunque disminuye en noviembre 2009 está vuelve a aumentar en enero 2010. Posteriormente, la biomasa total disminuye linealmente hasta septiembre 2010, en un 400%, equivalente a una producción de 90g/m<sup>2</sup>. Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La biomasa reproductiva muestra un notorio predominio de la fase cistocárpica sobre la fase tetraspórica durante el ciclo anual, con un máximo reproductivo para la fase cistocarpica entre enero y junio 2010. La fase tetraspórica presentó máximos en septiembre 2009 y Marzo 2010 (**FIGURA 28**). Similar a otras praderas monitoreadas, en septiembre se detectó los niveles mínimos de biomasa total y por fase reproductiva.

**Pichilemu:** La biomasa total en esta AMERB, donde *M. laminarioides* es un recurso objetivo del plan de manejo y explotación, muestra variaciones estacionales en el ciclo anual. La biomasa total

es máxima en enero y marzo 2010 con promedios cercanos a 300 g/m<sup>2</sup>, determinado principalmente por la fracción vegetativa. Posteriormente, la biomasa disminuye linealmente hasta junio 2010 y alcanza el mínimo en septiembre 2010. Durante el período de muestreo, la estacionalidad de la biomasa total coincide con la tendencia temporal de la biomasa vegetativa, proporcionalmente mayor en comparación con la biomasa reproductiva. La máxima producción de biomasa cistocárpica (marzo 2010) esta estacionalmente desfasada con respecto a la biomasa tetraspórica (Junio 2010). En septiembre 2010 la biomasa total registra niveles mínimos durante el período de estudio (**FIGURA 29**).

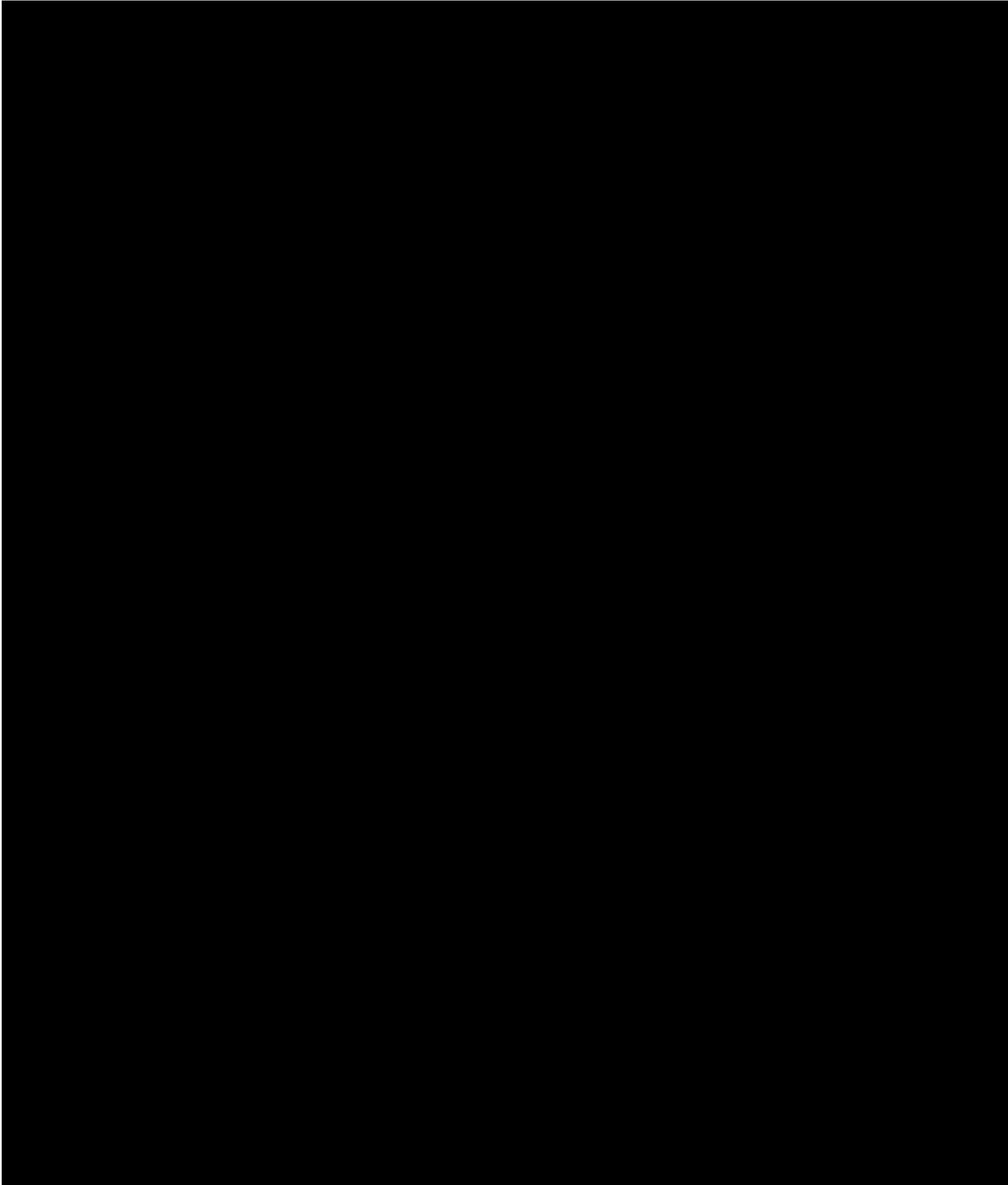
**Bucalemu:** Esta área de libre acceso, donde *Mazzaella* es intensamente explotada, presentó la biomasa total más baja en comparación con las otras localidades y durante todo el período de estudio. La biomasa total mostró una fluctuación temporal con un valor promedio máximo en marzo del 2010 (151,6±12,8 g/m<sup>2</sup>). Entre noviembre 2009 y enero 2010, la biomasa total estuvo representada principalmente por frondas vegetativas; en cambio, en junio 2010 aumentó la producción de biomasa reproductiva, principalmente de la fase tetraspórica. La fase carpospórica fue máxima en marzo y junio 2010. En septiembre 2010, la biomasa vegetativa recupera el dominio de la biomasa total de la pradera, pero ocurren los menores niveles de biomasa durante el período de muestreo (**FIGURA 30**).

### **Análisis estadístico de la Biomasa**

**Distribución de frecuencias.** La **FIGURA 31** muestra las distribuciones de frecuencia de la biomasa (g/m<sup>2</sup>) de frondas vegetativas de *M. laminarioides* para cada combinación de pradera y período de muestreo. El promedio se estimó en aproximadamente 161 g/m<sup>2</sup>, tanto al agregar temporalmente (sin distinción de pradera) como espacialmente (agrupando a través del tiempo). Un 72% del aporte total de biomasa por m<sup>2</sup>, correspondió a biomasa vegetativa (no reproductiva). En general los patrones variaron entre formas unimodales, las que pueden

deformarse y mostrar proyecciones de frecuencias hacia valores altos de biomasa, aunque sin mostrar un patrón sistemático. Sí fue evidente la pérdida de frondas de gran tamaño hacia el invierno, posiblemente debido al cambio de estas frondas a estado de madurez. La **FIGURA 32** muestra el patrón de distribución de biomasa para el caso de frondas tetraspóricas. La biomasa promedio para esta fase aproximó los  $20 \text{ g/m}^2$ , correspondiente a un 9% de la representación de fases sobre el total observado para esa área de muestreo. Todas las distribuciones mostraron un claro sesgo hacia la izquierda, lo que fue coherente con la baja probabilidad de encuentro de frondas tetraspóricas verificadas en terreno. La **FIGURA 33** muestra las distribuciones de biomasa para el caso de frondas cistocárpicas. El valor promedio estimado fue de  $40 \text{ g/m}^2$ , correspondiente a un 18% de la representación total de fases para esta área de observación. Al igual para el caso de frondas tetraspóricas, las distribuciones están fuertemente sesgadas a la izquierda, aunque con cierto grado de proyección hacia clases más altas de biomasa. La **FIGURA 34** muestra los patrones distribucionales para el total de frondas, el que bordea los  $222 \text{ g/m}^2$ . En general las distribuciones mostraron cierto grado de unimodalidad o tendencia a la uniformidad. Sin embargo, fue interesante notar la pérdida de clases de biomasa altas hacia el invierno, lo que correspondería a pérdida de biomasa de frondas maduras esporuladas (patrón coherente con los resultados de distribución de tamaños y observaciones de terreno). La **TABLA 10**, detalla los valores promedio de biomasa por localidad y período de muestreo.

**TABLA 10.** Biomasa promedio ( $\text{g/m}^2$ ) de *M. laminarioides*. Se detallan valores por fase.



**Variación temporal.** La **FIGURA 35** muestra la tendencia temporal de la biomasa total (sin desglose por pradera) para cada una de las fases. Las frondas vegetativas y cistocárpicas mostraron un ciclo estacional bien marcado. Las frondas vegetativas mostraron un máximo en

pleno período estival (*i.e.* enero), mientras que las plantas cistocárpicas presentaron un máximo de ciclo centrado en marzo (aunque estadísticamente indistinguible del valor promedio de enero). Dado que aproximadamente un 85% de las frondas vegetativas (no reproductivas) fueron detectadas como gametofíticas según la prueba de resorcinol, el desfase existente entre ambos ciclos sería de dos meses. Por su parte, la fase tetraspórica mostró un ciclo muy atenuado con un desfase tentativo de cuatro meses respecto del máximo vegetativo. Sin embargo, la baja representación numérica de esta fase no permitió discriminar con precisión este patrón. Un análisis de varianza de la biomasa en función del período de muestreo y la distribución entre fases se muestra en la **TABLA 11**. Existe un término de interacción significativo, atribuible principalmente a la dominancia de frondas vegetativas en la representación de la biomasa total. Otras fuentes de variación también serían responsables de la existencia de términos de interacción y fueron examinadas en la sección de análisis estadístico.

**TABLA 11.** Análisis de la varianza de dos vías para biomasa de *M. laminarioides*.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Fase	2	32434971	16217486	1385.21	<0.0001
Muestreo	5	1240897	1240897.99	105.99	<0.0001
Fase*Muestreo	10	2827761	1413881	120.77	<0.0001
error	8184	95815237	11708		

La **FIGURA 36** muestra el patrón de biomasa total a lo largo del ciclo anual, una vez más resultó evidente la dominancia de las frondas vegetativas (no reproductivas). El patrón fue fuertemente estacional, con máximos en enero en torno a los 350 g/m<sup>2</sup>. La **TABLA 12** muestra los resultados de un análisis de la varianza para evaluar únicamente el efecto temporal sobre la variabilidad observada en la biomasa total. Las diferencias entre períodos fueron estadísticamente significativas, con máximos en enero y mínimos en septiembre con niveles estadísticamente extremos (test a posteriori Tukey, no mostrado).

**TABLA 12.** Análisis de la varianza de un factor. Variable de respuesta: biomasa total.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Mes	5	1240897	1240897	77.515	<0.0001
error	8188	131077969	16009		

**Variación espacial.** La **FIGURA 37** muestra el desglose por fase de los valores promedio de biomasa en las distintas localidades. Existe una clara dominancia de la fase vegetativa en todas las localidades, y no se aprecia una tendencia latitudinal. Sin embargo, fue notoria la coherencia en la oscilación espacial de las frondas vegetativas y cistocárpicas. La **TABLA 13** muestra un análisis de la varianza para examinar únicamente los efectos de localidad y fase sobre la variabilidad de la biomasa observada (otras fuentes de variación fueron omitidas). Al igual que en los análisis de varianza anteriores, la existencia de un término de interacción significativo obscurece las comparaciones pareadas. Sin embargo, un examen detallado *a posteriori* (detalles omitidos en el presente reporte) indicó que los niveles de biomasa de frondas vegetativas superaron significativamente los de frondas reproductivas.

**TABLA 13.** Análisis de la varianza de dos factores para biomasa total de *M. laminarioides*.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Pradera	7	120777	120777	9.949	0.001615
Fase	2	32434971	16217486	1335.919	<0.001
Pradera x Fase	14	412856	206428	17.005	<0.001
error	8166	99350262	12140		

La **FIGURA 38** muestra los niveles promedio de biomasa por cada localidad, detallando los aportes de frondas cistocárpicas y tetraspóricas, una vez resuelta la identidad de frondas vegetativas por test de resorcinol. No se verificó un patrón latitudinal claro, por otra parte se aprecia una dominancia gametofítica dentro de todas las poblaciones estudiadas. Sin embargo,

excluyendo a la localidad de Bucalemu en un análisis a nivel regional (**TABLA 14**), se detectan diferencias significativas en la biomasa total estimada entre regiones, donde la V región muestra niveles de biomasa en torno a los 209 g/m<sup>2</sup>, mientras que la VI supera este valor en un 30% (272 g/m<sup>2</sup>).

**TABLA 14.** Análisis de la varianza de un factor. Biomasa total (sin desglose por fase) como variable de respuesta.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Región	1	715576	715576	40.502	<0.001
error	7108	125581540	17668		

**Grado de Intervención.** La **FIGURA 39** muestra el efecto del grado de intervención antrópica, donde NI (no intervenido) considera praderas donde *M. laminariodes* no es explotada, y I (intervenida) corresponde a praderas donde existe explotación del recurso o son áreas de libre acceso. Para el caso de las frondas vegetativas y cistocárpicas se observó un efecto positivo de la no intervención. En promedio para el caso de frondas vegetativas, las praderas no intervenidas mostraron un 30% más de biomasa que sus contrapartes intervenidas. Para el caso de las frondas cistocárpicas, la no intervención se manifestó con un aumento significativo de 12% más de biomasa. No se detectaron diferencias para el caso de frondas de la fase tetraspórica. Estos resultados son interesantes, pues pueden ser interpretados como una medida indirecta del efecto potencial de la explotación del recurso. Considerando la biomasa total (sin distinción de fases), el efecto de la intervención aproximaría un 26%, valor que puede considerarse como estimador global (preliminar) de impacto pesquero sobre las praderas de *M. laminarioides*.

**Factores explicativos.** Una vez concluida la fase de contraste de modelos con reducción progresiva de términos, se obtuvieron los modelos (por fase y biomasa total) finales resumidos

en la **TABLA 15**. En todos los casos los modelos finales contienen sólo los factores intervención *I* y período de muestreo *M* como efectos principales, además de su interacción.

**TABLA 15.** Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para la biomasa de frondas de *M. laminarioides*.

Factor	gl	Vegetativas		Tetraspóricas		Cistocárpicas		Total	
		F	p	F	p	F	p	F	p
Intercepto	1	2961.83	<0.001	296.54	<0.001	528.05	<0.001	3216.75	<0.001
Muestreo	5	63.68	<0.001	16.15	<0.001	19.44	<0.001	50.92	<0.001
Intervención	1	74.96	<0.001			142.87	<0.001	104.77	<0.001
M x I	5	6.23	<0.001			9.14	<0.001	9.14	<0.001

Los resultados de selección de variables independientes presentados ratificaron los resultados parciales analizados previamente. Específicamente, se verificó la influencia de dos efectos principales: el período de muestreo y la condición de intervención. Sin embargo, los efectos de ambos factores no actuarían de manera aditiva, sino a través de una interacción. Es decir, la magnitud de las diferencias observadas entre praderas intervenidas y no intervenidas, dependerá del momento del ciclo anual que se esté observando. Para el caso de las frondas tetraspóricas sólo existiría un efecto asociado a la variación anual, no constatándose efectos sistemáticos del resto de las variables examinadas.

## DENSIDAD

### V Región

**Laguna de Zapallar:** La **FIGURA 40**, muestra la variación bimensual de la densidad promedio total de talos y por fase reproductiva de la pradera de *M. laminarioides* en La Laguna de Zapallar. En general, la densidad total de frondas se mantiene por sobre 200 talos/m<sup>2</sup>, excepto en junio 2010 donde disminuye notoriamente a cerca de 120 talos/m<sup>2</sup>. En enero y marzo 2010 la densidad total de frondas es máxima, con valores promedios sobre 300 talos/m<sup>2</sup>. Tal como fue descrito para la producción de biomasa, los talos vegetativos componen la mayor fracción de la abundancia total de frondas. Las frondas reproductivas presentan una estacionalidad con máximos en marzo 2010 para ambas fases, aunque las frondas cistocarpicas son más conspicuas que las frondas tetraspóricas durante el ciclo anual. El número de talos reproductivos en esta pradera no superó los 40 talos/m<sup>2</sup>.

**Horcón:** La densidad total de talos en la pradera de *M. laminarioides* en Horcón mostró una tendencia estacional durante el transcurso del estudio. En noviembre 2009, se detectó la máxima densidad de talos totales ( $538,4 \pm 41,08$  talos/m<sup>2</sup>), determinado por un incremento en la abundancia de talos vegetativos. Desde enero 2010, la densidad promedio de talos disminuye linealmente hasta alcanzar la abundancia mínima en junio 2010 ( $162,7 \pm 19,9$  talos/m<sup>2</sup>) que persistió hasta septiembre 2010. Los talos vegetativos componen la mayor fracción de de la abundancia total de frondas durante todo el estudio. Las frondas reproductivas presentan una estacionalidad con máximos en marzo 2010 para las frondas cistocarpicas (cerca de 25 talos/m<sup>2</sup>) y enero 2010 para las frondas tetraspóricas (cerca 10 talos/m<sup>2</sup>). Durante el periodo de estudio, la frondas cistocarpicas son más conspicuas que las frondas tetraspóricas, excepto en septiembre 2010 donde predominaron las frondas tetraspóricas. El número de talos reproductivos en esta pradera no superó los 40 talos/m<sup>2</sup> (**FIGURA 41**)

**Montemar:** La densidad total y por fase reproductiva de frondas en la pradera de *M. laminarioides* de Montemar mostró una tendencia temporal similar a la descrita para Horcón. En noviembre 2009, se detectó la máxima densidad de talos totales ( $476\pm 47$  talos/m<sup>2</sup>), determinado por un incremento en la abundancia de talos vegetativos. En enero 2010, la densidad promedio total de talos disminuyó a cerca de 200 talos/m<sup>2</sup> persistiendo hasta septiembre 2010. Los talos vegetativos componen la mayor fracción de de la abundancia total de frondas durante todo el estudio. Las frondas reproductivas presentaron variabilidad temporal con máximos en invierno y primavera para las frondas cistocarpicas (cerca de 35 talos/m<sup>2</sup>) y en septiembre 2009 y marzo 2010 para las frondas tetraspóricas (cerca 25 talos/m<sup>2</sup>). La densidad de talos reproductivos se mantuvo durante el período de evaluación con valores cercanos a 40 talos/m<sup>2</sup>. (**FIGURA 42**).

**Playa Chica de Quintay:** La densidad total promedio de frondas en la pradera de *M. laminarioides* ubicada en la Playa Chica disminuyó paulatinamente hasta un 300% al final del periodo de estudio (**FIGURA 43**). La densidad promedio total fue máxima ( $627,05\pm 62,7$  talos/m<sup>2</sup>) en septiembre 2009 y mínima en septiembre 2010 ( $217,4\pm 24$  talos/m<sup>2</sup>). Como en las otras praderas, casi todas las frondas son vegetativas. La densidad de talos reproductivos se mantuvo durante el período de evaluación con valores que oscilan en torno a 35 talos/m<sup>2</sup>. Durante el periodo de estudio, las frondas cistocarpicas son más abundantes que las frondas tetraspóricas, con un máximo en junio 2010 para ambas fases reproductivas.

**VI Región.** En general las praderas de *M. laminarioides* monitoreadas en la Región del Libertador Bernardo Ohiggins presentaron cerca de un 50% más de frondas que las praderas de la Región de Valparaíso, excepto para Bucalemu. Pero en toda el área de estudio, la abundancia total de talos en las praderas está representada principalmente (95%) por talos vegetativos.

**Matanzas:** La **FIGURA 44**, muestra la variación temporal de la densidad promedio total de talos y por fase reproductiva de la pradera de *M. laminarioides* en Matanzas. En general, la densidad total de frondas se mantiene por sobre 800 talos/m<sup>2</sup>, excepto en septiembre 2010 donde disminuye notoriamente a cerca de 600 talos/m<sup>2</sup>. En noviembre 2009 la densidad total de frondas es máxima, con valores promedios sobre 1200 talos/m<sup>2</sup>. Tal como fue descrito para otras praderas, los talos vegetativos componen la mayor fracción de la abundancia total de frondas. Las frondas reproductivas presentan una estacionalidad con máximos en junio 2010 para ambas fases con cerca de 50 talos/m<sup>2</sup> y 25 talos/m<sup>2</sup>, respectivamente. El número de talos reproductivos en esta pradera se mantuvo bajo 175 talos/m<sup>2</sup>.

**Topocalma:** La densidad total y por fase reproductiva de frondas en la pradera de *M. laminarioides* en el AMERB de Topocalma mostró una tendencia temporal similar a algunas praderas de la V Región (e.g. Horcón, Montemar). En septiembre y noviembre 2009, se detectó la máxima densidad de talos totales (cerca de 1200 talos/m<sup>2</sup>), determinado por un incremento en la abundancia de talos vegetativos. En enero 2010, la densidad promedio total de talos disminuyó un 50%, con cerca de 600 talos/m<sup>2</sup>, niveles que persistieron hasta septiembre 2010 donde se registro la menor abundancia (490,23±83 talos/m<sup>2</sup>). Los talos vegetativos componen la mayor fracción de la abundancia total de frondas durante el estudio. Las frondas reproductivas presentaron variabilidad temporal con máximos en septiembre 2009, y marzo y junio 2010 para las frondas cistocarpicas (cerca 30 talos/m<sup>2</sup>) y en septiembre 2009 y marzo 2010 para las frondas tetraspóricas (cerca 25 talos/m<sup>2</sup>). La densidad de talos reproductivos se mantuvo durante el período de evaluación con valores cercanos a 20 talos/m<sup>2</sup>. (**FIGURA 45**).

**Pichilemu:** La densidad total y por fase reproductiva en la pradera de Pichilemu mostró una tendencia similar a otras praderas (*i.e.* Topocalma). La densidad total de frondas de *Mazzaella laminarioides* presentó las máximas abundancias en septiembre y noviembre 2009, con promedios

sobre 1.000 talos/m<sup>2</sup> (**FIGURA 46**). En el siguiente muestreo, enero 2010, la densidad de talos disminuyó un 50%. Las abundancias promedio se mantienen en un rango 500-600 talos/m<sup>2</sup> hasta septiembre 2010, aunque en junio se detectó la abundancia mínima con 518,26±44 talos/m<sup>2</sup>. Los talos vegetativos componen la mayor fracción de la abundancia total de frondas durante el estudio. La densidad de frondas reproductivas presenta estacionalidad con máximos en marzo y junio 2010 para ambas fases, con cerca de 55 talos/m<sup>2</sup> para frondas cistocarpicas y cerca 35 talos/m<sup>2</sup> para frondas tetraspóricas, respectivamente. La densidad de talos reproductivos se mantuvo durante el período de evaluación con valores cercanos a 20 talos/m<sup>2</sup>.

**Bucalemu:** La pradera de *Mazzaella laminarioides* en esta localidad está intensamente intervenida. En general, la densidad total de frondas es menor en comparación con las otras praderas de la VI región. Además presenta una tendencia semejante a la pradera de Playa Chica de Quintay. En septiembre 2009 se detectó la máxima densidad de frondas totales en esta pradera, entre noviembre del 2009 y marzo del 2010 la densidad se mantuvo relativamente constante con valores cercanos a 600 talos/m<sup>2</sup>, disminuyendo en junio y septiembre 2010, donde se presentó la mínima abundancia de frondas (360,53±43 talos/m<sup>2</sup>). Al igual que las otras praderas monitoreadas la densidad total de frondas está determinada por la abundancia de frondas vegetativas. El número de frondas reproductivas en esta pradera fue cercano a 10 talos/m<sup>2</sup>. Al igual que en la pradera de Pichilemu, se detecta un máximo de ambas fases reproductivas en junio 2010 con densidades promedio cercana a 60 talos/m<sup>2</sup> para frondas tetraspóricas y 30 talos/m<sup>2</sup> para frondas cisticarpicas, respectivamente (**FIGURA 47**).

### **Análisis estadístico de la Densidad**

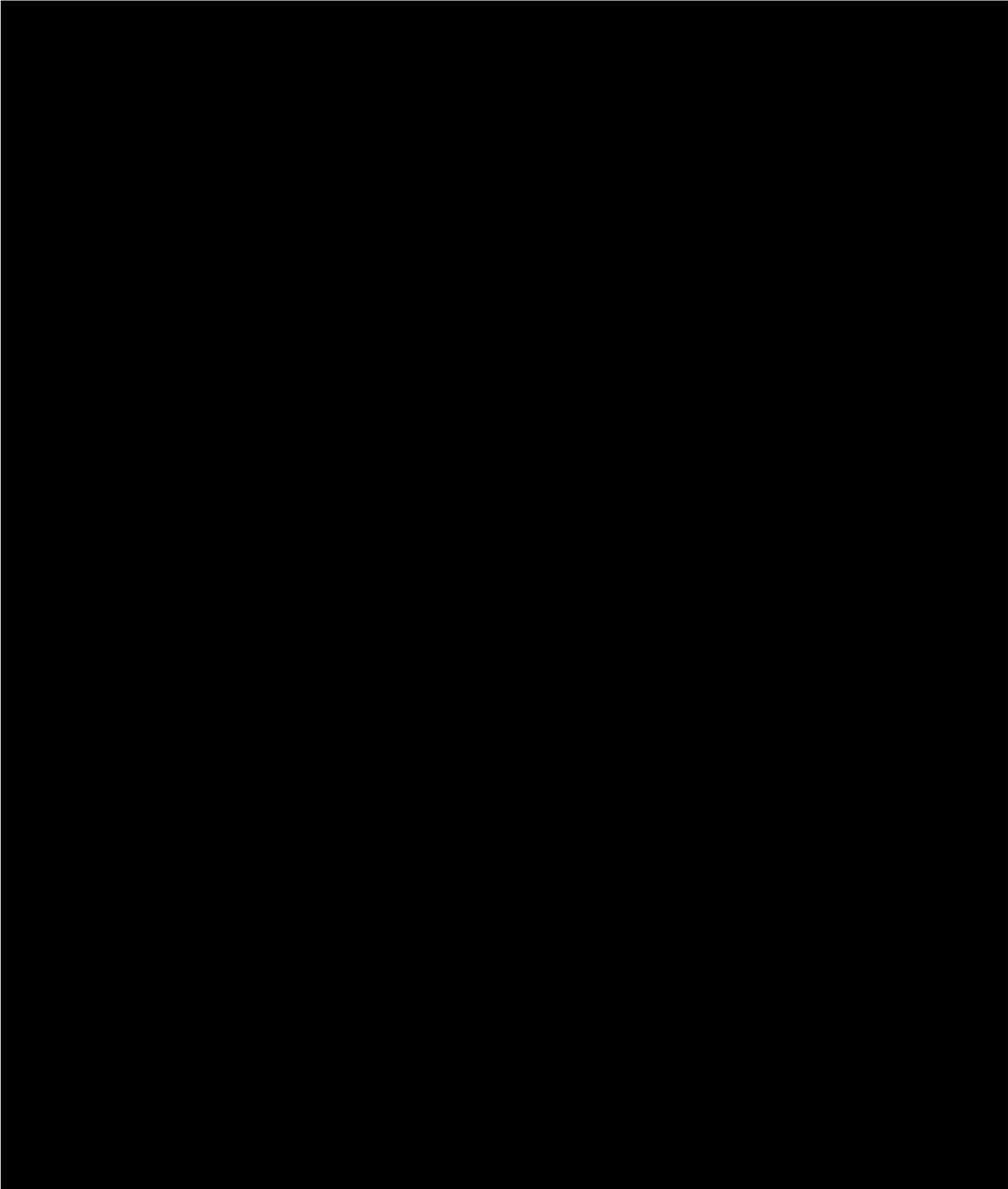
**Distribución de frecuencias.** La **FIGURA 48** muestra las distribuciones de frecuencia para la densidad de frondas vegetativas (n° frondas/m<sup>2</sup>) para cada combinación de pradera y período de muestreo. El promedio se estimó en aproximadamente 573 frondas/m<sup>2</sup> al agregar

temporalmente (sin distinción de pradera), y en 565 frondas/m<sup>2</sup> por pradera (agrupando a través del tiempo). En general los patrones distribucionales tienden a ser unimodales en la V región, mientras que en las praderas de la VI se deforman producto de una mayor representación de las clases de abundancia más altas. En promedio, el 94% de la densidad está compuesta por frondas vegetativas. La **FIGURA 49** muestra el patrón de distribución de densidad para el caso de frondas tetraspóricas. La densidad promedio para esta fase se aproximó a las 12 frondas/m<sup>2</sup>, correspondiente a un 2 % de la representación sobre el total de frondas observadas. Todas las distribuciones mostraron un claro sesgo hacia la izquierda, lo que es coherente con la baja probabilidad de encuentro de frondas tetraspóricas verificadas en terreno. La **FIGURA 50** muestra las distribuciones de densidad para el caso de frondas cistocárpicas. El valor promedio estimado fue de 22 frondas/m<sup>2</sup>, correspondiente a un 4 % de la representación total de fases. Al igual para el caso de frondas tetraspóricas, las distribuciones fueron fuertemente sesgadas a la izquierda, aunque con cierto grado de proyección hacia clases más altas de biomasa.

La **FIGURA 51** muestra los patrones distribucionales para el total de frondas, las que bordean las 600 frondas/m<sup>2</sup>. En general las distribuciones muestran cierto grado de unimodalidad marcada en la V región, y una mezcla de unimodalidad y tendencia a la uniformidad en la VI región. Es interesante notar la pérdida de clases de densidades altas hacia el invierno, principalmente en la V región, lo que correspondería a pérdida de frondas maduras esporuladas o a pérdida de frondas de gran tamaño por intensificación de malas condiciones climáticas (patrón coherente con los resultados de distribución de tamaños y observaciones de terreno).

La **TABLA 16** detalla los valores promedio de densidad por localidad y período de muestreo.

**TABLA 16.** Densidad promedio (frondas/m<sup>2</sup>) de *M. laminarioides*. Se detallan valores por fase.



**Variación temporal.** La **FIGURA 52** muestra la tendencia temporal de la densidad (sin desglose por pradera) para cada una de las fases. Las frondas vegetativas y cistocárpicas mostraron un ciclo estacional bien marcado. Las frondas vegetativas presentaron una densidad constante que supera en un orden de magnitud los valores observados para las fases tetraspórica y cistocárpica. Por su parte, la fase tetraspórica mostró un ciclo anual con máximo en el mes de mayo, sin embargo, no fue posible descartar un segundo máximo el mes de septiembre. Un patrón similar fue apreciado para el caso de frondas cistocárpicas. Sin embargo, la baja representación numérica de ambas fases no permitió discriminar con precisión este patrón. Un análisis de varianza de la densidad en función del período de muestreo y la distribución entre fases se muestra en la **TABLA 17**. Existe un término de interacción significativo, atribuible principalmente a la dominancia de frondas vegetativas en la representación de la densidad total. Otras fuentes de variación también serían responsables de la existencia de términos de interacción, y fueron examinadas en la sección de análisis de factores explicativos.

**TABLA 17.** Análisis de varianza de dos vías para biomasa de *M. laminarioides*.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Muestreo	5	4012449	802490	72.508	<0.0001
Fase	1	32434971	16217486	1465.312	<0.0001
Fase*Muestreo	10	5427052	542705	49.035	<0.0001
error	8172	90444394	11068		

La **FIGURA 53** muestra el patrón de densidad total a lo largo del ciclo anual, una vez resuelta la identidad de las frondas vegetativas. El patrón fue fuertemente estacional, con máximos en primavera en torno a las 800 frondas/m<sup>2</sup>. Cabe notar el leve desfase entre el ciclo de densidad y el de biomasa, cuyo máximo se expresó en enero, lo que implicaría que la mortalidad de frondas que se da en la transición primavera-verano, estaría acompañada de una fuerte tasa de crecimiento individual, la que compensaría las pérdidas de densidad con una alta

producción de biomasa. La **TABLA 18** muestra los resultados del análisis de la varianza para evaluar únicamente el efecto temporal sobre la variabilidad observada en la densidad total. Las diferencias entre períodos fueron estadísticamente significativas, con máximos en primavera (septiembre-noviembre) y mínimo en julio (test Tukey no mostrado).

**TABLA 18.** Análisis de la varianza de un factor. Variable de respuesta: densidad total.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Mes	5	4012449	802490	51.187	<0.0001
error	8184	128306417	15678		

**Variación espacial.** La **FIGURA 54** muestra el desglose por fase de los valores promedio de densidad en las distintas localidades. Existió una clara dominancia de las frondas vegetativas (no reproductivas) en todas las localidades, la que supera en un orden de magnitud la densidad de frondas reproductivas. Además, se aprecia una tendencia latitudinal con mayores densidades hacia el sur. Esta tendencia no se verifica para frondas reproductivas de ninguna de las dos fases. La **TABLA 19** muestra un análisis de varianza para examinar únicamente los efectos de localidad y fase sobre la variabilidad de la densidad observada (otras fuentes de variación omitidas). Al igual que en análisis anteriores, la existencia de un término de interacción significativo obscurece las comparaciones pareadas. Sin embargo, un examen detallado *a posteriori* (detalles omitidos en el presente reporte) indica que los niveles de densidad de frondas vegetativas superaron significativamente los de frondas reproductivas en todas las localidades. Por otra parte, la densidad de frondas reproductivas de ambas fases fueron similares en praderas de la VI región, mientras que en la V región las frondas tetraspóricas fueron significativamente menos abundantes que las cistocárpicas.

**TABLA 19.** Análisis de la varianza de dos factores para biomasa total de *M. laminarioides*.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Pradera	7	3105290	443613	39.124	0.001615

Fase	2	32434971	16217486	1430.275	<0.001
Pradera x Fase	14	4186635	299045	26.374	<0.001
error	8166	92591970	11339		

La **FIGURA 55** muestra los niveles promedio de densidad para cada localidad, detallando los aportes de frondas cistocárpicas y tetraspóricas, una vez resuelta la identidad de frondas vegetativas por test de resorcinol. El patrón latitudinal se acentúa, mostrando niveles promedio de densidad en la VI Región que superan en más del doble los observados en la V Región, aún cuando en ambas regiones la dominancia de la proporción gametofítica es similar, sobre 80% de la población. En un análisis a nivel regional (**TABLA 20**), se detectaron diferencias significativas en la densidad total estimada entre regiones, donde la V Región mostró niveles de densidad en torno a los 345 frondas/m<sup>2</sup>, mientras que la VI Región supera este valor en un 45% (844 frondas/m<sup>2</sup>).

**TABLA 20.** Análisis de la varianza de un factor. Densidad total (sin desglose por fase) como variable de respuesta.

Fuente Variación	Grados libertad	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F	p
Región	1	115133	115133	7.1308	0.007592
error	8188	132203733	16146		

**Intervención antrópica.** La **FIGURA 56** muestra el efecto del grado de intervención antrópica, donde NI (no intervenido) considera praderas donde *M. laminariodes* no es explotada, e I (intervenida) corresponde a praderas donde existe explotación del recurso o son áreas de libre acceso. Para el caso de las frondas vegetativas y cistocárpicas se observó un efecto negativo de la no intervención. En promedio, praderas intervenidas mostraron un 15% más de biomasa que sus contrapartes no-intervenidas, para el caso de frondas vegetativas. Para el caso de las frondas cistocárpicas el patrón fue inverso, donde la no intervención se manifestó con un aumento significativo de 35% más de biomasa. No se detectó diferencias para el caso de frondas de la fase tetraspórica.

Estos resultados son confusos, pues para el caso de frondas vegetativas contradice el patrón esperado para un escenario de intervención. Sin embargo, una conjetura plausible sería que, en un escenario de intervención dirigido a la extracción de frondas de gran tamaño, la remoción de las mismas estimularía el crecimiento de nuevas frondas desde el disco basal, provocando un aumento en densidad sin aumento significativo de la biomasa. Esto último sería coherente con los resultados del análisis de intervención antrópica para biomasa.

**Factores explicativos.** Una vez concluida la fase de contraste de modelos con reducción progresiva de términos, se obtuvieron los modelos (por fase y densidad total) finales resumidos en la **TABLA 21**. En todos los casos los modelos finales contienen sólo los factores intervención *I* y período de muestreo *M* como efectos principales, además de su interacción.

**TABLA 21.** Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para la densidad de frondas de *M. laminarioides*.

Factor	gl	Vegetativas		Tetraspóricas		Cistocárpicas		Total	
		F	p	F	p	F	p	F	p
Intercepto	1	2194.55	<0.001	271.95	<0.001	836.20	<0.001	2496.24	<0.001
Muestreo	5	34.04	<0.001	6.30	<0.001	35.67	<0.001	31.32	<0.001
Intervención	1	22.68	<0.001			18.36	<0.001	14.5	0.0001
M x I	5	2.67	0.020			2.74	0.0178	2.86	0.0137

Los resultados de selección de variables independientes presentados ratifican los resultados parciales analizados previamente. Específicamente, se verifica la influencia de dos efectos principales: el período de muestreo y la condición de intervención. Sin embargo, los efectos de ambos factores no actuarían de manera aditiva, sino a través de una interacción. Es decir, la magnitud de las diferencias observadas entre praderas intervenidas y no intervenidas dependerá del momento del ciclo anual que se esté observando. Para el caso de las frondas tetraspóricas sólo existió un efecto asociado a la variación anual, no constatándose efectos sistemáticos del resto de las variables examinadas.

## Estructura de Tallas

De acuerdo al diseño de muestreo comprometido, para cada pradera de muestreo se obtuvieron un máximo de 50 frondas de *M. laminarioides* para cada fase (*i.e.* cistocárpica, tetraspórica y vegetativa). La obtención de dichas muestras se llevó a cabo con posterioridad a las mediciones de densidad y biomasa, las frondas fueron extraídas al azar a partir del total de frondas para cada pradera. A cada fronda muestreada se le midió el largo total en su eje de máxima elongación.

La **FIGURA 57** muestra el tamaño promedio poblacional ( $n=50\pm ee$ ) de las praderas estudiadas en la V Región. En general el patrón de crecimiento de las 4 praderas mostró un aumento del tamaño de los talos desde noviembre del 2009 a enero del 2010 sobrepasando los 10cm de longitud. Las frondas de mayor tamaño se observaron en las praderas de La Laguna de Zapallar (Area de Libre Acceso) y Montemar (Area Marina Protegida) con longitudes promedio sobre los 13 cm. En las otras dos praderas que se encuentran dentro de AMERB (Horcón y Playa Chica), los tamaños son menores. Desde marzo a septiembre del 2010 se observó una disminución del tamaño en todas las praderas alcanzando un tamaño promedio 9 cm de longitud. En la VI Región (**FIGURA 58**), en general, el tamaño no mostró una variación significativa en el tiempo. En Topocalma (AMERB) fueron observados los talos de mayor tamaño en la gran mayoría de los muestreos realizados con longitudes sobre 12cm, excepto en septiembre del 2010 donde se observó tamaños inferiores a los 9 cm de longitud. Para las praderas de Matanza (Area de Libre Acceso) y Pichilemu (AMERB) se observó un leve aumento durante el periodo estival. En Bucalemu (Area de Libre Acceso) los tamaños de los talos se mantuvieron durante todo el periodo de estudio sin variación con un tamaño inferior a los 7 cm de longitud.

El examen exploratorio de la estructura de tamaños de frondas de *M. laminarioides* consistió en la construcción de histogramas de frecuencia para cada combinación entre localidad y mes de muestreo. La exploración se realizó separadamente para frondas

vegetativas, tetraspóricas y cistocárpicas. La **FIGURA 59** muestra la evolución de la estructura de tamaños de frondas vegetativas a lo largo de un ciclo anual, detallado para cada una de las localidades. En general se aprecia cierta estabilidad en la forma distribucional, la que tiende a ser normal y comprimida en el rango [0, 15] cm, con apariciones esporádicas, pero no sistemáticas, de tallas superiores a los 15 cm de largo de fronda. El largo promedio de frondas vegetativas fue de 6,77 cm ( $\pm 4,3$  sd). No existen progresiones modales evidentes. No fue posible determinar una multimodalidad clara, por lo cual no fue posible inferir la existencia de cohortes distintivas que permitan suponer una entrada de reclutas temporalmente estructurada. Tampoco resultó evidente la existencia de frecuencias aumentadas en la clase-0 que permitieran detectar un período distintivo de reclutamiento.

La **FIGURA 60** muestra los patrones de estructura de tamaños para frondas cistocárpicas. El largo promedio observado aproxima los 12,1 cm ( $\pm 5,51$  sd). Predominó el patrón unimodal, salvo algunas excepciones donde fue posible captar la presencia de una segunda moda a tallas elevadas. Sin embargo, no se observó un patrón de progresión modal evidente atribuible a cohortes temporalmente estructuradas. La **FIGURA 61** muestra el patrón de tallas para el caso de frondas tetraspóricas, cuyo valor promedio aproxima los 12,8 cm ( $\pm 5,59$  sd), no siendo distinto del largo promedio observado para frondas cistocárpicas. La unimodalidad también fue la característica más común de estas distribuciones, sin embargo, existieron múltiples casos de desaparición modal y tendencia a una distribución de frecuencias más uniforme, posiblemente debido a la pérdida de tejido post reproductivo.

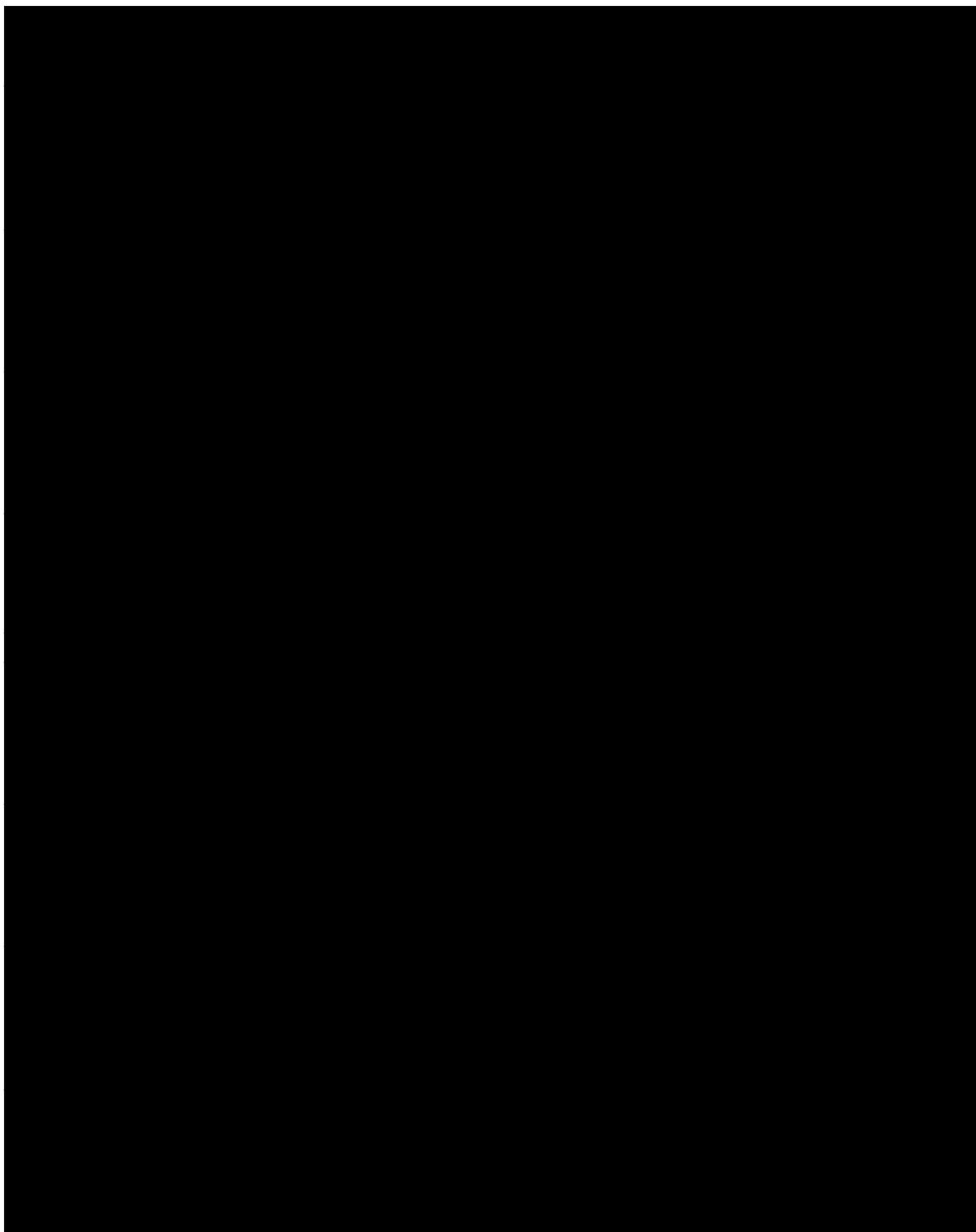
La **FIGURA 62** muestra los patrones de estructura de tallas considerando de manera agregada todas las fases de *M. laminarioides*. Resultó notoria la unimodalidad estable para todas las localidades y períodos de muestreo, con la media en torno a los 10,5 cm. El examen de los histogramas para fases agregadas no reveló la potencial presencia de reclutas engrosando las frecuencias de tamaño de clase-0. Esto podría deberse a un error de medición, pues frondas inferiores a 1 cm de largo no fueron medidas en las campañas de terreno. Sin

embargo, tampoco se aprecian aumentos de frecuencia en las clases de tamaño 1 y 2. Estos resultados fueron consistentes con la ausencia de reclutas en placas de reclutamiento dispuestas para evaluar específicamente este proceso. La ausencia de multimodalidad también sugiere la ausencia de procesos de reclutamiento por entrada de nuevos individuos estructurados temporalmente en cohortes. Estos patrones fueron coherentes con la idea de recrecimiento de frondas a partir de los discos de adhesión. Sin embargo, no fue posible descartar la posibilidad de reclutamiento a escala muy local (intradisco) o rápida coalescencia de discos asentados en los bordes de los discos antiguos.

La estabilidad de las distribuciones de frecuencia avalan la noción de una estructura de tamaños jerárquica ordenada en un continuo de tamaño, con pocas frondas de gran largo dominando fisonómicamente los agregados de *M. laminarioides*, y un stock de frondas de 10 cm de largo promedio disponibles para crecer una vez que frondas mayores pierden dominancia de talla por pérdida de tejido apical post esporulación. Como se desprende del modelo estadístico analizado en la sección siguiente, no fue posible distinguir el efecto que tendría sobre la talla promedio la pérdida natural de tejido apical de las frondas, respecto de la pérdida inducida por corte durante la explotación del recurso. A pesar de la aparente estabilidad de las distribuciones agregadas, existieron diferencias entre los valores promedio dependiendo de la localidad y período de muestreo considerado.

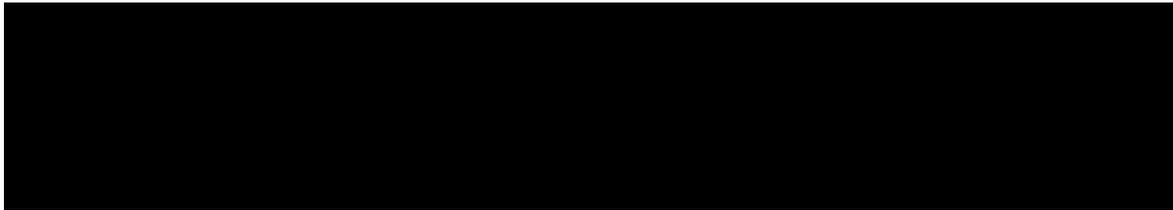
La **TABLA 22** muestra el detalle de las estimaciones de largo de frondas. La **FIGURA 63** ilustra la variabilidad observada entre localidades (valores promediados a lo largo del tiempo). Debido a la amplitud de los desvíos, no fue posible inferir diferencias globales entre praderas, mostrándose todas como equivalentes en composición de tamaños. De manera similar, la **FIGURA 64** ilustra la variabilidad a lo largo del ciclo anual (valores promediados entre praderas). Debido a la alta dispersión, no fue posible inferir gráficamente diferencias temporales y entre composición de fases. Sin embargo, se apreció una leve tendencia al aumento de tamaños hacia el período estival.

**TABLA 22.** Largo promedio de frondas de *M. laminarioides*. Se detallan las estimaciones de promedio aritmético y un desvío estándar para frondas vegetativas, tetraspóricas y cistocárpicas.



**Factor explicativo.** Una vez concluida la fase de contraste de modelos con reducción progresiva de términos, se obtuvieron los modelos (por fase) finales resumidos en la **TABLA 23**. En todos los casos los modelos finales contienen sólo los factores **P** y **M** como efectos principales, además de su interacción.

**TABLA 23.** Listado de efectos y grado de significancia de los modelos GLS finales para los largos de frondas de *M. laminarioides*.



En todos los casos, la **TABLA 23** mostró la existencia de un término de interacción entre el período de muestreo y la localidad de estudio. En otras palabras indicó que las estructuras de tallas observadas variaron por localidad a lo largo del ciclo anual obedeciendo a dinámicas locales particulares, las que no siguen un patrón atribuible al grado de intervención o ubicación regional. Lo anterior queda en evidencia al observar los valores promedio a lo largo del ciclo anual por localidad, según muestra la **FIGURA 65**, resultó evidente la existencia de un término de interacción significativo, variando la magnitud de los ciclos condicional a la localidad observada. No obstante, fue posible reducir parte de esta complejidad al focalizar la descripción en torno a los máximos valores de tamaño por fase. Al respecto, fue posible notar que algunas praderas tienden a coincidir en el mes de tamaño máximo promedio. Este patrón se resume en la **TABLA 24**.

En todos los casos se apreció que los períodos donde las frondas presentaron un mayor largo promedio fueron remitidos a la temporada estival (noviembre a marzo). Sin embargo, fue notorio que estos patrones de sincronía no responden a ninguna de las categorías de intervención (en concordancia con la ausencia de un efecto significativo de este factor según

modelo estadístico ajustado), pudiendo existir coincidencia entre pares de localidades con regímenes muy dispares de intervención. Esto implica que: a) los efectos de la explotación son compensados rápidamente por crecimiento vegetativo de frondas no cosechadas; b) las perturbaciones naturales de áreas no explotadas serían equivalentes a los efectos de perturbación por cosecha; c) los potenciales efectos de explotación son aparentes y el grado de intervención real del recurso es marginal.

**TABLA 24.** Patrones de co-ocurrencia temporal de los períodos de máxima elongación de frondas de *M. laminarioides*. La comparación se realiza entre localidades y por separado para cada fase de frondas. En el cuerpo de la tabla se indica el mes donde se produce la coincidencia entre praderas. LA sin exp: área de libre acceso sin explotación del recurso, AMP: área protegida, AMERB sin exp: área de manejo sin explotación, AMERB man exp: área de manejo con explotación y/o panes de manejo del recurso.

Intervención	Localidad	Fronδας vegetativas							Fronδας tetraspóricas							Fronδας cistocárpicas								
		Laguna de Zapallar	Horcón	Montemar	Playa Chica	Matanzas	Topocalma	Pichilemu	Bucalemu	Laguna de Zapallar	Horcón	Montemar	Playa Chica	Matanzas	Topocalma	Pichilemu	Bucalemu	Laguna de Zapallar	Horcón	Montemar	Playa Chica	Matanzas	Topocalma	Pichilemu
LA sin exp	Laguna de Zapallar		Ene					Ene										Ene	Ene	Ene	Ene			
Libre Acceso	Horcón			Nov					Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene		Ene	Ene	Ene	Ene			
AMP	Montemar	Ene						Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene		Ene	Ene	Ene	Ene				
AMERB sin exp	Playa Chica		Nov						Ene	Ene		Ene	Ene	Ene										
LA exp	Matanzas					Mar	Mar											Ene	Ene	Ene			Ene	
AMERB man exp	Topocalma				Mar	Mar			Ene	Ene	Ene		Ene	Ene				Ene	Ene	Ene				
AMERB man exp	Pichilemu				Mar	Mar			Ene	Ene	Ene		Ene	Ene				Ene	Ene	Ene	Ene			
LA exp	Bucalemu	Ene	Ene						Ene	Ene	Ene		Ene	Ene										

En relación a los resultados obtenidos en el objetivo de cosechas experimentales, es posible argumentar a favor de la hipótesis (a), pues la recuperación del tamaño de frondas post-cosecha experimental se alcanzó en período corto y no mostró diferencias significativas al ser comparadas contra el tratamiento control sin cosechar. Sin embargo, las hipótesis (b) y (c) no pueden ser descartadas, y deberían estar sujetos de examen experimental más detallado. Por último, fue interesante notar que el período más recurrente de máxima longitud promedio de frondas (para el caso de frondas tetraspóricas y cistocárpicas) es enero. Por lo tanto, es recomendable considerar este momento como un punto de referencia a comprar contra la

dinámica de otros procesos biológicos (e.g., madurez, producción de esporas, etc) para efectos de informar al plan de manejo.

#### **4.2.6. Estimación de la mortalidad natural de las praderas.**

*M. laminarioides*, en su calidad de alga clonal (Santelices 2001, 2004), impone problemas al momento de definir estimadores de mortalidad (o sobrevivencia), pues la distinción inequívoca de individuo no es posible. La utilización del número de frondas como indicador de abundancia para el cálculo de mortalidad resulta confuso, pues múltiples talos pueden estar asociados a un único disco de adhesión, variando en número y longitud dependiendo de la geometría del disco y complejidad del sustrato de adhesión. Además, el fenómeno de coalescencia obscurece la diferenciación de los organismos unitarios que dan forma a un mismo disco, y por ende imposibilitan realizar un conteo de abundancia con precisión. Por lo anterior, el desarrollo del presente objetivo consideró definiciones aproximadas para la estimación de mortalidad individual según se explica a continuación.

Se delimitaron cuadrantes estáticos en seis sitios de muestreo en cada pradera. El tamaño de los cuadrantes fue de 225 cm<sup>2</sup>, y quedaron delimitados por marcas epóxicas en sus vértices para su ubicación posterior inequívoca. La ubicación espacial inicial dentro de cada sitio fue al azar, ajustando posteriormente su disposición final de tal forma que los ejemplares de *M. laminarioides* incluidos tuvieran discos de adhesión reconocibles, evitando seleccionar áreas con extrema densidad de frondas o múltiples discos evidentemente coalescentes.

**Variación temporal del diámetro de los discos de adhesión de *M. laminarioides*.** La **FIGURA 66** muestra la proporción de eventos de aumento del diámetro de disco a lo largo del ciclo anual. Fue evidente la tendencia al crecimiento observada en primavera-verano, donde más del 40% de los cuadrantes de seguimiento mostraron signos de aumento. Como fue esperable, esta conducta se deprime hacia el otoño-invierno.

**Variación espacial del diámetro de los discos de adhesión de *M. laminarioides*.** La **FIGURA 67** muestra la proporción de eventos de crecimiento para las distintas praderas estudiadas. En general, a nivel de pradera no se supera un 50% de observaciones de aumento de diámetro de los discos, sugiriendo que esta se trataría de una dinámica lenta. Cabe notar el patrón en “U” a lo largo del eje latitudinal, el que alcanza ausencia total de eventos de crecimiento en Playa Chica (Quintay). Al respecto, no fue posible conjeturar ninguna explicación para este patrón, pues no resultó evidente qué tipo de factores forzantes podrían ser responsables de la reducción de crecimiento de discos hacia la zona media del rango de geográfico estudiado. Es necesario extender el rango de estudio fuera de estos márgenes para ratificar si se trata de un patrón geográfico de gran escala o simplemente una oscilación local.

Al examinar la tendencia espacial y temporal conjunta, sólo fue posible detectar diferencias significativas asociadas a la variación temporal, no existiendo un término de interacción relevante (**TABLA 25**).

**TABLA 25.** Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta: proporción de casos de aumento en diámetro de disco de adhesión.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p
Pradera	6	12.971	2.1619	0.7643	0.60504
Período	4	31.314	7.8286	2.7677	0.05051*
Residuos	24	67.886	2.8286		

**Variación temporal en el número de discos de adhesión de *M. laminarioides*.** La **FIGURA 68** muestra la proporción de aumentos en el número de discos observados en los cuadrantes de seguimiento. En general se observó una alta ocurrencia de eventos aparición de nuevos

discos, por sobre el 60% en todos los períodos, los que podrían provenir de reclutamiento o de fragmentación de discos antiguos por herbivoría.

**Variación espacial del número de discos de adhesión de *M. laminarioides*.** La **FIGURA 69** muestra la proporción de cuadrantes que mostraron aparición de nuevos discos. En promedio, las praderas mostraron un valor del 70%. De acuerdo a la forma en que se codificaron los datos para este análisis, este valor implica que en un 70% de los casos, los cuadrantes de seguimiento mostraron evidencias de aparición de nuevos discos o mantención del stock existente. Por complemento, el 30% de los registros mostraría señales de pérdida de discos o se mantiene igual, lo que reflejaría en su conjunto el proceso de mortalidad y coalescencia. Ambos procesos son desglosados en la sección de estimadores de mortalidad.

El análisis conjunto de la variación espacio temporal mostró que no existen diferencias significativas en ninguna de estas dos dimensiones, lo que sugiere que existiría cierta estabilidad en los procesos que explican el número de discos presentes en las praderas de *M. laminarioides* (ver **TABLA 26**).

**TABLA 26.** Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta es el número de casos donde se verificó el aumento en abundancia de discos de adhesión.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p
Pradera	7	4.80	0.68571	0.3002	0.9478
Período	4	7.65	1.91250	0.8374	0.5131
Residuos	28	63.95	2.28393		

**Variación temporal en el número de frondas por disco de adhesión de *M. laminarioides*.**

La **FIGURA 70** muestra la proporción de cuadrantes donde se observaron aumentos en la densidad de frondas por disco de adhesión. Sólo el período primaveral (Septiembre- Noviembre) supera el 50% de eventos. El resto del ciclo anual se caracterizó por no superar un 30% de eventos de densificación. Esto sugiere una relativa constancia en el número promedio

de frondas por disco, consistente con la idea de que la pérdida de frondas de tamaño medible serían rápidamente compensadas por el stock de pequeños talos cuyo crecimiento estaría inhibido por la presencia de frondas de talla superior, según sugiere el modelo jerárquico de crecimiento para esta especie.

**Variación espacial del número de frondas por disco de adhesión de *M. laminarioides*.** La **FIGURA 71** muestra el patrón de espacial en la proporción de cuadrantes de seguimiento que mostraron un aumento del número de frondas por disco de adhesión. El patrón en “U” observado fue coherente con el patrón de aumento en el diámetro del disco, reflejando la proporcionalidad existente entre el aumento de cobertura de los discos de *M. laminarioides* y la producción concomitante de nuevos talos erectos. Sin embargo, el análisis conjunto de las componentes temporal y espacial no muestra evidencias de diferencias estadísticamente significativas (**TABLA 27**).

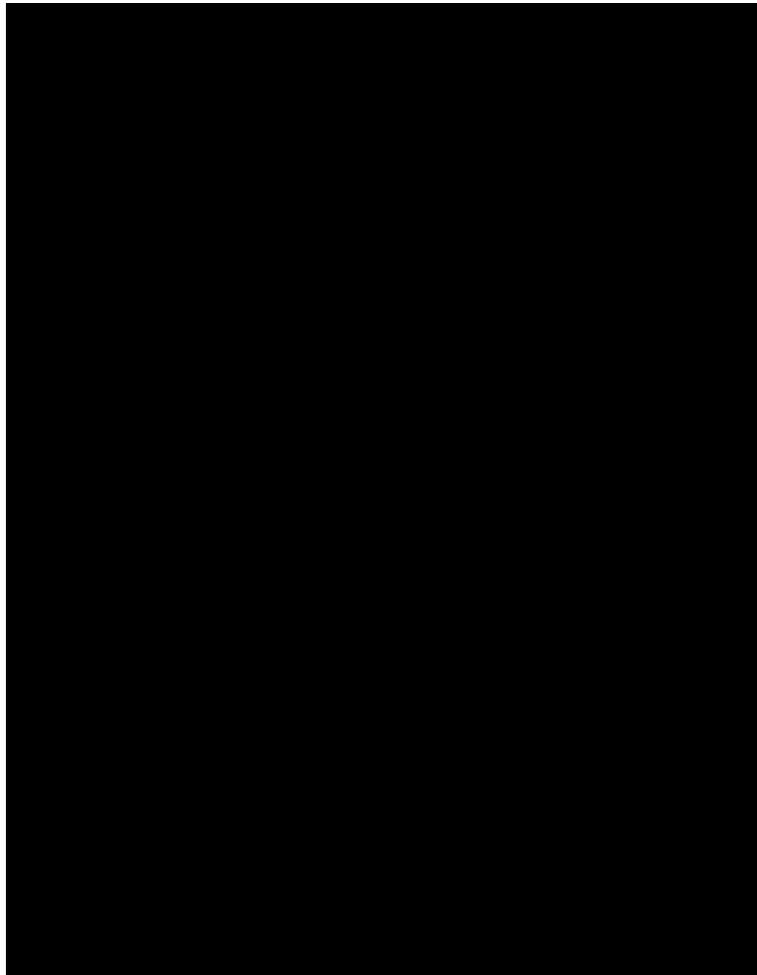
**TABLA 27.** Análisis de la varianza de dos factores (Pradera y período). Término de interacción fue eliminado durante proceso de simplificación de modelo. Variable de respuesta es el número de casos donde se verificó el aumento en número de frondas por disco de adhesión.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p
Pradera	6	11.886	1.9810	1.1213	0.3797
Período	4	14.000	3.5000	1.9811	0.1297
Residuos	24	42.400	1.7667		

**Estimación de mortalidad individual.** Empleando las definiciones de transición para las combinaciones de diámetro de disco y número de discos (**TABLA 28**), se construyó una tabulación cruzada de los casos registrados en los cuadrantes de seguimiento. El grado de significancia estadística de la partición obtenida se evaluó por medio de procedimiento de bootstrap, aleatorizando (1000 iteraciones) la matriz de codificaciones transicionales,

construyendo así la distribución de frecuencias esperada bajo la hipótesis nula de combinaciones aleatorias entre cambios en tamaño y número de discos de adhesión.

**TABLA 28.** Aportes proporcionales de los procesos ecológicos inferidos según frecuencia de ocurrencias de cambios de estado para combinaciones de número y diámetro de discos. Proporción esperada fue estimada por aleatorización. Se presentan dos errores estándar entre paréntesis.



La **FIGURA 72** muestra la partición de frecuencias en los distintos procesos potenciales que explicarían las variaciones observadas en número y tamaño de discos de adhesión. El aporte proporcional específico de la mortalidad individual (pérdida de discos) fue en promedio de un 11%, con máximo observado en torno al 17% en el invierno, y mortalidad no detectada en el período estival. Fue interesante notar que el proceso inferido de coalescencia sigue un

patrón inverso al de mortalidad, con un aporte máximo de un 30% en pleno período estival y patrón estacional muy marcado. No fue posible hacer inferencias específicas respecto a los procesos de reclutamiento (R), crecimiento de discos (Cr) y fragmentación de discos (F), pues sus aportes se encuentran mezclados en cantidades no inferibles por medio del presente análisis. La estimación de valores esperados según procedimiento de aleatorización se muestra en la **FIGURA 73**. En todos los casos las estimaciones para los cuadrantes de seguimiento difieren de los valores esperados por azar. La excepción la constituye la estimación del aporte de la coalescencia (C) durante el período de primavera (septiembre-noviembre), cuyo valor es indistinguible del esperado por azar. La **TABLA 28** presenta los aportes de cada proceso de manera más detallada.

#### **4.2.7 Considerar áreas de manejo que tengan como recurso objetivo algas carragenófitas.**

Las praderas de *M. laminarioides* fueron seleccionadas según el tipo de régimen de manejo y explotación, en el cual se destacó grado de intervención antropogénica (e.g. AMERBs vs Áreas de libre acceso; AMERBs vs AMP Áreas Marinas Protegidas; Áreas de libre acceso vs AMP). En la V Región se pudo constatar la presencia de praderas que se encuentran con diferente régimen de intervención, pero que no cosechan *M. laminarioides*. La pradera de La Laguna de Zapallar se encuentra en un área de libre acceso, Montemar es un Área Marina Protegida, en cambio la pradera de Horcón y Playa Chica son Área de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB).

Las localidades seleccionadas que contienen praderas de *m. laminarioides* en el Plan de Manejo y Explotación del AMERB son Pichilemu y Topocalma. En Pichilemu, el AMERB es administrado por un sindicato de mujeres, mientras que en Topocalma un sindicato que incluye tanto a hombres como a mujeres. Las localidades de Matanzas y Bucalemu son Areas de Libre Acceso.

### **4.3. CARACTERIZAR EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS ALGAS CARRAGENOFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO. OBJETIVO ESPECIFICO 3**

#### **4.3.1. Época reproductiva por fase y por recurso.**

La información de esta actividad fue presentada, descrita y analizada en forma exhaustiva en los resultados poblacionales de biomasa, densidad y estructura de tallas tanto de la V y VI Región (ver sección 4.2.4; **FIGURA 23-38** y **FIGURA 40-55**).

#### **4.3.2 Abundancia y tamaño mínimo de frondas con estructuras reproductivas por fase**

De acuerdo a lo descrito en la metodología se efectuó un muestreo para determinar la abundancia y el tamaño de las frondas reproductivas en las distintas fases del alga carragenófito *M. laminarioides* en el litoral de la V y VI regiones. Los muestreos fueron efectuados en 3 niveles del intermareal: nivel superior, medio y bajo. Las frondas fueron separadas en 5 tallas diferentes:

T1 (talla 1, frondas inferiores a 1 cm de longitud),

T2 (talla 2, frondas de 1 a 2,9 cm de longitud),

T3 (talla 3, frondas de 3 a 4,9 cm de longitud),

T4 (talla 4, frondas de 5 a 9,9 cm de longitud) y

T5 (talla 5, frondas superiores a 10 cm de longitud).

Sólo se trabajó con el alga *M. laminarioides* debido a que es la única especie que constituyó praderas con un patrón de distribución y abundancia continuo en forma de cinturón a lo largo del intermareal rocoso de la costa, lo cual favoreció la aplicación del diseño de muestreo propuesto por el equipo de trabajo.

**V Región:** Los resultados de los muestreos efectuados en septiembre y noviembre del 2009 y enero, marzo, junio y septiembre del 2010 en las praderas de *M. laminarioides* en La Laguna de

Zapallar, Horcón, Montemar y Playa Chica de Quintay en la V Región mostraron que en general a partir de la talla 3 se observaron frondas gametofíticas y de la talla 4 frondas esporofíticas.

**La Laguna de Zapallar:** Para septiembre 2009, el nivel intermareal superior evidencia frondas con estructuras reproductivas de ambas fases en T5 (>10 cm), con un 60% gametofíticas y un 40% esporofíticas, respectivamente. En el nivel intermareal medio, sólo se observaron frondas gametofíticas (100%) en T5, mientras que en el nivel intermareal bajo ambas fases presentaron estructuras reproductivas desde T4 (entre 5-9 y 9 cm) (**FIGURA 74 A**). En noviembre 2009, se observaron frondas reproductivas a partir de T4 en el nivel intermareal superior, de estas el 40% correspondió a frondas esporofíticas; mientras que en T5 se observó que el 20% de las frondas presentó estructuras reproductivas de ambas fases. En el intermareal medio el 40% de las frondas fueron gametofíticas en T5; mientras que en el intermareal bajo el 40% fueron gametofíticas en T4 y el 60% en T5, respectivamente (**FIGURA 74 B**). En enero 2010, se observó que en el intermareal superior un 20% de frondas fueron gametofíticas en T4 y 40% en T5, y 40% de frondas fueron esporofíticas en T5. En el nivel intermareal medio se encontró sólo en T4 un 40% de frondas esporofíticas y un 20% de frondas gametofíticas, y en el intermareal bajo sólo se encontró un 60% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 74 C**). Al analizar las frondas de marzo 2010, en el intermareal superior se encontró en la T4 un 40% de frondas esporofíticas y un 20% de frondas gametofíticas y en la T5 un 100% de frondas gametofíticas. En el intermareal medio se encontró un 40% de frondas gametofíticas y un 20% de frondas esporofíticas en la T5 y en el intermareal bajo sólo se encontró frondas gametofíticas, 20% en T3, 80% en T4 y 40% en T5 (**FIGURA 74 D**). En junio 2010 se encontró, en el intermareal superior, un 60% de frondas gametofíticas en T4 al igual que en T5 y además en T5 se encontró un 40% de frondas gametofíticas. En el intermareal medio sólo en T5 se encontró un 60% de frondas esporofíticas y un 40% de frondas gametofíticas, y en el intermareal bajo sólo se encontró un 100% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 74 E**). En septiembre 2010 se observó que en el intermareal superior hubo un 20% de frondas gametofíticas

y 40% de frondas esporofíticas, en el intermareal medio y bajo sólo se observó frondas gametofíticas con valores de 100% y 40% (**FIGURA 74 F**).

**Horcón:** Para la localidad de Horcón en septiembre 2009, en el intermareal superior se observó un 20% de frondas gametofíticas en T4. En el intermareal medio se encontró 20% de frondas gametofíticas y 40% de frondas esporofíticas en T5 y en el intermareal bajo se encontró 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas en la talla 5 (**FIGURA 75 A**). En noviembre 2009, se encontró, en el intermareal superior, sólo 20% de frondas gametofíticas en T5. En el intermareal medio sólo se encontró un 60% de frondas gametofíticas en T5 y en el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas también en T5 (**FIGURA 75 B**). En enero 2010 se encontró en los 3 niveles intermareales sólo frondas gametofíticas desde la T3 a la T5 (**FIGURA 75 C**). Para marzo 2010 en los tres niveles del intermareal se encontraron frondas gametofíticas. En el intermareal superior y bajo 100% en T5 y en intermareal medio 20% en T3. Sólo en la T5 del intermareal medio se encontró un 80% de frondas esporofíticas (**FIGURA 75 D**). En junio 2010, en el intermareal superior se encontró 40% de frondas esporofíticas en T4 y T5, además en T5 se encontró 20% de frondas gametofíticas. En el intermareal medio en T4 y T5 se encontró 60% de frondas esporofíticas y 40% de frondas gametofíticas. En el intermareal bajo en T4 se encontró un 20% de frondas esporofíticas y un 100% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 75 E**). En septiembre 2010 se observó en el intermareal superior sólo 40% de frondas esporofíticas en T4 y 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas en T5. En el intermareal medio sólo se encontró frondas gametofíticas, 20% en T4 y 40% en T5. En el intermareal bajo se encontró 80% de frondas esporofíticas en T4 y 80% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 75 F**).

**Montemar:** En septiembre 2009, en el intermareal superior se encontró 40% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas en T4, y en T5 sólo se observó un 100% de frondas gametofíticas. En el intermareal medio sólo hubo frondas gametofíticas en T4 con 20% y en T5 con

100%. Para el intermareal bajo sólo se encontró 100% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 76 A**). En noviembre 2009, en el intermareal superior se encontró sólo 20% de frondas gametofíticas en T5. En el intermareal medio sólo se encontraron frondas en T5 con una proporción de 40% gametofíticas y 60% esporofíticas. En el intermareal bajo se encontró a partir de T3 y T4 20% frondas esporofíticas y en la T5 sólo se encontró 60% de frondas gametofíticas (**FIGURA 76 B**). En enero 2010 se encontró en el intermareal superior 60% de frondas gametofíticas en T4 y 40% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio se encontró sólo en T5 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas y en el nivel bajo del intermareal se encontró sólo 40% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 76 C**). En marzo 2010 en el intermareal superior se encontraron sólo frondas gametofíticas en T4 y T5. En el intermareal medio se encontraron 20% de frondas gametofíticas y 80% de frondas esporofíticas en T5. En el nivel bajo del intermareal no hubo presencia de frondas con estructuras reproductivas (**FIGURA 76 D**). En junio 2010 en el intermareal superior se encontró un 40% de frondas gametofíticas en T4 y T5 y un 20% de frondas esporofíticas en T4 y 60% en T5. En el intermareal medio se encontraron sólo frondas gametofíticas en T4 con 20% y en T5 con 80%. En el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas gametofíticas en T4 y un 100% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 76 E**). En septiembre 2010, se observó en el intermareal superior 20% de frondas gametofíticas y 60% de frondas esporofíticas sólo en T5. En intermareal medio sólo se encontró un 20% de frondas gametofíticas en T4. En el intermareal bajo se encontró en T4 40% de frondas gametofíticas y esporofíticas y en T5 80% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas (**FIGURA 76 F**).

**Playa Chica de Quintay:** En septiembre 2009 en el intermareal superior se encontró sólo un 100% de frondas esporofíticas en la T4. En el intermareal medio se encontraron sólo frondas gametofíticas en T4 con 40% y en T5 con 20%. En el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T4 y un 100% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 77A**). En noviembre 2010 en el intermareal superior se encontró un 20% de frondas gametofíticas y

esporofíticas sólo en T5. En el intermareal medio se encontró un 40% de frondas gametofíticas y un 20% de frondas esporofíticas sólo en T5. En el intermareal bajo se encontraron frondas reproductivas sólo en T5 con una proporción de 60% gametofíticas y un 20% esporofíticas (**FIGURA 77B**). En enero 2010 se encontró en el intermareal superior un 40% de frondas gametofíticas en T3, T4 y T5 y 20% de frondas esporofíticas sólo en T4. En el intermareal medio se encontró un 20% de frondas gametofíticas y un 80% de frondas esporofíticas sólo en T5. En el intermareal bajo se encontró sólo en la talla 5 un 80% de frondas gametofíticas y un 20% de frondas esporofíticas (**FIGURA 77C**). En marzo 2010 en el intermareal superior se encontró un 60% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas en T4 y un 40% de frondas gametofíticas y un 60% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio no se pudo obtener muestras en este mes debido a la evacuación del borde costero por parte de la autoridad competente. Para el intermareal bajo se obtuvo un 20% de frondas gametofíticas sólo en T4 y frondas esporofíticas en T4 con 20% y T5 con 100% (**FIGURA 77D**). En Junio 2010 en el intermareal superior se encontró un 60% de frondas esporofíticas en T4 y T5 y un 40% de frondas gametofíticas en T5. En el intermareal medio se encontró un 20% en T4 y un 80% en T5 de frondas esporofíticas, y un 80% en T4 y un 20% en T5 de frondas gametofíticas. En el intermareal bajo se encontró un 40% en T4 y un 20% en T5 de frondas gametofíticas y un 60% en T4 y 80% en T5 de frondas esporofíticas (**FIGURA 77E**). En septiembre 2010 en el intermareal superior se encontró 60% de frondas gametofíticas en T3 y T4, y en T5 se observó 40% de frondas gametofíticas y 60% de frondas esporofíticas. En el intermareal medio sólo se observaron frondas gametofíticas con 40% en T3, 100% en T4 y 80% en T5. En el intermareal bajo se observó 100% en T4 y 40% en T5 sólo de frondas gametofíticas (**FIGURA 77F**).

**VI Región:** Se describen los resultados de los muestreos efectuados en septiembre y noviembre del 2009 y enero, marzo, junio y septiembre del 2010 en las localidades de Matanza, Topocalma Pichilemu y Bucalemu en la Región del Libertador Bernardo Ohiggins.

**Matanza:** Para septiembre 2009, en el intermareal superior se encontraron frondas reproductivas en T5 tanto para fases gametofíticas como esporofíticas en igual proporción de 40% en ambas. En el intermareal medio sólo se encontraron frondas esporofíticas y en el intermareal bajo sólo se encontraron frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 78A**). En noviembre 2009 no se encontraron frondas reproductivas en el intermareal superior y bajo, en cambio en el intermareal medio se encontraron sólo frondas esporofíticas con un valor de 20% (**FIGURA 78B**). Para enero 2010 en el intermareal superior se encontró un 40% de frondas gametofíticas y esporofíticas en T4 y T5. En el intermareal medio sólo se encontraron frondas esporofíticas en T4 con 40% y 100% en T5. En el intermareal bajo se encontró sólo un 100% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 78C**). Para marzo 2010 en el intermareal superior se encontró un 20% de frondas gametofíticas en T4 y 20% en T5 y 60% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio se encontraron sólo un 20% de frondas gametofíticas en T4 y 60% en T5 y 20% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal bajo se encontró sólo un 100% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 78D**). En junio 2010, en los tres niveles del intermareal, sólo se encontraron frondas gametofíticas con un 20% en T4 en frondas del intermareal superior, 60% en T5 en las frondas provenientes del intermareal medio y 100% en T5 en frondas del intermareal bajo (**FIGURA 78E**). En septiembre 2010 se encontró un 20% de frondas gametofíticas y 40% de frondas esporofíticas en T5 en el intermareal superior. En el intermareal medio en T4 se observó 40% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas, y en T5 100% de frondas esporofíticas. En el intermareal bajo sólo se observaron frondas gametofíticas con 20% en T3 y 40% en T4 y T5 (**FIGURA 78F**).

**Topocalma:** Para septiembre 2009 se encontró en el intermareal superior un 20% de frondas gametofíticas en T4, y un 20% de frondas gametofíticas y 80% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio sólo se encontró un 80% de frondas gametofíticas en T5 y en el intermareal bajo se encontró 40% de frondas esporofíticas en T4 y T5 y 60% de frondas gametofíticas en T5

**(FIGURA 79A).** Para noviembre 2009 en el intermareal superior y medio sólo se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T5 y en el intermareal bajo se encontró un 40% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 79B**). En enero 2010, en el intermareal superior, se encontró un 40% de frondas esporofíticas y 60% de frondas gametofíticas en T5. En el intermareal medio se encontró sólo un 80% de frondas gametofíticas en T5, mientras que en el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T4 y T5 y un 80% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 79C**). Para marzo 2010, en el intermareal superior, se encontró sólo 20% de frondas gametofíticas en T4, mientras que en T5 un 80%. En el intermareal medio se encontró un 80% de frondas esporofíticas y 20% de frondas gametofíticas en T5. En el intermareal bajo se encontró un 60% sólo de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 79D**). En junio 2010 en el intermareal superior se encontró sólo un 20% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio y bajo sólo se encontraron frondas gametofíticas, con un 20% en T3 y 100% en T5 para el intermareal medio y sólo 20% en T5 para el intermareal bajo (**FIGURA 79E**). En septiembre 2010 se observó en el intermareal superior sólo frondas esporofíticas con 80% en T4 y 20% en T5. En el intermareal medio se observó un 20% de frondas gametofíticas en T4 y 40% de frondas gametofíticas y 60% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal bajo se encontró un 40% de frondas gametofíticas en T4 y 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas en T5 (**FIGURA 79F**).

**Pichilemu:** Para septiembre 2009 en el intermareal superior se encontró 40% de frondas gametofíticas y 60% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio se encontraron frondas esporofíticas a partir de T4 y para T5 ambas fases con una proporción de 20%, respectivamente. En el intermareal bajo se encontró en T4 un 20% de frondas gametofíticas y un 60% de frondas esporofíticas y para T5 se encontró 100% de frondas esporofíticas (**FIGURA 80A**). Para noviembre 2009 en el intermareal superior se encontraron frondas esporofíticas en T4. En el intermareal medio sólo se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal bajo

no se encontraron frondas con estructuras reproductivas (**FIGURA 80B**). Para enero 2010, en el intermareal superior y medio, se encontró sólo un 20% de frondas esporofíticas en T5; en cambio en el intermareal bajo se encontró sólo un 40% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 80C**). Para marzo 2010 en el intermareal superior se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T4 y 40% en T5, y 40% de frondas gametofíticas sólo en T5. En el intermareal medio se encontró 100% de frondas gametofíticas en T4 y 20% en T5 y sólo en T5 se encontró 60% de frondas esporofíticas. En el intermareal bajo se encontró frondas gametofíticas en T4 con 40% y en T5 con 60% y sólo en T5 se encontró un 40% de frondas esporofíticas (**FIGURA 80D**). En junio 2010, en el intermareal superior, se observó un 20% de frondas gametofíticas en T3, 60% de frondas esporofíticas en T4 y 40% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio, sólo se encontraron frondas esporofíticas, con un 60% en T4 y 100% en T5. En el intermareal bajo se encontró sólo 60% de frondas gametofíticas en T5 (**FIGURA 80E**). En septiembre 2010, en el intermareal superior, se encontró sólo frondas esporofíticas con 40% en T4 y 60% en T5. En el intermareal medio se observó 40% de frondas gametofíticas y esporofíticas en T4 y en T5, 60% de frondas gametofíticas y 40% de frondas esporofíticas. En el intermareal bajo se encontró 20% de frondas gametofíticas en T3 y 20% de frondas esporofíticas en T4 (**FIGURA 80F**).

**Bucalemu:** Para septiembre 2009, en el intermareal superior, se encontraron frondas reproductivas a partir de T4 con un 20% de frondas gametofíticas y un 60% de frondas esporofíticas y en T5 100% de frondas esporofíticas. En el intermareal medio se encontró un 60% de frondas gametofíticas y 40% de frondas esporofíticas en T4 y en T5 un 80% de frondas esporofíticas. En el intermareal bajo se encontró un 80% de frondas gametofíticas y un 20% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 81A**). En noviembre 2009 se encontró para el intermareal superior un 20% de frondas esporofíticas en la T4 y T5. En el intermareal medio se encontró sólo frondas gametofíticas en T5 con un 20% y en el intermareal bajo se encontró un 80% de frondas gametofíticas y un 20% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 81B**). En enero 2010, en el intermareal superior, se

encontró un 40% de frondas gametofíticas en T4 y T5 y un 60% de frondas esporofíticas en T5. En el intermareal medio se encontró un 60% de frondas esporofíticas sólo en T5, y frondas gametofíticas en T3 con un 20% y en T4 y T5 un 40%, respectivamente. En el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas gametofíticas en T4 y un 40% en T5 y sólo un 40% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 81C**). Para marzo 2010, en el intermareal superior se encontró un 20% de frondas esporofíticas en T3 y 40% en T4 y T5. En el intermareal medio se encontraron sólo frondas gametofíticas en T3 con 20%, T4 con 40% y T5 con 20%. En el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas gametofíticas en T4 y T5 y un 60% de frondas esporofíticas en T5 (**FIGURA 81D**). En junio 2010 en el intermareal superior se encontró un 20% y 60% de frondas gametofíticas para las tallas T3 y T4, respectivamente, y un 60% de frondas esporofíticas en la talla 5. En el intermareal medio se observó un 80% de frondas gametofíticas en la talla T4 y un 100% de frondas esporofíticas en la talla 5. En el intermareal bajo se encontró un 20% de frondas gametofíticas en la talla 4 y 20% de frondas esporofíticas en la talla 5 (**FIGURA 81E**). En Septiembre 2010 se observó 20% de frondas gametofíticas y esporofíticas en T4 y 20% de frondas gametofíticas y 60% de frondas esporofíticas en T5, en el intermareal superior. En el intermareal medio se observó 60% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas sólo en T4. En el intermareal bajo se encontró en T4 20% de frondas gametofíticas y en T5 40% de frondas gametofíticas y 20% de frondas esporofíticas (**FIGURA 81F**).

**Análisis Estadístico.** La **TABLA 29** muestra de manera resumida los factores incluidos en el modelo final, después de las sucesivas reducciones de modelo. Para la fase vegetativa y cistocárpica, el único factor que explicó la variación observada en el número de talos fue la clase de tamaño. El resto de los factores considerados no mostró ninguna influencia en las variaciones observadas. Para el caso de las frondas tetraspóricas, existe además un efecto atribuible a la altura intermareal considerada, existiendo una mayor cantidad de frondas de esta fase en los niveles intermareales medio y alto.

**TABLA 29.** Variables seleccionadas en proceso de modelamiento log-lineal. Análisis realizados separadamente para la fase vegetativa, tetraspórica y cistocárpica de *M. laminarioides*.

Fase	Variables seleccionadas	
	Clase de tamaño	Nivel intermareal
Vegetativa	$G^2=932.5$ ; gl= 4; $p<0.001$	-
Tetraspórica	$G^2=1468$ ; gl=4; $p<0.001$	$G^2=895.6$ ; gl=2 ; $p=0.0003$
Cistocárpica	$G^2=1125$ ;gl=4; $p< 0.001$	-

Estos resultados se muestran con mayor claridad en la **FIGURA 82**, la que ilustra como el patrón de distribución de talos por clase de tamaño difiere entre fases, pero fue casi invariable entre niveles zonificación intermareal. El resto de las fuentes de variación (e.g., intervención, período de muestreo, región, etc) no requiere un examen gráfico por no haber mostrado efectos significativos. La incorporación de talos a las clases reproductivas comienza a partir de la clase de talla 4, la que corresponde a aproximadamente 4,25 cm de largo promedio de fronda.

#### 4.3.3. Distribución y abundancia de las estructuras reproductivas por fase

Frondas de *M. laminarioides* de ambas fases reproductivas (gametofítica y esporofítica), fueron recolectadas de las ocho praderas ubicadas en las localidades seleccionadas, 4 en la V Región: La Laguna de Zapallar, Horcón, Montemar y Playa Chica de Quintay, y 4 en la VI región: Matanza, Topocalma, Pichilemu y Bucalemu.

Por la morfología laminar de *M. laminarioides*, alga carragenófita, se extrajeron 9 trozos (áreas) utilizando un sacabocado de área de 0,3 cm<sup>2</sup> dentro de la lámina, 3 en sentido longitudinal ubicados en 3 líneas, dos delimitadas en ambos márgenes de la fronda (margen 1 y margen 2) y otra en el centro de la lámina (central) y 3 áreas en sentido vertical (apical, medio y basal) (**FIGURA 83**). Cada uno de estos trozos (áreas) fue observado bajo lupa estereoscópica contabilizando el número total de estructuras reproductivas para cada fase.

## V Región

### Laguna de Zapallar

**Fronas gametofíticas:** En el mes de noviembre se observó un mayor número de cistocarpos en las áreas muestreadas (entre 8 y 11), en cambio en los otros meses se observó de 4 a 8 cistocarpos por área de muestreo. En general se observó en todos los meses de muestreo y en los tres niveles del intermareal, un mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la fronda (**FIGURA 84A**). En el análisis de los resultados de la zona apical – basal se observó que las frondas provenientes del intermareal bajo, en todos los meses de muestreo, presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical, decreciendo en la zona media y basal. Esta tendencia no se observó en los muestreos del intermareal superior y medio. En el mes de noviembre 2009 es donde se encontró el mayor número de cistocarpos por área muestreada (de 8 a 11), el resto de los meses se observó entre 2 a 8 cistocarpos por área muestreada (**FIGURA 84B**).

**Fronas esporofíticas:** En el muestreo de las frondas esporofíticas se observó que en los meses de marzo, junio y septiembre 2010 el número de soros esporangiales fue mayor que el encontrado en los otros meses de muestreo, con un patrón de comportamiento único, puesto que las frondas provenientes del intermareal bajo (marzo y septiembre 2010) y medio (junio 2010) presentaron mayor número de estructuras reproductivas, principalmente en la sección marginal de la lámina. En cambio en los otros meses de muestreo se observó la tendencia que las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de soros esporangiales que las provenientes de los otros niveles del intermareal (**FIGURA 84C**). Con respecto al muestreo desde la zona apical a basal de la fronda, se observó, al igual que el muestreo de las áreas marginal y central, que en el mes de marzo y septiembre 2010 se encontró mayor número de soros esporangiales en frondas provenientes del intermareal bajo (entre 20 y 31) y mayor en la sección apical de la lamina; y en junio mayor número de estructuras reproductivas en frondas provenientes del intermareal medio (entre 24 y 33) y levemente mayor en la sección media de la lamina (**FIGURA 84D**).

## **Horcón**

**Fronas gametofíticas:** Se observó que en el muestreo del mes de septiembre 2009 las frondas provenientes del intermareal superior presentaron un mayor número de estructuras reproductivas seguidas por las provenientes del intermareal medio y por último las frondas provenientes del intermareal bajo, las que presentaron el menor número de cistocarpos por área muestreada, además en los 3 niveles del intermareal la sección marginal es la que presentó mayor número de cistocarpos. En el muestreo en el mes de noviembre es inverso puesto que fueron las frondas provenientes del intermareal superior las que presentaron un menor número de cistocarpos en relación a las provenientes del intermareal medio y bajo, y se encontró también para las frondas provenientes del intermareal superior y bajo un mayor número de cistocarpos en la sección marginal de la fronda, no así para el intermareal medio donde se encontró mayor número de estructuras reproductivas en la sección central de la fronda. Esta tendencia se mantuvo en los meses de enero y marzo 2010 pero en junio y septiembre del mismo año se encontró mayor número de cistocarpos en frondas provenientes del intermareal superior. En las frondas del intermareal medio del mes de junio 2010 y en todos los niveles del intermareal en septiembre 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la lamina (**FIGURA 85A**). En relación a la distribución de cistocarpos apical – basal se observó que las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la zona media de la fronda en los meses de septiembre y noviembre 2009, y marzo, junio y septiembre 2010. En cambio en enero 2010 se observó una disminución de cistocarpos desde la zona apical a basal. En septiembre y noviembre 2009 y marzo 2010 se observó que las frondas provenientes del intermareal medio presentaron mayor número de cistocarpos en la zona basal en cambio en enero y septiembre 2010 se encontró mayor número en la sección apical y en junio mayor número de cistocarpos en la zona media de la lámina. Al observar las frondas provenientes del intermareal bajo se encontró que en el mes de septiembre y noviembre 2009 y enero 2010 hay mayor número de cistocarpos en la sección apical de la fronda,

en cambio en marzo, junio y septiembre 2010 hay un mayor número de estructuras reproductivas en la zona media de la lámina (**FIGURA 85B**).

**Fronas esporofíticas:** Las frondas esporofíticas provenientes del intermareal bajo de Horcón fueron las que presentaron mayor número de soros esporangiales en todos los meses en que se muestreó, con valores de 12 a 23 soros esporangiales por área de muestreo, menos en el mes de septiembre 2009 donde presentó valores de 7 a 10 soros por área de muestreo. En general se observó mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la fronda en todos los niveles del intermareal y en todos los meses en que se realizó el muestreo. En los meses de noviembre 2009 y marzo 2010 fue donde se encontró el mayor número, de soros esporangiales (20 y 23) por área de muestreo respectivamente (**FIGURA 85C**). Con respecto a la distribución apical – basal se observó que en el mes de marzo 2010 hubo mayor número de estructuras reproductivas por área de muestreo en comparación con los otros meses. Las frondas provenientes del intermareal medio presentó mayor número de estructuras reproductivas en la sección central en los meses de muestreo, menos en enero, junio y septiembre 2010, donde fue la sección apical la que presentó mayor número de soros esporangiales por área de muestreo. La sección apical de las frondas muestreadas del intermareal bajo fue la que presentó mayor número de estructuras reproductivas en los meses de noviembre 2009 a junio 2010. En el muestreo del intermareal superior no presentó una distribución clara en los meses de muestreo, donde se observó mayor número de estructuras reproductivas por área de muestreo en las 3 secciones de las frondas (**FIGURA 85D**).

### **Montemar**

**Fronas gametofíticas.** En la localidad de Montemar en general se observó mayor número de cistocarpos por área de muestreo según distribución marginal – central, en el margen de la fronda, en las frondas provenientes de los 3 niveles del intermareal entre los meses de septiembre 2009 y marzo 2010; en cambio en el mes de junio y septiembre 2010 las frondas provenientes del intermareal medio presentó mayor número de estructuras reproductivas en la zona central de la

fronda. También se observó que el número de estructuras reproductivas por área de muestreo fue similar en todos los meses, menos en junio 2010 donde las frondas provenientes del intermareal medio presentó los valores más altos (entre 15 y 17 cistocarpos por área de muestreo). Las frondas provenientes del intermareal superior en los meses de septiembre y noviembre 2009 presentó un número de cistocarpos menor con respecto a las frondas provenientes del intermareal medio y bajo, no así en los meses de enero y marzo 2010, donde las frondas recolectadas en el intermareal bajo presentaron un menor número de estructuras reproductivas. En junio y septiembre 2010, en general, se encontró el mayor número de cistocarpos en frondas provenientes del intermareal medio, tal como se observó anteriormente (**FIGURA 86A**). Según la distribución de cistocarpos en sentido apical – basal de las frondas provenientes del intermareal superior se observó que la mayor cantidad de estructuras reproductivas se encontró en la sección media de la fronda en todos los meses de muestreo, menos en septiembre 2010 donde fue en la zona basal. Por el contrario, las frondas provenientes del intermareal medio y bajo no presentaron un patrón definido de la sección de la fronda con mayor número de cistocarpos, ya que varió en los meses de muestreo. En relación al muestreo de los meses de septiembre y noviembre 2009 se observó un menor número de estructuras reproductivas en frondas provenientes del intermareal superior y de enero a septiembre 2010, en general, el menor número de cistocarpos se evidenció en las frondas del intermareal bajo (**FIGURA 86B**).

**Fronas esporofíticas:** En general la sección que presentó levemente mayor número de soros esporangiales en las frondas provenientes del intermareal medio y bajo fue la sección marginal de la lámina en todos los meses de muestreo. Por su parte, en las frondas provenientes del intermareal superior no se evidenció mayor diferencia de número de soros esporangiales entre secciones en los meses de muestreo, sólo en junio 2010 el mayor número de estructuras reproductivas se encontró en la sección central y en septiembre 2010 en la sección marginal de la fronda. El mayor número de estructuras reproductivas se evidenció en el mes de septiembre 2009, alcanzando de 20 a 30 soros esporangiales por área muestreada, los cuales disminuyen

drásticamente en los siguientes meses de muestreo, alcanzando de 5 a 18 soros esporangiales por área muestreada y que en el mes de junio y septiembre 2010 vuelve a aumentar, especialmente en las frondas del intermareal bajo donde se encontraron de 12 a 31 soros esporangiales por área muestreada. En los meses de septiembre 2009, noviembre 2009 y enero 2010 se observó que las frondas provenientes del intermareal superior presentaron menor número de soros esporangiales (**FIGURA 86C**). En el muestreo de estructuras reproductivas en la distribución apical – basal, se observó que las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección media en los meses de noviembre 2009 y enero, marzo y junio 2010. Las frondas recolectadas en el intermareal medio presentaron mayor número de soros esporangiales en la sección apical el mes de septiembre 2009 y en la sección media los otros meses de muestreo. Sólo las frondas provenientes del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en sección apical en todos los meses de muestreo. En septiembre 2009 se encontró un mayor número de estructuras reproductivas por área muestreada oscilando entre 16 a 38 soros esporangiales. Las frondas provenientes del intermareal superior fueron las que presentaron menor número de estructuras reproductivas en los meses de septiembre y noviembre 2009 y enero 2010 (**FIGURA 86D**).

### **Playa Chica de Quintay**

**Fronas gametofíticas:** En el muestreo realizado en septiembre 2009 en la localidad de Playa Chica en el intermareal superior se observó ausencia de estructuras reproductivas debido a que las frondas llegadas al laboratorio estaban en mal estado por lo que no fue posible trabajar con ellas. Las áreas marginales de las frondas provenientes del intermareal bajo y la sección central de la lámina de las frondas provenientes del intermareal medio presentaron mayor número de cistocarpos. En el muestreo de los meses de noviembre 2009 a septiembre 2010 las frondas provenientes del intermareal medio presentaron un número de estructuras reproductivas similar en las áreas muestreadas de la lámina (marginales y central) y en enero 2010 las frondas provenientes del intermareal superior fueron las que presentaron mayor número de cistocarpos

(**FIGURA 87A**). En la distribución apical – basal se observó que en todos los meses de muestreo la zona apical presentó mayor número de estructuras reproductivas y la sección basal menor número de estructuras reproductivas, menos en noviembre 2009, donde la sección media de la lámina fue la que presentó mayor número de cistocarpos en los 3 niveles del intermareal. En junio 2010 se observó que las frondas del intermareal superior y bajo presentó mayor número de cistocarpos en la sección media de la lámina (**FIGURA 87B**).

**Frondas esporofíticas:** En septiembre las frondas del intermareal bajo no fueron evaluadas debido a que su escasa abundancia y mala presentación para realizar el análisis. En general las frondas provenientes de los 3 niveles del intermareal presentaron mayor número de soros esporangiales en la zona marginal en todos los meses de muestreo, exceptuando las frondas del intermareal bajo en septiembre 2010 donde se encontró mayor número de estructuras reproductivas en la zona central de la fronda. Además se observó el mayor número de soros esporangiales en el mes de septiembre 2009 (entre 22 y 34) (**FIGURA 87C**). Con respecto a la distribución apical – basal las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical de la lámina en noviembre 2009, enero, marzo y septiembre 2010, en cambio en septiembre 2009 y junio 2010 la zona media de la fronda es la que presentó mayor número de soros esporangiales. Las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de soros esporangiales en la sección apical de la fronda en los meses de septiembre 2009, enero, junio y septiembre 2010. Las muestras del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical en marzo y junio 2010 y en la sección media en enero 2010 (**FIGURA 87D**).

## **VI Región**

### **Matanza**

**Frondas gametofíticas:** Se observó que las frondas provenientes de los 3 niveles del intermareal y en todos los meses de muestreo presentaron mayor número de cistocarpos en el margen de la

lámina, siendo los valores más altos registrados los encontrados en septiembre 2009 en las frondas provenientes del intermareal superior, donde alcanzó hasta 18 cistocarpos por área de muestreo (**FIGURA 88A**). Con respecto a la distribución apical – basal se encontró que las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de cistocarpos en la sección media de las láminas recolectadas en septiembre y noviembre 2009 y enero 2010, y en la zona apical en marzo 2010, no así en junio y septiembre 2010 donde la zona basal de la lámina presentó mayor número de estructuras reproductivas. Las frondas recolectadas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical de la lámina en noviembre 2009 y enero 2010, en la zona media en los meses de marzo, junio y septiembre 2010 y en la zona basal en septiembre 2009. El mayor número de cistocarpos en las frondas del intermareal bajo se presentó en la sección media de la lámina en septiembre y noviembre 2009, marzo, junio y septiembre 2010, y en la zona basal en enero del 2010 (**FIGURA 88B**).

**Frondas esporofíticas:** En relación a la distribución marginal – central se observó que en general la sección marginal presentó mayor número de soros esporangiales en las frondas provenientes de los 3 niveles del intermareal y en todos los meses de muestreo. En los meses donde se encontró mayor número de estructuras reproductivas fue en septiembre 2009 y junio 2010 en las frondas provenientes del intermareal bajo, donde alcanzó valores entre 30 y 36 soros esporangiales por área de muestreo para septiembre y entre 32 y 34 soros esporangiales por área de muestreo para el mes de junio (**FIGURA 88C**). La distribución apical – basal presentó en las frondas provenientes del intermareal superior mayor número de estructuras reproductivas en la zona media de la lámina desde noviembre del 2009 a septiembre 2010, y en la sección basal en septiembre 2009. Las muestras del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección media en los meses de septiembre y noviembre del 2009 y septiembre 2010; y en la sección apical en enero, marzo y junio 2010. Por el contrario, las frondas provenientes del intermareal bajo presentaron mayor número de soros esporangiales en la sección apical de las

láminas recolectadas en septiembre y noviembre 2009 y septiembre 2010; y en la zona media en enero, marzo y junio 2010 (**FIGURA 88D**).

### **Topocalma**

**Fronas gametofíticas:** En general en todos los meses de muestreo y en los 3 niveles del intermareal el mayor número de estructuras reproductivas se encontró en el margen de la fronda presentando valores en septiembre 2009 entre 4 y 6 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en noviembre 2009 entre 3 y 10 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en enero 2010 entre 8 y 10 cistocarpos por área de muestreo donde no hubo diferencia entre niveles del intermareal, en marzo 2010 entre 3 y 12 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en junio 2010 entre 5 y 7 estructuras reproductivas por área de muestreo, donde las frondas del intermareal medio presentaron el mayor número de cistocarpos y en septiembre 2010 entre 2 y 6 cistocarpos por área de muestreo, siendo las frondas provenientes del intermareal superior las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 89A**). Con respecto a la distribución apical – basal se observó que en septiembre y noviembre 2009 el mayor número de cistocarpos se presentó en la sección media de la lámina con valores en septiembre 2009 entre 2 y 6 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas, y en noviembre 2009 entre 1 y 13 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas. Ahora, en enero 2010 y en general, el mayor número de estructuras reproductivas se encontró en la sección basal de la lámina con valores entre 6 y 11 cistocarpos por área de muestreo y donde no hubo diferencia entre los niveles del intermareal. En marzo 2010 el mayor número de estructuras reproductivas se encontró en la sección apical de la lámina con valores entre 4 y 12 cistocarpos por área de muestreo donde las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras

reproductivas. En junio 2010 el mayor número de cistocarpos se encontró en la zona apical de la fronda con valores entre 6 y 9 estructuras reproductivas por área de muestreo donde las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de cistocarpos. En septiembre 2010 el mayor número de cistocarpos se encontró en la zona apical de la fronda con valores entre 4 y 9 estructuras reproductivas por área de muestreo, donde las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de cistocarpos (**FIGURA 89B**).

**Fronas esporofíticas:** En el muestreo de septiembre 2009 las frondas provenientes del intermareal superior y bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la lámina y las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de soros esporangiales en la sección central de la lámina. Los número de estructuras reproductivas encontradas en este mes fue entre 8 y 17 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En noviembre 2009, el mayor número de soros esporangiales se encontró en la sección marginal de la lámina con valores entre 13 y 21 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En enero 2010, las frondas del intermareal superior y bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección central de la lámina y las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la lámina. Los valores encontrados en este mes fueron entre 10 y 18 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En marzo 2010 las frondas provenientes del intermareal medio y bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección marginal de la lámina y las frondas del intermareal superior en la sección central de la lámina. Los valores encontrados en este mes fueron entre 9 y 16 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron la mayor cantidad de estructuras reproductivas. En junio 2010 las frondas provenientes de los tres niveles del intermareal presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la zona marginal de la

fronda. Los valores encontrados para este mes fueron entre 13 y 18 soros esporangiales por área de muestreo. En septiembre 2010 las frondas provenientes del intermareal medio y bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la zona marginal de la fronda y las láminas del intermareal superior en la sección central de la fronda. Los valores encontrados para este mes fueron entre 6 y 13 soros esporangiales por área de muestreo (**FIGURA 89C**). Para la distribución apical – basal se observó que en septiembre y noviembre 2009 el mayor número de soros esporangiales se presentó en la sección media de la lámina con valores en septiembre 2009 entre 8 y 19 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas, y en noviembre 2009 entre 8 y 24 soros esporangiales por área de muestreo donde no hubo diferencia entre los niveles del intermareal. En enero 2010 las frondas del intermareal superior y bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección media de la lámina y las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical de la lámina. Los valores encontrados en este mes fueron entre 8 y 19 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas provenientes del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En marzo 2010 las frondas provenientes del intermareal medio y bajo presentaron mayor número de soros esporangiales en la sección apical de la lámina y en las frondas del intermareal superior en la sección media de la lámina. En este mes los valores encontrados fueron entre 9 y 22 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal bajo presentaron el mayor número de estructuras reproductivas. En junio 2010 las frondas provenientes de los tres niveles del intermareal presentaron mayor número de soros esporangiales en la zona apical de la lámina. Los valores encontrados este mes fueron entre 10 y 24 soros esporangiales por área de muestreo, donde las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En septiembre del 2010 las frondas provenientes del intermareal superior y bajo presentaron mayor número de soros esporangiales en la zona apical de la lámina, en cambio las frondas provenientes del intermareal medio presentaron mayor número de

estructuras reproductivas en la zona media de la lámina. Los valores encontrados este mes fueron entre 7 y 15 soros esporangiales por área de muestreo, donde las frondas provenientes del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 89D**).

### **Pichilemu**

**Fronas gametofíticas:** Se observó que en las frondas provenientes del intermareal superior y medio el mayor número de estructuras reproductivas se presentó en el margen de las frondas en septiembre y noviembre 2009 y marzo, junio y septiembre 2010, siendo en noviembre 2009 donde se observó el mayor número de estructuras reproductivas con valores entre 11 y 16 cistocarpos por área de muestreo, y en la sección central en enero 2010. En las frondas del intermareal bajo el mayor número de cistocarpos se presentó en el margen de la lámina en todos los meses de muestreo (**FIGURA 90A**). En el muestreo de la sección apical – basal se observó que en las frondas del intermareal superior el mayor número de cistocarpos se presentó en la sección media de la lámina en septiembre y noviembre 2009 y septiembre 2010; y en la sección apical de la lámina en los meses de enero, marzo y junio 2010. Del intermareal medio las frondas con mayor número de cistocarpos se observó en la sección basal de la lámina en septiembre 2009 y enero y septiembre 2010, en la sección media en noviembre 2009 y junio 2010, y en la sección apical de la lámina en marzo 2010. Las frondas provenientes del intermareal bajo presentaron mayor número de cistocarpos en la sección media de las láminas en septiembre y noviembre 2009 y enero 2010; en la sección apical marzo y junio 2010 y en la sección basal en septiembre 2010. Cabe mencionar que en noviembre del 2009 fue donde se observó mayor número de estructuras reproductivas con valores entre 9 y 19 cistocarpos por área de muestreo, siendo las frondas del intermareal medio las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 90B**).

**Fronas esporofíticas:** En general en todos los meses de muestreo y en los 3 niveles del intermareal se encontró mayor número de soros esporangiales en la sección marginal de la fronda, presentando valores en septiembre 2009 entre 16 y 23 soros esporangiales por área muestreada donde las frondas del intermareal superior y medio presentaron mayor número de estructuras

reproductivas, en noviembre entre 11 y 27 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en enero 2010 entre 11 y 18 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en marzo 2010 entre 20 y 23 soros esporangiales por área muestreada donde las frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en junio 2010 entre 15 y 29 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas provenientes del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas y en septiembre 2010 entre 15 y 28 soros esporangiales por área de muestreo, siendo las frondas del intermareal superior las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 90C**). Con respecto a la distribución apical – basal se observó que en general el mayor número de estructuras reproductivas se encontró en la sección media de la lámina menos en junio 2010, con valores en septiembre 2009 entre 16 y 25 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en noviembre entre 8 y 30 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas, en enero entre 8 y 20 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas, y en marzo 2010 entre 19 y 25 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal superior fueron las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas. Por su parte en junio 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical de la lámina, con valores entre 9 y 36 soros esporangiales por área de muestreo donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de estructuras reproductivas. En septiembre 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas en la sección apical de la lámina en frondas provenientes del intermareal superior y en la sección media de la lámina en frondas del intermareal medio y bajo, con valores entre 14 y 29 soros esporangiales por área de muestreo, donde las

frondas del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 90D**).

#### **Bucalemu:**

**Fronas gametofíticas:** Se observó que sólo en las frondas provenientes del intermareal bajo en los meses de noviembre 2009 y enero y septiembre 2010 la sección central de la lámina presentaron mayor número de cistocarpos con valores de 10 cistocarpos por área de muestreo para noviembre 2009, 9 cistocarpos por área de muestreo para enero 2010 y 7 cistocarpos por área de muestreo para septiembre 2010; en cambio la zona del margen de la lámina en las frondas del intermareal superior y medio presentó el mayor número de estructuras reproductivas en septiembre del 2009, marzo y junio 2010 (**FIGURA 91A**). En los muestreos realizados en la sección apical – basal se observó que las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de cistocarpos en la zona media de la lámina en septiembre 2009, y enero, marzo y junio 2010, y en noviembre 2009 y septiembre 2010 el mayor número de estructuras reproductivas estuvo en la sección apical de la fronda. En las frondas del intermareal medio se observó mayor número de estructuras reproductivas en la zona media de la lámina en noviembre 2009, y enero, marzo y septiembre 2010, en cambio en septiembre del 2009 el mayor número de cistocarpos se encontró en la sección apical de la lámina. El mayor número de estructuras reproductivas que se encontraron en las frondas del intermareal bajo se presentó en la sección apical en septiembre del 2009 y enero 2010, en la sección media en noviembre del 2009 y marzo y junio 2010; y en la sección basal de la lámina en septiembre 2010 (**FIGURA 91B**).

**Fronas esporofíticas:** En todos los meses de muestreo y en los 3 niveles del intermareal se observó que la sección con mayor número de soros esporangiales fue la marginal y junio 2010 fue el mes en donde se observó el mayor número de estructuras reproductivas con valores entre 15 y 47 soros esporangiales por área de muestreo, siendo las frondas del intermareal bajo las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas (**FIGURA 91C**). En el muestreo de la sección apical–basal se observó que en las frondas del intermareal superior la sección media fue la

que presentó mayor número de estructuras reproductivas en septiembre 2009, y enero y junio 2010, la sección basal en noviembre del 2009 y la sección apical en marzo y septiembre 2010. Esta misma condición se observó en las frondas del intermareal medio. Al observar las frondas del intermareal bajo se encontró que la sección media de la lámina presentó mayor número de soros esporangiales en septiembre y noviembre 2009 y enero 2010, en marzo, junio y septiembre 2010 se evidenció que la sección apical de la fronda presentó mayor número de estructuras reproductivas, y que junio 2010 presentó mayor número de soros esporangiales al compararlo con los otros meses de muestreo (**FIGURA 91D**).

**Análisis estadístico.** La **FIGURA 92** muestra el aporte porcentual (promedio) de estructuras reproductivas distribuidas en distintas áreas de frondas tetraspóricas (promedios obtenidos sin considerar posibles variaciones entre praderas). En promedio el número de estructuras reproductivas fue de 15,7 por  $\text{cm}^2$  en frondas reproductivas de *M. laminariodes*, las que se distribuyeron de manera equitativa sobre la superficie de las frondas, manteniendo constancia a lo largo del ciclo anual (en términos de participación porcentual). La sección basal y distal de las frondas concentró aproximadamente un 30% de las estructuras reproductivas, mientras que la sección media concentró un 40% de las mismas. La **FIGURA 93** muestra la evolución temporal del patrón de distribución de estructuras reproductivas sobre la superficie de frondas cistocárpicas. Los datos se expresaron en aportes porcentuales de distintas áreas sobre las frondas para apreciar adecuadamente los aportes relativos. Al igual que para el caso de frondas tetraspóricas, los aportes fueron constantes a lo largo del año, con una mayor representación de estructuras en la sección media de las frondas. En promedio, el número de estructuras fue de 7,18 por  $\text{cm}^2$ .

Como herramienta de análisis se utilizó un modelo lineal mixto. Se evaluaron los aportes a la variabilidad observada en el número de estructuras reproductivas del período

dentro del ciclo anual (M, variable categórica con seis niveles), la región de origen (R, variable categórica con dos niveles), la condición de intervención (I, variable categórica con dos niveles), la altura intermareal (Z, variable categórica con tres niveles), y la posición dentro de la fronda (P, variable categórica con nueve niveles). Después de un examen exploratorio se detectaron desvíos fuertes al supuesto de homogeneidad de varianzas entre praderas, razón por la cual se ajustó el modelo saturado con varianzas distintas para este nivel de agrupación. El modelo saturado fue:  $E_{fase} = M \times R \times I \times Z \times P + e$ . Donde  $E_{fase}$  corresponde al número de estructuras reproductivas por  $cm^2$  para una determinada fase. Sólo se presenta el término de interacción de más alto nivel, y se omiten los subíndices por simplicidad. Una vez ajustado el modelo saturado se procedió a la eliminación progresiva de términos de interacción por medio de comparación de razón de máxima verosimilitud.

La **TABLA 30** muestra las variables contenidas en el modelo final para ambas fases. En ambos casos, el período de muestreo y la altura intermareal fueron los únicos factores relevantes que explicarían la variación observada en el número de estructuras reproductivas a través de un término de interacción que incorpora complejidad a la dinámica observada.

**TABLA 30.** Variables explicativas finales después de proceso de selección de variables a partir de modelo saturado.

	Frondas tetraspóricas				Frondas cistocárpicas			
Fuente de Variación	gl factor	gl residual	F	p	gl factor	gl residual	F	p
<b>Intercepto</b>	1	6234	1845.8	< 0.001	1	6689	1515.3	< 0.001
<b>Mes</b>	5	6234	139	< 0.001	5	6689	41.8	< 0.001
<b>Zonación</b>	2	6234	16.7	< 0.001	2	6689	16.4	< 0.001
<b>M x Z</b>	10	6234	14.4		10	6689	5.7	

La **FIGURA 94** muestra el patrón de cambio a lo largo del ciclo anual (y altura intermareal) para frondas tetraspóricas. El número de estructuras reproductivas aumentó entre otoño y primavera (marzo a septiembre), superando en aproximadamente un 40% los valores observados para el período estival. La **FIGURA 95** muestra el patrón para el caso de frondas

cistocárpicas. El término de interacción entre temporalidad y nivel mareal complejiza la detección de patrones claros para esta fase. Sin embargo, fue posible apreciar un máximo dentro del ciclo anual en el período estival, existiendo constancia en el número de estructuras reproductivas para el resto del año.

#### **4.3.4. Grado de Maduración de las estructuras reproductivas en un período anual**

Para determinar el grado de madurez de las estructuras reproductivas de *M. laminarioides* se realizaron muestreos bimensuales en las praderas seleccionadas en la V Región: La Laguna de Zapallar, Horcón, Montemar y Playa Chica de Quintay, y en la VI Región: Matanza, Topocalma, Pichilemu y Bucalemu. Para esto, durante el muestreo poblacional, se recolectó al azar 10 frondas cistocárpicas (gametofíticas) y 10 frondas tetraspóricas (esporofíticas) en tres sectores del intermareal: superior, medio y bajo.

### **V Región**

#### **La Laguna de zapallar**

**Fronas gametofíticas:** En septiembre y noviembre 2010 se observó mayor número de cistocarpos inmaduros en las frondas provenientes del intermareal superior (aproximadamente 1000 cistocarpos por fronda y 700 cistocarpos por fronda respectivamente). En enero 2010 se encontró mayor número de cistocarpos maduros en frondas provenientes del intermareal bajo (aproximadamente 600 cistocarpos por fronda). En marzo 2010 se encontró mayor número de cistocarpos maduros en frondas del intermareal medio con un valor cercano a 1200 cistocarpos por fronda. En junio 2010 se encontró un mayor número de estructuras vacías en frondas del intermareal medio (900 cistocarpos por fronda) y en septiembre 2010 se observó mayor número de cistocarpos maduros (700 cistocarpos por fronda) en frondas provenientes del intermareal medio (**FIGURA 96A**).

**Fronas esporofíticas:** En septiembre y noviembre 2009 en general se observó mayor número de soros esporangiales vacíos. Las frondas del intermareal medio presentaron 1300 soros

esporangiales por fronda para septiembre y las frondas provenientes del intermareal superior y bajo presentaron aproximadamente 500 soros esporangiales vacíos por fronda en noviembre. En enero 2010 se observó un mayor número de soros esporangiales vacíos en las frondas provenientes del intermareal superior con aproximadamente 600 soros esporangiales por fronda. En los meses de marzo y junio 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías presentes en frondas provenientes del intermareal medio con valores aproximados de 2500 y 5300 soros esporangiales por fronda respectivamente. En septiembre 2010 se observó mayor número de estructuras maduras en frondas provenientes del intermareal medio con valores aproximados de 800 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 96B**).

### **Horcón**

**Frondas gametofíticas:** En general, en esta localidad se observó mayor número de cistocarpos maduros e inmaduros en todos los meses de muestreo, siendo en noviembre 2009 donde se encontró el mayor número de cistocarpos inmaduros en frondas provenientes del intermareal medio y bajo con valores aproximados de 1500 cistocarpos por fronda y mayor número de cistocarpos maduros en junio 2010 en frondas provenientes del intermareal medio y bajo con valores aproximados de 600 cistocarpos por fronda (**FIGURA 97A**).

**Frondas esporofíticas:** En general se observó mayor número de soros esporangiales vacíos en los meses de noviembre 2009 y enero, marzo y junio 2010, siendo marzo 2010 donde se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo, con valores aproximados de 2000 soros esporangiales por fronda. En el mes de septiembre 2009 se observó mayor número de estructuras reproductivas inmaduras con valor aproximado de 900 soros esporangiales en frondas del intermareal bajo y en el mes de septiembre 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas provenientes del intermareal bajo, con valores aproximados de 600 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 97B**).

### **Montemar**

**Fronas gametofíticas:** Se observó mayor número de cistocarpos maduros en enero 2010 en las frondas provenientes del intermareal medio con valor aproximado de 1600 cistocarpos por fronda, y en marzo, junio y septiembre 2010 se observó el mayor número de cistocarpos vacíos en las frondas provenientes del intermareal superior con valores aproximados de 1700, 1500 y 2200 cistocarpos por fronda respectivamente (**FIGURA 98A**).

**Fronas esporofíticas:** En general se observó un mayor número de estructuras reproductivas maduras e inmaduras en todos los meses de muestreo, menos en junio y septiembre 2010 donde hubo un mayor número de soros esporangiales maduros y vacíos. En marzo se encontró el mayor número de estructuras reproductivas inmaduras en las frondas provenientes del intermareal medio con valor aproximado de 2300 soros esporangiales por fronda y en septiembre 2010 se observó el mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal superior con aproximadamente 3500 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 98B**).

#### **Playa Chica de Quintay**

**Fronas gametofíticas:** En general el número de cistocarpos fue similar en todos los meses de muestreo menos en noviembre 2009 y enero 2010, donde se encontró un mayor número de cistocarpos maduros en frondas del intermareal bajo para noviembre 2009 y mayor número de cistocarpos maduros en frondas provenientes del intermareal medio en enero 2010 (**FIGURA 99A**).

**Fronas esporofíticas:** Se encontró un mayor número de soros esporangiales vacíos en los meses de enero, marzo, junio y septiembre 2010, donde las frondas del intermareal medio presentaron mayor número de soros esporangiales en enero 2010 (con valor aproximado de 1600 soros esporangiales por fronda), las frondas del intermareal bajo presentaron mayor número de estructuras reproductivas en marzo y septiembre 2010 (con valor aproximado de 1900 y 1400 soros esporangiales por fronda, respectivamente) y las frondas provenientes del intermareal superior presentaron mayor número de estructuras reproductivas en junio 2010 (con valor aproximado de 2500 soros esporangiales por fronda) (**FIGURA 99B**).

## **VI Región**

### **Matanzas**

**Fronas gametofíticas:** Para septiembre y noviembre 2009 se encontró un mayor número de cistocarpos maduros en las frondas provenientes del intermareal medio con valores aproximados de 1000 y 1300 cistocarpos por fronda, respectivamente. Para enero y marzo 2010 se encontró un mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados de 2300 y 1300 cistocarpos por fronda, respectivamente. Para junio 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con un valor aproximado de 1600 cistocarpos por fronda y para septiembre 2010 se encontró mayor número de cistocarpos maduros en frondas del intermareal superior con valor aproximado de 1800 cistocarpos por fronda (**FIGURA 100A**).

**Fronas esporofíticas:** En septiembre 2009 se encontró un mayor número de soros esporangiales maduros e inmaduros en frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados a 2000 soros esporangiales por fronda. En noviembre del 2009 no se encontró diferencia entre estados de maduración, presentando estos tres estados un valor aproximado de 1600 soros esporangiales por fronda en láminas provenientes del intermareal bajo (estado maduro e inmaduro) y en frondas provenientes del intermareal medio (estado vacío). Para enero, marzo y septiembre 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas maduras en las frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados de 2100, 2500 y 1600 soros esporangiales por fronda, respectivamente. En junio 2010 se encontró un mayor número de soros esporangiales vacíos en frondas provenientes del intermareal bajo con valor aproximado de 5400 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 100B**).

### **Topocalma**

**Fronas gametofíticas:** En septiembre y se encontró un mayor número de estructuras reproductivas maduras en las frondas provenientes del intermareal medio con valor aproximado de 600 cistocarpos por fronda, en noviembre 2009 se encontró aproximadamente 1700 cistocarpos por

fronda proveniente del intermareal bajo. En enero 2010 se observó un mayor número de estructuras reproductivas inmaduras en frondas del intermareal medio con un valor aproximado de 1200 cistocarpos por fronda. En marzo y junio 2010 se encontró un mayor número de cistocarpos vacíos en frondas provenientes del intermareal superior y medio con un valor aproximado de 1000 cistocarpos por fronda. En septiembre 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas del intermareal superior con valor aproximado de 600 cistocarpos por fronda **(FIGURA 101A)**.

**Fronas esporofíticas:** En septiembre 2009 se encontró un mayor número de estructuras reproductivas inmaduras en frondas provenientes del intermareal medio con un valor aproximado de 900 soros esporangiales por fronda. En noviembre 2009, y enero, marzo y junio 2010 se encontró un mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados de 1500 soros esporangiales por fronda en enero 2010, 2200 soros esporangiales por fronda en marzo 2010 y 3300 soros esporangiales por fronda en marzo y junio 2010. En septiembre 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas del intermareal medio con valores aproximados de 1600 soros esporangiales por fronda **(FIGURA 101B)**.

### **Pichilemu**

**Fronas gametofíticas:** En septiembre 2009 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal superior con un valor aproximado de 400 cistocarpos por fronda. En noviembre 2009 se observó mayor número de cistocarpos maduros en frondas del intermareal medio con un valor aproximado de 1400 cistocarpos por fronda. En enero 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas del intermareal medio con un valor aproximado de 1700 cistocarpos por fronda. En marzo y junio 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados de 800 y 2000 cistocarpos por fronda, respectivamente, y en septiembre 2010 se observó mayor número de cistocarpos maduros en frondas provenientes del intermareal bajo con

valor aproximado de 2000 cistocarpos por fronda (**FIGURA 102A**).

**Fronas esporofíticas:** En septiembre 2009 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con un valor aproximado de 1200 soros esporangiales por fronda. En noviembre 2009 se observó mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas del intermareal medio y bajo con valores aproximados de 700 soros esporangiales por fronda. En enero y marzo 2010 se observó mayor número de soros esporangiales maduros en frondas provenientes del intermareal bajo con valores aproximados de 2600 y 2200 soros esporangiales por fronda respectivamente. En junio 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal medio con un valor aproximado de 1600 soros esporangiales por fronda y en septiembre 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas del intermareal medio con un valor aproximado de 4400 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 102B**).

### **Bucalemu**

**Fronas gametofíticas:** En septiembre 2009 se observó un mayor número de cistocarpos maduros y vacíos en frondas provenientes del intermareal medio con valores aproximados de 300 cistocarpos por fronda. En noviembre del 2009 se encontró un mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas del intermareal bajo con un valor aproximado de 800 cistocarpos por fronda. En enero 2010 no se observó mayor diferencia en número de estructuras reproductivas maduras, inmaduras o vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con un valor aproximado de 600 cistocarpos por fronda. En marzo 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas maduras y vacías en frondas provenientes del intermareal bajo y del intermareal medio respectivamente con un valor aproximado de 500 cistocarpos por fronda. En junio 2010 se observó mayor número de cistocarpos vacíos en frondas provenientes del intermareal bajo con un valor aproximado de 800 cistocarpos por fronda y en septiembre se observó mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas del intermareal bajo con valor aproximado de 600 cistocarpos por fronda (**FIGURA 103A**).

**Frondas esporofíticas:** En septiembre y noviembre 2009 se encontró un mayor número de soros esporangiales vacíos en frondas provenientes del intermareal medio y bajo respectivamente, con valores de 800 soros esporangiales por fronda en algas del intermareal medio y 600 soros esporangiales por fronda en algas del intermareal bajo. En enero 2010 no hubo diferencia entre los tres estados de maduración, siendo las frondas provenientes del intermareal bajo las que presentaron mayor número de estructuras reproductivas con un valor aproximado de 1300 soros esporangiales por fronda. En marzo 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas inmaduras en frondas del intermareal medio con un valor aproximado de 1300 soros esporangiales por fronda. En junio 2010 se encontró mayor número de estructuras reproductivas vacías en frondas provenientes del intermareal bajo con un valor aproximado de 5600 soros esporangiales por fronda y en septiembre 2010 se observó mayor número de estructuras reproductivas maduras en frondas provenientes del intermareal superior con valor aproximado de 800 soros esporangiales por fronda (**FIGURA 103B**).

#### **4.3.5 Viabilidad y germinación de los diferentes tipos de esporas en un periodo anual**

De las frondas colectadas en cada muestreo se separaron 5 frondas cistocarpicas maduras y 5 frondas esporofíticas maduras las que una vez en el laboratorio fueron tratadas para inducir a la esporulación. Las frondas fueron lavadas cuidadosamente con agua dulce, posteriormente con agua de mar filtrada, y luego fueron deshidratadas con papel absorbente. Se cortaron trozos de  $6\text{cm}^2$  a cada fronda, cada trozo de fronda fue colocado en una placa petri con medio de cultivo, las que fueron mantenidas bajo condiciones controladas en el laboratorio 16 horas luz 08 horas oscuridad,  $10^\circ\text{C}$  y  $43,5 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Una vez transcurrido el tiempo y finalizada la esporulación (48 horas) tanto para carposporas como tetrasporas, se removieron las frondas de forma cuidadosa de cada capsula.

Posteriormente se homogenizaron las capsulas petri y de cada placa se extrajo una alícuota de 1ml la que fue depositada en un tubo eppendorf (de esta manera, se obtuvieron 5

tubos con carposporas y 5 con tetrasporas por localidad). Estas alícuotas fueron fijadas con 2 a 3 gotas de lugol al 1% para preservar las esporas y posteriormente se determinó el número de esporas por ml, para ello se tomaron 3 muestras de 50  $\mu$ l y se contabilizó el número de esporas a través de un microscopio invertido, luego se sacó un promedio de esporas por 50 $\mu$ l y posteriormente este número se extrapoló a 1 ml. De la solución de esporas obtenidas se extrajo 10 ml de cada placa petri y fueron incubados en una nueva placa petri las cuales fueron mantenidas en condiciones controladas de laboratorio a  $12 \pm 0,5$  °C con fotoperiodo 12 horas luz: 12 horas oscuridad, y  $9,85 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Para la determinación de la viabilidad de las esporas, se contabilizó el número de esporas (carposporas o tetrasporas según corresponda) en 5 campos oculares elegidos al azar con un aumento de (10X) y en sentido a las agujas del reloj al día siguiente de sembrada la solución de esporas en las capsulas (24 horas) y después de 5 días de cultivo en condiciones controladas y se determinó el número de esporas vivas. Esto se realizó contabilizando en el microscopio invertido.

Con los valores resultantes y en función del número inicial de esporas inoculadas en cada capsula se estimó el porcentaje de supervivencia de carposporas y tetrasporas. Para lograr esto se consideró como esporas vivas a todas aquellas esporas que presentan un color rosado y una pared celular bien definida y con citoplasma homogéneo; en cambio las esporas muertas serán aquellas esporas que presentan una pared celular no definida con un citoplasma caracterizado por una gran cantidad de gránulos, además de la falta de pigmentación de las células.

**Supervivencia de Carposporas.** Para realizar este objetivo pasadas las primeras 24 horas del sembrado de las carposporas se procedió a contabilizar el número de carposporas, para ello en cada placa petri se eligieron al azar 5 puntos y se contabilizó el número de esporas en ese campo ocular (10x) en el microscopio invertido, se sacó un promedio y ese valor

correspondería al 100% inicial del número de carposporas del cultivo, pasado 5 días se volvió a repetir el mismo procedimiento (se contabilizaron 5 puntos de la placa y se contabilizó el número de carposporas vivas en cada uno de los campos oculares), estos 5 valores por placa fueron promediados y se calculó el porcentaje de supervivencia en relación al 100% inicial.

En la **FIGURA 104A** de la supervivencia de carposporas se observó que los meses de muestreo que obtuvieron mayores sobrevivencias fue en marzo 2010 y las localidades que presentaron la mayor supervivencia fue Laguna con más de 150%(V región) y Bucalemu en la (VI región) en septiembre 2010 la mayor supervivencia de carposporas la obtuvo la localidad de Montemar también con más de 150% en la (V Región).

**Supervivencia de Tetrasporas.** Se realizó el mismo procedimiento anterior para obtener la supervivencia de tetrasporas Como se observa en la (**FIGURA 104B**) La supervivencia de tetrasporas en cambio se observó claramente que de septiembre 2009 hasta enero 2010 va aumentando paulatinamente la supervivencia de tetrasporas. Donde la localidad que presentó el mayor porcentaje de supervivencia fue Horcón (V región con 150%). A partir de enero 2010 comenzó a declinar la supervivencia de la tetrasporas siendo el muestreo de junio 2010 el con la supervivencia más baja para comenzar a aumentar en septiembre 2010. Se observó un patrón estacional en la supervivencia de tetrasporas.

**Conteo de Carposporas.** De la solución de esporas obtenida de la esporulación de las frondas de *Mazzaella* para el cultivo se homogenizaron las capsulas petri y de cada placa se extrajo una alícuota de 1ml la que fue depositada en un tubo eppendorf (de esta manera, se obtuvieron 5 tubos con carposporas y 5 con tetrasporas por localidad). Estas alícuotas fueron fijadas con 2 a 3 gotas de lugol al 1% para preservar las esporas y posteriormente se determinó el número de esporas por ml, para ello se tomaron 3 muestras de 50  $\mu$ l y se contabilizó el número de esporas a través de un microscopio invertido, luego se sacó un promedio de esporas por 50 $\mu$ l y

posteriormente este número se extrapoló a 1 ml. En la **FIGURA 105A** se observa el número de carposporas /ml donde claramente se observó que en el muestreo realizado durante el mes de junio 2010 fue el que presentó el número más alto de carposporas/ml en todas las localidades con valores sobre las 10000 carposporas /ml de cultivo. En la localidad de Playa Chica, Quintay se contabilizó sobre 15000 carposporas, exceptuando Matanza donde septiembre 2010 fue levemente superior a junio 2010.

**Conteo de Tetrasporas.** Para el estudio del número de tetrasporas /ml se observó el mismo patrón de comportamiento que las carposporas pero en menor cantidad ningún cultivo superó las 10000 tetrasporas siendo las tetrasporas del muestreo de junio 2010 la que presentaron la mayor cantidad de tetrasporas/ml en todas las localidades excepto en Topocalma donde la supera el muestreo de septiembre 2009 (**FIGURA 105B**).

**Análisis estadístico.** De acuerdo a la propuesta de proyecto los objetivos 2.2.3.4, 2.2.3.5 y 2.2.4.1 corresponden a actividades de laboratorio independientes, dirigidas a evaluar la abundancia (y madurez) de estructuras reproductivas, la producción de esporas y la viabilidad de éstas, respectivamente. Sin embargo, dichas evaluaciones sólo tienen sentido si son descritas en conjunto, pues ellas definen la secuencia interdependiente que se establece desde el momento que las frondas comienzan su proceso de maduración, hasta el desarrollo del potencial de viabilidad de las esporas que son liberadas al medio.

El análisis factorial asociado al objetivo 2.2.3.4 mostró la existencia de interacciones significativas de alto orden entre las variables tiempo (*i.e.*, mes de muestreo), pradera, región e intervención. En la práctica, las pruebas *post hoc* realizadas para examinar las combinaciones de efectos entre niveles de los distintos factores no mostraron ningún patrón sistemático de similitud entre tratamientos, y por ende son omitidas para mantener la simplicidad del reporte.

En lo subsecuente, sólo se reportan los patrones de variación temporal debido a su relevancia biológica para describir los ciclos reproductivos de *M. laminarioides*.

La **FIGURA 106** muestra el patrón temporal de abundancia de estructuras reproductivas en la superficie de frondas cistocárpicas de *M. laminarioides*. En general, estructuras reproductivas inmaduras fueron poco abundantes hacia el período otoño-invierno. Por su parte, los patrones de abundancia de estructuras maduras y esporuladas mostraron un claro desfase, el que comienza con un máximo número de estructuras maduras a fines de primavera (noviembre de 2009), las que hacia el verano comenzaron a liberar esporas definiendo un claro patrón de reemplazo de estructuras maduras por esporuladas, las que alcanzaron un máximo en otoño de 2010. La **FIGURA 107** integra los resultados de las actividades de evaluación en laboratorio para la estimación de producción de esporas y sobrevivencia de éstas en condiciones de cultivo en laboratorio. Se observaron claramente dos ciclos de alta abundancia de estructuras reproductivas, el primero centrado en noviembre de 2009 y el segundo en junio de 2010. La existencia de este segundo máximo en invierno fue dado por nuevas frondas que inician su maduración en los meses de otoño.

Tanto la producción de esporas como la viabilidad éstas fue mínima para el momento de máxima abundancia de estructuras maduras (noviembre de 2009), esto probablemente porque las esporas que son liberadas a finales de primavera e inicios de verano están sometidas a condiciones extremas de temperatura, salinidad y irradiación en el intermareal. En cambio la producción de esporas y viabilidad fueron máximas y coincidentes en otoño-invierno (junio de 2010). Esta evidencia sugiere que son necesarios entre seis y siete meses de desfase para que se produzca un aporte efectivo de propágulos viables al medio. Cabe notar que las estimaciones de viabilidad para el período más bajo estarían en torno al 30%, lo cual implica que el proceso de reclutamiento podría ser efectivo en cualquier momento del año. Sin embargo, las actividades de evaluación de reclutamiento en terreno no mostraron evidencia concreta de esto. Los únicos registros de reclutamiento en placas instaladas para este fin se

verificaron (sólo en la pradera de Quintay) a fines de invierno, coincidiendo con las estimaciones de máxima viabilidad obtenidas en laboratorio (ver **FIGURA 118**).

La **FIGURA 108** muestra los patrones temporales de abundancia de estructuras reproductivas (*i.e.* maduras, inmaduras y esporuladas) para frondas tetraspóricas de *M. laminarioides*. A diferencia de las frondas cistocárpicas, las frondas tetraspóricas mostraron un patrón temporal más simple, con ausencia de ciclos desfasados entre la aparición de las estructuras y su esporulación, lo que sugiere que para esta fase el proceso de maduración sería relativamente instantáneo. Tanto la abundancia de estructuras reproductivas en la superficie de frondas tetraspóricas, como la producción de esporas y máxima viabilidad, coinciden con máximo en el período otoño-invierno (**FIGURA 109**). A su vez, este ciclo se superpone al desarrollado por frondas cistocárpicas, sugiriendo la existencia de una ventana ambiental óptima reproductiva para la especie, posiblemente en respuesta a estímulos ambientales comunes (*e.g.*, intensificación de acción mecánica de olas, aportes de agua dulce por aumento de lluvias, etc).

En términos de prácticas de manejo, es recomendable la explotación en primavera-verano, con posterioridad a los máximos observados para los ciclos de maduración de estructuras reproductivas, producción de esporas y viabilidad. Cabe señalar que las actividades de poda experimental sugieren que la extracción de frondas en esta temporada se recobraría en un plazo de seis meses. Sin embargo, la mayor frecuencia de oscilación mostrada por el ciclo de maduración de frondas cistocárpicas, hace recomendable la práctica de rotación de sitios extractivos, con el fin de evitar la supresión de la onda de maduración primaveral de la fase cistocárpica.

#### 4.4. DETERMINAR PERÍODOS ÓPTIMOS DE COSECHA Y CRITERIOS DE EXTRACCIÓN PARA LAS ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 4).

##### 4.4.1 Tasa de crecimiento vegetativo de las fases gametofítica y esporofítica.

Para llevar a cabo este estudio, se trabajó con los mismos cultivos utilizados en el objetivo 2.2.3.5. Por lo tanto se consideraron cuatro localidades de la V Región (La Laguna de Zapallar, Horcón, Montemar y Playa Chica de Quintay) y cuatro localidades de la VI Región (Matanza, Bucalemu, Pichilemu y Topocalma). Cada localidad contaba con 3 réplicas para la fase gametofítica y 3 réplicas de la fase tetraspórica. Todos estos cultivos (placas petri con 20 ml de medio de cultivo enriquecido con Provasoli) se mantuvieron en condiciones de laboratorio con un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad,  $12 \pm 0,5$  °C y un rango de intensidad de luz entre 14 a 15  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Los recambios de medio de cultivo se hicieron cada 15 días.

Después de un mes de cultivo, se procedió con las mediciones de los cultivos, para ello se escogieron al azar 20 individuos por cada réplica (placa petri). Por lo tanto se obtuvieron 60 mediciones de gametofitos y 60 mediciones de tetrasporofitos por cada localidad. Estas mediciones se llevaron a cabo sacando fotografías bajo lupa estereoscópica (32x), y posteriormente se utilizó el programa Image J, con el cual se obtuvo las mediciones de tamaño (mm). Para determinar las tasas de crecimiento, se utilizó el incremento en tamaño, el cual se expresó a través de la siguiente ecuación:

$$= \left( \frac{Ln_{t2} - Ln_{t1}}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \right) \times 100$$

Donde:

$Ln_{t1}$ = Logaritmo natural del tamaño de talos al tiempo 1;

$Ln_{t2}$ = Logaritmo natural del tamaño de talos al tiempo 2;

$\Delta t_1$ = Diferencia de tiempo 1;

$\Delta t_2$ = Diferencia de tiempo 2.

Estas mediciones se realizaron semanalmente, durante 5 semanas.

## V Región

**La Laguna de Zapallar.** En la (FIGURA 110A) se presenta con el crecimiento de *Mazzaella laminaroides* en condiciones de laboratorio durante los meses de muestreo. El crecimiento de las plántulas gametofíticas que provenían del muestreo de septiembre 2009 presentó el mejor crecimiento de 1,77 cm al quinto muestreo (semana 5). El mes de enero no hubo esporulación para esta localidad por lo que no hubo cultivo, los demás muestreos no superan los 0.5 mm a la quinta semana de experimentación. En el caso de las plantas esporofíticas (FIGURA 110B) se observó el mismo patrón de crecimiento donde la mejor respuesta al crecimiento se presentó con las plántulas del muestreo de septiembre 2009 con un crecimiento de 1,94 cm al quinto muestreo (T4) y en el mes de enero 2010 hay ausencia de cultivo no hubo esporulación como en la fase cistocárpica. Noviembre 2009 marzo y junio 2010 no superan los 0.5 mm de crecimiento y nuevamente septiembre 2010 presenta un aumento en los crecimientos con T4 (quinta semana de cultivo) sobre los 0.5 mm de longitud en la quinta medición (T4).

**Horcón.** En los cultivos realizados a partir de frondas provenientes de la localidad de Horcón quinta región en el caso de las plántulas gametofíticas (FIGURA 111A), se observó que el mejor crecimiento para las plántulas provenían el muestreo de septiembre 2009 con 1,08 cm de longitud a la quinta semana de cultivo en noviembre 2009 y enero 2010 hay ausencia de cultivos no hubo esporulaciones viables para estos muestreos y septiembre 2010 solo alcanzó a un muestreo donde las plántulas no fueron viables. En la (FIGURA 111B) plántulas esporofíticas de la localidad de Horcón se repite el patrón de las gametofíticas donde el mejor crecimiento se observó en las plántulas de septiembre 2009 con 1,43 cm de longitud, hubo ausencia de cultivos en noviembre 2009 y enero 2010 y de marzo a septiembre 2010 los cultivos no superaron los 0.5 mm de longitud a la quinta semana de cultivo.

**Montemar.** En los muestreos realizados en Montemar (**FIGURA 112A**), las plantas gametofíticas nuevamente presentaron el mejor crecimiento durante el muestreo de septiembre 2009 aunque solo alcanzó hasta los 0,5 cm T2 (tercera semana de cultivo) sin embargo la longitud a esta fecha fue la más alta. En los muestreos de noviembre 2009 enero y marzo 2010 hay ausencia de cultivos esporas inviables. Junio 2010 y septiembre 2010 no alcanzaron los 0.5 mm de longitud. En el cultivo de las plántulas esporofíticas de *M. laminarioides* en los meses de noviembre 2009 y enero 2010 presentaron ausencia de cultivos al igual que la fase gametofítica (esporas inviables), el cultivo que presentó el mejor crecimiento fue el de septiembre 2010 de 0,92 cm de longitud a la quinta semana de cultivo (**FIGURA 112B**).

**Playa Chica de Quintay.** En los muestreos de la localidad de Playa Chica se observó que en las plántulas gametofíticas obtenidas en cultivo presentaron los mejores crecimientos durante los meses de noviembre 2009 y septiembre 2010 con 0,58 cm de longitud en cambio en septiembre 2009 y enero 2010 hubo ausencia de cultivo no hubo esporulación (**FIGURA 113A**). En el crecimiento de plántulas esporofíticas en condiciones de cultivo se observa en la (**FIGURA 113B**) ausencia de crecimiento en los cultivos de los muestreos de septiembre y noviembre 2009 y enero 2010. En los cultivos de marzo, junio y septiembre 2010 no hubo mayor crecimiento ninguno superó los 0,22 cm de longitud promedio.

## **VI Región**

**Matanzas.** En los cultivos realizados a partir de los muestreos de la localidad de Matanza para las plántulas gametofíticas se observó que los mejores crecimientos se reportaron en el mes de septiembre 2009 con crecimientos sobre 1.78 cm longitud al quinto muestreo, enero, junio y septiembre 2010 no superaron los 0.5 mm de crecimiento al quinto muestreo (T4) hubo ausencia de crecimiento en marzo 2010 (**FIGURA 114A**). En la localidad de Matanzas (**FIGURA 114B**) se observó que las plántulas esporofíticas presentaron los mejores

crecimientos a partir del muestreo de noviembre 2009 con crecimientos de 1,35 cm al cuarto muestreo, los cultivos de enero, junio y septiembre 2010 no superaron los 0.5 cm de crecimiento. Hubo ausencia de esporas en el muestreo de marzo 2010.

**Topocalma.** En Topocalma las plántulas gametofíticas, se observó que los mejores crecimientos se reportaron con los muestreos realizados entre noviembre 2009 hasta marzo 2010 siendo superior el de noviembre 2009 logrando superar los 0.68 cm de longitud (**FIGURA 115A**). El cultivo realizado con las plántulas esporofíticas de *M. laminarioides* obtuvieron el mayor crecimiento con las plántulas provenientes del muestreo de septiembre 2010 con sobre 1 cm de longitud seguido por noviembre 2009 y enero 2010 que superaron los 0.5 mm de crecimiento (**FIGURA 115B**).

**Pichilemu.** En los cultivos realizados a partir de muestreos de *M. laminarioides* en la localidad de Pichilemu encontramos que para las plántulas gametofíticas en cultivo el que presento levemente un mejor crecimiento fue el de septiembre 2009, superando los 0,74 cm de longitud en noviembre 2009, en junio 2010 los talos no superaron los 0.5 mm y en septiembre 2010 no hubo crecimiento (**FIGURA 116A**). En el cultivo realizado con plántulas esporofíticas (**FIGURA 116B**) se observó mejor crecimiento a partir de enero 2010 con 0,64 cm de longitud, en septiembre 2009 los talos superan levemente los 0.5 mm de longitud. Mientras que, en los demás muestreos los talos no superaron los 0.5 cm en T4 (quinto muestreo de crecimiento).

**Bucalemu.** En los muestreos realizados en la localidad de Bucalemu se observó en la plántulas gametofíticas que el muestreo que presentó mejor crecimiento fue el de noviembre 2009 llegando a los 0.55 cm de longitud al cuarto muestreo, los demás muestreos septiembre 2009 y de enero a septiembre 2010 no superaron los 0.5 cm de crecimiento (**FIGURA 117A**). En los cultivos de plántulas esporofíticas de *Mazzaella* se observó que también el mejor

crecimiento lo obtuvieron las plántulas provenientes del muestreo de noviembre 2009. En septiembre 2009 no hubo crecimiento y los talos de enero a septiembre 2010 no lograron superar los 0.5 mm de crecimiento a la quinta semana de muestreo (**FIGURA 117B**).

#### 4.4.2. Formas y capacidad de propagación e importancia del reclutamiento en el aporte de biomasa anual.

Se han montado en cada sitio de muestreo de cada pradera seleccionada de *M. laminarioides* 2 placas circulares de 110 cm de diámetro en el cinturón de intermareal medio (**FIGURA 118**). Estas placas de reclutamiento fueron instaladas en el sustrato con pernos, los cuales permitieron una óptima sujeción y mejor estabilidad a la fricción del oleaje.

Durante los primeros 5 muestreos realizados no se observaron reclutas en las placas. En el último muestreo realizado en septiembre de 2010, se observaron reclutas solo en la localidad de Playa Chica de Quintay (V Región) y en algunos sitios de muestreo donde estaban instaladas las placas (ver **FIGURA 118** y **TABLA 31**). El tamaño de los reclutas observado fue variable (ver **TABLA 32**). Por otra parte es importante mencionar la presencia en las placas de varios herbívoros y algas oportunistas. En este último caso, en el laboratorio se realizó un análisis de cobertura de las placas de flora asentadas en las placas las que se destacó el género *Ulva*, *Porphyra* y *Enteromorpha*, entre otras. Las **TABLAS 33, 34, 35** y **36** muestran el porcentaje de cobertura promedio (n=2 por sitio) medida en las placas de reclutamiento.

**TABLA 31.** Densidad de reclutas observados durante Septiembre del 2010, en la V y VI región.

Localidades	sitios	Numero de reclutas
<b>La Laguna (V Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0

<b>Horcón (V Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0
<b>Montemar (V Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0
<b>Playa Chica (V Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	8
	5	98
	6	12
<b>Matanza (VI Región)</b>	1	0
	2	7
	3	3
	4	0
	5	9
	6	8
<b>Topocalma (VI Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0
<b>Pichilemu (VI Región)</b>	1	6
	2	3
	3	0
	4	0
	5	7
	6	5
<b>Bucalemu (VI Región)</b>	1	0
	2	0
	3	0
	4	5
	5	0
	6	0

**TABLA 32.** Tamaño promedio de reclutas observado durante el muestreo de Septiembre del 2010 en las localidades de la V y VI región.

<b>Localidades</b>	<b>Tamaño promedio <math>\pm</math> Desviación Estándar</b>
<b>Playa Chica</b>	5,2 $\pm$ 2,30
<b>Matanza</b>	0,7 $\pm$ 0,44
<b>Pichilemu</b>	0,8 $\pm$ 0,62
<b>Bucalemu</b>	0,9 $\pm$ 0,85

**TABLA 33.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la La Laguna durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura		
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>
nov-09	1	0,39	0	0
	2	16,07	7,58	0
	3	1,12	0	0,67
	4	0,39	0	2,68
	5	0,67	0	0
	6	0,22	0	0
ene-10	1	13,27	0	49,17
	2	0,62	0	0
	3	0,83	0	0,62
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
mar-10	1	-----	-----	-----
	2	-----	-----	-----
	3	-----	-----	-----
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
jun-10	1	4,65	0,49	0,73
	2	-----	-----	-----
	3	1,47	39,46	0
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
sep-10	1	25,87	45,7	28,43
	2	-----	-----	-----
	3	1,47	39,46	0,78
	4	-----	-----	-----
	5	35,7	22,8	15,81
	6	44,4	11,25	17,32

**TABLA 34.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Horcón durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura			
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>	<i>Codium sp.</i>
nov-09	1	0	0	0,22	0
	2	0	0,22	0	0
	3	19,87	0,67	0	0
	4	10,49	0,45	0,22	0
	5	39,73	0	0	0
	6	-----	-----	-----	-----
ene-10	1	-----	-----	-----	-----
	2	0	0	0	0
	3	27,07	0,62	8,88	0
	4	29,34	0	0	0
	5	28,92	0	14,25	0
	6	-----	-----	-----	-----
mar-10	1	-----	-----	-----	-----
	2	-----	-----	-----	-----
	3	-----	-----	-----	-----
	4	-----	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----	-----
jun-10	1	81,81	0	0,49	0
	2	5,15	0	0	35,29
	3	1,47	0	0	41,65
	4	-----	-----	-----	-----
	5	24,02	0	0	6,13
	6	-----	-----	-----	-----
sep-10	1	75,41	10,51	0	0
	2	15,15	10,4	0	45,10
	3	1,47	0	0	55,23
	4	23,55	25,45	-----	-----
	5	-----	-----	-----	12,3
	6	-----	-----	-----	-----

**TABLA 35.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Montemar durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura		
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>
nov-09	1	0	0,45	0
	2	17,63	7,81	0
	3	1,56	9,37	0
	4	1,11	1,34	0
	5	0,67	0,45	0
	6	1,12	10,26	0
ene-10	1	0	0,21	0
	2	2,48	6,4	4,55
	3	0	0	4,34
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
mar-10	1	-----	-----	-----
	2	9,37	10,26	2,48
	3	0,45	0	2,68
	4	0	0	0,67
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
jun-10	1	-----	-----	-----
	2	19,85	6,86	3,43
	3	0	20,59	0
	4	0	0	0,49
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
sep-10	1	10,44	-----	-----
	2	15,215	16,23	13,43
	3	0,45	20,59	0
	4	10,77	9,0	11,49
	5	3,44	22,44	21,41
	6	-----	-----	-----

**TABLA 36.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Playa Chica durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura		
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>
nov-09	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0,44	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
ene-10	1	0	0	0
	2	2,48	1,24	0
	3	0	0,21	0,21
	4	0	0	0
	5	0,83	0,41	2,47
	6	0	0	0
mar-10	1	-----	-----	-----
	2	-----	-----	-----
	3	-----	-----	-----
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
jun-10	1	0	0	0,74
	2	-----	-----	-----
	3	-----	-----	-----
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	-----
	6	-----	-----	-----
sep-10	1	0	0	12,56
	2	-----	23,45	-----
	3	6,57	15,45	-----
	4	-----	-----	-----
	5	-----	-----	13,94
	6	-----	25,41	-----

En las localidades de la VI Región, las placas de reclutamiento presentaron algas efímeras durante todo el periodo de estudio (**TABLAS 37, 38, 39 y 40**). En algunos casos las placas permanecieron enterradas en la arena después de un intenso proceso de acresión en los sistemas de estudio.

**TABLA 37.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Matanza durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura			
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>	Crustosa café
nov-09	1	0	0	6,5	1,5
	2	0	1	4	3
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	9,5	0	0	0
	6	4	0	6	0
ene-10	1	-	-	-	-
	2	0	3	1,5	6
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	-	-	-	-
	6	7,5	0	3,5	0
mar-10	1	0	0	4,5	7,5
	2	6	3	1,5	2
	3	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	5	0	4	0	0
	6	-	-	-	-
jun-10	1	0	0	8,5	3,5
	2	11,5	3,5	7,5	12,5
	3	1,5	0	4	1,5
	4	12,5	6,5	10,5	2
	5	10,5	1,5	0	0
	6	3,5	8,5	6	0
sep-10	1	0	0	6,5	3
	2	10,5	6	1,5	30
	3	2	0	12,5	5,5
	4	1	6	1	3
	5	34,5	0	0	0
	6	17	7,5	19,5	22

**TABLA 38.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de la Matanza durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura			
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>	Crustosa café
nov-09	1	1,5	3	0	0
	2	0	2,5	1	2
	3	1	1,5	0	0,5
	4	6	0	1	0,5
	5	0	2	0	0,5
	6	1	0	1	0
ene-10	1	4,5	0	0	6
	2	9	0	0	6,5
	3	4	1	0	7,5
	4	1	5,5	8,5	9
	5	0	23,5	2,5	1
	6	0	0	1	2
mar-10	1	0	2,5	2	6,5
	2	6	1	0	7,5
	3	0	2	0	3
	4	7,5	0	2	10
	5	3,5	6	1	3
	6	0	2,5	0	2,5
jun-10	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	3,5
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
sep-10	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	6	0	0	0	0

**TABLA 39.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de Pichilemu durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura					
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>	<i>Crustosa café</i>	<i>Codium</i>	<i>Trematocarpus</i>
nov-09	1	0	30,5	0	3	0	0
	2	0	38,5	0	5	0	0
	3	0	29,5	0	3,5	0	0
	4	1,5	0	9	2	0	0
	5	0	12	0	2	0	0
	6	0	3	0	0	0	0
ene-10	1	0	0	0	3	0	0
	2	0	0	0	2,5	0	0
	3	0	0	3,5	3,5	0	0
	4	0	0	0	3	0	0
	5	0	0	6,5	0	0	0
	6	0	0	4,5	0	0	0
mar-10	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-
	5	3	5	1	2,5	0	6
	6	9	0	2	12	3	0
jun-10	1	0	0	4,5	3,5	0	0
	2	0	0	3	2	0	0
	3	0	48,5	0	0	0	0
	4	0	50	0	1,5	0	0
	5	6,5	0	0	1	0	0
	6	9	0	3,5	3,5	0	0
sep-10	1	6	6,5	8,5	5	0	0
	2	6,5	8	11	8	0	0
	3	0	72	0	4,5	0	0
	4	-	-	-	-	-	-
	5	36,5	7,5	7	2,5	0	0
	6	-	-	-	-	-	-

**TABLA 40.** Cobertura de algas oportunistas asentadas en las placas de reclutamiento en la localidad de Bucalemu durante los meses de muestreo.

Fecha Muestreo	Sitio muestreo	% de cobertura					
		<i>Ulva sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Enteromorpha sp.</i>	Crustosa café	<i>Adenocystis</i>	<i>Scythosiphon</i>
nov-09	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-
ene-10	1	0	1	0	11,5	0,5	0
	2	1	2,5	1	8	0	0
	3	4,5	7,5	3,5	10,5	0	0
	4	3	4	6,5	2,5	0	0
	5	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-
mar-10	1	11,5	0	0	0	3,5	4
	2	0	0	14	0	0	2,5
	3	3,5	4	3	6	0	0
	4	23,5	6	0	0	0	0
	5	0	0	1	4,5	0	0
	6	-	-	-	-	-	-
jun-10	1	4,5	3	0	7,5	0	0
	2	2	1,5	0	4,5	0	0
	3	6,5	3	5,5	5,5	0	2
	4	4	0	3	7,5	0	0
	5	9,5	0	4	11,5	0	2,5
	6	6	0	0	14,5	0	0
sep-10	1	-	-	-	-	-	-
	2	18,5	0	26	1	0	0
	3	-	-	-	-	-	-
	4	0	0	19	2	3,5	11,5
	5	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-

#### 4.4.3. Efecto de la poda y capacidad de recuperación a través del crecimiento vegetativo.

La **FIGURA 119** muestra la evolución temporal de los distintos tratamientos ensayados en el experimento de poda. Septiembre 2009 corresponde al mes de instalación experimental, por lo cual la longitud promedio de corte para los tratamientos de corte basal y corte a tres centímetros corresponde a cero y tres centímetros respectivamente. Debido a la ausencia de varianza en estos tratamientos experimentales, se excluyó el mes de septiembre de los análisis de la varianza. Por su parte, el tratamiento control mostró una longitud promedio de fronda de aproximadamente 5 cm con amplia variabilidad.

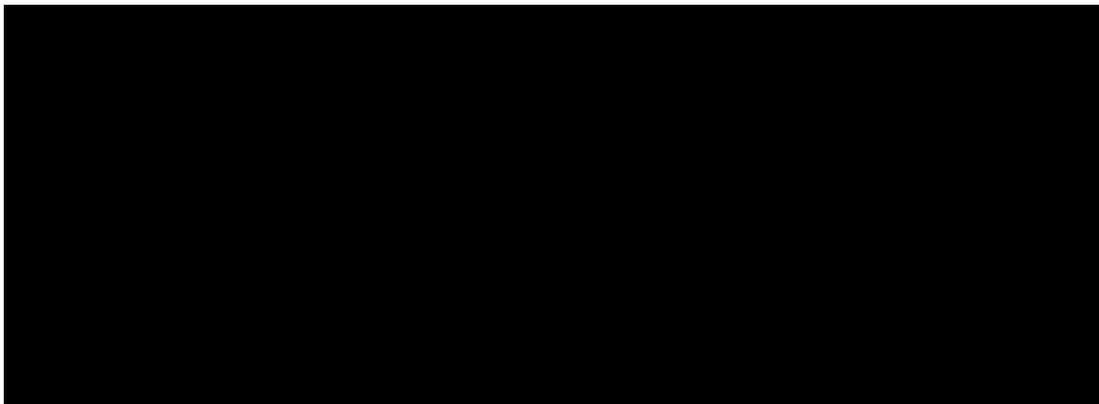
Las frondas sin corte mostraron claramente una fluctuación estacional marcada, con máximos en primavera. Esta oscilación fue forzada ambientalmente, como evidencia el patrón de oscilación de frondas tratadas con corte a tres centímetros. A pesar de existir una perturbación por poda, las frondas de este tratamiento experimental se acoplaron al patrón de oscilación anual de manera inmediata, alcanzando tamaños de cosecha en septiembre de 2010 (ver **FIGURA 120**).

Enero fue un hito temporal relevante en este experimento, pues se produce la convergencia de todas las trayectorias temporales, para establecer un patrón de crecimiento acoplado a partir del mes de marzo. Tanto las frondas control como las tratadas con corte a tres cm perdieron biomasa apical hacia el mes de marzo, mientras que los nuevos talos que crecen en los tratamientos de corte completo (*i.e.*, corte base) alcanzaron valores similares al del resto de los tratamientos. A partir de este punto, la tasa de crecimiento se hace indistinguible entre tratamientos.

Estos resultados sugieren que en un plazo de seis meses, las frondas de praderas cosechadas a cualquier nivel de corte alcanzarían los valores de longitud observados naturalmente en zonas sin intervenir. Sin embargo, esta aseveración sólo fue válida para procedimientos de cosecha efectuados en primavera, y no deben extrapolarse estas conclusiones a otros momentos de cosecha sin evaluación previa.

La **TABLA 41** muestra el análisis de la varianza de dos factores considerando el ciclo anual completo, y sólo el período comprendido entre marzo y septiembre del año 2010 (período de acople). Claramente los resultados obtenidos empleando el ciclo anual completo sugiere una interacción significativa entre el tipo de poda y el mes de observación, la que en comparaciones *post hoc* (no presentadas) mostró gran parte de la complejidad en los meses previos a marzo del 2010. Al excluir este período del análisis, se evidencia que la única fuente de variación relevante fue la componente temporal, no habiendo aportes significativos del tipo de poda aplicada.

**TABLA 41.** Análisis de la varianza para evaluar la recuperación de frondas en pradera de *M. laminarioides* sometidas a poda experimental. Variable de respuesta corresponde al largo promedio de frondas.



#### **4.4.4. Ciclo productivo de los recursos y seguimiento de la variación de biomasa y densidad así como de la estructura de tallas.**

Las **TABLAS 42 y 43** muestran la productividad en biomasa de las praderas en estudio. En general, en la V región la mayor productividad en biomasa se observó durante el mes de enero del 2010, donde la pradera de Horcón presento una standing stock sobre 1.200 kilos. Por otra parte, el stock de todas las praderas de esta región fue en gran parte aportado por la biomasa vegetativa. Durante enero y marzo del 2010 se observó un aumento en el stock de la biomasa cistocárpica en

la mayoría de las praderas de la V Región. Para la VI Región en forma contraria a lo observado en la V región, la mayor productividad se observó durante los meses de enero y marzo del 2010, siendo la pradera de Pichilemu la que presentó el mayor stock con 951 kilos. Al igual que lo observado en las praderas de la V región gran parte del stock de las praderas de la VI región fueron atribuible al stock de la fase vegetativa.

**TABLA 42.** Biomasa productiva de las praderas de la V región durante el periodo de estudio, y separadas por fase reproductiva.

Región	Pradera	Muestreos	Área superficial m <sup>2</sup>	Biomasa productiva total (Kilos)	Biomasa Vegetativa (Kilos)	Biomasa Tetrasporica (Kilos)	Biomasa Cistocarpica (kilos)
V	La Laguna	sep-09	1200	225,5	185,6	6,8	33,1
		nov-09		214,1	163,4	8,0	42,7
		ene-10		543,5	388,6	18,8	136,1
		mar-10		372,4	230,4	2,6	139,4
		jun-10		199,2	106,9	23,4	68,9
		sep-10		192,4	175,2	1,1	16,1
	Horcon	sep-09	3750	389,1	271,7	19,3	98,2
		nov-09		1120,8	853,0	51,7	216,1
		ene-10		1279,3	706,1	183,4	389,8
		mar-10		743,1	437,8	27,0	278,3
		jun-10		388,9	259,1	5,8	123,9
		sep-10		315,2	267,5	21,0	26,8
	Montemar	sep-09	2000	258,1	153,1	47,5	57,4
		nov-09		579,3	467,1	17,4	94,8
		ene-10		570,3	401,9	56,2	112,2
		mar-10		413,4	230,3	132,7	50,4
		jun-10		185,6	104,7	33,0	47,9
		sep-10		171,5	99,9	11,6	60,1
	Playa Chica	sep-09	1280	229,4	184,4	11,9	33,0
		nov-09		180,5	156,9	4,6	19,1
		ene-10		283,9	217,9	20,1	45,9
		mar-10		----	----	----	----
		jun-10		153,6	77,9	37,6	38,2
		sep-10		59,5	44,5	3,4	11,7

(---) no se realizó muestreo poblacional por condiciones no aptas para efectuar dicho estudio, fecha posterior al Tsunami.

**TABLA 43.** Biomasa productiva de las praderas de la VI región durante el periodo de estudio, y separadas por fase reproductiva.

Región	Pradera	Muestreos	Área superficial m2	Biomasa productiva total (Kilos)	Biomasa Vegetativa (Kilos)	Biomasa Tetraspórica (Kilos)	Biomasa Cistocárpica (kilos)
VI	Matanza	sep-09	2350	402,6	315,8	27,1	59,7
		nov-09		630,4	547,5	37,1	45,7
		ene-10		716,4	597,6	38,5	80,4
		mar-10		451,7	355,9	16,2	79,7
		jun-10		720,4	424,1	105,9	190,3
		sep-10		302,6	234,6	16,6	52,2
	Topocalma	sep-09	1500	701,5	614,2	25,8	61,5
		nov-09		407,5	374,8	4,8	27,9
		ene-10		547,9	459,1	12,4	76,4
		mar-10		404,3	266,0	46,9	91,3
		jun-10		290,5	194,4	14,2	81,9
		sep-10		137,2	108,7	9,1	19,4
	Pichilemu	sep-09	3130	606,1	417,1	127,1	62,0
		nov-09		677,6	597,1	34,8	45,7
		ene-10		922,8	704,6	72,4	145,9
		mar-10		951,5	492,5	189,0	270,0
		jun-10		711,4	305,5	252,2	153,7
		sep-10		461,9	334,9	58,2	68,8
	Bucalemu	sep-09	2000	264,9	190,7	44,6	29,6
		nov-09		160,9	142,3	10,0	8,6
		ene-10		214,7	207,5	3,0	4,3
		mar-10		303,2	235,0	27,2	41,0
		jun-10		252,9	102,8	117,5	32,6
		sep-10		107,7	89,5	14,7	3,5

#### **4.5. ESTABLECER INDICADORES DE IMPACTO BIOLÓGICO PESQUERO POR REMOCIÓN DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 5).**

##### **Modelo relacional**

De acuerdo a la propuesta de proyecto, se empleó el análisis de ecuaciones estructurales como aproximación estadística para relacionar las distintas bases de datos generadas durante el proyecto. Estas incluyeron principalmente los indicadores poblacionales de biomasa, densidad y estructura de tallas de *M. laminarioides* (sin distinción entre fases), sus atributos reproductivos más relevantes, y aspectos relacionados con la diversidad de flora y fauna asociada a las praderas prospectadas. El detalle de las variables examinadas se muestra en la **TABLA 44**. Este conjunto de variables indicadoras fueron organizadas en constructos latentes, con el fin de reducir la complejidad en el número de vías causales posibles de modelar, evitando así problemas de sobrespecificación de modelo.

Específicamente se optó por modelar la información por medio del método PLS-PM (Partial Least Squares Path Modeling, Lohmoller 1989; Tenenhaus & Pages 2001; Tenenhaus *et al.* 2005), una variante robusta de modelamiento de factores latentes, que combina la búsqueda iterativa de pesos asociados a las variables indicadoras (modelo externo) y la estimación paramétrica de las relaciones estructurales entre constructos latentes (modelo interno).

Se ajustó una batería de modelos de distinta complejidad e interpretación biológica, alterando el sentido de causalidad entre latentes e incorporando vías indirectas y directas en la construcción, lo que definió un total de 16 modelos con sentido ecológico. Cada uno de estos modelos se entendió como un constructo teórico capaz de explicar la variabilidad observada en el conjunto de variables observadas. La comparación entre modelos se llevó a cabo por medio del índice GoF (índice de bondad de ajuste para modelos plsmp), rescatándose únicamente el modelo que mostró el mejor grado de ajuste con el mínimo número de vías latentes. Posteriormente, se procedió a reducir complejidad en el número de variables indicadoras,

reevaluando iterativamente el ajuste global del modelo. Con el fin de proveer un análisis que enfatice la importancia relativa de cada uno de los factores considerados, se estandarizaron todas las variables como scores-z.

La unidad mínima de registro de datos utilizada fueron los sitios de muestreo, lo que permitió contar con un número adecuado de unidades muestrales. No se examinaron variaciones temporales con el fin de preservar un número alto de muestras para la comparación entre praderas.

La concepción inicial de este modelo suponía el registro en terreno de información social, económica y de esfuerzo pesquero que podría ser modelada en conjunto con las variables biológicas y ecológicas. Sin embargo, el registro de dicha información fue impracticable a la escala de muestreo requerida por los datos biológicos. Por esta razón, se evaluaron por separado los registros para praderas intervenidas y no intervenidas, con el fin de aproximar los potenciales efectos que tendría la explotación sostenida sobre las relaciones de interdependencia entre componentes latentes de praderas de *M. laminarioides*.

**TABLA 44.** Listado de variables indicadoras organizadas en variables latentes.

<b>Poblacional (Latente exógena)</b>	<b>Biológica (Latente endógena)</b>	<b>Flora Asociada (Latente endógena)</b>	<b>Fauna Asociada (Latente endógena)</b>
Biomasa promedio (g/m <sup>2</sup> ). Densidad (n° frondas/m <sup>2</sup> ). Largo promedio de frondas (cm).	Madurez 1 (n° plantas con estructuras reproductivas maduras). Madurez 2 (n° de plantas con estructuras reproductivas esporuladas). Madurez 3 (n° soros/cm <sup>2</sup> ). Potencial reproductivo (n° esporas/ml). Viabilidad (sobrevivencia esporas en laboratorio)	Riqueza específica. Biomasa promedio (g). Biomasa total (g).	Riqueza específica. Densidad promedio (n° ind/m <sup>2</sup> ). Biomasa promedio (g/m <sup>2</sup> ).

Después del procedimiento de contraste de modelos causales alternativos, y posterior reducción de variables indicadoras, se llevó a cabo un chequeo de unidimensionalidad, el que tiene por finalidad corroborar que las variables manifiestas consideradas en cada constructo latente tienen sentido de pertenencia en dicho constructo. La **TABLA 45** muestra los indicadores  $\alpha$  de Cronbach para los modelos con y sin intervención. A excepción del constructo latente para praderas intervenidas y el biológico para las no intervenidas, los valores son en general altos.

**TABLA 45.** Unidimensionalidad de los constructos latentes.

Variable latente	N° Variables Indicadoras	$\alpha$ Cronbach Intervenidas	$\alpha$ Cronbach No intervenidas
Poblacional	3	0.514	0.62
Biológico	2	0.831	0.40
Flora	3	0.776	0.91
Fauna	3	0.915	0.63

Por otro lado, la **TABLA 46** muestra los índices de bondad de ajuste para los modelos con y sin intervención son aceptables considerando el alto grado de variabilidad existente al combinar bases de datos tan disímiles.

**TABLA 46.** Indicadores de bondad de ajuste para los modelos relacionales de praderas intervenidas y no intervenidas de *M. laminarioides*.

GoF	Modelo praderas intervenidas	Modelo praderas no intervenidas
Absoluto	0.46	0.35
Relativo	0.70	0.66
Modelo externo	0.97	0.97
Modelo interno	0.72	0.67

Los resultados de los ajustes parciales de los modelos internos de regresión se presentan en la **TABLA 47**. Los valores de coeficiente de determinación entre latentes no relativamente bajos, sugiriendo que las relaciones parciales entre constructos latentes son de poco valor predictivo. Sin embargo, en su conjunto estos ajustes parciales determinan un ajuste global razonable para este tipo de modelos. Cabe notar los altos valores de “commonality” (Tememhaus *et al.* 2005) observados, los que reflejan el grado de redundancia, o aporte conjunto de las variables indicadoras, sugiriendo que los bajos ajustes observados no serían producto de ruido introducido por las variables manifiestas, sino una condición estructural de la relación entre variables.

**TABLA 47:** Indicadores de ajuste para el modelo estructural (modelo interno) de los análisis PLSPM para praderas intervenidas y no intervenidas.

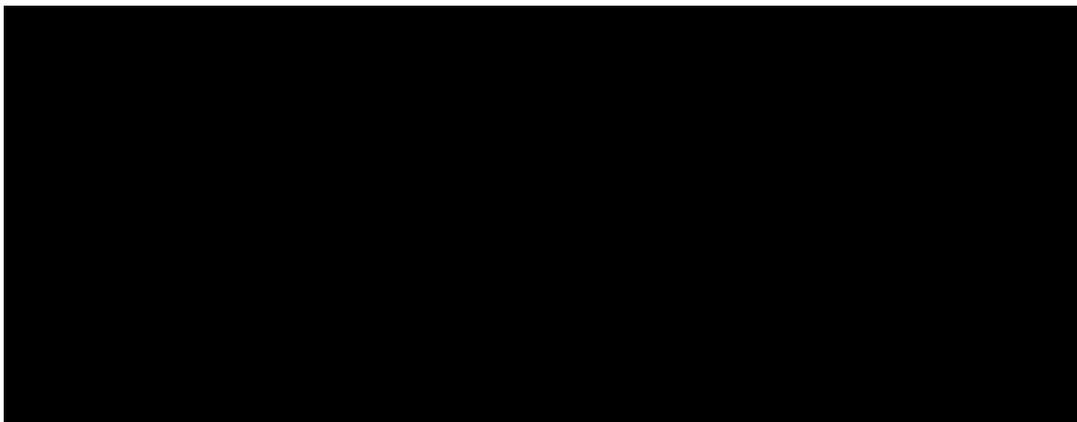
Variable latente	Praderas intervenidas		Praderas no intervenidas	
	R <sup>2</sup>	Commonality	R <sup>2</sup>	Commonality
Poblacional		0.57		0.58
Biológico	0.28	0.83	0.12	0.56
Flora	0.46	0.64	0.16	0.83
Fauna	0.20	0.86	0.29	0.57

La **FIGURA 121** muestra gráficamente estas relaciones, indicando el sentido de la correlación y valor de pendiente para cada vía causal. Se aprecia que praderas intervenidas y no intervenidas, se diferencian estructuralmente en el sentido de la relación existente entre el latente poblacional y los indicadores de diversidad de flora y fauna. Esto sugiere que la condición de intervención tendría un efecto indirecto negativo sobre otras componentes ecológicas del sistema. Posiblemente esto se deba a que la acción de intervención por parte de extractores no sólo se limita a la remoción de algas, sino de otros recursos asociados. También es razonable suponer que la pérdida de biomasa y/o densidad de luga podría reducir la

facilitación del establecimiento y mantención de otras especies, lo que podría sugerir un rol estructurador de esta especie en el paisaje intermareal.

La **TABLA 48** muestra los aportes específicos de las variables indicadoras. El peso refleja la importancia relativa de la variable al modelo global, mientras que la carga refleja el grado de correlación que dicha variable aportó al constructo latente al que pertenece. De estos resultados se desprende que los indicadores más relevantes a monitorear deberían ser la biomasa y densidad poblacional y la proporción de frondas maduras esporuladas para ambos tipos de pradera. La importancia de los indicadores de flora y fauna sólo fueron relevantes en praderas intervenidas.

**TABLA 48.** Parámetros de importancia relativa para modelo externo del análisis PLSPM.



En conclusión, es importante notar que en el proceso de selección de modelos relacionales alternativos, y posterior reducción de complejidad, se obtuvieron estructuras equivalentes tanto para praderas intervenidas como no intervenidas, salvo por el sentido de correlación del modelo estructural interno. Es interesante notar que no se detectaron vías indirectas, lo que favorece la interpretación de la información integrada a partir de bases de datos de distinta naturaleza. En general, se observa que los indicadores poblacionales estarían correlacionados con los indicadores biológicos a nivel de “individuos” de manera independiente

a las relaciones que se establecen con los indicadores de nivel comunitario. Estos a su vez, exhiben cambios en la forma de correlación que podrían ser atribuibles (cualitativamente) al grado de intervención de la pradera considerada.

#### **4.6. DESCRIBIR, IDENTIFICAR Y CARACTERIZAR LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE INVERTEBRADOS ASOCIADOS A PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS (OBJETIVO ESPECÍFICO 6).**

Un punto de referencia, que refleja las modificaciones de las interacciones comunitarias dentro del ecosistema por explotación de alguno de sus componentes, es la riqueza de especies (Caddy & Mahon 1995). En este contexto, las algas carragenófitas albergan una importante diversidad de especies de invertebrados (e.g. *Mazzaella* ver Buschmann 1990; *Chondracanthus chamissoi* ver Vásquez & Vega 2001). Por otra parte, el rol ecológico de las praderas de algas rojas en los ecosistemas marinos litorales ha sido descrito en distintos estudios realizados en la costa de Chile (ver antecedentes en Santelices 1989, Hoffmann & Santelices 1997; Vásquez & Vega 2004; FIP 2006-52). En general, las frondas que forman las praderas de algas rojas son focos naturales de agregación de especies (Santelices 1989, Hoffman & Santelices 1997), lo cual permitiría utilizarlos como unidades de muestreo para monitoreos espaciales y temporales de la biodiversidad a escala local o geográfica de praderas intervenidas y no intervenidas por cosecha extractiva, o para identificar unidades de conservación biológica, tal como ha sido propuesto para huirales en el norte de Chile (Vásquez & Vega, 2005). Estas razones sugieren realizar evaluaciones periódicas en el tiempo (bimensuales), por sitio de estudio, tanto de la biodiversidad de las comunidades bentónicas asociadas a las praderas así como de las comunidades distribuidas en el gradiente intermareal y/o submareal, que forman el patrón de zonación (o entorno de la pradera).

##### **4.6.1. Caracterización de la flora y fauna intermareal y submareal rocosa del entorno de las praderas de algas carragenófitas.**

La caracterización de la flora asociada a las praderas de algas carragenófitas en las áreas de estudio seleccionadas, indica la presencia de 81 taxones, distribuidas en: 2 Cyanophyceae, 10 Chlorophyceae, 40 Rhodophyceae y 15 especies de Phaeophyceae (**TABLA 49**). La

caracterización de la fauna asociada a las praderas de algas carragenófitas intermareales en las áreas de estudio presenta 139 especies, distribuidas en: 4 Cnidaria, 28 Annelida, 3 Nemertea, 1 Plathelmintha, 6 Molusca Bivalvia, 41 Molusca Gastropoda, 11 Poliplacophora, 3 Crustacea Cirripedia, 6 Arthropoda Amphipoda, 1 Arthropoda Cheliceriforme, 24 Arthropoda Decapodos, 6 Arthropoda Peracarida, 2 Echinodermata, 1 Asteroidea, 1 Ophiuroidea y 1 Urochordata (**TABLA 50**).

En general, el litoral rocoso de la V y VI Región está dominado por ambientes intermareales expuestos al oleaje con un patrón de zonación, previamente descrito, que caracteriza la costa central de Chile (Alveal 1970; Santelices 1989; Vásquez & Vega 2004). En este contexto, el límite inferior de la zona intermareal rocosa está definido por un cinturón de algas pardas compuesto por *Lessonia nigrescens* y *Durvillaea antarctica*, donde presentan los máximos de cobertura y de biomasa. La extensión, la abundancia relativa y las interacciones competitivas entre ambas especies dependen del grado de inclinación de la roca y de la exposición al oleaje (Santelices *et al.* 1980). La mayor parte del sustrato disponible entre los discos de *L. nigrescens* y *D. antarctica* está cubierto por una mezcla de distintas especies de algas crustosas calcáreas del Orden Corallinales, que se extienden hacia el submareal somero (entre 1 y 5 m de profundidad; Meneses 1993). Distintos herbívoros, como el erizo negro *Tetrapyrgus niger* y el erizo rojo *Loxechinus albus* son frecuentes bajo el cinturón de algas pardas, donde habitan junto al chitón *Acanthopleura echinata*, el caracol negro *Tegula* spp. y algunas lapas grandes del género *Fissurella*. Los Carnívoros, menos abundantes, aunque recurrentes en esta franja, son la estrella de mar *Heliaster helianthus* y *Stichaster striatus*, las anémonas *Phymacthis clemathis* y *Phymanthea pluvia* y el caracol *Prisogaster niger*.

Las algas frondosas en la franja dominada por algas pardas están ausentes debido al efecto combinado del pastoreo de invertebrados y de la perturbación producida por el barrido de frondas y estipes de *L. nigrescens* sobre la roca (Santelices & Ojeda 1984, Vásquez & Buschmann 1997). Sin embargo, en paredones y plataformas donde el embate de las olas es

recurrente y los herbívoros presentan bajas densidades, se desarrollan parches de especies como *Gelidium* spp, *Chaetomorpha* y *Corallina officinalis*, entre y bajo el cinturón de algas pardas. El carragenophyta *Ahnfeltiopsis* sp aunque también esta presente en el cinturón de algas pardas, es más frecuente cuando la roca esta rodeada de arena.

La franja intermedia, ubicada inmediatamente sobre el cinturón de algas pardas, puede estar 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, es posible encontrar asociaciones de *Ahnfeltiopsis*, *Gelidium*, *Porphyra*, *Centroceras* y *Ulva*. Sin embargo, estas asociaciones de macroalgas están generalmente dominadas en cobertura por el alga carragenofita *Mazzaella laminarioides*, entremezclada con parches con el chorito de *Perumytilus purpuratus*. En paredones verticales con poca exposición a la luz directa, extensos colchones verdes de *Codium dimorphum* monopolizan el sustrato. En hábitats con condiciones intermedias de iluminación, inclinación o exposición al oleaje, es frecuente encontrar parches de macroalgas de diversos tamaños, con distintas combinaciones de especies, principalmente *Mazzaella*, *Montemaria*, *Ulva*, *Gelidium* spp y *Codium*. Los herbívoros más frecuentes en estos niveles intermareales son *Acanthopleura echinata*, *Fissurella* spp. y *Scurria* spp., mientras que *Chiton granosus* puede alcanzar niveles más altos. En grietas y fisuras de los roqueríos es frecuente la presencia de los crustáceos decápodos *Acanthocyclus* spp., *Pachycheles* spp. y *Leptograpsus variegatus*, junto con pequeños parches del bivalvo *Brachidontes granulata*.

La franja intermareal superior está caracterizada por parches de cirripedios *Notochthamalus cirratus* y *Jehlius cirratus*, combinada y a veces reemplazada por el chorito *Perumytilus purpuratus*. Las macroalgas más comunes en esta franja son *Mazzaella laminarioides*, *Ulva*, *Enteromorpha*, *Centroceras* y *Polysiphonia*, aunque a veces forman bandas intermareales monoespecíficas de carácter estacional. Dentro o entre estos parches es común encontrar algunas especies de herbívoros del género *Scurria* o *Fissurella*, junto a anémonas de

mar (*Actinia* indet.). En el límite superior del intermareal, la abundancia relativa de los cirripedios disminuye significativamente, aparecen parches de *Porphyra columbina*, y existe una gran cobertura de sustrato rocoso libre. Los caracoles *Nodilittorina araucana* y *Nodilittorina peruviana*, y la lapa *Fissurella crassa*, junto con *Siphonaria lessoni* se distribuyen en esta franja, de manera agregada y con máximas abundancias alrededor y dentro de grietas. En las rocas expuestas a iluminación directa este nivel de mareas puede presentar costras pardo-rojizas, que es un complejo de macroalgas crustosas no calcáreas, de las cuales la más común es *Hildenbrandtia*.

**TABLA 49.** Biodiversidad florística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.

Especies	V Región				VI Región			
	Lag	Hor	Mon	Qui	Mat	Top	Pich	Buc
<b>CIANOPHYTAS</b>								
<i>Crustosa negra indet</i>		X	X				X	
<i>Cyanophyta indet</i>		X						
<b>CHLOROPHYTAS</b>								
<i>Bryopsis sp</i>		X					X	X
<i>Chaetomorpha linum</i>		X		X		X		
<i>Chaetomorpha sp 1</i>		X	X	X		X		X
<i>Chaetomorpha sp 2</i>							X	
<i>Codium dimorphum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crustosa no-calcarea verde indet</i>		X	X				X	X
<i>Enteromorpha sp 1</i>			X		X	X	X	
<i>Enteromorpha sp 2</i>					X	X		
<i>Rama nova-zelandiae</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Ulva sp</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<b>RHODOPHYTAS</b>								
<i>Acrosorium uncinatum</i>	X							
<i>Anfelthiopsis sp</i>	X				X	X	X	X
<i>Ceramiales indet.</i>							X	
<i>Ceramium rubrum</i>	X	X		X	X	X	X	
<i>Ceramium sp</i>		X	X				X	
<i>Chondracanthus chamissoi</i>							X	X
<i>Chondrus canaliculatus</i>		X						
<i>Coralina officinalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crustosa calcarea indet</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Crustosa roja no-calcarea indet. 1</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crustosa roja no-calcarea indet. 2</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gastroclonium sp</i>	X	X	X			X	X	
<i>Gelidiales indet sp1</i>		X	X	X	X	X	X	
<i>Gelidiales indet sp2</i>	X							
<i>Gelidium chilense</i>		X	X		X	X	X	
<i>Gelidium lingulatum</i>			X	X	X	X		
<i>Gelidium rex</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Gigartina chamissoi</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Gigartina skottsbergii</i>							X	
<i>Grateloupia sp</i>	X		X		X	X	X	
<i>Gymnogongrus furcellatus</i>		X	X	X	X	X	X	
<i>Hildenbrandia sp</i>		X	X	X	X	X	X	
<i>Iridaea lanceolata</i>	X		X		X	X		
<i>Iridaea sp.</i>			X		X	X	X	
<i>Laurencia chilensis</i>	X	X			X	X	X	
<i>Laurencia sp</i>	X		X				X	X
<i>Mazzaella laminarioides</i>	X	X	X	X	X	X		
<i>Plocamium sp</i>	X	X		X	X	X	X	
<i>Polysiphonia sp</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Porphyra columbina</i>	X	X	X	X	X		X	
<i>Porphyra sp.</i>	X	X						

**TABLA 49...**continuación... Biodiversidad florística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.

Especies	V Región					VI Región		
	Lag	Hor	Mon	Qui	Mat	Top	Pich	Buc
<i>Prionitis sp</i>			X		X	X		
<i>Rhodoglossum sp</i>	X	X	X	X		X	X	
<i>Rhodophyta indet. sp 1</i>			X					
<i>Rhodophyta indet. sp 2</i>			X					
<i>Rhodymenia skottsbergii</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Rhodymenia sp</i>	X							
<i>Sarcothalia crispata</i>	X		X			X	X	
<i>Schottera nicaeensis</i>			X		X	X	X	
<i>Scinaia undulata</i>		X				X	X	
<b>PHAEOPHYTAS</b>								
<i>Adenosistis sp</i>	X							
<i>Colpomenia pheodactyla</i>		X						
<i>Colpomenia sp</i>				X				
<i>Crustosa café no-calcarea indet</i>	X		X	X	X	X		
<i>Desmarestia sp</i>	X						X	
<i>Durvillaea antarctica</i>		X		X				
<i>Ectocarpus sp</i>		X		X				
<i>Glossophora kunthii</i>	X	X		X			X	X
<i>Lessonia nigrescens</i>	X		X	X	X	X	X	X
<i>Lessonia trabeculata</i>	X	X	X	X				
<i>Macrocystis integrifolia</i>	X	X		X				
<i>Macrocystis pyrifera</i>					X		X	
<i>Petalonia fascia</i>					X			
<i>Ralfsia sp</i>		X	X	X	X	X		
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		X			X	X		

**TABLA 50.** Biodiversidad faunística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.

Especies	V Región					VI Región		
	Lag	Hor	Mon	Qui	Mat	Top	Pich	Buc
<b>PORIFERA</b>								
<i>Aplysina aerophoba</i>						X		X
<b>CNIDARIA</b>								
<i>Actinia indet. sp. 1</i>	X		X		X	X		
<i>Actinia indet. sp. 2</i>		X						
<i>Actinia indet. sp. 3</i>						X		
<i>Actinia indet. sp. 4</i>			X		X			X
<i>Anemonia alicemartinae</i>	X	X	X	X	X	X		X
<i>Phymactis clematis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phymanthea pluvia</i>					X	X		X
<b>ANNELIDA</b>								
<b>POLYCHAETA</b>								
<i>Nereidae indet.</i>		X						
<i>Phragmatopoma moerchii</i>		X			X	X	X	X
<b>MOLLUSCA</b>								
<i>Acanthonix petiveri</i>						X		X
<i>Acanthopleura echinata</i>							X	X
<i>Acantina monodon</i>					X	X		
<i>Brachidontes granulata</i>	X	X		X	X	X		
<i>Calyptreaea trochiformes</i>	X	X		X			X	X
<i>Chaetopleura peruviana</i>		X			X			
<i>Chiton granosus</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Chiton sp</i>		X						X
<i>Chiton latus</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Concholepas concholepas</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Diloma nigerrima</i>		X						
<i>Enoplochiton niger</i>	X	X	X	X	X	X		X
<i>Fissurella crassa</i>		X		X			X	X
<i>Fissurella cumingi</i>		X			X			X
<i>Fissurella sp. juveniles</i>		X				X	X	X
<i>Fissurella latimargiunata</i>	X	X			X	X		X
<i>Fissurella pulchra</i>				X	X	X		
<i>Littorina araucana</i>	X				X	X	X	X
<i>Littorina peruviana</i>			X	X	X	X		X
<i>Perumitylus purpuratus</i>		X	X		X	X	X	X
<i>Prisogaster niger</i>		X			X	X	X	X
<i>Scurria araucana</i>	X	X	X		X	X	X	X
<i>Scurria ceciliana</i>		X	X		X	X		X
<i>Scurria sp. 1</i>							X	X
<i>Scurria parasitica</i>		X		X				X
<i>Scurria plana</i>	X	X	X		X	X	X	X
<i>Scurria sp. 2</i>			X		X	X	X	X
<i>Scurria viridula</i>		X	X	X				X
<i>Scurria zebrina</i>					X	X		
<i>Semimitylus algosus</i>			X		X	X		X

**TABLA 50...**...continuación... Biodiversidad faunística de ambientes intermareales rocosos en las áreas de estudio de la V y VI Región.

Especies	V Región					VI Región		
	Lag	Hor	Mon	Qui	Mat	Top	Pich	Buc
<i>Siphonaria lessoni</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tegula atra</i>		X		X	X	X	X	X
<i>Tegula euryomphala</i>					X			X
<i>Tegula luctuosa</i>								X
<i>Tegula tridentata</i>						X		
<i>Tonicia chilensis</i>							X	X
<i>Tonicia elegans</i>	X	X		X	X	X		
<i>Tonicia sp</i>		X			X	X	X	X
Vermetidae indet.	X			X				
<b>ARTHROPODA</b>								
<b>ARACHNIDA</b>								
<i>Acari indet.</i>							X	X
<b>CRUSTACEA</b>								
<i>Acanthocyclus gayi</i>							X	X
<i>Anfipoda (Hyale) indet.</i>					X	X		
<i>Anfipoda sp 1 indet.</i>					X	X		
<i>Austromegabalanus psittacus</i>					X			
<i>Balanus cirratus</i>								X
<i>Balanus flosculus</i>	X	X	X	X	X			
<i>Balanus laevis</i>						X		X
<i>Cirripedia sp 1 indet.</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Cirripedia sp 2 indet.</i>			X					
<i>Homalaspis plana</i>			X					
<i>Notochthamalus scabrosus</i>		X	X		X			X
<i>Pachicheles indet.</i>			X		X	X		
<i>Petrolistes violaceus</i>				X	X	X		
<i>Pilumnoides haslerii</i>						X		
<i>Pilumnoides perlatus</i>	X			X	X	X		X
<i>Taliepus dentatus</i>					X	X		
<i>Taliepus sp 1</i>	X					X		
<b>ECHINODERMATA</b>								
<b>ECHINOIDEA</b>								
<i>Loxechinus albus</i>		X		X	X	X	X	X
<i>Tetrapygyus niger</i>	X		X	X				X
<b>ASTEROIDEA</b>								
<i>Heliaster helianthus</i>			X	X	X	X		
<i>Stichaster striatus</i>	X			X	X	X	X	X
<b>BRYOZOA</b>								
<i>Bryozoa indet.</i>			X					
<b>CHORDATA</b>								
<b>UROCHORDATA</b>								
<i>Piura chilensis</i>		X			X	X	X	X
<b>OSTEICHTHYES</b>								
<i>Aphos porosus</i>			X		X	X	X	X
<i>Osteichthyes indet.</i>					X			
<i>Sicyases sanguineus</i>								X

#### **4.6.2. Caracterización de macroinvertebrados asociados a praderas de algas carragenofitas.**

La caracterización de la fauna asociada a praderas de algas carragenófitas se ejecutó de acuerdo al protocolo establecido. La fauna identificada y cuantificada fue integrada a una base de datos. De esta manera, se muestran en la **TABLA 51** los datos recolectados durante los muestreos realizados en todas las campañas integrados a una revisión bibliográfica realizada para establecer la diversidad biológica asociada a praderas de algas. En la revisión bibliográfica se han incorporado otras especies (algas e invertebrados) que cumplen un rol ecológico semejante al descrito para algas carragenófitas. En general, la diversidad de especies asociadas a estos organismos modificadores del hábitat comunes en los ambientes rocosos costeros de Chile es de 324 Taxas: representados en 10 Porifera, 11 Cnidaria, 2 Plathelminthes, 1 Nematoda, 5 Nemertea, 70 Annelida (oligoquetos y poliquetos), 92 Molusca (Bivalvia y Gastropoda), 121 Arthropoda, 1 Echiurida, 2 Echinodermata, 2 Holothuroidea y 4 Urochordata (**TABLA 51**).

**TABLA 51.** Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIP
<b>PORIFERA</b>											
<i>Clionopsis platei</i> Thiele, 1905											
<i>Halichondria prostata</i> Thiele, 1905											
Porifera <i>indet.</i>		X			X						X
Porifera <i>indet.</i> sp. 1											
Porifera <i>indet.</i> sp. 2											
Porifera <i>indet.</i> sp. 3											
Porifera <i>indet.</i> sp. 4											X
Porifera <i>indet.</i> sp. 5											X
Porifera <i>indet.</i> sp. 6											X
Porifera <i>indet.</i> sp. 7											X
<b>CNIDARIA</b>											
<i>Actinia</i> sp.	X	X			X			X		X	X
<i>Anemonia alicemartinae</i> Haeuss & Foers, 2001											X
<i>Anemonia</i> <i>indet.</i> sp. 1											X
<i>Anemonia</i> <i>indet.</i> sp. 2											X
<i>Anemonia</i> <i>indet.</i> sp. 3											X
<i>Anemonia</i> <i>indet.</i> sp. 4											X
<i>Antholoba achatas</i> Countony, 1846	X	X			X	X	X				
<i>Anthothoe chilensis</i> (Lesson, 1830)	X	X			X						
Hydrozoa <i>indet.</i>								X			
<i>Phymactis clematis</i> (Drayton, 1846)	X		X			X					X
<i>Phymanthea pluvia</i> (Drayton in Dana, 1846)											X
<b>PLATHYELMINTES</b>											
Nudibranchia blanco <i>indet.</i>											X
Tricladida <i>indet.</i>	X	X			X						X
<b>NEMATODA</b>											
Nematoda <i>indet.</i>		X	X			X	X				X
<b>NEMERTEA</b>											
<i>Amphiporus nelsoni</i> Sanchez, 1973								X			
<i>Lineus atrocaeruleus</i> (Schmarda, 1859)								X			
<i>Lineus</i> sp.	X	X			X						
Nemertea <i>indet.</i> sp. 1	X	X			X	X					X
Nemertea <i>indet.</i> sp. 2								X			X
<b>ANNELIDA</b>											
<b>Acrocirridae</b>											
Acrocirridae <i>indet.</i>	X							X			
<b>Aphroditoidea</b>											
<i>Halosydna parva</i> Kinberg, 1955	X	X			X						
<i>Halosydna patagonica</i> Kinberg, 1855								X			
<i>Halosydna</i> sp.								X			
Polynoidae sp 1 <i>indet.</i>	X	X			X						
Poynoidae sp 2 <i>indet.</i>		X			X						
<b>Capitelidae</b>											
Capitelidae <i>indet.</i>	X							X	X		
<i>Mediomastus branchiferus</i> Hartman-Schr, 1962											
<b>Cirratulidae</b>											
Cirratulidae <i>indet.</i>		X		X	X		X	X	X		
<i>Dodecaceria</i> sp.	X	X			X						

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<b>Chaetopteridae</b>											
<i>Chaetopterus</i> sp.				X	X						
<b>Eunicidae</b>											
<i>Eunicidae</i> indet.		X						X			
<i>Marphysa aenea</i> (Blanchard, 1849)							X				
<i>Marphysa</i> sp.	X	X	X		X						
<b>Flabelligeridae</b>											
<i>Flabelligeridae</i> indet.					X			X	X	X	
<b>Glyceriformia</b>											
<i>Glyceridae</i> indet.	X				X			X	X	X	
<b>Hesionidae</b>											
<i>Hesionidae</i> indet.					X						
<b>Lumbrineridae</b>											
<i>Lumbrineridae</i> indet.	X							X	X	X	
<i>Lumbrineris magalhaensis</i> (Kinberg, 1865)							X				
<i>Lumbrineris</i> sp.	X	X			X						
<b>Maldanidae</b>											
<i>Branchiomaldane</i> sp.					X						
<i>Maldanidae</i> indet.					X			X	X	X	
<b>Nephtyidae</b>											
<i>Nephtyidae</i> indet.	X							X	X		
<b>Nereidiformia</b>											
<i>Nereidae</i> indet.	X						X	X	X	X	X
<i>Nereis calloana</i> (Kinberg, 1866)					X						
<i>Nereis grubei</i> (Grube, 1857)		X			X						
<i>Nereis</i> sp.								X			
<i>Perinereis falklandica</i> (Ramsay, 1914)					X		X				
<i>Perinereis</i> sp.								X			
<i>Platynereis australis</i> (Schmarda, 1861)	X	X		X	X						
<i>Pseudonereis gallapaguensis</i> (Kinberg, 1866)					X		X				
<b>Oeonidae</b>											
<i>Arabella cincta</i> Hartmann-Schröder, 1962							X				
<i>Arabella</i> sp.	X	X			X						
<i>Arabellidae</i> indet.	X	X			X						
<b>Oligochaeta</b>											
<i>Oligochaeta</i> indet.							X				X*
<b>Orbiniidae</b>											
<i>Orbiniella</i> sp.								X			
<i>Orbiniidae</i> indet.		X			X			X	X	X	
<i>Protoariciella</i> sp. 1								X			
<i>Protoariciella</i> sp. 2								X			
<b>Phyllodocidae</b>											
<i>Eulalia</i> sp.	X	X			X		X				
<i>Phyllodocidae</i> indet.		X									
<b>Sabellaridae</b>											
<i>Phragmatopoma moerchi</i> Kinberg, 1867	X	X			X						X
<i>Sabellaridae</i> indet.	X							X		X	
<b>Sabellidae</b>											
<i>Fabricia</i> sp.								X			
<i>Oriopsis</i> sp.								X			

**TABLA 51.** Continuación.... Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
Sabellidae <i>indet.</i>		X			X			X	X		
Sabellidae <i>indet. sp. A</i>											
Spirorbidae <i>indet.</i>		X									
<b>Scalebregmatidae</b>											
<i>Hyboscolex sp.</i>								X			
Scalebregmatidae <i>indet.</i>					X						
<b>Serpulidae</b>											
<i>Romanchella sp.</i>											
Serpullidae <i>indet.</i>				X							
<b>Sigalionidae</b>											
Sigalionidae <i>indet.</i>		X			X						
<b>Spionidae</b>											
<i>Boccardia chilensis</i> Blake & Woodwick, 1971	X	X			X						
<i>Boccardia tricuspa</i> (Hartman, 1939)							X				
<i>Polydora sp.</i>		X			X						
<i>Rynchospio sp.</i>					X						
<i>Scoletepis sp.</i>		X									
Spionidae <i>indet.</i>		X			X			X	X		
<b>Sternaspidae</b>											
Sternaspidae <i>indet.</i>	X							X			
<b>Syllidae</b>											
<i>Sphaerosyllis sp.</i>								X			
Syllidae <i>indet.</i>		X			X			X	X	X	
<i>Typosyllis filidentata</i> Hartmann-Schröder, 1962							X				
<i>Typosyllis magdalena</i> (Wesenberg-Lund, 1961)							X				
<i>Typosyllis sp. A</i>							X				
<b>Terebellidae</b>											
<i>Pista sp.</i>					X						
Polichaeta <i>indet.</i>											X*
<i>Polycirrus sp.</i>	X	X			X						
<i>Terebella indet.</i>							X				
Terebellidae <i>indet.</i>		X		X	X						
<i>Thelepus sp.</i>		X			X						
<b>MOLLUSCA</b>											
<b>Bivalvia</b>											
<i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck, 1819)	X							X	X		
<i>Aulacomya ater</i> (Molina, 1782)	X	X		X	X		X				X
<i>Brachidontes granulata</i> (Hanley, 1843)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Carditella tegulata</i> (Reeve, 1843)		X			X					X	X
<i>Chama pelucida</i> Broderip, 1835		X									X
<i>Entodesma cuneata</i> (Gray, 1828)	X	X			X			X			
<i>Kellia tumbesiana</i> (Stempel, 1899)	X	X			X						
<i>Lasaea petitiana</i> (Récluz, 1843)							X				
<i>Linucula pisum</i> (Sowerby, 1833)		X			X						
<i>Perumytilus purpuratus</i> (Lamarck, 1819)	X		X						X		X
<i>Petricola rugosa</i> (Sowerby, 1834)		X									
<i>Protothaca thaca</i> (Molina, 1782)		X			X						
<i>Semimytilus algosus</i> (Gould, 1850)	X	X	X		X	X	X	X		X	X
Veneridae <i>indet.</i>		X			X						

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<b>Gastropoda</b>											
<i>Acanthina monodon</i> (Pallas, 1774)						X					X
<i>Aeneator fontainei</i> (Orbigny, 1842)		X			X						
<i>Agathotoma ordinaria</i> (Smith, 1882)		X			X					X	
<i>Caecum</i> sp.								X			
<i>Calyptraea trochiformis</i> (Born, 1778)	X	X			X						X
<i>Cerithiopsis</i> sp.		X		X				X		X	
<i>Ciclostremiscus trigonatus</i> (Carpenter, 1857)					X						
<i>Cilara secalina</i> (Phillipi, 1846)					X						
<i>Colisella</i> sp.											X
<i>Concholepas concholepas</i> (Bruguiere, 1789)	X	X	X		X						X
<i>Concholepas concholepas</i> juvenil											X
<i>Crassilabrum crassilabrum</i> (Sowerby, 1832)		X			X	X		X	X	X	
<i>Crepidula coquimbensis</i> Brown & Oliv, 1996		X			X						
<i>Crepidula dilatata</i> (Lamarck, 1822)											X
<i>Crepidula</i> sp.	X	X	X	X	X	X					X
<i>Crucibulum quiriquinae</i> (Lesson, 1830)			X		X						X
<i>Dendropoma</i> sp.		X									
<i>Diloma nigerrima</i> (Gmelin, 1791)	X										X
<i>Eatoniella latina</i> Marincovich, 1973	X	X			X			X	X	X	X
<i>Epitonium</i> sp.					X						
<i>Fissurella costata</i> juvenil Lesson 1831											X
<i>Fissurella costata</i> Lesson, 1830	X				X						X
<i>Fissurella crassa</i> (Lamarck, 1822) juvenil											X
<i>Fissurella crassa</i> Lamarck, 1822	X										X
<i>Fissurella cumingi</i> (Reeve, 1849)											X
<i>Fissurella cumingi</i> (Reeve, 1849)											X
<i>Fissurella latimarginata</i> Sowerby 1835 juvenil											X
<i>Fissurella latimarginata</i> Sowerby, 1835	X										X
<i>Fissurella limbata</i> Sowerby, 1835	X										
<i>Fissurella maxima</i> Sowerby, 1835	X									X	X
<i>Fissurella peruviana</i> Lamarck, 1822		X			X						
<i>Fissurella pulchra</i> Sowerby 1835											X
<i>Fissurella</i> sp. juvenil	X	X				X		X	X		X*
Gastropoda <i>indet.</i> sp. 1						X					
Gastropoda <i>indet.</i> sp. 2						X					
Gastropoda <i>indet.</i> sp. 3						X					
<i>Liotia cancellata</i> (Gray, 1828)		X			X					X	
<i>Littorina araucana</i> (Orbigny, 1840)											X
<i>Littorina peruviana</i> (Lamarck, 1822)											X
<i>Lottia</i> sp.											X
<i>Margarella violacea</i> (King & Broderip, 1831)				X							
<i>Mitrella</i> sp.											
<i>Mitrella unifasciata</i> (Sowerby, 1832)	X	X			X			X	X	X	
<i>Nacella mytilina</i> (Helbling, 1779)				X							X
<i>Nassarius gayi</i> (Kiener, 1835)		X			X	X		X	X	X	
<i>Nassarius</i> sp.											
<i>Pareuthria plumbea</i> (Phillipi, 1944)				X							
<i>Pareuthria ringei</i> (Strebel, 1905)				X							
<i>Pareuthria</i> sp.				X							

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<b>Gastropoda</b>											
<i>Priene scabrum</i> (King 1831)		X			X						
<i>Prisogaster niger</i> (Wood, 1828)	X	X			X	X		X	X	X	X
<i>Rissoina inca</i> Orbigny, 1840		X			X						
<i>Salitra radwini</i> Marincovich, 1973											
<i>Scurria araucana</i> (Orbigny, 1839)											
<i>Scurria araucana</i> (Orbigny, 1841)											X
<i>Scurria bohmita</i> (Ramirez-Bohme, 1974)											
<i>Scurria ceciliania</i> (D'Orbigny 1841)						X					X
<i>Scurria indet.</i> sp. 1											X
<i>Scurria indet.</i> sp. 2											X
<i>Scurria indet.</i> sp. 3											X
<i>Scurria indet.</i> sp. 4											X
<i>Scurria indet.</i> sp. 5											X
<i>Scurria orbigny</i> (Dall, 1909)											
<i>Scurria parasitica</i> (D'Orbigny 1835)											X
<i>Scurria plana</i> (Philippi, 1846)											X
<i>Scurria plana</i> Philippi, 1846											
<i>Scurria scurra</i> (Lesson, 1830)	X	X	X	X	X	X					X
<i>Scurria silvana</i> Ramirez, 1974											
<i>Scurria sp.</i>	X	X			X						X*
<i>Scurria viridula</i> (Lamarck, 1819)											X
<i>Scurria zebrina</i> (Lesson 1830)											X
<i>Siphonaria lessoni</i> (Blainville, 1824)	X		X								X
<i>Tegula atra</i> (Lesson, 1830)	X		X		X	X					X
<i>Tegula euryomphala</i> (Jones 1844)											X
<i>Tegula luctuosa</i> (D'Orbigny, 1841)	X	X			X			X	X	X	X
<i>Tegula quadricostata</i> (Wood, 1828)		X			X						
<i>Tegula sp.</i>								X			X*
<i>Tegula tridentata</i> (Potiez & Michaud, 1838)	X	X			X						X
<i>Thais haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)					X						
<i>Tricolia macleani</i> Marincovich, 1973	X		X		X			X	X	X	
<i>Tricolia umbilicata</i> (Orbigny, 1840)		X									
<i>Trimusculus peruvianus</i> (Sowerby, 1835)											X
<i>Triphora sp.</i>		X			X						
<i>Trophon laciniatus</i> (Martyn, 1789)					X						
<i>Turritella cingulata</i> Sowerby, 1825		X			X			X	X		
<i>Tyrinna nobilis</i> Bergh 1898											
Vermetidae <i>indet.</i>											X*
<i>Xanthochorus cassidiformis</i> (Blainville, 1832)		X									
<i>Ximenopsis falklandica</i> (Strebel, 1908)					X						
<b>Opisthobranchiata</b>											
<i>Anisodoris rudberghi</i> Marcus & Marcus, 1967		X									
Opisthobranchiata <i>indet.</i>		X									
<b>Cephalopoda</b>											
<i>Octopus sp.</i>	X										
<b>POLYPLACOPHORA</b>											
<i>Achanthopleura echinata</i> (Barnes, 1823)	X	X			X						X
<i>Amphineura sp.</i>	X				X						
<i>Callistochiton viviparus</i> Plate, 1902	X										

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<i>Chaetopleura peruviana</i> (Lamarck, 1819)	X										
<i>Chiton cumingsii</i> Frembly, 1827	X	X			X						
<i>Chiton granosus</i> Frembly, 1927	X										X
<i>Chiton indet.</i>											X
<i>Chiton latus</i> Sowerby 1825											X
<i>Chiton magnificus</i> Deshayes 1844											X
<i>Chiton sp.</i>					X						X*
<i>Chiton sp. 1</i>											X
<i>Chiton sp. 2</i>											X
<i>Chiton sp. 3</i>											X
<i>Chiton sp. 4</i>											X
<i>Chiton sp. 5</i>											X
<i>Enoplochiton niger</i> (Barnes, 1824)	X										X
<i>Tonicia elegans</i> (Frembly, 1828)											X
<i>Tonicia rosada</i>											X
<i>Tonicia sp.</i>	X	X	X		X						X*
<b>ARTHROPODA</b>											
<b>Decapoda</b>											
<i>Acanthocyclus gayi</i> Milne Edw & Lucas, 1844	X		X								X
<i>Acanthocyclus haslerii</i> Rathbun, 1898	X	X	X	X							X
<i>Acanthonix petiveri</i> (H. Milne Edwards, 1834)								X		X	X
<i>Acanthonix sp.</i>											X
<i>Acari indet.</i>											X
<i>Allopetrolisthes angulosus</i> (Guerin, 1835)	X	X	X		X						X
<i>Allopetrolisthes punctatus</i> (Guerin, 1835)	X		X								X
<i>Allopetrolisthes spinifrons</i> (Milne Edw, 1835)	X	X	X		X						X
<i>Alpheidae indet.</i>		X			X						X
<i>Alpheus chilensis</i> Coutiere, 1902	X		X								
<i>Alpheus inca</i> Wicksten & Mendez, 1981		X			X						
<i>Anthuridae indet.</i>								X	X		X
<i>Betaeus emarginatus</i> (Milne Edwards, 1837)		X			X						X
<i>Betaeus truncatus</i> Dana, 1852					X						
<i>Brachyura indet.</i>											X
<i>Campylonotus vagans</i> (Bate, 1888)					X						
<i>Cancer setosus</i> Fabricius, 1798	X							X		X	
<i>Cyclograpsus cinereus</i> (Dana, 1851)								X			
<i>Cyclograpsus sp.</i>											X
<i>Eualus dozei</i> (Milne Edwards, 1891)		X			X						
<i>Gaudichaudia gaudichaudii</i> (Milne Edw, 1834)	X	X			X						
<i>Halicarcinus planatus</i> (Fabricius, 1775)		X		X	X			X		X	
<i>Heterocarpus reedi</i> Bahamonde, 1955	X									X	
<i>Hippolyte williamsi</i> Schmitt, 1924		X			X						X
<i>Homalaspis plana</i> (Milne Edwards, 1834)	X	X			X						X
<i>Hyle sp.</i>											X
<i>Isopoda indet.</i>											X
<i>Latreutes antiborealis</i> Holthius, 1952		X			X			X	X		
<i>Leptograpsus variegatus</i> (Fabricius, 1793)								X			X
<i>Liopetrolisthes mitra</i> (Dana, 1852)	X	X			X						X
<i>Megalobrachium peruvianum</i> Haig, 1960		X			X						
<i>Munida subrugosa</i> (White, 1847)					X						

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<i>Nauticaris magellanica</i> (H. Milne Edw, 1888)		X		X							
<i>Acanthonix petiveri</i> (H. Milne Edwards, 1834)											X
<i>Pachicheles</i> sp.											X
<i>Pachycheles chilensis</i> Carvacho, 1968	X	X			X						X
<i>Pachycheles crinimanus</i> Haig, 1960					X						
<i>Pachycheles grossimanus</i> (Guerin, 1835)	X	X	X		X						X
<i>Paguristhes tomentosus</i> (H. Milne Edw, 1848)					X						
<i>Pagurus comptus</i> White, 1847	X	X			X						
<i>Pagurus edwardsii</i> (Dana, 1852)		X			X						
<i>Pagurus forceps</i> (Milne Edwards, 1836)				X							
<i>Pagurus gaudichaudii</i> H. Milne Edw., 1836								X			
<i>Pagurus</i> sp.											
<i>Pagurus villosus</i> Nicolet, 1849	X	X			X			X	X	X	
<i>Panopeus chilensis</i> Milne Edw & Lucas, 1843	X										
<i>Paralomis granulosa</i> (Jaquinot, 184?)				X							
<i>Paraxhantus barbiger</i> (Poeppig, 1836)	X	X			X						
<i>Petrolisthes desmaresti</i> (Guerin, 1835)		X			X						X
<i>Petrolisthes laevigatus</i> (Guerin, 1835)											
<i>Petrolisthes tuberculatus</i> (Guerin, 1835)	X		X		X						X
<i>Petrolisthes tuberculosus</i> (Milne Edw, 1837)	X	X	X								X
<i>Petrolisthes violaceus</i> (Guerin, 1831)	X										X
<i>Pilumnoides hassleri</i> A. Milne Edwards, 1880											X
<i>Pilumnoides perlatus</i> (Poeppig, 1836)	X	X	X		X			X			X
<i>Pinnixa bahamondei</i> Garth, 1957					X						
<i>Pinnotheres politus</i> Smith, 1870	X	X			X						
<i>Pisoides edwardsii</i> (Bell, 1835)	X	X			X						
<i>Rhynchocynetes typus</i> H. Milne Edwards 1837	X	X			X						
<i>Synalpheus spinifrons</i> (Milne Edwards, 1837)	X	X			X			X	X	X	
<i>Taliepus dentatus</i> (Milne Edwards, 1834)	X	X			X			X	X	X	X
<i>Taliepus marginatus</i> (Bell, 1835)	X	X			X			X			X
<b>Ostracoda</b>											
<i>Asteropella rotundicostata</i> (Hartmann, 1965)					X						
<i>Miodocopa</i> indet.		X			X						
<b>Peracarida</b>											
<u>Amphipoda:</u>											
<i>Ampelisca</i> sp. A					X						
<i>Amphipoda</i> indet.	X	X	X								X
<i>Amphithoidae</i> indet.				X							
<i>Aora</i> sp.					X			X			
<i>Aora typica</i> Kröyer, 1845	X	X			X						
<i>Caprella equilibra</i> Say, 1818		X			X						
<i>Caprella penantis</i> Leach, 1814		X			X						
<i>Caprella</i> sp.		X						X	X	X	X*
<i>Corophium</i> sp.		X							X	X	
<i>Elasmopus chilensis</i> Walker, 1913		X			X						
<i>Elasmopus</i> sp.					X						
<i>Elasmopus</i> sp. A		X			X						
<i>Ericthonius brasiliensis</i> Dana, 1852	X	X			X						
<i>Gammaridae</i> sp.				X				X		X	X*
<i>Gammaropsis typica</i> Chilton, 1884	X	X			X						

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<i>Gammaropsis typica</i> sp A	X				X						
<i>Gammaropsis typica</i> , var. Y					X						
<i>Hyale grandicornis</i> (Kröyer, 1845).	X										
<i>Hyale hirtipalma</i> Dana 1852	X				X						
<i>Hyale maroubrae</i> Stebbing, 1899											
<i>Hyale media</i> (Dana, 1853)											
<i>Hyale rubra</i> (Thompson, 1879)								X	X	X	
<i>Hyale</i> sp.								X			X*
<i>Ischyrocerus longimanus</i> (Haswll, 1880)		X			X						
<i>Ischyrocerus menziesii</i> (Menzies, 1962)	X										
<i>Lysianassa</i> sp. A					X						
<i>Paramoera</i> sp. A					X						
<i>Perampithoe femorata</i> (Kroyer, 1845)	X	X			X						
<i>Stenothoe</i> sp. A		X						X			
<i>Ventojassa frequens</i> (Chilton, 1883)	X	X			X						
<u>Isopoda:</u>											
<i>Amphoroidea tya</i> Milne Edwardsi, 1840	X	X									
<i>Cymodocella foveolata</i> Menzies, 1962	X										
<i>Dynamenella eatoni</i> (Miers, 1875)					X						
<i>Dynamenella</i> sp.								X			
<i>Exosphaerona studeri</i> Vanhoffen, 11914					X						
<i>Ischyromene tuberculata</i> (Menzies, 1962)											
<i>Isocladus</i> sp.											
Isopoda <i>indet.</i>	X	X	X		X			X	X	X	X*
<i>Jaeropsis bidens</i> Menzies, 1962								X			
<i>Joeropsis bidens</i> Menzies, 1962	X				X						
<i>Phycolimnoria</i> sp.											
<i>Pseudosphaeroma lundae</i> (Menzies, 1962)											
<i>Santia dimorphis</i> (Menzies, 1962)	X										
<i>Vermectias</i> sp. A											
<u>Tanaidacea:</u>											
<i>Tanaid</i> sp. B	X										
<i>Tanaid</i> sp. C		X			X						
Tanaidacea <i>indet.</i>		X			X			X	X	X	X*
<i>Tanais marmoratus</i> Nordenstam, 1930	X										
<u>Pygnogonida:</u>											
<i>Achelia assimilis</i> (Haswell, 1884)	X										
<i>Pygnogonida</i> <i>indet.</i>											
<i>Bircenna fulva</i> Chilton 1884					X						
<i>Crassidinopsis emarginata</i> (Guerin-Men, 1875)					X						
<i>Eusiridae</i> sp.					X						
<i>Gitanopsis</i> sp. A		X									
<i>Ianaropsis tridens</i> Menzies, 1962					X						
<i>Ianiropsis chilensis</i> Menzies, 1962	X	X									
<i>Leucothoe</i> sp. A		X									
<i>Limnoria chilensis</i> Menzies, 1962	X	X	X	X	X						
<i>Maera incerta</i> Chilton, 1883	X	X			X						
<i>Melita inaequistylis</i> Dana 1852					X						
<i>Orchestia</i> sp.											
<i>Valvigeria</i> <i>indet.</i>	X									X	

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<b>Cirripedia</b>											
<i>Austromegabalanus psittacus</i> (Molina, 1782)	X	X	X		X						X
<i>Balanus flosculus</i> Darwin, 1854	X	X	X								X
<i>Balanus laevis</i> Darwin, 1854	X	X			X				X		X
<i>Balanus psittacus</i> (Molina)	X										
<i>Cirripedia indet.</i>											X
<i>Jhelius cirratus</i> (Darwin, 1854)	X		X								X
<i>Notochthamalus scabrosus</i> (Darwin, 1854)	X										X
<i>Verruca laevigata</i> (Sowerby, 1827)	X	X			X						
<b>Insecta</b>											
Crisalida Diptera <i>indet.</i>											X
<b>ECHIURIDA</b>											
Echiurida <i>indet.</i>					X						X*
<b>BRYOZOA</b>											
Bryozoa Membraniphora											
Bryozoa <i>indet.</i> sp. 1											X
Bryozoa <i>indet.</i>	X	X			X						X*
<b>ECHINODERMATA</b>											
<b>Echinoidea</b>											
<i>Athyonidium chilensis</i> (Semper, 1868)	X										
<i>Loxechinus albus</i> Molina, 1782	X	X			X			X		X	X
<i>Pseudechinus magellanicus</i> (Phillipi, 1857)					X						
<i>Tetrapyrgus niger</i> Molina, 1782	X	X	X		X			X		X	X
<b>Asteroidea</b>											
<i>Anasterias antarctica</i> (Lutcken, 1856)					X						
<i>Heliaster helianthus</i> (Lamarck, 1816) juvenil											X
<i>Heliaster helianthus</i> (Lamarck, 1816)	X										X
<i>Meyenaster gelatinosus</i> (Meyen, 1834)	X	X			X			X		X	
<i>Odontaster penicillatus</i> (Philippi, 1870)					X						
<i>Patiria chilensis</i> (Lutken, 1859)	X	X			X			X			
<i>Patiria obesa</i> (Clarck, 1910)					X						
<i>Patiriella fimbrinata</i> (Perrier, 1876)					X						
<i>Porania antarctica</i> Smith, 1876					X						
<i>Stichaster striatus</i> Muller & Troschel, 1840	X	X									X
<i>Stichaster striatus</i> juvenil											X
<b>Ophiuroidea</b>											
<i>Austrocidaris canaliculata</i> (A. Agassiz, 1863)					X						
<i>Ophiactis asperulata</i> (Philippi, 1858)					X						
<i>Ophiactis carnosus</i> Lyman, 1879					X						
<i>Ophiactis chilensis</i> (Philippi, 1858)	X										
Ophiuroidea <i>indet.</i>		X			X			X	X	X	X*
<b>Holoturoidea</b>											
<i>Athyonidium chilensis</i> (Semper, 1868)	X										
<i>Patallus mollis</i> (Selenka, 1868)	X										
<b>Opisthobranchia</b>											
<i>Diaulula variolata</i> (D'Orbigny, 1837)											
<i>Thecacera darwini</i> Pruvot-Fol, 1950											
<i>Tyrinna nobilis</i> . Bergh, 1898											

**TABLA 51.** Continuación...Diversidad faunística asociada a distintas especies modificadoras del hábitat presentes en la V y IV Región. FIP indica Praderas de algas Carragenofitas intermareales.

TAXA	Especies modificadoras de habitat										
	Ln	Lt	Da	Mp	Mi	Pm	Pp	Co	Gk	Hp	FIPi
<b>UROCHORDATA</b>											
<b>Ascidiacea</b>											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 1											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 1											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 2											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 3											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 3											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 4											
<i>Ascidea indet.</i> sp. 4											
<i>Ciona intestinalis</i> Linnaeus, 1767			X			X					
<i>Didemnidae indet.</i>											
<i>Distaplia</i> sp											
<i>Pyura chilensis</i> Molina 1782	X	X	X			X					X
<i>Styela melincae</i> Arnback, 1929					X						
<i>Tunicata indet.</i>						X					
<b>CHORDATA</b>											
<i>Aphos porosus</i> (Valenciennes, 1837)											X
<i>Myxodes viridis</i> Valenciennes 1836											X
<i>Gobiesox marmoratus</i> Jenyns, 1842											
<i>Syciases sanguineus</i> Müller & Troschel 1843											X
<i>Tripterygion</i> sp.											

<i>Lessonia nigrescens</i>	Ln
<i>Lessonia trabeculata</i>	Lt
<i>Durvillaea antarctica</i>	Da
<i>Macrocystis pyrifera</i>	Mp
<i>Macrocystis integrifolia</i>	Mi
<i>Phragmatopoma mercherii</i>	Pm
<i>Perumytilus purpuratus</i>	Pp
<i>Corallina officinalis</i>	Co
<i>Glossophora kunthii</i>	Gk
<i>Halopteris paniculata</i>	Hp
<i>Asparagopsis armata</i>	Aa
Algas pardas FIP 2006-25 Pradera <i>Mazzaella</i>	FIPi
Especies en proceso de identificación	X*

Un estudio realizado recientemente demostró que la composición, distribución y abundancia de especies en las comunidades intermareales del área de estudio varía significativamente en función de la escala espacial y temporal (Broitman *et al.* 2011). En concordancia con otros estudios enfocados en comprender la dinámica temporal y espacial de la

diversidad de especies a lo largo del litoral central de Chile (e.g. Broitman *et al.* 2011), nuestros resultados no muestran un patrón definido en el gradiente latitudinal de la V y VI Región, encontrándose localidades con distintos valores de diversidad y abundancia de especies. De acuerdo a otros autores, a gran escala deberían encontrarse complejos patrones de variación, con algunos sectores costeros con alta riqueza de especies y otros con baja riqueza (Rivadeneira *et al.* 2002). Esto se debe a que perturbaciones naturales y antropogénicas pueden actuar en sinergia sobre las especies litorales a escala local (e.g., disponibilidad de nutrientes, temperatura del agua, topografía); las cuales además, suelen estar asociadas a otras perturbaciones que se manifiestan a gran escala (e.g., eventos de surgencia costera, Evento Niño Oscilación Sur), tal como el Maremoto 27.02.10 (Castilla *et al.* 2010) que afectó tanto al litoral de la VI Región así como de la V Región. Por otra parte, las condiciones oceanográficas costeras locales generan un flujo de nutrientes hacia la costa que varía en el gradiente latitudinal produciendo distintas condiciones ambientales (Broitman *et al.* 2011), cuyo efecto se refleja en la diversidad y abundancia de especies asociada a cada pradera monitoreada.

En conclusión, nosotros detectamos una variación espacial y temporal en la diversidad de especies asociadas a las praderas de carragenófitas monitoreadas a lo largo de la V y VI región. Esta variabilidad está determinada por procesos bióticos (e.g. predación o competencia) y abióticos (e.g. disponibilidad de nutrientes) locales regulados por factores climáticos (e.g. El Niño Oscilación del Sur) o perturbaciones naturales (e.g. maremoto 27.02.10) y/o antropogénicas (e.g. turismo, cosecha de algas, mariscadores, urbanismo) que actúan en sinergia produciendo una matriz de paisajes en distintos estados sucesionales (Broitman *et al.* 2011), que dan forma a la diversidad del área de estudio.

#### **4.7. CARACTERIZAR Y CUANTIFICAR EL ESFUERZO PESQUERO APLICADO SOBRE LAS ALGAS (ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS, ESTACIONALIDAD DEL TRABAJO, ARTE DE PESCA, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA) (OBJETIVO ESPECÍFICO 7).**

##### **4.7.1. Analisis histórico de los desembarques a nivel nacional y en el área de estudio (V y VI Regiones**

**A nivel Nacional.** El registro de desembarque de Luga Luga a nivel nacional se inicia en 1980 alcanzando un volumen total de 5.325 ton. Para 1981 el volumen casi se triplica (14.630 ton) con aporte de sólo 3 regiones (IV, VIII y X) y al año siguiente se registra una caída sensible en el volumen (7.080 ton) a pesar de que se incorporan más regiones (VI, VI, VII, VIII, IX y X). Desde 1983, y hasta 2009, se produce un incremento notorio en el volumen de desembarco que, aunque con fluctuaciones, se mantiene por arriba de 20.000 ton. Situaciones excepcionales se registran en 1990 con un incremento hasta las 46.338 ton y en 1992 cuando cae a solo 9.325 ton solamente. De 1993 a 2001 los volúmenes de desembarco oscilan entre las 20 y 40 mil ton, fecha en la que se realiza un ajuste significativo en la denominación del recurso como se describe a continuación.

Desde 1980 y hasta 1999, el recurso fue denominado como Luga Luga incluyendo a todas las especies de *Iridaea* recolectadas. A partir de 2000 se reconoce que este recurso incluye a las especies de *Mazzaella* a partir de modificaciones nomenclaturales realizadas por los expertos. O sea las *Iridaea* fueron reclasificadas y reconocidas como entidades taxonómicas distintas (e.g. *Iridaea ciliata* como *Sarcothalia crispata*, *Iridaea laminarioides* como *Mazzaella laminarioides*). En 2001 se incluye a otra luga, la Luga Roja que corresponde a *Gigartina skottsbergii*, antes incluida en la Chicorea de mar (*Gigartina chamissoi* ahora reconocida como *Chondracanthus chamissoi*).

A partir de 2002, dentro de las lugas son reconocidas cuatro especies:

Luga-Luga *Mazzaella membranacea*

Luga-Roja *Gigartina skottsbergii*

Luga negra o crespa *Sarcothalia crispata*

Luga cuchara o corta *Mazzaella laminarioides*

Sin embargo, en los registros de desembarco la Luga Luga desaparece y los volúmenes diferenciados solo se atribuyen a las otras tres especies como se muestra en la **FIGURA 122**.

No obstante lo anterior, en las series de tiempo sobre producción de Algas secas y de Carragenina, se mantiene la denominación única de Luga Luga incluyendo a todas las especies (**FIGURA 123 y 124**). El registro de la producción de algas secas se inicia en 1994 con un total de 1.318 toneladas presentando una tendencia creciente con algunas oscilaciones a la baja (1996, 1999, 2006 y 2008), hasta 2009 que alcanza un total de 9.186 ton, el máximo registrado en toda la serie de tiempo.

Similar situación se presenta en el registro sobre la producción de Carragenina en cuanto a la denominación del recurso de origen, considerado solo como Luga Luga. En este caso, el primer registro se presenta en 1989 con 26 ton, producción marginal que se mantiene hasta 1993. De 1994 en adelante también se presenta una tendencia creciente con oscilaciones a la baja (1997, 2000, 2001, 2007 y 2008), con producción máxima en 2006 (2.165 ton) y una recuperación para 2009 alcanzando 2.147ton.

**A nivel Regional (V y VI Región).** En el desglose por Región, los desembarcos de lugas para la V y VI Región constituyen cifras marginales que alcanzan un 6.2% del total acumulado entre 1981-2009, que suma alrededor de 549.986 ton. (**FIGURA 125**).

En la serie de tiempo de la **FIGURA 126** se observa que en la V Región los desembarques han sido casi esporádicos y con volúmenes muy bajos pues el valor máximo fue de 527 ton en 1984 (primer año de registro) y con algunas decenas entre 1985 y 2001, presentando el valor mínimo de 1 ton en 1996, para alcanzar un volumen acumulado de sólo 864 ton. En la VI Región, los desembarcos han sido anuales desde 1982 y los volúmenes son considerablemente siempre

superiores a las 300 ton, con oscilaciones importantes a lo largo del tiempo y un máximo por arriba de las 2.500 ton en 1993, para alcanzar un total acumulado de 33.238 ton.

Entre 2002 y 2004 en la V Región solo se desembarcó Luga Negra (*Sarcothalia crispata*) con sólo 22 ton, mientras que entre 2005 y 2009 se desembarcaron 113 ton de Luga Cuchara y solamente 42 ton de Luga Negra. Para la VI Región entre 2002 y 2009 se reportan desembarques de Luga Roja por un total de 651 ton acumuladas en solo dos años (2005 y 2008), de Luga Negra por 1.613 ton repartidas en 3 años pero con la mayor concentración en 2006 de 1.570 ton y de Luga Cuchara de 11.431 ton con valores anuales superiores a 600 ton y máximos en 2002 (2.110 ton) y en 2003 de 2.507 ton; a partir de aquí se nota una tendencia oscilante hacia la baja (**FIGURA 127**).

#### **4.7.2. Estadísticas de desembarque de algas carragenófitas en el área de estudio.**

Durante los últimos 20 años, el desembarque anual promedio de las algas carragenófitas de importancia económica registra cinco especies, que en términos de volumen esta dominado por *Mazzaella spp* en ambas regiones, aunque con un desembarque anual significativamente mayor en la VI Región en comparación con la V región (**TABLA 52**).

Los promedios anuales de desembarque y sus respectivas medidas de dispersión (desviación estándar) sugieren que *Chondracanthus chamissoi*, *Anhfeltiopsis spp*, *Sarcothalia crispata* y *Gigartina skottsbergii* han sido especies cosechadas en períodos cortos de tiempo (meses). Esta cosecha de baja frecuencia pero de alta intensidad podría estar determinada por la demanda del recurso o por la baja abundancia de las praderas las cuales colapsarían inmediatamente después de la cosecha, produciendo pesquerías efímeras.

Durante el período de estudio, que abarcó desde septiembre 2009 hasta febrero 2011, la única especie de alga carragenofita cosechada por los algueros en la V y VI regiones según las encuestas fue *Mazzaella laminarioides* (**TABLA 53**). Considerando lo anterior, la ausencia de praderas de otras carragenofitas reportadas (e.g. *Chondracanthus chamissoi*, *Sarcothalia crispata*

y *Gigartina skottsbergii*) en el área de estudio sugiere que estas pesquerías efímeras también podrían ser explicadas por una clasificación errónea en las estadísticas pesqueras.

**TABLA 52.** Nombre científico, nombre común y desembarque promedio anual (media  $\pm$  desviación estándar) por Región en el área de estudio. (Fuente: Anuario Estadístico Sernapesca).

Espece	Nombre vernacular	Desembarque anual ton	Región
<i>Mazzaella spp</i>	Luga-luga Luga cuchara	25,6 $\pm$ 100,9	V
<i>Chondracanthus chamissoi</i>	Chicorea de mar	0,0 $\pm$ 0,0	V
<i>Ahnfeltiopsis spp</i>	Liquen gomoso	0,0 $\pm$ 0,0	V
<i>Sarcothalia crispata</i>	Luga negra Lugar crespata	2,8 $\pm$ 4,7	V
<i>Gigartina skottsbergii</i>	Luga Roja	0,3 $\pm$ 1,4	V
<i>Mazzaella spp</i>	Luga-luga Luga cuchara	1065,0 $\pm$ 712,6	VI
<i>Chondracanthus chamissoi</i>	Chicorea de mar	104,3 $\pm$ 312,1	VI
<i>Ahnfeltiopsis spp</i>	Liquen gomoso	23,5 $\pm$ 75,6	VI
<i>Sarcothalia crispata</i>	Luga negra Lugar crespata	84,9 $\pm$ 35,97	VI
<i>Gigartina skottsbergii</i>	Luga Roja	34,3 $\pm$ 129,0	VI

Desde una perspectiva geográfica, el desembarque de *Mazzaella* en la V Región ocurre en la zona sur de la región (sector de El Motazal), y es esporádico durante el año, aunque en San Antonio también se detectó al final del estudio una pesquería incipiente. En la VI Región, en cambio, la cosecha se realiza a lo largo de toda la costa rocosa (TABLA 53). En esta Región, la cosecha de *Mazzaella spp* presenta una marcada estacionalidad con máximos volúmenes desembarcados durante el verano y mínimos durante el invierno (FIGURA 128). Cabe destacar que las actividades de recolección de algas en los sectores de cosecha fueron interrumpidas a lo largo de toda el área de estudio después del maremoto del 27.02.10, por lo que la caracterización socio-económica de los usuarios de esta pesquería refleja un sistema poco intervenido y de baja

actividad económica que se refleja en una disminución significativa del desembarque de *Mazzaella* en ambas regiones durante el 2010.

**TABLA 53.** Ubicación geográfica de los sectores donde se efectuó la caracterización socio-económica de los usuarios recolectores de algas carragenófitas (solo se recolecta *Mazzaella laminarioides*).

Región	Sitio	Coordenadas Geográficas					Cosecha	Número encuestados	Organizado (%)	RPA (%)	Tipo de extracción	Kg de alga seca (día)	Precio alga (Pesos por Kg)	
		Sur		Oeste										
V	Los Molles	32	14	33	71	30	48	no	1					
V	Pichicuy	32	20	40	71	27	48	no	2					
V	La Laguna, Zapallar	32	37	25	71	25	55	no	0					
V	Horcón	32	42	31	71	29	37	no	0					
V	Montemar	32	57	27	71	32	59	no	0					
V	Playa Chica, Quintay	33	12	25	71	41	59	no	3					
V	Tunquén	33	14	6	71	41	4	no	0					
V	Algarrobo	33	21	24	71	39	35	no	0					
V	El Quisco	33	23	39	71	42	15	no	0					
V	Pta de Tralca	33	25	26	71	42	26	no	1					
V	Isla Negra	33	26	32	71	41	15	no	1					
V	El Tabo	33	27	28	71	40	18	no	0					
V	Las Cruces	33	30	9	71	38	5	no	2					
V	Cartagena	33	32	44	71	36	21	no	0					
V	San Antonio	33	34	47	71	37	30	sí	2	0	0	Manual	s.d.	200
V	Rocas de Santo Domingo	33	37	37	71	38	2	no	0					
V	Pta Toro	33	47	51	71	47	55	sí	0					
V	Mostazal	33	50	35	71	49	14	sí	9	100	100	Manual	35-100	200-230
VI	La Boca	33	54	39	71	50	40	sí	8	13	88	Manual	15-35	200
VI	Matanza	33	57	44	71	52	46	sí	6	83	50	Manual	10-35	200
VI	La Vega de Pupuya	33	59	26	71	53	10	sí	13	62	78	Manual	10-35	200-220
VI	El Chorrillo (Los Arcos)	34	1	18	71	54	52	sí	17	53	94	Manual	10-35	200
VI	Puertecillo	34	5	16	71	57	49	sí	0					
VI	El Secreto (Topocalma)	34	7	50	72	0	9	sí	4	100	100	Manual	15-40	180-200
VI	Hueso Ballena (Topocalma)	34	8	41	72	0	15	sí	4	100	100	Manual	15-40	180-200
VI	Los Huachos (Tanumé)	34	10	46	72	0	3	sí	7	43	57	Manual	30-75	200-240
VI	Las Quiscas (Tanumé)	34	11	57	71	59	51	sí	2	100	100	Manual	20-50	200-240
VI	Alto Colorado	34	18	17	71	58	31	sí	12	42	75	Manual	10-35	180-250
VI	Pichilemu	34	22	52	72	0	57	sí	14	57	79	Manual	35-100	170-250
VI	Pta. Lobos	34	25	32	72	2	56	sí	0					
VI	La Sirena	34	29	27	72	1	31	sí	7	0	29	Manual	10-30	200
VI	Pangal	34	29	45	72	1	36	sí	5	20	80	Manual	30-50	240-250
VI	La Lancha (Bucalemu)	34	32	11	72	2	46	sí	18	11	67	Manual	30-40	200-250
VI	Las Cruces (Bucalemu)	34	34	79	72	3	7	sí	6	50	67	Manual	20-30	200
VI	Las Trancas (Bucalemu)	34	36	30	72	2	43	sí	7	43	71	Manual	15-30	200
VI	Bucalemu	34	38	33	72	2	54	sí	13	0	77	Manual	10-25	200-250

#### 4.7.3. Caracterización y cuantificación del esfuerzo pesquero

Durante el período de estudio, de acuerdo a la encuesta realizada a los recolectores, la pesquería de algas carragenófitas en el área de estudio se centró en una sola especie la luga, *Mazzaella laminarioides*, que domina la franja intermedia de ambientes rocosos intermareales en cobertura y biomasa (Santelices 1989). La extracción de la luga se realiza manualmente (TABLA

**54)** recolectando con la mano los talos más grandes y dejando en el sustrato los talos pequeños adheridos al disco crustoso (Santelices & Norambuena 1984, Gómez & Westermeier 1994).

En las áreas de libre acceso y en las AMERB, la cosecha de luga se realiza durante las mareas bajas y medias bajas del mes. Los volúmenes recolectados de luga varían dependiendo del sector, con un mínimo de cosecha de 10-25 Kg de alga a un máximo de 35-100 Kg de alga (**TABLA 54**). El precio puesto en playa por kilo de luga varió entre sectores, oscilando entre \$150 y \$250 pesos, centrándose en un precio promedio de \$200 pesos (**TABLA 54**).

De acuerdo a los recolectores encuestados, el precio promedio pagado por kilo seco de *Mazzaella* oscila entre \$170 y \$250 pesos, dependiendo de la accesibilidad y el número de compradores ubicados en el sitio o la localidad (**TABLA 54**). La caracterización socio-económica de los recolectores de algas carragenófitas resumida en la **TABLA 54**, muestra que esta pesquería es realizada preferentemente por mujeres. Independiente de este indicador, la mitad de los encuestados esta afiliado a una organización y cerca del 70% esta en el registro pesquero artesanal (RPA). El nivel de escolaridad predominante es básica incompleta, aunque hay una fracción representativa de los usuarios que alcanza niveles de básica completa y media incompleta o completa. La categoría de RPA dominante es la de recolector de orilla, aún cuando también participan buzos y pescadores. Los usuarios aprenden a recolectar luga desde muy jóvenes, lo cual se refleja en los años que realizan esta actividad. Una lugera cosecha un promedio de 40 kilos de alga seca que representa un ingreso diario aproximado de \$ 8.000 pesos. Además de cosechar luga como recurso carragenofita, los algueros en el área de estudio complementan sus ingresos con la extracción de otros recursos pesqueros (**TABLA 55**), preferentemente otras algas tales como el cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y la chasca (*Gelidium* spp).

**TABLA 54.** Caracterización socio-económica de los usuarios recolectores de algas carragenófitas.

Indicadores socio-económicos	Variables utilizadas y/o escalas de medición	Estadístico	M	F	Total
Total de encuestados	tamaño muestral	número de encuestados	57	107	164
Composicion por sexo		% del total	35%	65%	100%
Afiliados a una organización	si	% por sexo	49%	58%	46%
	no		51%	42%	54%
Con RPA	si	% por sexo	77%	69%	73%
	no		19%	25%	22%
	no responde		4%	6%	5%
Grupo familiar	n° de integrantes	(promedio)	3,75	3,82	3,80
		(desviación típica)	1,76	1,61	1,66
	integrantes que trabajan en algas	(% promedio por grupo familiar) (% desviación)	2,00 1,14	2,02 1,08	2,01 1,10
Nivel de escolaridad	sin escolaridad	% por sexo	2%	1%	1%
	básica incompleta		42%	38%	40%
	básica completa		23%	17%	19%
	media incompleta		18%	14%	15%
	media completa		11%	21%	17%
	superior		2%	2%	2%
	falta información		4%	7%	6%
Categoría	Recolector de orilla	% por sexo	70%	95%	83%
	Buzo mariscador		20%	4%	13%
	Pescador artesanal		5%	0%	3%
	Buzo mariscador-Pescador artesanal		2%	0%	1%
Tiempo en la actividad	0-10 años	% por sexo	23%	21%	21%
	11-20 años		9%	32%	24%
	>20 años		58%	37%	45%
	sin información		11%	10%	10%
Extracción de <i>Mazzaella laminarioides</i> (por persona)	extracción diaria (Kg./día)	promedio por persona	13,49	40,26	34,04
	venta total diaria (\$/día)	promedio por persona	2.865	7.992	6.778
Intermediarios	n° de intermediario s frecuentes	promedio por persona n° total de intermediarios	1	1	1
	n° total de intermediarios		21		

**TABLA 55.** Otros ingresos. Caracterización socio-económica de los usuarios recolectores de algas carragenófitas.

Indicadores socio-económicos	VARIABLES UTILIZADAS Y/O ESCALAS DE MEDICIÓN	Estadístico	M	F	Total
Extracción de Gelidium	extracción diaria (Kg/día)	promedio por persona	13.864	11.237	12.551
	venta total diaria (\$/día)	promedio por persona	8.227	7.244	7.736
	precio de venta (\$/Kg)	promedio por persona	\$683	\$683	\$683
	encuestados que lo extraen como recurso de importancia	% por sexo	56%	36%	46%
Extracción Cochayuyo	precio de venta (\$/Kg)	Rango de precios	\$550-600		
	precio de venta rodela (\$/rodela)	Rango de precios	\$4000-6000		
	encuestados que lo extraen como recurso alternativo	% por sexo	61%	32%	42%
Extracción algas pardas	encuestados que lo extraen como recurso alternativo	% por sexo	7%	3%	5%
peces	encuestados que lo extraen como recurso alternativo	% por sexo	2%	4%	3%
mariscos	encuestados que lo extraen como recurso alternativo	% por sexo	1,75	2%	88%
Otros ingresos	encuestados que perciben ingresos de otras fuentes o actividades	% por sexo	11%	26%	19%
Otras actividades no remuneradas	estudiantes, dueña de casa	% por sexo	2%	2%	2%

El Servicio Nacional de Pesca recolecta información *in situ*, establecer un sistema de recolección estadísticas dentro de la cadena de comercialización de algas marinas a través de formularios especiales (ACF) es una medida efectiva para establecer medidas de administración pesquera del recurso carragenófito en estas regiones. La colaboración entre el SERNAPESCA y los usuarios del recurso en la cadena productiva es fundamental para poder catastrar el esfuerzo de pesca sobre los recursos, de manera de cruzar información *in situ* y documentos tributarios o de traslado de recursos. Contar con esta información será de un gran apoyo para regular la explotación del recurso a través de la cadena productiva de algas carragenófitas en las regiones de estudio (como parte del Objetivo específico 4.8).

#### **4.8. DESCRIBIR LAS REDES DE COMERCIALIZACIÓN Y DEMANDA DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN LA ZONA DE ESTUDIO (OBJETIVO ESPECÍFICO 8).**

La información de las redes de comercialización y demanda de algas carragenófitas en la V y VI Región se obtuvo a través de encuestas y del empadronamiento de los usuarios del recurso establecidas en las fichas utilizadas para caracterizar y cuantificar el esfuerzo pesquero durante los muestreos (Objetivo específico 4.7). Esta información fue cruzada con la información obtenida de las bases de datos propias del equipo consultor, de la recopilación bibliográfica y del reconocimiento en terreno propuesto en el Objetivo específico 4.1 y con la base de datos obtenida del sistema de monitoreo de extracción, transporte y desembarque propuesto en el Objetivo específico 4.10.

##### **4.8.1. Cadena productiva**

La cadena productiva asociada a la comercialización de algas carragenófitas presenta los tres niveles previamente identificados y descritos para otros recurso algales del centro y norte de Chile (Vásquez 2008). Es en este contexto, que la cadena productiva posee los siguientes segmentos laborales:

**Recolectores:** Los recolectores o algueros son la base de la cadena productiva. Los algueros recolectan de las posibles especies que componen el recursos algas carragenófitas solo luga *Mazzaella laminarioides* la cual forma un cinturón conspicuo en la franja intermareal intermedia de playas de roca del área de estudio (Santelices 1989). La cosecha, que se realiza arrancando la luga con la mano, provee de esta manera la materia prima para los eslabones superiores de la cadena. La pesquerías de luga se ubica principalmente en la VI Región y el sector sur de la V Región (**TABLA 54**). En la V Región, las recolecciones de luga presentan volúmenes mínimos y con escasa periodicidad extractiva en comparación con la extracción continua realizada en la VI Región.

**Intermediarios:** Son el eslabón que comercializa el producto desde la playa (recolectores) hasta las plantas comercializadoras o de proceso, según corresponda. El intermediario en algunos casos puede identificarse como el empleador, puesto que los recolectores venden en forma exclusiva a un solo intermediario, y este efectúa a los recolectores préstamos de dinero o de abastecimiento de comestible cuando se encuentran en localidades alejadas de centros poblados. En una localidad puede trabajar más de un intermediario, y los recolectores que no poseen compromisos con un intermediario le venden su producto a cualquiera de ellos. Sin embargo, aunque existen 21 intermediarios en el área de estudio, los recolectores entregan en promedio solo a uno en cada sector de trabajo (**TABLA 55**). Este patrón de comercialización ha sido descrito en la cadena productiva de algas pardas a lo largo del centro y norte de Chile (Vásquez 2008).

**Plantas de procesos o Comercializadoras:** En la V y VI región, no se identificaron plantas de procesos de algas carragenofitas, lo cual sugiere *a priori* el traslado del material a otras regiones. Referente a *Mazzaella*, el fin de la ruta comercializadora parece tener distintos destinos, particularmente hacia plantas de proceso de empresas exportadoras (Empresa VDP en Rancagua; Exportaciones Pampamar S.A. en Hualqui; ACEX ) y/o procesadoras de carragenanos (e.g. Productos Químicos Algina S.A. en La Florida y Talcahuano; Extractos naturales Gelymar S.A. en Puerto Montt; Danisco Chile S.A. en Parga; Algas Marinas S.A. en la Calera y Ancud) o hacia comercializadoras informales que procesan el alga para el consumo local y/o nacional (*i.e.* como cosméticos naturales). La identificación de las plantas de proceso y de las comercializadoras no fue posible, puesto que no hay registros de las empresas que se dedican o declaren esta actividad o comercio en el área de estudio.

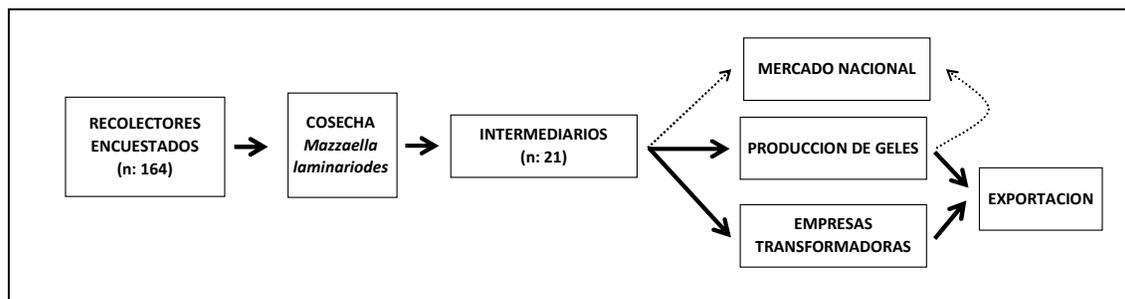
La ausencia de información sobre el destino de las algas carragenófitas es complementada con el poco interés de los recolectores por entregar estadísticas de cuanto es la cantidad de recurso que extrae. Además, recientemente los intermediarios y los usuarios han comenzado a utilizar el Formulario de Comercialización y abastecimiento (AC-F). Incorporar los

formularios AC-F en la cadena productiva es un paso importante para establecer una medida de administración pesquera. En las regiones del norte de Chile, la aplicación de AC-F, ha sido una forma eficaz de obtener información directa para las estimaciones extractivas de algas pardas (Vásquez 2008) que podría ser aplicado para monitorear algas carragenofitas extraídas en la zona central.

Durante el desarrollo del proyecto ocurrió el maremoto del 27.02.10, lo cual interrumpió la cadena productiva de algas carragenofitas, afectando los volúmenes de cosecha y distorsionando las transacciones de productos de este tipo en el mercado nacional o para establecer valores o volúmenes reales de exportación.

La **TABLA 56** Resume la actividad pesquera de las algas carragenófitas en las regiones V y VI, donde se aprecia claramente que el único recurso de importancia explotado en cada región es *Mazzaella laminariodes*.

**TABLA 56.** Esquema de la cadena productiva que resume la actividad pesquera de las algas carragenófitas en las regiones V y VI.



#### **4.9. DETERMINAR LAS ZONAS DE MAYOR POTENCIAL CONFLICTIVO POR ACCESO DE DIFERENTES USUARIOS AL RECURSO (OBJETIVO ESPECÍFICO 9).**

Generar un manejo integrado y consensuado del borde costero requiere conocer, a los actores relevantes que tienen injerencia sobre este Borde Costero, y quienes tienen en sus manos el realizar la zonificación de esta franja territorial, su planificación estratégica y la participación que esto conlleva. Lo anterior permite también determinar las zonas de mayor potencial conflictivo por acceso de diferentes usuarios al recurso.

Para conocer este territorio, borde costero, analizar y sugerir soluciones a los conflictos de usos de este, y en especial la pesquería de algas carragenófitas, es necesario recurrir a las instancias públicas y privadas que se encuentran trabajando en estas materias en las Regiones de Valparaíso y O'Higgins, regiones V y VI respectivamente, ámbito de acción del proyecto.

Se hace una síntesis referente al Levantamiento de la información disponible en la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero y Recopilación de Antecedentes en las Comisiones Regionales, de Valparaíso y O'Higgins, de Uso del Borde Costero. Si bien se ha conseguido información, esta no ha abarcado a todos los actores. Información que se requiere, ya que el no contar aún en estas regiones con una planificación estratégica común y compartida por todos los Servicios Públicos con competencia en el área, genera conflictos de uso, ya que muchas veces se realiza un análisis caso a caso sin una mirada global de manejo costero, por lo tanto la idea es llegar a los actores públicos y privados relevantes de este territorio.

A continuación se entrega una visión del accionar de la Comisión Nacional y las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero en regiones Valparaíso y O'Higgins, que incluye información de las normativas vigentes en esta materia (ver **ANEXO I**), y las competencias que al respecto tienen los Municipios Costeros, las incorporaciones del Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

#### 4.9.1. Comisión Regional del Uso del Borde Costero. REGIÓN DE VALPARAÍSO

Desde el punto de vista administrativo la región se divide en 7 provincias, 4 de ellas con Borde Costero (BC), a saber:

Provincia	BC	Comunas	Comunas con BC
Petorca	√	La Ligua, Petorca, Cabildo, Zapallar, Papudo	<b>La Ligua, Papudo, Zapallar</b>
Sn Felipe de Aconcagua			
Quillota			
Los Andes			
Valparaíso	√	Puchuncaví, Quintero, Cono Con, Viña del Mar, Valparaíso, Casablanca, Quilpue, Villa Alemana, Juan Fernández	<b>Puchuncaví, Quintero, Cono Con, Viña del Mar, Valparaíso, Juan Fernández<sup>1</sup>,</b>
San Antonio	√	Algarrobo, El Quisco, El Tabo, Cartagena, San Antonio, Santo Domingo	<b>Todas</b>
Isla Pascua	√	Isla de Pascua	Toda la Isla

Hasta ahora sólo existían aproximaciones para la planificación estratégica de este Borde Costero regional. La primera la constituyó la **Política Nacional**, publicada en 1994 que estableció la necesidad de generar las condiciones institucionales y territoriales para el manejo del litoral. Según este documento, los espacios costeros son un recurso limitado, que permite múltiples usos, en algunos casos exclusivos y excluyentes, y en otros, compatibles entre sí, lo que hace necesario definir el mejor empleo del mismo, a fin de procurar un aprovechamiento integral y coherente de sus recursos.

Un segundo acercamiento fue la **Estrategia Regional de Desarrollo**, que con su visión conjunta y consensuada de región, estipuló que la colaboración de todos los actores regionales, tanto públicos como privados, era imprescindible. Según este instrumento, el *Eje Borde Costero* representa una ventaja comparativa y su uso económico planificado, racional y armónico es una

<sup>1</sup> Territorio Insular que carece de Laminariales en explotación

oportunidad para el desarrollo de actividades económicas como la actividad portuaria, el turismo, la pesca artesanal y la construcción de la denominada segunda vivienda.

Otro esfuerzo vino con la creación de las **Comisiones Provinciales de Petorca, Valparaíso y San Antonio**, en 1997. La primera, inició un proceso de Zonificación Provincial vinculado al Plan Regulador Intercomunal Costero; la segunda, actuó en los conflictos de tomas en Laguna Verde y tiene atribución sobre las concesiones de Juan Fernández; en tanto, San Antonio inició la zonificación de Algarrobo como comuna piloto.

Posteriormente, en 1998, fue creada la **Comisión Regional de Uso del Borde Costero (CRUBC)**. Ésta sancionó durante 2003 la Política Regional de Uso del Borde Costero, que busca conciliar los diversos intereses provinciales y locales. Su ámbito de aplicación son los Bienes Nacionales de Uso Público y los espacios terrestres aledaños de todas las comunas costeras de la región, por lo que su uso debe ser coherente con los distintos instrumentos de planificación. También es aplicable sobre un Espacio Económico, por lo cual las inversiones que lo involucren deben realizarse en forma sustentable y plantearse por sobre el contexto local, considerando al resto de la región y al rol de ésta en su inserción nacional e internacional.

Las dimensiones que busca resguardar esta política son ambientales, de manera de preservar el patrimonio regional al conservar sin urbanizar los diferentes espacios públicos (áreas verdes, playas naturales, campos dunarios y litorales rocosos); económicas, propendiendo al desarrollo regional, con un uso socialmente rentable y sustentable ambientalmente de los recursos naturales; y de infraestructura, para lograr una organización de los espacios costeros con alta conectividad y seguridad de sus vías.

Durante el año 2004, en un trabajo conjunto entre el Ministerio de Planificación y la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ), se trabajó para “territorializar” la Política Regional de Uso del Borde Costero. La metodología utilizada contemplaba la combinación de la experiencia lograda en la Macrozonificación utilizada en la Región de Aysén y la Microzonificación usada en tres municipios costeros de la Región del Biobío. En seis meses se lograba contar con un mapa

de los actuales usos, y de los usos propuestos por los servicios públicos y municipios para el borde costero.

En los últimos años el trabajo ha estado dado por la realización de un Plan Intercomunal Costero, el cual incluyó en el tema de riesgos por tsunamis y marejadas, en la denominada Zona de Protección Costera, **ZPBC**, y que debe especificar que todos los proyectos a emplazarse en esta Zona, conformada por sus Sub Zonas, debieran incluirse en la Ordenanza la exigencia de la presentación de estudio de riesgos de tsunamis y marejadas señalado en el Artículo 9.15 Zona de Protección Costera ZBC-2, que indica: "En los terrenos que tengan cotas inferiores a 9 m sobre el nivel del mar, las construcciones que se localicen en la primera franja de ocupación, deberán presentar ante la DOM un estudio de riesgos de tsunamis que contenga las medidas de seguridad para su emplazamiento". Esta región también ha estado trabajando en algunos seccionales en sectores como es la recuperación del Borde Costero de San Antonio o Valparaíso.

#### 4.9.2. Comisión Regional del Uso del Borde Costero REGIÓN DE O'HIGGINS

Desde el punto de vista administrativo la región se divide en 3 provincias, 1 de ellas con Borde Costero (BC), a saber:

Provincia	BC	Comunas	Comunas con BC
Cachapoal		Codegua, Coinco, Coltauco, Doñihue, Graneros, Las Cabras, Machalí, Malloa, Olivar, Peumo, Pichidegua, Quinta de Tilcoco, Rancagua, Requinoa, Rengo, San Francisco de Mostazal, San Vicente	
Colchagua		Chépica, Chimbarongo, Lolol, Rancagua, Palmilla, Perarillo, Pumanque, Placilla, San Fernando, Santa Cruz.	
Cardenal Caro	√	La Estrella, Litueche, Marchigue, Navidad, Paredones, Pichilemu	Navidad, Litueche, Pichilemu, Paredones

Hasta ahora sólo existían aproximaciones para la planificación estratégica de este Borde Costero regional. La primera la constituyó la **Política Nacional**, publicada en 1994 que estableció la necesidad de generar las condiciones institucionales y territoriales para el manejo del litoral. En general, el desarrollo costero se ha dado asociado a la Provincia de Cardenal Caro y más específicamente en **Pichilemu**. En esta región, la actividad pesquera está caracterizada por una operación exclusivamente artesanal, siendo las dos principales categorías los recolectores de orilla y algueros, con un 63.7% y los pescadores artesanales propiamente tal (pescadores de embarcaciones) con un 26.8% de la fuerza laboral total. Sumado a lo anterior, también se realiza pesca con fines deportivos o recreativos, existiendo en la región un número cercano a las 5.000 personas que practican este pasatiempo.

Esta región realizó el año 2004 un Estudio de Zonificación del sector Costero de la VI Región, el cual definía una metodología de gestión territorial de la franja litoral del borde costero<sup>2</sup>. Y tenía entre sus objetivos lo siguiente:

- Proponer usos preferentes de la Franja Litoral del Borde Costero.
- Realizar un ordenamiento del territorio litoral, en relación a usos preferentes.
- Determinar los diferentes objetivos y propósitos específicos, para las diversas áreas.
- Identificar los planes y proyectos de los distintos organismos del Estado que afecten el borde costero y establecer relaciones entre ellos.
- Procurar la compatibilización de todos los usos posibles del Borde Costero, en las distintas áreas y zonas, promoviendo su desarrollo armónico, integral y equilibrado, maximizando su racional utilización, precaviendo posibles requerimientos futuros y tomando en cuenta la realidad actual de uso del mismo.
- Posibilitar la realización de inversiones, el desarrollo de proyectos públicos y privados, bajo reglas predeterminada, que permitan su concreción.

---

<sup>2</sup> Encargado por el MINVU regional a la Escuela de Arquitectura – Universidad de Santiago de Chile

El ámbito de aplicación de la Política Nacional de Uso del Borde Costero de la República se extiende a los Bienes nacionales, fiscales o de uso publico, sujetos al control, fiscalización y supervigilancia de la Subsecretaria de Marina del Ministerio de Defensa Nacional. Con este fin, y siguiendo las directivas expuestas anteriormente, en el se fija una franja de 100 mts, paralela a la costa, dentro de la cual se desarrolla una propuesta de zonificación que permita regular su uso, priorizar actividades, socializar su acceso y preservar sus cualidades naturales y paisajísticas.

Los elementos específicos que quedan incluidos dentro de esta franja costera son los siguientes: Playas, Terrenos de playa, antedunas, dunas, acantilados vivos, acantilados muertos, roqueros, desembocaduras de ríos y esteros, zonas arbóreas, caminos y edificaciones.

Los cuales se clasificaron de la siguiente forma:

- Espacio bajo litoral (bajo la línea de mas baja marea): Mar, Roqueros, Desembocaduras de ríos y esteros
- Espacio medio litoral (entre línea de baja marea y de mas alta marea): Estrán o playa, Pie de acantilados vivos
- Espacio supra litoral (sobre línea de alta marea ): Terrenos de playa, Antedunas y dunas, Acantilados muertos, Zonas arbóreas, Caminos, Edificaciones

En esta franja se detectaron los siguientes conflictos ambientales y de uso:

- Falta de plantas de tratamiento de aguas servidas
- Extracción de organismos marinos en periodos de veda.
- Contaminación de cuerpos de agua por actividades mineras.
- Presencia de dunas costeras.
- Tala indiscriminada de flora nativa.
- Mala recolección y disposición de desechos sólidos.
- Contaminación de cauces naturales y artificiales por aguas servidas domesticas

- Excesiva extensión de las ciudades.
- Falta de equipamiento de los lugares de recreación existentes.
- Contaminación marina por residuos industriales líquidos.
- Contaminación visual por mal manejo de basurales.
- Escasez de servicios públicos básicos

La principal finalidad de la zonificación era regular el uso y la ocupación de la franja litoral del Borde Costero. Para ello proponía un ordenamiento capaz de materializar las oportunidades que ofrece el territorio en cuanto a la generación de recursos económicos, la gestión de los recursos naturales y paisajísticos y la organización de la ocupación humana. Los alcances esperados son el impacto que debiera generarse directamente sobre la franja que regula. Para ello, la compatibilización de las medidas emanadas por los organismos públicos competentes era esencial, para efectivamente ordenar esta franja hacia los fines que la región esperaba.

La zonificación propuesta constituyó un zoom de aquella propuesta en el Plan Regulador Intercomunal del Borde Costero, especificando la vocación de la franja litoral y proponiendo una forma de manejo de la zona de transición entre el territorio y el maritorio, lo que no es materia del Plan Intercomunal. La franja litoral se superpone a la franja de preservación ecológica y de uso público propuesta por el Intercomunal, esta última estando delimitada al oriente por el sendero de contemplación que se extiende, a manera de referencia, a lo largo de la cota 25 mts. La franja propuesta en el Intercomunal tiene una anchura mayor e irregular a la franja propuesta por la zonificación. Esto significa que todas aquellas unidades territoriales que no están completamente comprendidas en la franja de 100 m aparecen destinadas en su uso y afectación en el Plan Intercomunal.

La zonificación propuesta por la región de O'Higgins pretendía compatibilizar y dar coherencia a las diversas iniciativas sectoriales que llevan adelante organismos de Estado como también inversionistas privados, dentro de las cuales se destacaba:

- Programa Nacional de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos, elaborado por SERNAPESCA.
- Establecimientos de Areas Apropriadas para el ejercicio de la Acuicultura, de la Subsecretaria de Pesca.
- Política Nacional de preservación de los valores naturales impulsada por el Consejo de Monumentos Nacionales, en lo que se refiere a Parques Costeros.
- Política de Concesiones, que permite una explotación de recursos naturales.
- Política de acceso público a las playas, a partir de la cual se promueven diversas iniciativas legales.
- Consolidación de las Caletas Artesanales, programa elaborado por la Dirección de Obras Portuarias.
- Estímulo a la construcción de muelles y marinas para el desarrollo de deportes acuáticos y de actividades recreativas.

Para el logro de los objetivos planteados una vez realizada la zonificación, se contaba con los siguientes instrumentos de negociación:

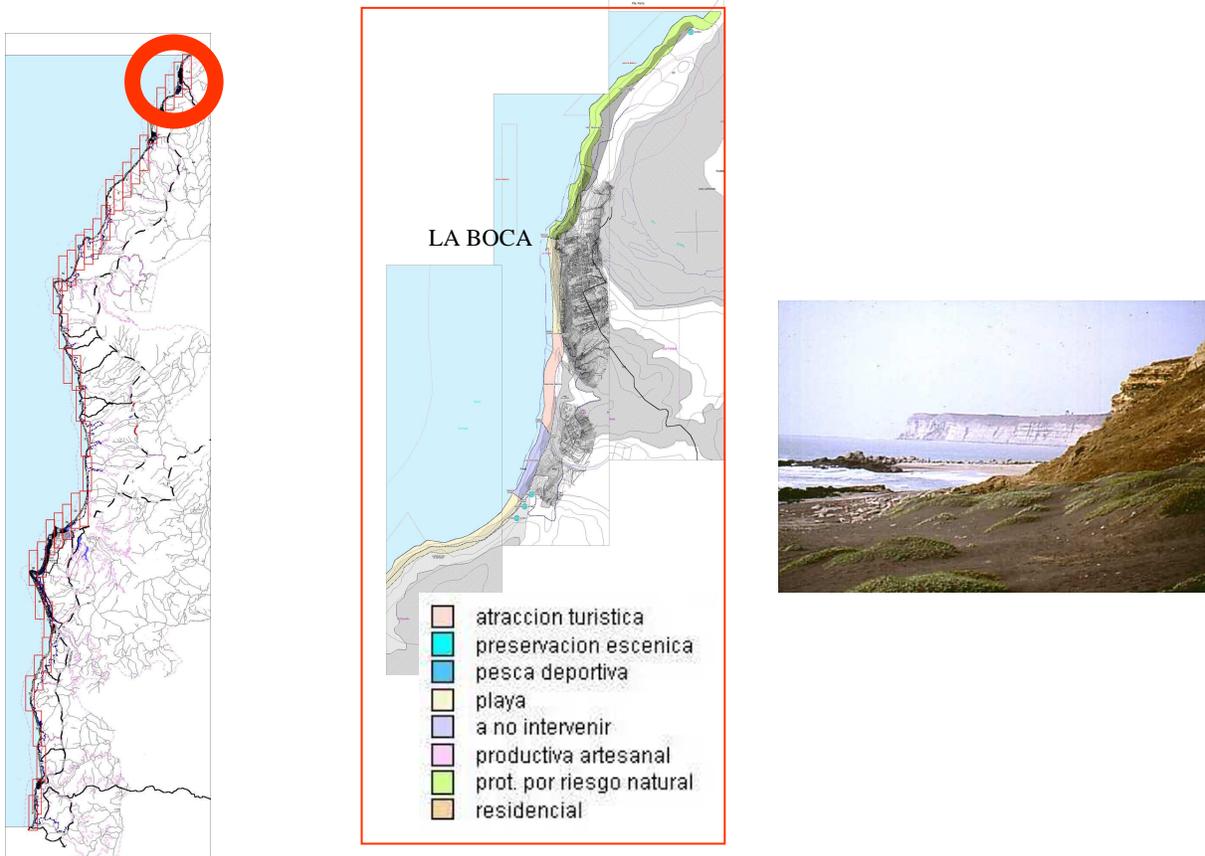
- Impuesto territorial, según el tipo de situación, podrá utilizarse la condonación temporal o definitiva del impuesto territorial, como estímulo a la intervención.
- Derechos municipales, se podrá condonar el pago de todos los derechos municipales como estímulo a la adaptación del proyecto a las exigencias normativas.
- Derechos de concesión, es posible la condonación de los derechos, cuando estas últimas beneficien al conjunto de la comunidad y permitan preservar valores naturales
- Expropiación e indemnización, cuando no exista acuerdo.

- Enajenación de la plusvalía inmobiliaria, cuando resulte imposible modificar, congelar o paralizar la ejecución de un proyecto, de ejercerá el derecho de enajenar parcialmente la plusvalía del suelo que resulte de la inversión realizada.
- Compra de niveles de contaminación.
- Permutas de terreno (transacciones no monetarias).
- Cambios de destino, a través de una compra de un derecho de afectación, si el cambio no afecta al ordenamiento global.
- Contribución al desarrollo comunitario deslocalizado, se le permite al inversionista realizar sus inversiones, siempre que realice además otras obras de desarrollo comunitario.

Las afectaciones de suelo, considero las siguientes zonas, las cuales incluían las siguientes actividades:

- *Instalaciones marítimas y portuarias*, se prevé la instalación de muelles para pescadores artesanales y marinas con fines turísticos y recreativos, no existentes en la región.
- *Áreas de manejo*, existen en trámite hoy 19, ante el Servicio Nacional de Pesca.
- *Áreas Aptas para la Acuicultura*, existen hoy 4 en trámite en el SNP.
- *Terrenos de playa*, definido como la acumulación de materiales sueltos.
- *Áreas de atracción turística*, son las áreas de deportes y recreación en las playas.
- *Áreas de preservación escénica*, áreas con cualidades paisajísticas y de valor biofísico.
- *Áreas de pesca deportiva*, fundamentalmente en la orilla costera, con caña o mosca.
- *Áreas a no intervenir*, áreas preservadas por razones de valor biótico y *silvestre*.
- *Áreas protegidas por riesgo de origen natural*, acantilados vivos y quebradas naturales.
- *Actividades productivas artesanales*, caletas de pescadores y salinas.
- *Áreas residenciales*, donde la localidad ha invadido la franja litoral, ejemplo Las Brisas de Navidad.

Ejemplo: de algunos conflictos de usos identificados para estas regiones, que incluyen un catastro realizado por sernatur.



#### 4.9.3. Algunos conflictos de usos identificados para estas regiones, que incluyen un catastro realizado por SERNATUR.

##### *Instalación nuevos Proyectos de tipo Industrial de alto impacto*

Dado los múltiples conflictos de uso que se generan en este territorio, ya sea por la instalación de nuevos proyectos, como de otros en funcionamiento, es que la ciudadanía organizada ha llevado algunos temas ante la Comisión del Medio Ambiente del Congreso de la COREMA, solicitando aplicar un plan de ordenamiento territorial y zonificación del borde costero para la V Región, en el comentario específico lo que dice relación con la instalación de una nueva planta en Quintero, en donde organizaciones civiles y ambientales de Puchuncaví y Quintero; han

reclamado por la instalación de la empresa termoeléctrica AES GENER, Nueva Ventana, ante la construcción de una nueva planta.

En tal sentido reportes de prensa hablan de la necesidad de aplicar un plan de ordenamiento territorial, que incorpore una evaluación estratégica y zonificación del borde costero para la V Región, en especial en la Bahía de Quintero y en la desembocadura del Río Aconcagua.

#### *Instalación nuevos Proyectos de tipo Turístico y segunda vivienda*

De acuerdo al último catastro de SERNATUR, los proyectos del sector turismo detectados se orientan a la construcción de hoteles y otros establecimientos de alojamientos, destacando en estos la construcción de lodges de pesca, especialmente en las regiones de la Araucanía y Aysen, lo que revela la importancia que esta adquiriendo la pesca deportiva como actividad turística en el país.<sup>3</sup> De acuerdo a lo detectado en el catastro, los proyectos turísticos inmobiliarios se localizan preferentemente en las regiones de Coquimbo, **Valparaíso**, Bio Bio y la Araucanía en áreas como Puerto Velero, el sector norte de la ciudad de La Serena, **Santo Domingo Sur** y **Algarrobo Norte**.

Los proyectos de segunda vivienda y tiempo compartido se registran principalmente en las regiones de **Valparaíso**, La Araucanía y Coquimbo, en las comunas de **Papudo**, **Algarrobo**, **Santo Domingo**, Pucon, Villarrica, La Serena, Coquimbo, Tongoy entre otros.

Considerando que una proporción importante del equipamiento e infraestructura turística se encuentra emplazada en comunas costeras, un indicador clave de esta situación es la capacidad hotelera instalada en comunas costeras, ya que el resto de los servicios turísticos se encuentran íntimamente ligados a este indicador.

De acuerdo al catastro se han definido:

---

<sup>3</sup> Importancia del borde Costero para el desarrollo Turístico en Chile. SERNATUR 2006

- Porcentaje regional de camas Turísticas ubicadas en localidades Costeras corresponde, en el caso de las regiones en estudio, a:  
Región de Valparaíso 80%,  
Región de O´Higgins 38%
- Actividades Turísticas Preferentes Vinculadas al Borde Costero, el catastro ha definido macrozonas, nuestras regiones se ubican en la **macrozona centro**, que se caracteriza por actividades turísticas relacionadas a playas, Nieve y Valles del vino.
- Destinos Turísticos de Chile, vinculados a recursos Costeros:  
Región de Valparaíso: Valparaíso y Viña del Mar; Isla Negra y San Antonio, Isla de Pascua e Isla Robinsón Crusoe  
Región de O´Higgins: Pichilemu
- Grado de Tolerancia de las Actividades Turísticas Vinculadas al Borde Costero

**MAPA DE CONFLICTOS**

Actividades Turísticas	Otras Actividades				
	Puertos	Astilleros	Caletas Pesqueras	Plantas Industriales	Acuicultura
Motos Acuáticas	Red	Red	Yellow	Red	Red
Esquí Acuático	Red	Red	Yellow	Red	Red
Banano	Red	Red	Yellow	Red	Red
Baños de Sol y de Mar	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
Paseos Náuticos	Yellow	Yellow	Green	Red	Green
Cruceros	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow
Windsurf	Red	Red	Green	Red	Red
Surf	Red	Red	Green	Red	Yellow
Buceo Recreativo	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
Kayak de Mar	Red	Red	Yellow	Red	Red
Pesca Deportiva	Red	Red	Red	Red	Red

- Grado de Tolerancia de las Actividades Turísticas Vinculadas al Borde Costero

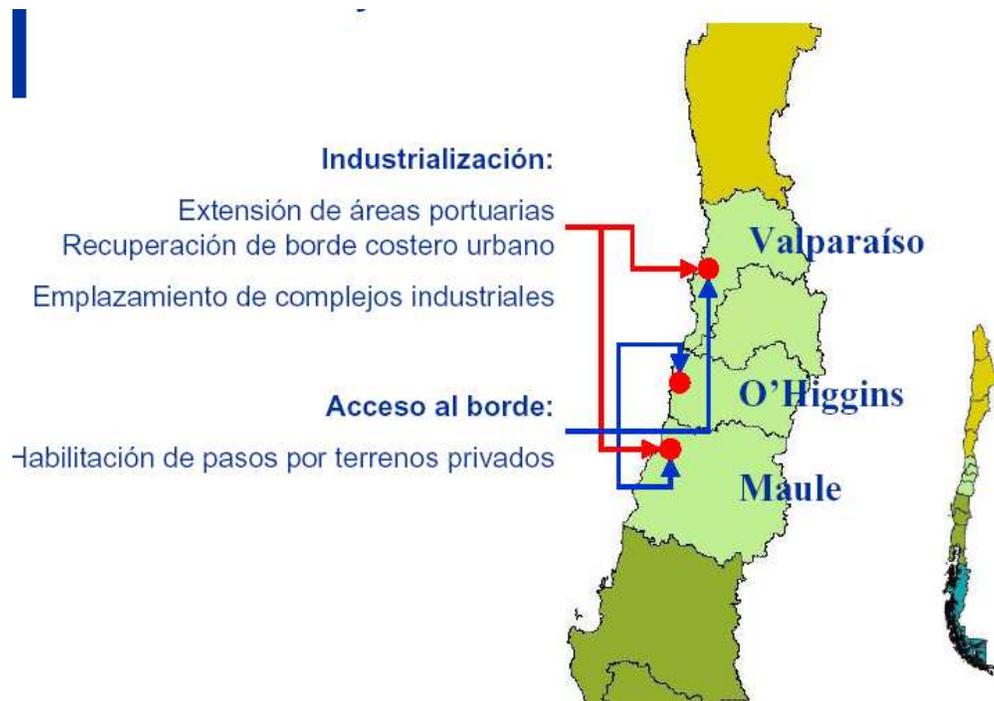
## MAPA DE CONFLICTOS

Actividades Turísticas	Motos Acuáticas	Esquí Acuático	Banano	Baños de Sol y de Mar	Paseos Náuticos	Paseos Costeros	Cruceros	Windsurf y Kitesurf	Surf	Buceo Recreativo	Kayak de Mar	Pesca Deportiva
Motos Acuáticas	Green											
Esquí Acuático	Green	Green										
Banano	Green		Green									
Baños de Sol y de Mar	Red	Red	Green	Green								
Paseos Náuticos	Yellow		Green	Yellow	Green							
Cruceros	Green			Yellow		Green	Green					
Windsurf	Yellow		Green	Yellow		Green	Green	Green				
Surf	Yellow		Green	Yellow		Green	Green	Green	Green			
Buceo Recreativo	Red		Green	Yellow		Red	Yellow	Yellow	Green	Green		
Kayak de Mar	Red		Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	
Pesca Deportiva	Red		Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green

- Principales conflictos entre Actividades



- Principales conflictos Entre Actividades Turísticas y otros Usos del Borde Costero



El catastro de SERNATUR, también identificaba otras consideraciones generales para el desarrollo Turístico en el Borde Costero Nacional:

- Disponibilidad y acceso a servicios básicos agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, disposición residuos sólidos.
- Compatibilidad/incompatibilidad con otras actividades productivas tales como acuicultura, servicios de apoyo a la minería (puertos mineros).
- Sistema de acceso vial.
- Ocupaciones irregulares en el territorio del borde costero (incumpliendo las normativas de ordenamiento territorial).
- Seguridad para el turista.

El documento señalaba otros puntos que incluiremos en este análisis, los cuales servirán de base para el análisis posterior de los usos de este territorio. Al respecto el catastro señala:

- Principales herramientas para la resolución de los conflictos de uso del borde costero



- También debemos considerar algunos criterios básicos para la planificación territorial del borde costero:

**Decisión regional y local el tipo de desarrollo esperado para el borde costero (participación)**

**Priorizar el desarrollo de actividades con mínimo impacto**

**Priorizar actividades sustentables**

**Priorizar actividades cuyos impactos territoriales sean reversibles**

**Priorizar el desarrollo de múltiples actividades compatibles en un espacio territorial por sobre actividades excluyentes**

**Priorizar el desarrollo de actividades de alto impacto social (empleo)**

Como observamos el proceso de ocupación y urbanización, longitudinal y paralelo a la costa, ha dado lugar a grandes extensiones del perímetro costero que han sido ocupados por un continuo urbano o periurbano en el que ha primado la voracidad especuladora en lugar de la planificación racional de estos territorios singulares<sup>4</sup>. Ello está provocando cambios inusuales en

<sup>4</sup> Carmen Schlotfeld L., 2004. Metodologías y conceptos relativos al Ordenamiento del Territorio Costero. PUC.

el medio litoral, cuya velocidad vertiginosa sobrepasa los más loables intentos de ordenamiento. Al mismo tiempo, la valoración del borde costero se da con fuerza en términos sectoriales. Si bien, el país ha venido asumiendo en plenitud el sostener una de las cinco pesquerías comerciales más grandes del mundo. Pero, por otro lado, el borde costero es apetecido como destino turístico y una singular expresión, en torno a los grandes centros poblados, en lo que se conoce como el fenómeno de la "segunda vivienda".

Los impactos de los megaproyectos inmobiliarios en el litoral están aun por evaluarse. Entretanto sí es sabido que la empresa privada se ve enfrentada con estos proyectos frente a un mercado cada vez más exigente e informado, a un público probablemente distinto al de las décadas pasadas, en que las claves son las economías de escala que se generan, los cambios en los valores del suelo que desencadenan, y las repercusiones de estos proyectos que, muchas veces, se elevan como verdaderos enclaves en las comunidades locales.

De ahí la importancia de incorporar los cuerpos de agua en la caracterización de las unidades geográficas, ya que es fundamental entender la gestión sustentable del borde costero más allá del mero espacio de transición física entre tierra y mar para comprender -y por lo tanto, manejar- los sistemas terrestres adyacentes que afectan el mar y los ecosistemas marinos afectados por su proximidad a la tierra.

El borde costero es más que el recurso paisaje, es también lugar de riqueza ecosistémica y de recursos naturales ahí contenidos. Sin esta renovación de conciencia, las intervenciones en el litoral continuarán siendo depredadoras y agresivas generando procesos de desarrollo insostenibles en el mediano y largo plazos. Resulta indispensable asumir una posición clara y definitiva, de carácter preventivo e irrenunciable que se puede resumir como: no localizar en el borde costero cualquier actividad o uso que se pueda emplazar en otro lugar. Y, cualquiera sea ese lugar, garantizar la disminución al máximo de las externalidades negativas garantizando su adecuada fiscalización y control.

El territorio litoral se ha movido tradicionalmente entre el abandono y la especulación no habiendo existido cualquier planificación con metas de gestión sustentable para la definición de localización de actuaciones y usos del territorio. Al mismo tiempo, en el marco de los procesos de globalización de un país que ha sostenido tasas de crecimiento económico particularmente positivas, el borde costero nacional se identifica como un bien estratégico, que atrae inversiones públicas y privadas como cimientos para oportunidades promisorias para la potenciación y diversificación de las economías locales y nacionales. Así, apreciamos un panorama de innumerables actuaciones que pueden dividirse en dos tipos: nuevas inversiones en distintos sectores -pesquero, turístico y de servicios asociados y de infraestructura vial y portuaria en particular, entre otros-; y, otras inversiones orientadas a la revitalización y recuperación de bordes costeros en varias ciudades de Chile en el marco de los proyectos bicentenario.

Las diversas intervenciones, a su vez, son producto de la presión de uso de los múltiples actores presentes en el borde costero y donde la deseada gestión sustentable del mismo, que supone un manejo integrado de sus ecosistemas y recursos allí contenidos, significa responder finalmente a las interrogantes de "por qué, qué, quién, dónde y cómo" hacer en el territorio.

Por otra parte, la creciente presión de los distintos actores sobre el borde costero, donde cada uno plantea distintos usos, ha hecho más perceptible que muchos usos son incompatibles y excluyentes entre sí. De éstos, algunos, efectivamente lo son, pero otros sólo lo son por razones culturales o visiones sectoriales estrechas o escasamente informadas. La identificación de los distintos criterios y objetivos de uso -compatible, incompatible o excluyente- en función, a su vez, de los distintos "tipos" de unidades en el territorio costero, conlleva a las necesarias tareas de zonificación. Estas son, en última medida, procesos de resolución de conflictos entre actores.

Varios son los elementos que podrían explicar la actual situación de ocupación del litoral y sus innumerables conflictos. Entre estos se puede citar: la ausencia de una normativa específica y suficientemente desarrollada sobre este tipo de territorio; una concepción de carácter administrativo, más que planificadora; la complejidad de la delimitación del mismo territorio litoral;

la existencia de una clasificación del suelo sin el necesario establecimiento de categorías definidas que cualifiquen el destino del mismo; la incapacidad práctica para dirigir y fiscalizar, desde el modelo, la utilización del territorio litoral, que queda sometido a todo tipo de intervenciones descontroladas, vertidos, saqueos y construcciones clandestinas; y, una concepción que considera el territorio litoral no urbanizado como un suelo residual, y, que no tiene asignado un papel social específico.

La primera cuestión a que se enfrentan los equipos encargados de elaborar una zonificación del borde costero -entendido éste como el instrumento que permite la implementación de la política- es la propia delimitación de ese borde.

Un primer elemento de discusión y evaluación es el criterio bastante limitado con el cual se define la línea de playa. Desde el punto de vista ambiental, por ejemplo, estudios de suelo y existencia de horizontes arenosos podría ser un criterio más amplio y certero. Sin embargo, ello no dilucida el problema existente y especialmente relevante para el caso de territorios altamente intervenidos por la acción antrópica. En muchos de estos, se han generado actuaciones en el pasado que claramente han modificado irreversiblemente los ecosistemas costeros, y por ende la línea de playa o bien, por vacíos o contradicciones legales, que han posibilitado intervenciones -y construcción de infraestructuras- que visiblemente se encuentran emplazadas en el bien público.

Una segunda cuestión que dificulta las labores de zonificación y relativa también a la delimitación del borde costero, se vincula a los limitados y, al mismo tiempo, diversos ámbitos de actuación de la jurisdicción administrativa de la misma. Ello se hace más explícito aún, cuando se pretende propender a la resolución de conflictos por medio de la zonificación de usos del borde costero lo que implica, necesariamente, la identificación de responsables por acciones de degradación ambiental.

Con todos estos antecedentes, la situación de la zona costera exige orientar las acciones hacia un manejo costero integrado como marco integrador de la inversión -pública y privada- así

como de la asignación de los recursos costeros, con el objeto de mejor garantizar una gestión sustentable del mismo.

El manejo integrado del borde costero, que puede entenderse también como gestión sustentable del mismo, supone fundamentalmente un grado de gobernabilidad, que implica la capacidad de generar las políticas adecuadas y la capacidad de llevarlas a la práctica, lo que involucra la construcción de sistemas de gestión coherentes (regímenes que suponen: instituciones, leyes, cultura, conocimientos, prácticas), y la administración adecuada del sistema, que supone participación y aceptación social y el desarrollo de competencias.

El uso sostenible del territorio, su identificación y comprensión debiera poder contribuir a orientar la toma de decisiones en el territorio de forma a conseguir que el patrimonio natural y cultural sea legado a las generaciones venideras en el mejor estado posible. Ello significa, por sobre todo, tomar en cuenta los intereses y aspiraciones de la población local en la construcción de una imagen de desarrollo. Debiera existir una correlación constante entre la identificación de las prioridades de uso en el proceso de ocupación del territorio litoral, su clasificación y calificación, con el modelo social en que él mismo se desarrolla. Esta es una labor de modelaje del territorio litoral, más avanzado y a escala local que debiera, ante todo, reportar un mejor bienestar a la población local.

Gestión sustentable del borde costero -que implica un manejo integrado del mismo- puede definirse sencillamente como: un proceso continuo y dinámico que vincula al gobierno y a la comunidad, la ciencia y la administración, los intereses comunitarios y los sectoriales en la preparación y la ejecución de un plan integrado (zonificación) para proteger y desarrollar los habitantes, los ecosistemas y los recursos costeros. En otras palabras, la gestión del borde costero supone fundamentalmente el establecimiento de un grado de gobernabilidad del territorio y que se traduce en la capacidad de generación de políticas y marcos regulatorios adecuados para llevar la zonificación a la práctica.

A continuación se presenta un cuadro que resume a los actores relevantes del borde costero en regiones de Valparaíso y O'Higgins.

**TABLA 56.** Cuadro resumen de los actores relevantes del borde costero en regiones de Valparaíso y O'Higgins:

REGION	Intendente Regional	Presidente CRUBC	Secretario Ejecutivo CRUBC	Encargado Técnico CRUBC
VALPARAISO	Iván De la Maza	Intendente	Paula Quintana (32) 2210413	Soledad Bastáis (32) 2210413
O'HIGGINS	Héctor Huenchullan	Gobernador Prov. Cardenal Caro Sra. Loreto Puebla Muñoz (72) 641047		Josefina Caro (72) 841074 en Pichilemu

**TABLA 57.** Información Actores Comunales relacionados al Borde Costero en regiones de Valparaíso y O'Higgins.

Región	Provincia	Comuna	Alcalde	Teléfono	Dirección
VALPARAISO	PETORCA	La Ligua	Raúl Sánchez	(33) 711036	Diego Portales 555
		Papudo	Rosa Prieto	(33) 790306	Plaza Armas s/n
		Zapallar	Nicolás Cox	(33) 741040	German Riesco 399
	VALPARAISO	Puchuncavi	Agustín Valencia	(32) 791023	B. O'Higgins 70
		Quintero	Raúl Vargas	(32) 930034	Normandie 1916
		Concón	Oscar Sumonte	(32) 816001	Av Santa Laura 567
		Viña del Mar	Virginia Reginato	(32) 269200	Arlegui 615
		Valparaíso	Aldo Cornejo	(32)939261	Condell 1490
		Juan Fernández	Leopoldo González	(32) 751046	Larrain Alcalde 320
		SAN ANTONIO	Algarrobo	Guillermo Urquiza	(35) 200123
	El Quisco		José Carrasco	(35) 471068	Av Francia 011
	El Tabo		José Pérez García	(35)431185	Las Cruces Norte 401
	Cartagena		Osvaldo Cartagena	(35) 200700	Mariano Casanova 268
	San Antonio		Omar Vera	(35) 203346	Ramón Barros Luco 2347 Barrancas
	ISLA PASCUA DE	Santo Domingo	Fernando Dominguez	(35) 441580	Plaza El Cabildo s/n
		Isla de Pascua	Pedro Edmunds	(32) 100226	Atamu tekena s/n
	O'HIGGINS	CARDENAL CARO	Navidad	Horacio Maldonado	244960
Litueche			Bernardo Cornejo	851091	Cardenal caro 796
Pichilemu			Jorge Vargas	841017	Ángel Gaete 365
Paredones			Sammy Hormazabal	824289	Doctor Moore 15

**4.10. ESTABLECER UN SISTEMA DE MONITOREO EN TERRENO CON REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE RECOLECCIÓN DE ALGA VARADA Y EXTRAÍDA (COSECHA DIARIA TOTAL POR RECURSO, ALGUERO/A, BUZO Y EMBARCACIÓN PARA CADA ÁREA DE PESCA), DE TRANSPORTE (CANTIDAD TOTAL DE RECURSO RECOLECTADO Y TRANSPORTADO POR ÁREA DE PESCA) Y DE LOS DESEMBARQUES (CANTIDAD O VOLUMEN, PRECIO DE VENTA Y DESTINO POR RECURSO ALGUERO/A, BUZO EXTRACTOR) ASOCIADOS A LAS PRINCIPALES PRADERAS DE ALGAS CARRAGENÓFITAS EN EXPLOTACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.**

#### **4.10.1. Sistema de monitoreo en terreno a través de la cadena productiva.**

La pesquería de algas carragenófitas en la V y VI Región genera desembarques menores, en comparación con los desembarques reportados para otras regiones del país (Anuario SERNAPESCA 1989-2009). La única especie explotada actualmente es *M. laminarioides* (“luga cuchara”), que aporta durante el período 2005 al 2009 113 ton húmedas provenientes principalmente de áreas de libre acceso. Es difícil determinar el origen de las cosechas, solo se declara un sector genérico, lo cual dificulta la implementación de puntos fijos de control y monitoreo extractivo. En este contexto, se sugiere a futuro llevar a cabo la división del litoral tanto de la V como de la VI Región en Zonas de Operación Extractiva (ZOE). En este contexto, se sugiere a futuro llevar a cabo la división del litoral tanto de la V como de la VI Región en Zonas de Operación Extractiva (ZOE). Se define ZOE como un área demarcada por las actividades extractivas asociadas a la cadena productiva de las algas y determinada por las condiciones geográficas, demográficas y de accesibilidad a la costa (Vásquez 2004, 2008). Por ejemplo, anteriormente se han propuesto ZOE para la administración de otros recursos algales en la misma área de estudio (algas pardas; V y VI Región; FIP 2006-25) que pueden ser consideradas para organizar, codificar y analizar la información de las actividades de extracción tanto de algas carragenófitas así como de otros recursos algales (**TABLA 58**). De esta manera, será posible

implementar un sistema de control móvil para el monitoreo espacial y temporal de los desembarques, generando un ordenamiento territorial que defina y regule el acceso de pescadores autorizados para la extracción en función del uso del recurso en sectores específicos (ver ejemplo **FIGURA 123**).

**TABLA 58.** Código (ID), coordenadas geográficas (UTM) y nombre de las Zonas de Operación Extractivas (ZOE) por Región. (Coordenadas Latitudinales de Proyección UTM, Datum WGS84, Zona 19 Sur).

Región	ID ZOE	Nombre ZOE	Límite Norte	Límite Sur
5ª	501	Pichicuy	6.436.785	6.409.524
5ª	502	Papudo	6.409.524	6.393.639
5ª	503	Maitencillo	6.393.639	6.371.095
5ª	504	Concon	6.371.095	6.353.337
5ª	505	Viña del Mar	6.353.337	6.344.181
5ª	506	Valparaíso	6.344.181	6.341.892
5ª	507	Quintay	6.341.892	6.310.954
5ª	508	Algarrobo	6.310.954	6.299.925
5ª	509	Isla Negra	6.299.925	6.293.474
5ª	510	Las Cruces	6.293.474	6.282.653
5ª	511	San Antonio	6.282.653	6.272.109
5ª	512	Mostazal	6.272.109	6.247.068
6ª	601	Matanza	6.247.068	6.237.010
6ª	602	Chorrillo	6.237.010	6.230.073
6ª	603	Topocalma	6.230.073	6.215.437
6ª	604	Alto Colorado	6.215.437	6.195.321
6ª	605	Pichilemu	6.195.321	6.191.020
6ª	606	Punta Lobos	6.191.020	6.184.500
6ª	607	Cahuil	6.184.500	6.172.153
6ª	608	Bucalemu	6.172.153	6.149.817

La explotación (recolección y cosecha) de algas carreenófitas es una actividad que presenta tres etapas en una cadena productiva identificable. (1) La primera corresponde a la extracción y recolección de *M. laminarioides* arrancada manualmente desde el sustrato,

seleccionando los talos más grandes y dejando los talos pequeños adheridos al disco de fijación. (2) Los intermediarios que transportan el alga húmeda o seca desde la playa hasta las instalaciones de las plantas procesadoras o comercializadoras. (3) Las plantas de procesos o comercializadoras extraen los azúcares y venden un producto terminado con valor agregado (carragenina) para el mercado nacional o extranjero.

En este contexto, la cadena productiva posee los siguientes segmentos laborales:

**Pescadores/Recolectores:** Los algueros, que pueden tener la categoría de recolectores de orilla, pescadores artesanales o buzos, son la base de la cadena productiva. Los algueros extraen el recurso algas carragenófitas desde las playas rocosas, abasteciendo con materia prima a los eslabones superiores de la cadena (e.g. intermediarios, plantas de proceso y comercializadoras). En la V y VI región la extracción de *M. laminarioides* es incipiente, con cantidades extraídas mínimas en relación a otras regiones, y con escasa periodicidad extractiva. Esto se debe a que el esfuerzo extractivo es realizado esporádicamente por recolectores de orilla, principalmente mujeres, buzos y pescadores artesanales que complementan sus ingresos con la recolección de algas rojas, sin embargo centran su actividad en agricultura, ganadería y otras actividades de mano de obra no especializada.

En la actualidad la extracción de este recurso no presenta ningún tipo de administración pesquera, por lo que se sugiere realizar un empadronamiento de recolectores, buzos y pescadores artesanales involucrados en dicha actividad. Para tal efecto, es necesario actualizar o formalizar, a través del Registro Pesquero Artesanal (RPA), a todas las personas relacionadas con la extracción directa e intermediarios en la comercialización de algas carragenofitas, y de otros recursos algales (e.g. algas pardas, agarofitas). Esta información permitirá tener una visión parcial actualizada del esfuerzo de pesca, considerando el número de usuarios activos registrados en el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) de cada Región. Además, esto permitirá

relacionar directamente los niveles de extracción con el desembarque de *M. laminarioides* u otros recursos algales en la V y VI Regiones.

De acuerdo a los resultados de las encuestas aplicadas al sector pesquero artesanal que se dedica a la extracción de recursos del mar en el presente proyecto, el número de recolectores que no están inscritos en los RPA de SERNAPESCA es significativamente alto. La mayoría de los no-inscritos demuestran continuidad en la extracción de *M. laminarioides*. La extracción y recolección de estas algas corresponde a una actividad alternativa a la agricultura, ganadería, minería, o trabajos de mano de obra no especializada, por lo que su regularización como recolectores de este recurso no parece ser una preocupación en estas regiones. Los recolectores que no tienen RPA, generalmente no informan la procedencia de las cosechas, ni el volumen de la extracción. No obstante, aquellos extractores que no cuenten con el RPA, por no estar inscritos en el registro o por no estar autorizados para extraer el recurso, deberían incorporarse al sistema demostrando su habitualidad en función de documentos tributarios o registro de desembarques en el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). Cabe destacar que los límites regionales no constituyen una restricción territorial para las recolecciones y cosechas, donde recolectores y pescadores se desplazan de una Región a otra. Esto impacta fuertemente en los RPA por región, lo que se potencia con la baja fiscalización en los límites de cada una de estas regiones.

Para disminuir las irregularidades en la extracción y recolección de algas rojas se sugiere fiscalizar y validar el acceso a las áreas de cosecha con la ayuda de recolectores formados como monitores. Estos monitores serán entrenados y escogidos entre recolectores/buzos/pescadores, designados por las propias organizaciones emplazadas en distintos sectores, quienes deberán registrar: desembarques en el origen, registro del acceso a los lugares de cosecha y recolección; origen de los recursos según AMERB o ALA; y los desembarques, considerando fundamentalmente el método de extracción, la especie y los intermediarios autorizados (Con RPA y Código SIEP). Esto permite establecer un sistema de recolección de datos, mediante

Formularios Operacionales de Cosecha (**FOC**) elaborados por el SERNAPESCA, para el registro de la información necesaria para llevar el control del desembarque y del esfuerzo de pesca.

Para obtener el registro de la información de desembarque y esfuerzo de pesca los formularios deberán contener información sobre el volumen del recurso extraído, su precio, cantidad de recolectores, el **RPA**, edad y estudios de los recolectores, número y especificación de intermediarios, información social, entre otros. Además, los monitores deberán estar capacitados para registrar datos básicos sobre algunos parámetros morfométricos de *M. laminarioides* (e.g. largo y ancho de frondas) y reconocimiento de su estado reproductivo. Además de estar capacitados para identificar otros recursos algales actuales y potenciales (e.g. chasca).

**Intermediarios:** Son el eslabón que compra el producto desde el origen y lo llevan hasta las plantas de proceso o comercializadoras, según corresponda. De acuerdo a los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los extractores (recolectores/buzos/pescadores), el intermediario que compra las algas secas no siempre es el mismo, puesto que las algas son vendidas dependiendo del valor de compra ofrecido. Sin embargo, y como ocurre en otras pesquerías de algas (e.g. *Lessonia nigrescens* en el norte de Chile), los intermediarios entregan préstamos de dinero o abastecimiento de comestibles a los extractores cuando se encuentran en localidades alejadas de centros poblados, asegurando la obtención del recurso. Así mismo, sí se observa que en una localidad opera más de un intermediario, los extractores tienen la posibilidad de no generar compromisos con un intermediario fijo, pudiendo vender su producto al mejor postor.

En la V y VI región se ha identificado un número de intermediarios que opera a lo largo de la costa de ambas regiones, no autorizados y con baja sectorización. Por lo tanto, para facilitar el ordenamiento espacial de los antecedentes obtenidos por medio de la clasificación propuesto a través de las ZOE, se sugiere que los intermediarios complementen los antecedentes de la cadena productiva con el control del acceso a la pesquería permitiendo dar trazabilidad a la

cadena productiva. Esto, puede llevarse a cabo a través de la información obtenida del Formulario Operacional de Cosecha (**FOC**) tomada por los monitores en playa.

El **FOC**, deberá incluir información como el nombre completo del agente extractor, su RUT, el volumen del recurso extraído, la especie, el sector de extracción (AMERB, ALA), el método de extracción, el nombre del intermediario (agente comprador), el RUT del intermediario y la identificación del lugar de destino (nombre de la planta de proceso o comercializadora). Dicho formulario será autocopiativo, el cual podrá quedar a disposición de los representantes de las organizaciones de pescadores artesanales legalmente constituidas de la V o VI Región. Será entregado periódicamente al SERNAPESCA de la región correspondiente para su consolidación en base de datos y análisis para la elaboración y corroboración de los desembarques por Región.

**Plantas de procesos o Comercializadoras:** En la V y VI región no se han identificado plantas de procesos de algas carragenófitas, lo cual sugiere que las algas secas son trasladadas a otras regiones para su transformación y comercialización. La identificación de plantas de proceso y de comercializadoras ha sido difícil, primero porque recolectores e intermediarios menores desconocen o no informan los destinos finales de la materia prima y segundo durante el desarrollo del proyecto el terremoto-maremoto del 27.02.10 generó una disminución significativa de las actividades comerciales de este rubro. Esto determina que la entrega de información sobre los desembarques por parte de las empresas compradoras de algas rojas sea lenta o nula, dificultando el seguimiento estadístico en ambas regiones.

Dado que en esta etapa de la cadena productiva está ausente el control y fiscalización que permite en las plantas de transformación, validar el origen y los volúmenes de desembarque, disminuye la obtención confiable de la información sistemática como una medida de administración pesquera. En esta etapa debieran utilizar algún documento tipo como los **Formulario de Comercialización y Abastecimiento (AC-F)**, que documenten esta parte de la cadena productiva. Esto obliga a las empresas, independiente del origen de la materia prima, a

entregar la información relacionada con el nombre de la especie de alga ingresada a la planta o comercializada, el volumen comprado por especie, la procedencia de las algas que ingresan a las plantas de proceso o comercializadas, el lugar y tipo de recolección, el nombre del recolector y número de RPA, y el nombre del intermediario que compra en playa. Estos datos deben ser contrastados con los registros del SERNAPESCA, para documentar los desembarques por sector, región y país de algas carragenófitas a nivel nacional.

Este sistema de monitoreo en terreno con registro de las operaciones de recolección de alga varada y extraída (cosecha diaria total por recurso, alguero/a, buzo y embarcación para cada área de pesca), de transporte (cantidad total de recurso recolectado y transportado por área de pesca) y de los desembarques (cantidad o volumen, precio de venta y destino por recurso alguero/a, buzo extractor) asociados a las principales praderas de algas carragenófitas en explotación en la zona de estudio esta basado en la propuesta de plan de manejo descrito en el Objetivo 4.11.

#### **4.11. COORDINAR REUNIONES CON LOS ACTORES LOCALES PARA LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE LA PESQUERÍA DE ALGAS CARRAGENOFITAS DE LA V Y VI REGIONES (OBJETIVO ESPECIFICO 11).**

Un plan de manejo constituye una herramienta de administración de los recursos naturales, cuyo objetivo central es la sustentabilidad de la biomasa y distribución de las poblaciones naturales de recursos sometidos a explotación comercial. La ley general de Pesca y Acuicultura, regula en su Título II, párrafo 2º, los planes de manejo, estableciendo que toda unidad de pesquería declarada en plena explotación, de recuperación o de desarrollo incipiente, contará con un plan de manejo elaborado por la Subsecretaría de Pesca, propuesto por el Consejo Zonal de pesca correspondiente.

La LGPA, en su Artículo 9º establece que un plan de manejo debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- a) Descripción, respecto de su localización geográfica y especies que lo conforman.
- b) Antecedentes biológico-pesqueros de las especies que la constituyen, y su estrategia de explotación.
- c) Medidas de conservación y regímenes de acceso que le son aplicables.
- d) Antecedentes de captura, producción elaborada y mercado de los productos.
- e) Requerimientos de investigación con fines de conservación y manejo.

##### **4.11.1. Proposición de un plan de administración de la pesquería de algas carragenofitas.**

En este objetivo se presenta una propuesta de plan de manejo y administración de la pesquería de algas carragenófitas de las regiones V de Valparaíso, y VI del Libertador Bernardo O'Higgins, para consensuar con los usuarios directos de la cadena productiva de este recurso **(ANEXO II)**.

## **Plan de Manejo**

**A) Principio precautorio.** La elaboración del presente plan de manejo se sustenta sobre la idea de salvaguardar los procesos biológicos y ecológicos que permitan la auto-regeneración de las praderas explotadas de *Mazzaella laminarioides*. Desde esta perspectiva, es necesario disponer de indicadores biológicos que puedan ser fácilmente incorporados en un plan de administración, promoviendo el manejo intuitivo del recurso por recolectores/pescadores artesanales. Además, este plan de manejo debe facilitar las labores de fiscalización y control por parte de la autoridad. En este sentido, la adopción de un principio precautorio como fundamento del plan de manejo, supone la recomendación de indicadores de cosecha cuyos valores límite sean conservadores desde el punto de vista del normal funcionamiento de los procesos ecológicos de las praderas intervenidas.

## **B) Elementos de Control.**

**Talla reproductiva.** Establecer una talla de referencia como índice biológico para salvaguarda reproductiva resulta poco aplicable a una pesquería que basa las extracciones en un proceso extractivo de baja discriminación por tallas.

**Cosecha/recolección y extracción.** Las frondas de praderas cosechadas a cualquier nivel de corte alcanzarían en un plazo de seis meses, los valores de longitud observados naturalmente en zonas sin intervenir.

**Veda.** La veda no resulta una medida necesaria.

**Ordenamiento de las áreas de recolección/extracción.** La apropiación de sectores del borde costero para el trabajo de corte y recolección de alga y posterior secado es la práctica habitual y tácitamente aceptada entre recolectores. Esta estructura de explotación es independiente si las áreas de cosecha están en áreas de libre acceso o dentro de AMERB. Situación similar se observa en la explotación ancestral del *Cochayuyo Durvillaea antarctica*.

## **Amenazas/Vulnerabilidades**

### **I. Ausencia de validación y fiscalización de prácticas y temporalidad de cosecha.**

El establecimiento de procedimientos adecuados en estos aspectos, debiera considerar lo siguiente:

1. Establecer los niveles de corte desde el disco de fijación y número de cortes durante una temporada de cosecha. Esto involucra, la periodicidad en que un recolector/pescador cosecha en una misma localidad/área.
2. Establecer medidas de manejo tanto para ALA como para AMERB.
3. Fiscalizar el acceso a áreas de cosecha.
4. Considerar la alternancia de sitios de extracción como mecanismo potencial que resguarde los procesos normales de reproducción sexual y rotación de áreas de cosecha en función de la productividad natural de cada sector de la costa del área de estudio.
5. Generar un ordenamiento territorial que defina y norme con claridad el acceso de pescadores con RPA a sectores específicos de extracción.
6. Establecer restricciones en la temporalidad de las cosechas (vedas biológicas).

### **II. Ausencia de procedimientos de evaluación que permitan detectar eventuales efectos de perturbaciones naturales y antrópicos sobre el recurso.**

Eventos Naturales como: El Niño-Oscilación del Sur, acreciones estacionales de arena, tsunamis y terremotos. Eventos Antrópicos como: frecuencia e intensidad de cosecha, aumento del esfuerzo de pesca (cosecha), contaminación orgánica, arrastre de ríos, entre otros. Algunas de las estrategias deben estar relacionadas con:

1. Programas de evaluación de la biomasa disponible y cosechable.
2. Programas de monitoreo de factores de perturbación.
3. Uso del borde costero y conflictos asociados
4. Programas de repoblamiento y restauración de poblaciones naturales.

### **III. Desconocimiento de la variación del esfuerzo de cosecha sobre el recurso.**

Monitoreo del potencial alternancia de oficios por los usuarios directos (recolectores/pescadores), como un factor que pudiese influir en la aplicación del plan de manejo.

#### **IV. Desconocimiento del impacto de la cosecha esporádica no reglamentada.**

Programas de seguimiento del acceso a la pesquería, incluyendo el impacto de "algueros esporádicos" o "facultativos" que no obedecen a las regulaciones establecidas para la administración y manejo de la pesquería.

**C) Instrumentos de solución.** Para lograr una buena aproximación del uso de los recursos algas carragenófitas es necesario validar y regular las siguientes etapas:

1. Actualizar el Registro de Pesca Artesanal (RPA) para algas carragenófitas. Esto implica inscribir a usuarios históricos no registrados en el RPA, y eliminar a quienes no demuestran actividad extractiva en los últimos años.
2. Regularizar la actividad de intermediarios, actualizando los registros CIEP en el SERNAPESCA de la Región que corresponda.
3. Actualizar el listado de plantas de proceso, molienda y acopio de algas carragenófitas en las regiones de estudio y en otras regiones de destino de la biomasa.
4. Actualizar las plantas de extracción de hidrocoloides y plantas de exportación o destino final de la biomasa.

El procedimiento de uso de los recursos objetivos en la cadena productiva, considerando recolección, extracción, transformación, venta, transporte y extracción de ficocoloides deberá incluir lo siguiente:

1. Pescadores con RPA autorizados para el recurso algas carragenófitas deben registrar cantidad, especie y lugar de extracción de los recursos objetivo.
2. Los Intermediarios deben transferir información de extracción a Formularios ACF y/o Formulario Operacional de Cosecha (FOC), estos junto a los documentos tributarios (Factura de

compra, guía de despacho) deben ser entregados a SERNAPESCA para visación de transporte en la Región o entre regiones.

3. Los Intermediarios deben comprar algas sólo a pescadores/recolectores con RPA autorizados para carragenófitas.
4. Los pescadores/recolectores sólo debe proveer algas carragenófitas a intermediarios o centros de transformación debidamente autorizados y regularizados por la autoridad pesquera.
5. Los centros de transformación solo podrán proveerse de pescadores/recolectores con RPA autorizados para el recurso e intermediarios autorizados con Código CIEP actualizado.
6. Los centros de transformación deberán registrar especie, cantidad y procedencia de la biomasa.

Lo anterior requiere de:

- Catastro de usuarios recolectores/pescadores con Registro de Pesa Artesanal (RPA), autorizados para el recursos algas carragenófitas.
- Incorporar en el RPA a recolectores/pescadores, que no estando inscritos en el registro o no estando autorizados para el recurso, demuestren su habitualidad en función de documentos tributarios o registro de desembarques en SERNAPESCA.
- Evaluación de la habitualidad en la pesquería, eliminando del RPA aquellos que no demuestren actividad en los últimos cinco años. Esto puede ser implementado utilizando documentos tributarios o informes de desembarques en los registros del SERNAPESCA.
- Registro individual de desembarque, considerando origen de la cosecha/recolección, especie y volumen de la cosecha.
- Formación de monitores por caleta o localidad que registren el acceso a los lugares de cosecha y recolección, el origen de los recursos, los desembarques individuales, considerando fundamentalmente la actividad de recolectores/pescadores e intermediarios autorizados (Con RPA con Código CIEP).

- Mantener un plan de información al público que explique la importancia de estos recursos y la forma en que está organizada su pesquería. La difusión de esta información puede realizarse por medio de publicidad estática en sectores estratégicos del borde costero.
- Respecto a las perturbaciones naturales, locales o de gran escala, y antrópicas es necesario contar con programas de seguimiento de disponibilidad de la biomasa, reclutamiento, crecimiento, y de la mortalidad natural y por pesca.
- Planificar e implementar a nivel nacional un banco de germoplasma para resguardar la diversidad genética de los recursos marinos costeros.

#### **D) Programa de Monitoreo Pesquero y Biológico.**

**Monitoreo pesquero.** Es necesario desarrollar un programa de monitoreo de la actividad pesquera a un escala de resolución temporal adecuada (*e.g.* día, mes, año). La forma en que esto se ha desarrollado para recursos similares, es el registro *in situ* del origen, la especie y la cantidad cosechada/recolectada, usando formularios de desembarque individual, que los usuarios directos tienen la obligación de entregar a la autoridad pesquera, toda vez que se realice un evento de comercialización.

**Monitoreo biológico.** El programa de monitoreo biológico puede ser Indirecto o Directo.

**Indirecto.** Establecer programas de monitoreo satelital o aéreos, utilizando satélites de baja resolución y vuelos a baja altura que permitan estimar rápidamente la biomasa disponible y la biomasa disponible por temporada de cosecha. Estos protocolos han sido utilizados en evaluaciones experimentales de la pesquería de algas pardas en el norte de Chile, para *Ascophyllum* en Canadá y para *Macrocystis* en la costa de San Diego en Estados Unidos.

**Directo.** Establecer un programa de evaluación directa, anual o bianual, que determine la biomasa disponible y cosechable, considerando además evaluaciones del crecimiento vegetativo, reclutamiento y de la fenología reproductiva de especies carragenófitas en toda su distribución. Los protocolos de evaluación de estos recursos se describen detalladamente en los Materiales y

Métodos del proyecto que se informa. Estudios directos de evaluación de la biomasa disponible, sirven además para estandarizar y corregir las evaluaciones indirectas, ya sea por uso de satélite o por vuelos a baja altura.

## **E. Metas, Acciones y recomendaciones**

### **Metas**

1. Actualizar los RPA de recolectores/pescadores artesanales que explotan las praderas de luga.
2. Establecer registro de origen de los desembarques de algas carragenófitas.
3. Establecer el registro individual de los volúmenes y las especies cosechadas/recolectadas en las regiones de estudio.
4. Actualizar el listado de comercializadores, plantas de proceso y de transformación que provean de algas carragenófitas recolectadas o cosechadas en la V y VI Región de Chile.
5. Identificar las instancias que aseguren la participación organizada y responsable en el manejo de los actores de la pesquería de algas.
6. Diseñar un sistema de monitoreo de la pesquería que permita evaluar el desempeño de los usuarios, de la pesquería y de la disponibilidad de los recursos objetivo.
7. Establecer e implementar capacitaciones para los usuarios de la pesquería (recolectores, extractores, comercializadores intermediarios, plantas picadoras y de proceso, servicio público, empresas y gobierno regional), que permita coordinar la actividad productiva y el manejo sustentable de la pesquería de algas carragenófitas en Chile centro-sur.
8. Implementar las estrategias de manejo recomendadas, y monitorear su efectividad.
9. Establecer e implementar programas de monitoreo de la biomasa disponible y cosechable en las regiones en estudio.

10. Establecer e implementar programas de monitoreo de perturbaciones naturales y antrópica, que impacten la distribución y abundancia de algas carragenófitas en las regiones de Valparaíso y del Libertador Bernardo O'Higgins.

11. Generar un programa de investigación en aspectos relevantes de la biología, la ecología y la composición química de algas carragenófitas, para permitir una explotación sustentable, y también en la búsqueda de un mayor valor agregado a las praderas naturales.

### **Acciones**

- Establecer una mesa de trabajo sectorial y participativa (pescadores/recolectores artesanales, intermediarios, industria, técnicos) donde converjan todas las instancias involucradas en la pesquería.
- Implementar un plan de manejo regional-sectorial, consensuando las medidas de administración y manejo con todos los actores de la cadena productiva de la pesquería de carragenófitas.
- Mantener un programa permanente de evaluación de la distribución y abundancia de la biomasa disponible y cosechable.
- Actualizar el RPA para algas carragenófitas, incorporando a usuarios históricos, eliminando aquellos sin habitualidad durante los últimos cinco años, y abriendo el registro a nuevos actores extractivos asociados a organizaciones de pescadores y recolectores artesanales. Anexo XXX.
- Generar un plan de investigación especialmente relativo a la búsqueda de valor agregado de productos naturales, como también de la restauración y repoblamiento de algas carragenófitas financiado a través de recursos estatales y privados.
- Catalizar y promover la organización de recolectores/pescadores artesanales en asociaciones representativas y con personalidad jurídica, que puedan acceder a fondos estatales y privados para implementar planes de manejo de las algas rojas, mejorando así la calidad de vida de sus integrantes.

- Efectuar un programa de difusión del plan de manejo, entre los distintos usuarios de la pesquería (extractores, intermediarios, empresa, gobierno regional, investigadores, y servicios públicos).

**Recomendaciones.** Se recomienda:

- 1) Extracción de frondas con posterioridad a la estación de primavera para favorecer el proceso reproductivo sexual y favorecer el crecimiento vegetativo de frondas a partir de discos de adhesión remanentes.
- 2) Rotación de áreas de extracción e idealmente capacitar a los pescadores artesanales para que eviten la remoción de plantas reproductivas, en adhesión al principio precautorio.
- 3) Desarrollo de un mecanismo de sectorización de las praderas, con el fin de poder implementar estrategias de rotación de áreas.
- 4) Informar a los extractores sobre la importancia de conservar los discos basales, debido a que la regeneración de las praderas ocurre principalmente por la vía del crecimiento de nuevas frondas a partir de los discos de adhesión remanentes.
- 5) Generar una instancia de capacitación que explique a los usuarios del recurso los aspectos básicos de la biología reproductiva de *M. laminarioides*, y que las prácticas de extracción eviten el uso de instrumentos que puedan dañar los discos de adhesión.
- 6) Establecer un período de salvaguarda para los procesos de reproducción sexual con máximo aparente en primavera, aunque la evidencia no permite sugerir la necesidad de una veda reproductiva.
- 7) Definir en el mediano plazo áreas de reserva para dispersión natural de propágulos que garanticen la viabilidad de la especie espacial y temporalmente. La sectorización interna de praderas en áreas de extracción y descanso (requeridas para la rotación) podría ser útil para este fin.
- 8) Estimación del stock, la cantidad de recurso disponible en stock es una variable crítica a considerar en el plan de manejo. Por tratarse de un recurso natural, sus fuentes de mortalidad no

son sólo pesqueras. La respuesta del stock a los procesos poblacionales básicos (i.e., reclutamiento, crecimiento, varazones, fenómenos de cambio global, etc) crean dinámica.

9) Capacitación de actores de la pesquería. Un mecanismo complementario de evaluación de stock podría implementarse por medio de la capacitación de “monitores artesanales”. La misión de estos pescadores sería llevar a cabo evaluaciones de densidad, extensión espacial de las praderas existentes en sus áreas de operación y registro de varazones.

10) Cierre del RPA para los extractores tanto aquellos que estén asociados como los independientes y que participen en la pesquería solo los extractores debidamente autorizados. El rol que cumple el registro de pesca artesanal (RPA) es poco funcional, pues en sí mismo no permite conocer el número de pescadores en actividad efectiva.

11) Generar un registro y seguimiento de intermediarios ya que se configuran como potenciales cuellos de botella para el manejo sostenible del recurso. A pesar del rol clave que jugarían los intermediarios en esta pesquería, no se conoce mucho sobre los mecanismos que regulan su dinámica.

12) Implementar un sistema de monitoreo de la actividad y registro de la extracción, utilizando formularios foliados para los extractores debidamente autorizados con acceso restringido sólo para usuarios habilitados de la pesquería, mediante concurso público por una unidad técnica, para cada región que efectúe muestreos representativos de los indicadores de la pesquería.

13) Definir un mecanismo de financiamiento del Plan de manejo, se sugiere que este sea público-privado con una participación de las empresas por kg de alga comercializada. La compra-venta del recurso deberá pagar un “royalty” por kilo de alga comercializado, cuya finalidad es doble: i) por una parte, permitirá financiar parte del plan de manejo; ii) por otro lado, crea un incentivo a la denuncia de pescadores operando sin permiso, los que por su condición de indocumentados estarían evadiendo el pago.

14) Modernizar la captura de datos de los desembarques personales, por medio de la adopción de mecanismos de registro automatizado, el que deberá ser acompañado de un plan de educación.

15) Preparar en el mediano plazo el manual de buenas prácticas para la pesquería de la luga cuchara, con financiamiento regional o del gobierno central.

**Área de aplicación del plan del Plan de Manejo.** Considerando que el conocimiento de la biología y ecología de las algas carragenófitas adquirida durante el presente proyecto está condicionada por procesos ambientales, sociales, y productivos con características locales, que no necesariamente se verifican en otras zonas del país, es que se enfatiza su aplicación sólo en el área de estudio (V y VI Regiones).

**Tiempo de aplicación del plan de manejo.** La aplicación del plan de manejo involucra tres etapas básicas: de implementación, de puesta en marcha y operación, cada uno con tiempos independientes.

La etapa de implementación dependerá del consenso entre los actores involucrados en el desarrollo, establecimiento y ejecución del plan de manejo quienes deben determinar la estructura espacial y temporal de las herramientas de administración seleccionadas para esta pesquería, y el momento de inicio del programa.

La etapa de puesta en marcha involucra validar los indicadores biológicos, ecológicos y pesqueros seleccionados, los puntos geográficos de control pesquero y el programa de monitoreo bio-ecológico. Además de capacitar a los encargados de ejecutar el plan de manejo.

La etapa de operación comienza cuando los actores involucrados en el plan de manejo están completamente informados de las acciones que se llevarán a cabo. La continuidad o modificación del plan de manejo debe ser consensuada previa evaluación periódica de los resultados del programa de monitoreo biológico, ecológico y pesquero.

## 5. CONCLUSIONES

Basado en la información recopilada en las primeras prospecciones realizadas en el litoral de las regiones V y VI se definieron 8 localidades para estudiar al alga carragenofita *Mazzaella laminarioides*. Los lugares seleccionados son en la V Región de Valparaíso: Laguna de Zapallar, Caleta Horcón, Montemar y Playa Chica de Quintay; en la VI Región Libertador Bernardo O'Higgins: Matanzas, Topocalma, Pichilemu y Bucalemu. En general, las praderas de *M. laminarioides* seleccionadas en la V Región no están intervenidas, mientras que las praderas escogidas en la VI Región están intervenidas por actividades de cosecha. Cada una de estas praderas fue delimitada y georreferenciada de acuerdo a la metodología propuesta. Otras especies del grupo que componen el recursos algas carragenofitas como *Mastocarpus sp.* y *Ahnfeltiopsis sp.* y *Sarcothalia crsipata*, si bien están presentes son poco frecuentes o forman parte de la flora asociada a las praderas de *Mazzaella*.

La distribuciones de frecuencia de biomasa ( $\text{g/m}^2$ ) de frondas vegetativas para todas las praderas estudiadas y período de muestreo, muestran un promedio aproximado de  $161 \text{ g/m}^2$ , tanto al agregar temporalmente (sin distinción de pradera) como espacialmente (agrupando a través del tiempo). Un 72% del aporte total de biomasa por  $\text{m}^2$ , correspondió a biomasa vegetativa (no reproductiva). En general, los patrones variaron entre formas unimodales, las que pueden deformarse y mostrar proyecciones de frecuencias hacia valores altos de biomasa, aunque sin mostrar un patrón sistemático. Fue evidente la pérdida de frondas de gran tamaño hacia el invierno, posiblemente debido al cambio de estas frondas a estado de madurez. La biomasa de frondas tetraspóricas, es escasa y presenta un promedio de  $20 \text{ g/m}^2$ . En el caso de la biomasa de frondas cistocárpicas presenta un valor promedio estimado de  $40 \text{ g/m}^2$ .

La tendencia temporal de la biomasa total (sin desglose por pradera) muestra un ciclo estacional bien marcado para las frondas vegetativas y cistocárpicas. Las frondas vegetativas mostraron un máximo en pleno período estival (*i.e.*, enero), mientras que las frondas cistocárpicas

presentaron un máximo centrado en marzo. Por su parte, la fase tetraspórica mostró un ciclo muy atenuado, con un desfase tentativo de cuatro meses respecto del máximo vegetativo.

Existe una clara dominancia de las frondas vegetativas en todas las localidades y no se aprecia tendencia latitudinal en biomasa. Los niveles de biomasa vegetativa superaron significativamente los niveles de frondas reproductivas. Se aprecia una amplia dominancia gametofítica dentro de todas las poblaciones estudiadas.

Se evaluó el grado de intervención antropogénica, donde las zonas NI (no intervenido) consideran praderas donde *M. laminarioides* no es explotada, y las zonas I (intervenida) corresponden a praderas donde existe explotación del recurso o son áreas de libre acceso. Para el caso de las frondas vegetativas y cistocárpicas se observó un efecto positivo de la no intervención. En promedio para el caso de frondas no reproductivas, las praderas no intervenidas mostraron un 30% más de biomasa que sus contrapartes intervenidas. Para el caso de las frondas cistocárpicas, la no intervención se manifestó con un aumento significativo de 12% más de biomasa. No se detectaron diferencias significativas para el caso de frondas de la fase tetraspórica.

El promedio de densidad se estimó en aproximadamente 573 frondas/m<sup>2</sup> al agregar temporalmente (sin distinción de pradera), y en 565 frondas/m<sup>2</sup> por pradera (agrupando a través del tiempo). En general los patrones distribucionales tienden a ser unimodales en la V región, mientras que en las praderas de la VI se deforman producto de una mayor representación de las clases de abundancia más altas. En promedio, el 94% de la densidad está compuesta por frondas no reproductivas. El patrón de distribución de densidad para el caso de frondas tetraspóricas, muestra que densidad promedio para esta fase se aproximó las 12 frondas/m<sup>2</sup>, correspondiente a un 2% de la representación sobre el total de frondas observadas. La distribución de densidad para el caso de frondas cistocárpicas, muestra un promedio estimado de 22 frondas/m<sup>2</sup>, correspondiente a un 4 % de la representación total de fases. Se observa una pérdida de clases de densidad altas hacia el invierno, principalmente en la V Región, lo que correspondería a

pérdida de frondas maduras esporuladas o a pérdida de frondas de gran tamaño por intensificación de malas condiciones climáticas (patrón coherente con los resultados de distribución de tamaños y observaciones de terreno). La densidad frondas no reproductivas y cistocárpicas muestra un ciclo estacional bien marcado. Las frondas vegetativas presentaron una densidad constante que supera en un orden de magnitud los valores observados para las fases tetraspórica y cistocárpica. Por su parte, la fase tetraspórica mostró un ciclo anual con máximo en el mes de mayo, sin embargo, no fue posible descartar un segundo máximo en el mes de septiembre. Un patrón similar fue apreciado para el caso de frondas cistocárpicas. Sin embargo, la baja representación numérica de ambas fases no permitió discriminar con precisión este patrón. Espacialmente existió una clara dominancia de las frondas vegetativas (no reproductivas) en todas las localidades, la que supera en un orden de magnitud la densidad de frondas reproductivas. Se aprecia una tendencia latitudinal con mayores densidades hacia el sur. Por otra parte, la densidad de frondas reproductivas de ambas fases fueron similares en praderas de la VI región, mientras que en la V región las frondas tetraspóricas fueron significativamente menos abundantes que las cistocárpicas.

En general el patrón de crecimiento de las 4 praderas de la V Región, mostró un aumento de tamaño de los talos desde noviembre 2009 a enero 2010 sobrepasando los 10 cm de longitud. Las frondas de mayor tamaño se observaron en las praderas de La Laguna (Libre acceso, NI) y Montemar (AMP, NI) con longitudes promedio sobre los 13 cm. Las praderas de Horcón y Playa Chica, las que se encuentran dentro de AMERB (NI), los tamaños de las frondas son menores. Desde marzo a septiembre del 2010 se observó una disminución del tamaño en todas las praderas alcanzando una talla promedio 9 cm de longitud de la fronda. En la VI región en general el tamaño de las frondas no mostró una variación significativa en el tiempo. En Topocalma (AMERB I) fueron frecuentemente observados en los muestreos talos de mayor tamaño con longitudes sobre 12 cm, excepto en septiembre 2010 donde se observó tamaños inferiores a los 9 cm de longitud. Para las praderas de Matanza (Libre Acceso I) y Pichilemu (AMERB, I) se observó un leve aumento durante el periodo

estival. En Bucalemu (Libre Acceso I), los tamaños de los talos se mantuvieron durante todo el periodo de estudio sin variación con un tamaño inferior a los 7 cm de longitud.

El análisis de la estructura de tallas de todas las fases de *M. laminarioides* muestra una notoria unimodalidad estable para todas las localidades y períodos de muestreo, con una media que oscila en torno a los 10,5 cm. El examen de los histogramas para fases agregadas no reveló la potencial presencia de reclutas engrosando las frecuencias de tamaño de clase-0. Estos resultados fueron consistentes con la ausencia de reclutas en placas de reclutamiento dispuestas para evaluar específicamente este proceso. La ausencia de multimodalidad también sugiere la ausencia de procesos de reclutamiento por entrada de nuevos individuos estructurados temporalmente en cohortes. Estos patrones fueron coherentes con la idea de regeneración de frondas a partir de los discos de adhesión perenne. Sin embargo, no fue posible descartar la posibilidad de reclutamiento a escala muy local (intradisco) o rápida coalescencia de discos asentados en los bordes de los discos antiguos. En otras palabras, las estructuras de tallas observadas variaron por localidad a lo largo del ciclo anual obedeciendo a dinámicas locales particulares, las que no siguen un patrón atribuible al grado de intervención o ubicación regional.

Esto implica que: a) los efectos de la explotación son compensados rápidamente por crecimiento vegetativo de frondas no cosechadas; b) las perturbaciones naturales de áreas no explotadas serían equivalentes a los efectos de perturbación por cosecha; c) los potenciales efectos de explotación son aparentes y el grado de intervención real del recurso es marginal.

En general se observó una alta ocurrencia de eventos de aparición de nuevos discos adhesivos, por sobre el 60% en todos los períodos, los que podrían provenir de reclutamiento o de fragmentación de discos antiguos por herbivoría.

En cuanto al comportamiento reproductivo de la especie muestra que las estructuras reproductivas están distribuidas en distintas áreas de las frondas. El promedio general del número de estructuras reproductivas por fronda fue de 15,7 por cm<sup>2</sup>. La sección basal y distal de las frondas concentró aproximadamente un 30% de las estructuras reproductivas, mientras que la

sección media concentró un 40% de las mismas. El patrón de cambio a lo largo del ciclo anual (y altura intermareal) para frondas tetraspóricas, indica que el número de estructuras reproductivas aumentó entre otoño y primavera (marzo a septiembre), superando en aproximadamente un 40% los valores observados para el período estival. Mientras que en el caso de frondas cistocárpicas, los cistocarpos fueron más numerosos durante el periodo estival. Por su parte, los patrones de abundancia de estructuras maduras y esporuladas mostraron un claro desfase, que comienza con un máximo de estructuras maduras a fines de primavera (noviembre 2009), continuando hacia el verano con los procesos de liberación de esporas definiendo un claro patrón de reemplazo de estructuras maduras por esporuladas, esta últimas alcanzaron un máximo en otoño 2010. Se observó claramente dos ciclos de máxima abundancia de estructuras reproductivas, el primero centrado en noviembre 2009 y el segundo en junio 2010. La existencia de este segundo máximo en invierno fue dado por nuevas frondas que inician su maduración en los meses de otoño. Tanto la producción de esporas como la viabilidad de éstas fue mínima para el momento de máxima abundancia de estructuras maduras (noviembre 2009), probablemente porque las esporas que son liberadas a finales de primavera e inicios de verano están sometidas a condiciones extremas de temperatura, salinidad y irradiación en el intermareal del área de estudio. En cambio la producción de esporas y viabilidad fueron máximas y coincidentes en otoño-invierno (junio 2010). Esta evidencia sugiere que son necesarios entre seis y siete meses de desfase para que se produzca un aporte efectivo de propágulos viables al medio.

En la época de verano, enero fue un hito temporal relevante para los experimentos de poda, pues se produce la convergencia de todas las trayectorias temporales, para establecer un patrón de crecimiento acoplado a partir del mes de marzo. Tanto las frondas control como las tratadas con poda a 3 cm perdieron biomasa apical hacia el mes de marzo, mientras que los nuevos talos que crecen en los tratamientos de corte completo alcanzaron valores similares al resto de los tratamientos. A partir de este punto, la tasa de crecimiento se hace indistinguible entre tratamientos.

En términos de prácticas de manejo, es recomendable la explotación en primavera-verano, con posterioridad a los peaks observados para los ciclos de maduración de estructuras reproductivas, producción de esporas y viabilidad. Cabe señalar que las actividades de poda experimental sugieren que la extracción de frondas en esta temporada se recobraría en un plazo de seis meses. Sin embargo, la mayor frecuencia de oscilación mostrada por el ciclo de maduración de frondas cistocárpicas, hace recomendable la práctica de rotación de sitios extractivos, con el fin de evitar la supresión de la onda de maduración primaveral de la fase cistocárpica.

Se aprecia que praderas intervenidas y no intervenidas, se diferencian estructuralmente en el sentido de la relación existente entre el latente poblacional y los indicadores de diversidad de flora y fauna. Esto sugiere que la condición de intervención tendría un efecto indirecto negativo sobre otras componentes ecológicas del sistema. Posiblemente esto se deba a que la acción de intervención por parte de extractores no sólo se limita a la remoción de algas, sino de otros recursos asociados. También es razonable suponer que la pérdida de biomasa y/o densidad de luga podría reducir la facilitación del establecimiento y mantención de otras especies, lo que podría sugerir un rol estructurador de esta especie en el paisaje intermareal.

El estudio muestra que para esta especie las variables indicadoras relevantes a monitorear deberían ser la biomasa y densidad poblacional y la proporción de frondas maduras esporuladas para ambos tipos de pradera. La importancia de los indicadores de flora y fauna sólo fueron relevantes en praderas intervenidas.

En consecuencia, es importante notar que en el proceso de selección de modelos relacionales alternativos, y posterior reducción de complejidad, se obtuvieron estructuras equivalentes tanto para praderas intervenidas como no intervenidas, salvo por el sentido de correlación del modelo estructural interno. Es interesante notar que no se detectaron vías indirectas, lo que favorece la interpretación de la información integrada a partir de bases de datos de distinta naturaleza. Se observa que los indicadores poblacionales estarían correlacionados con

los indicadores biológicos a nivel de “individuos” de manera independiente a las relaciones que se establecen con los indicadores de nivel comunitario.

La composición, distribución y abundancia de especies en las comunidades intermareales asociadas a praderas de algas carragenofitas (*Mazzaella laminarioides*) del área de estudio varía significativamente en función de la escala espacial y temporal. En concordancia con otros estudios enfocados en comprender la dinámica temporal y espacial de la diversidad de especies a lo largo del litoral central de Chile (e.g. Broitman et al. 2011), nuestros resultados no muestran un patrón definido en el gradiente latitudinal de la V y VI Región, encontrándose localidades con distintos valores de diversidad y abundancia de especies. De acuerdo a Rivadeneira *et al.* (2002), a gran escala deberían encontrarse complejos patrones de variación, con algunos sectores costeros con alta riqueza de especies y otros con baja riqueza. Esto se debe a que las perturbaciones naturales y antropogénicas pueden actuar en sinergia sobre las especies litorales a escala local reguladas por la disponibilidad de nutrientes, temperatura del agua, topografía, etc; las cuales además, suelen estar asociadas a otras perturbaciones que se manifiestan a mayor escala geográfica (e.g., eventos de surgencia costera, Evento Niño Oscilación Sur), tal como el Maremoto 27.02.10 (Castilla *et al.* 2010) que afectó el litoral de ambas Regiones. Por otra parte, las condiciones oceanográficas costeras locales generan un flujo de nutrientes hacia la costa que varía en el gradiente latitudinal produciendo distintas condiciones ambientales (Broitman *et al.* 2011), cuyo efecto se refleja en la diversidad y abundancia de especies asociada a cada pradera monitoreada, independiente del grado de intervención que tengan.

La detección de una variación espacial y temporal en la diversidad de especies asociadas a las praderas de algas carragenofitas monitoreadas a lo largo de la V y VI región está determinada por procesos bióticos (e.g. predación o competencia) y abióticos (e.g. disponibilidad de nutrientes) de control local que emergen de una regulación a escala geográfica determinada por factores climáticos (e.g. El Niño Oscilación del Sur) o perturbaciones naturales (e.g. maremoto 27.02.10) y/o antropogénicas (e.g. turismo, cosecha de algas, mariscadores, urbanismo) que

actúan en sinergia produciendo una matriz de paisajes en distintos estados sucesionales (Broitman *et al.* 2011), que dan forma a la diversidad de la macrofauna asociada a praderas de algas carragenofitas encontradas dentro del área de estudio.

Desde una perspectiva geográfica, el desembarque de *Mazzaella* en la V Región ocurre en la zona sur de la región (sector de El Motazal), y es esporádico durante el año, aunque en San Antonio también se detectó al final del estudio una pesquería incipiente. En la VI Región, en cambio, la cosecha se realiza a lo largo de toda la costa rocosa. En esta Región, la cosecha de *Mazzaella* presenta una marcada estacionalidad con máximos volúmenes desembarcados durante el verano y mínimos durante el invierno. Cabe destacar que las actividades de recolección de algas en los sectores de cosecha fueron interrumpidas a lo largo de todo el área de estudio después del maremoto del 27.02.10, por lo que la caracterización socio-económica de los usuarios de esta pesquería refleja un sistema poco intervenido y de baja actividad económica que se refleja en una disminución significativa del desembarque de *Mazzaella* en ambas regiones durante el 2010.

La extracción de la luga se realiza manualmente recolectando los talos más grandes y dejando en el sustrato los talos pequeños adheridos al disco crustoso durante las mareas bajas y medias bajas del mes. Los volúmenes recolectados varían dependiendo del sector, entre un mínimo cosechado de 10-25 Kg de alga a un máximo de 35-100 Kg de alga. El precio puesto en playa por kilo de luga varió entre sectores, oscilando entre \$150 y \$250 pesos, centrándose en un precio promedio de \$200 pesos.

La caracterización socio-económica de los recolectores de algas carragenófitas, muestra que esta pesquería es realizada preferentemente por mujeres. Independiente de este indicador, la mitad de los encuestados está afiliado a una organización y cerca del 70% está en el registro pesquero artesanal (RPA). El nivel de escolaridad predominante es básica incompleta, aunque hay una fracción representativa de los usuarios que alcanza niveles de básica completa y media incompleta o completa. La categoría de RPA dominante es la de recolector de orilla, aun cuando

también participan buzos y pescadores. Los usuarios aprenden a recolectar luga desde muy jóvenes, lo cual se refleja en los años que realizan esta actividad. Una lugera cosecha un promedio de 40 kilos de alga seca que representa un ingreso diario aproximado de \$ 8.000 pesos.

Además de cosechar luga como recurso carragenofita, los algueros complementan sus ingresos con la extracción de otros recursos pesqueros, preferentemente otras algas tales como el cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y la chasca (*Gelidium* spp).

La cadena productiva asociada a la comercialización de algas carragenófitas presenta los tres niveles previamente identificados y descritos para otros recursos algales del centro y norte de Chile (Vásquez 2008). Es en este contexto, que la cadena productiva posee los siguientes segmentos laborales: Recolectores, Intermediarios y Plantas de Procesos o Comercializadoras.

La ausencia de información sobre el destino de las algas carragenófitas es complementada con el poco interés de los recolectores por entregar estadísticas de cuanto es la cantidad de recurso que extrae. Además, recientemente los intermediarios y los usuarios han comenzado a utilizar el Formulario de Comercialización y abastecimiento (AC-F). Incorporar los formularios AC-F en la cadena productiva es un paso importante para establecer una medida de administración pesquera. En las regiones del norte de Chile, la aplicación de AC-F, ha sido una forma eficaz de obtener información directa para las estimaciones extractivas de algas pardas (Vásquez 2008) que podría ser aplicado para monitorear algas carragenofitas extraídas en la zona central.

Durante el desarrollo del proyecto ocurrió el maremoto del 27.02.10, lo cual interrumpió la cadena productiva de algas carragenofitas, afectando los volúmenes de cosecha y distorsionando las transacciones de productos de este tipo en el mercado nacional útiles para establecer valores y volúmenes reales de exportación.

## 6. REFERENCIAS

- Alveal K (1970) Estudios ficoecológicos en la región costera de Valparaíso. Rev. Bio. Mar. Valparaíso 14: 7-88.
- Alveal K (1995) Manejo de algas marinas. En: Manual de Métodos Ficológicos (Alveal, K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar, eds). Universidad de Concepción, Chile. pp 825-863.
- Alveal K & H Romo (1995) Técnicas para el cultivo experimental y el manejo de poblaciones de Iridaea. En Alveal K, Ferrario ME, Oliveira EC, Sar E (eds.), manual de Metodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción, Chile: pp. 573 – 576.
- Alveal K (2001) Estrategias reproductivas de Rhodophyta y sus nexos con biodiversidad. En: Sustentabilidad de la biodiversidad (K. Alveal y T. Antezana Eds.). pp 367-388.
- Avila M & M Seguel (1993) Overview of seaweed resources. Journal of Applied Phycology 5:133-139.
- Ávila, M, R Otaíza, R Norambuena & M Núñez (1996) Biological basis for the management of "luga negra" (*Sarcothalia crispata* Gigartinales, Rhodophyta) in southern Chile. Hydrobiologia 326/327:245-252.
- Avila M, Aak E, Rudolph B, Nuñez M & R Norambuena (1999) Economic feasibility of *Sarcothalia* (Gigartinales, Rhodophyta) cultivation Hydrobiologia 398-399: 435-444.
- Avila M, Candia A, Romo H, Pavéz H, & C Torrijos (2003a) Exploitation and cultivation of *Gigartina skottsbergii* in southern Chile. In Chapman, ARO, Anderson RJ, Vreeland VJ, Davison IR (eds), Proceedings of the 17th international seaweed symposium: pp. 137–143.
- Avila, M, H Pavéz, A Candia, R San Martín & J Cáceres (2003b) Effects of temperature and irradiance on the germination and growth of *Sarcothalia crispata* in southern Chile. En: Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium. Chapman A. R. Anderson, V.J. Vreeland & I. Davison (Eds.). Oxford University Press. 27-33pp.
- Avila M & H Pavéz (2003) Utilization and cultivation of seaweeds en Chile.  
<http://www.ib.usp.br/apf/atual.htm>
- ANUARIO SERNAPESCA (2000-2009) Estadísticas pesqueras. República de Chile, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. <http://www.sernapesca.cl>.
- Bollen KA (1989) Structural equations with latent variables. John Wiley & Sons, New York.
- Bollen KA & J S Long (1993) Testing structural equations models. Thousand Oaks, Sage.
- Broitman B, F Veliz, T Manzur, E Wieters, R Finke, P Fornes, N Valdivia & S Navarrete (2011) Running head: Intertidal biodiversity in central Chile. Revista Chilena de Historia natural. In press.
- Brower JE, Zar JH & CN von Ende (1998) Field and laboratory methods for general ecology. 4th edition. Wm. C. Brown. 273.

- Bustamante R & JC Castilla (1990) Impact of human exploitation on populations of the intertidal southern bull-kelp *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvilliales) in central Chile. *Biological Conservation* 52: 205-220.
- Buschmann AH (1990) Intertidal macroalgae as refuge and food for Amphipoda in central Chile. *Aquatic Botany*. 36: 237-245.
- Buschmann AH & G Pizarro (1986) Variación intraespecífica y contenido de pigmentos de *Iridaea laminarioides* (Rhodophyta). In: Westermeier, Editor, Actas II congreso de algas marinas chilenas, Universidad Austral de Chile, Valdivia (1986), pp. 157–164.
- Buschmann A, J Correa, R Westermeier, M Paredes, D Aedo, P Potin, G Aroca, J Beltran & M Hernandez-Gonzalez (2001) Cultivation of *Gigartina skottsbergii* (Gigartinales, Rhodophyta) Recent advances and challenges for the future. *J Applied Phycol*, 13-255-266.
- Caddy JF & Mahon R (1995) Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper N° 347. Rome, FAO. 83 pp.
- Castilla JC & R Duran (1985) Human exclusion from the rocky intertidal zone of central Chile: the effects on *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Oikos* 45: 391-399.
- Castilla JC, Manríquez PH & A Camaño (2010) Effects of rocky shore coseismic uplift and the 2010 Chilean mega-earthquake on intertidal biomarker species. *Mar Ecol Prog Ser* 418:17-23.
- Camus P (1992) Size-specific reproductive parameters in red algae: a comparative analysis for two sympatric species from central Chile. *Oecologia* 92:450-456.
- Camus PA (1998) Estructura espacial de la biodiversidad en ensamblajes sésiles del intermareal rocoso de Chile centro-norte: la diversidad local como resultado de determinantes de multiescala. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, mención Ecología. Departamento de ecología. Pontificia Universidad Católica de Chile. 276 pp.
- Camus P (2001) Biogeografía marina de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 587-617.
- Camus P, E Vásquez, E González & L Gálaz (1994) Fenología espacial de la diversidad intermareal en el norte de Chile: patrones comunitarios de variación geográfica e impacto de los procesos de extinción.-recolonización post el niño 82-83. *Medio Ambiente* 12 (1): 57-68.
- Camus P, M Avila, J Caceres & R San Martín (2007) Reproductive maturation in the isomorphic red alga *Sarcothalia crispata* (Gigartinales) from southern Chile: a comparison of reproductive phases at different spatial scales (en revision).
- Cerezo AS (1986) Los carragenanos del alga roja *Iridaea undulosa* B. *Medio Ambiente. Revista de la Univ. Austral de Chile*.
- Cook TD & DT Campbell (1979) *Quasi-Experimentation: Design and Analysis for Field Settings*. Rand McNally, Chicago, Illinois.
- De Wreede WJ (1999) The Gigartinales (Rhodophyta): An introduction to some current research. *Phycological Research* 47: 135–137

- Doty MS, JF Caddy & B Santelices (1987) Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO Fisheries Technical Paper n° 281.
- Druehl LD & D Breen (1986) Some ecological effect of harvesting *Macrocystis integrifolia*. *Botanica Marina*. 29:97-103.
- Estevez JM, Ciancia M & AS Cerezo (2002) Carrageenans biosynthesized by carposporophytes of red seaweeds *Gigartina skottsbergii* (Gigartinaceae) and *Gymnogongrus torulosus* (Phyllophoraceae). *Journal of Phycology*, 38: 344-350.
- Ebberhardt LL & JM Thomas (1991) Designing environmental studies. *Ecological Monographs* 61: 53-73.
- Field JG, Clarke KR & RM Warwick (1982) A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8: 37-52.
- Foster MS & DC Barilotti (1990) An approach to determining the ecological effects of seaweed harvesting: a summary. *Hydrobiologia* 204/205: 15 – 16.
- Garbary DJ & RE Dewreede (1988) Life history phases in natural populations of gigartinaceae (Rhodophyta): quantification using resorcinol. in: CS Lobban, DJ Chapman, BP Kremer (eds.). *Experimental Phycology. A laboratory manual*. Cambridge University Press, Cambridge. pp 174-178.
- Gomez I & R Westermeier (1991) Frond regrowth from basal disc in *Iridaea laminaroides* (Rhodophyta, Gigartinales) at Mehuin, southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 83-91.
- Hannach, G & B Santelices (1985) Ecological differences between the isomorphic reproductive phases of two species of *Iridaea* (Rhodophyta, Gigartinales). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22: 291-303
- Hara T, Koike F & K Matsui (1986) Crowding effect in marine macrophytic algae populations. *Journal of Plant Research* 99: 319-321.
- Hoffmann AJ & B Santelices (1997) *Flora Marina de Chile Central*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 434 pp.
- Hoyle RH (1995) *Structural equation modeling. Concepts, issues, and applications*. Sage, Newbury Park, C.A.
- Hurlbert S H (1984) Pseudoreplication and the desing of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187 – 211.
- Iriondo J M, Albert MJ & A Escudero (2003) Structural equation modelling: an alternative for assessing causal relationships in threatened plant populations. *Biological Conservation*. 113: 367-377.
- Johnson ML, Huggings DG & F DeNoyelles (1991) Ecosystem modeling with LISREL: a new approach for measuring direct and indirect effects. *Ecological Applications* 1: 383-398.
- Joreskog KG D Sorbom (1982) Recent developments in structural equation modeling. *Journal of Marketing Research* 19: 404-416.

- Kirkman H & Kendrick G (1997) Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: a review. *Journal Applied Phycology* 9: 311-326.
- Lancellotti D & JA Vásquez (1999) Biogeographical patterns of benthic invertebrates in the southeastern Pacific littoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006
- Lancellotti D & JA Vásquez (2000) Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 99-129
- Legendre P & Legendre L (1998) *Numerical Ecology*. Elsevier. 853 pp.
- Lohmoller JB (1989) *Latent variables path modelin with partial least squares*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Logan BR, Zhang MJ & Klein JP (2010) Marginal Models for Clustered Time-to-event data with competing risks using pseudovalues. *Biometrics* [Epub ahead of print]. PMID: PMC2902638
- Lüning K (1990) *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. Wiley, New York.
- Maggs CA & Cheney DP (1990) Competition studies of marine macroalgae in laboratory culture. *Journal of Phycology* 26: 18–24.
- Malaeb Z.A, Summers J.K, Pugsek B.H. (2000). Using structural equation modeling to investigate relationships among ecological variables. *Environmental and Ecological Statistics* 7: 93-111.
- Mansilla A, C Werlinger, N Navarro, M Palacios & P Cuadra (2006) Effects of the UV-B radiation in the development of macroalgae of commercial interest, in the Magallanes Region. *Journal of Applied Phycology*. DOI: 10.1007/s10811-006-9051-9
- Marin A, Gelcich S & G Araya (2010) The 2010 tsunami in Chile: Devastation and survival of coastal small-scale fishing communities *Marine Policy* 34: 1381-1384
- Marquardt R, H Schubert, D Varela & P Huovinen (2010) Light acclimation strategies of three commercially important red algal species. *Aquaculture* 299:140-148.
- McCandless EL, Craigie JS, Walter JA (1973) Carrageenans in the gametophytic and sporophytic stages of *Chondrus crispus*. *Planta* 112: 201-212.
- Meneses I (1993) Foam as a dispersal agent in the rocky intertidal of central Chile. *European Journal of Phycology*. 28:107-110.
- Morley TL, Bolton JJ, RJ Anderson (2003) Phase dominance and reproductive characteristics in two co-occurring Rhodophyta from the west coast of South Africa. In Chapman ARO, Anderson RJ, Vreeland VJ, Davison IR (eds.), *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium*. Oxford University Press. Oxford and New York: pp. 365-371.
- Pinheiro, J C & DM Bates (2000) *Mixed-effects models in s and s-plus*. New York: Springer-Verlag.

- Pettijohn, F.L. (1963) Rocas Sedimentarias. Ediciones Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 178 pp.
- Provasoli L (1968) Media and prospects for the cultivation of marine algae. In: Watanabe A. and Hattori A. (eds), Cultures and Collections of Algae Proc of the US-Japan Conference September 12–15, 1966. Hakone, Japan, pp. 63–75.
- Pugesek BH & JB Grace (1998) On the utility of path modeling for ecological and evolutionary studies. *Functional Ecology* 12: 843-856.
- Rivadeneira M, M Fernandez & S Navarrete (2002) Latitudinal trends of species diversity in rocky intertidal assemblages: Spatial scale and the relationship between local and regional species richness. *Marine Ecology Progress Series* 245: 123-131.
- Romo H, A Pizarro & M Muñoz (1985) Manejo de *Iridaea* spp. y la factibilidad de incremento en el ambiente natural. Informe Final Proyecto SERPLAC 1985. Intendencia de la Región del Bio Bio. 153pp.
- Romo H (1988) Cultivo de algas mediante esporas. *Investigaciones Pesqueras*. 35: 79-88.
- Romo H, Alveal K, Werlinger C (2001) Growth of the commercial carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) on suspended culture in central Chile. *J. Applied Phycol.* 13: 227-232.
- Romo, H, M Avila, A Candia (2001<sup>a</sup>) Manual de técnicas de cultivo y repoblación de luga roja (*Gigartina skottsbergii*). Proyecto Fondef D9711064.
- Romo H, K Alveal & C Werlinger (2001b) Growth of the comercial carrageenophyte *Sarcothalia crispata* (Rhodophyta, Gigartinales) on suspended cultura in central Chile. *J Applied Phycol.* 13:229.234.
- Romo H, M Avila, M Núñez, R Pérez, A Candia & G Aroca (2006) Culture of *Gigartina skottsbergii* (Rhodophyta) in Southern Chile. A Pilot Scale Approach. *J. App. Phycology* 18 (3-5): 307-314.
- Santelices B (1989) Algas Marinas de Chile. Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 399.
- Santelices B (1990) Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in seaweeds. *oceanography and Marine Biology Annual review* 28: 177–276.
- Santelices, B. (2001) Implications of clonal and chimeric-type thallus organization on seaweed farming and harvesting. *Journal of Applied Phycology* 13: 153-160.
- Santelices, B & FP Ojeda (1984) Effects of canopy removal on the understory algal community structure of coastal forests of *Macrocystis pyrifera* from southern South America. *Marine Ecology Progress Series*, 14: 165-173.
- Santelices B & R Norambuena (1987) Harvesting strategy for *Iridaea laminarioides* in central Chile *Hidrobiologia* 151/152: 329-333.

- Santelices B & Martínez EA (1997) Hierarchical analysis of reproductive potential in *Mazzaella laminarioides* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia* 36: 195-207.
- Santelices B, Castilla JC, Cancino J, & P Schmiede (1980) Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in Central Chile. *Mar. Biol.* 59: 119-132
- Santelices B, Correa JA, Aedo D, Hormazabal M, Flores V, & P Sanchez (1999) Convergent biological processes among coalescing Rhodophyta. *J. Phycol.* 35: 1127-1149.
- Santelices B, Correa JA, Hormazabal M, & V Flores (2003) Contact responses between spores and sporelings of different species, karyological phases and cystocarp of coalescing Rhodophyta. *Marine Biology* 143: 381-392.
- Santelices B, Hormazabal M, Correa J, & V Flores. (2004). The fate of overgrown germling in coalescing Rhodophyta. *Phycologia* 43, 346-352.
- Santelices B & D Aedo (2006) Group recruitment and early survival of *Mazzaella laminarioides*. *J Applied Phycol* 18:583-589.
- Schemske DW, Husband BC, Ruckelshaus CG, Goodwillie C, Parker IM, Bishop JG (1994) Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75: 584-606.
- Scrosati R (2004) A discrete-time logistic model of frond dynamics for *Mazzaella parksii* (Rhodophyta, Gigartinales). *Journal of Applied Phycology* 16: 69-72.
- Scrosati R (2005) Review of studies on biomass-density relationship (including self-thinning lines) in seaweeds: main contributions and persisting misconceptions. *Phycol. Res.* 53, 224-233.
- Scrosati R (2006) Crowding in clonal seaweeds: Does self-thinning occur in *Mastocarpus papillatus* shortly before stand biomass peaks? *Aquatic Botany* 84 233 – 238.
- Scrosati & De Wreede (1997) Dynamics of biomass-density relationship and frond biomass inequality for *Mazzaella cornucopiae* (Rhodophyta, Gigartinales): implications for the understanding of frond interactions. *Phycologia* 36: 506– 516.
- Scrosati R & B. Mudge (2004) Effects of elevation, wave exposure and year on the proportion of gametophytes and tetrasporophytes of *Mazzaella parksii* (Rhodophyta: Gigartinales) populations. *Hydrobiologia* Vol 0: 1-7 pp.
- Sokal RR & FJ Rohlf (1981) *Biometry: Principles and practice of statistical in biological research*. W.H. Freeman & Company. San Francisco. 776 pp.
- Shipley B (1997). *Exploratory path analysis with applications in ecology and evolution*. *The American Naturalist* 149: 1113-1138.
- Shipley B (1999) Testing causal explanations in organismal biology: causation, correlation and structural equation modelling. *Oikos* 86: 374-382.
- Shipley B (2000). *Cause and correlation in biology: a user's guide to path analysis, structural equations and causal inference*. Cambridge University Press, Cambridge.

Stephenson, TA & A Stephenson (1949) The universal features of zonation between tide marks on rocky coasts. *J. Ecol.* 289-305.

Tenenhaus M & Pages J (2001) Multiple factor analysis combined with PLS path modelling. Application to the analysis of relationships between physicochemical variables, sensory profiles and hedonic judgements. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 58: 261-273.

Tenenhaus M, Esposito-Vinzi V, Chatelin YM & C Lauro (2005) PLS path modeling. *Computational Statistics & Data Analysis*, 48: 159-205.

Thiel M, EC Macaya, E Acuña, W Arntz, H Bastias, K Brokordt, P Camus, JC Castilla, I Castro, M Cortés, C Dumont, R Escribano, M Fernández, DA Lancellotti, JA Gajardo, CF Gaymer, I Gómez, AE González, HE Gonzalez, P Haye, JE Illanes, JL Iriarte, G Luna-Jorquera, C Luxoro, PH Manríquez, V Marín, P Muñoz, SA Navarrete, E Pérez, E Poulin, J Sellanes, A Sepúlveda, W Stotz, F Tala, A Thomas, CA Vargas, JA Vásquez & JMA Vega (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.

Underwood AJ (1997) *Experiments in Ecology - Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. 504 pp.

Valdovinos CR, S Navarrete & PA Marquet (2003) Mollusk species diversity in the Soutjeastern Pacific: Why are there more species towards the pole? *Ecography* 26: 139-144.

Vásquez JA (1995) Ecological effects of brown seaweed harvesting. *Botanica Marina* 38: 251-257.

Vásquez JA (2008) Production, use and fate of Chilean brown seaweeds: re-sources for a sustainable fishery. *Journal of Applied Phycology* 20(5): 457-467.

Vásquez JA & R Westermeier (1993) Limiting factors in optimizing seaweed yield in Chile. *Hydrobiologia* 260/261: 313-320.

Vásquez JA & Vega JMA (1996) Algas Marinas Chilenas. Importancia Ecológica, Social y Económica. Norte, *Revista de divulgación de Ciencias de la Universidad Católica del Norte, Tecnología y Cultura*. 1 (1): 20-33.

Vásquez JA & JMA Vega (2001) *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) in northern Chile: ecological aspects for management of wild populations. *Journal of Applied Phycology* 13 (3): 267-277.

Vásquez JA & JMA Vega (2004) Comunidades marinas costeras del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. En: FA Squeo, JR Gutiérrez & IR Hernández, Eds. *Historia natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile: 235-252.

Vásquez JA & JMA Vega (2005) Macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de algas pardas: biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala. Cuarta parte. Capítulo XII. En: E. Figueroa Ed. *Biodiversidad Marina: Valoración, uso y perspectivas. ¿Hacia donde va Chile?* Editorial Universitaria. Santiago. Chile: 429-450.

Vásquez JA & JMA Vega (2005) Macroinvertebrados asociados a discos de algas pardas: biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala. En: Valoración, uso y perspectivas de la biodiversidad marina: ¿Hacia donde va Chile? PIEB. Universidad de Chile.

Vásquez JA & A Buschmann (1997) Herbivory-kelp interactions in subtidal Chilean communities: a review. *Revista Chilena de Historia Natural* 70:41-52.

Vásquez JA, JMA Vega, B Matsuhiro & C Faúndez (1998) Biomass, reproductive phenology and chemical characterization of soluble polysaccharides from *Rhodymenia howeana* Dawson, 1941 (Rhodymeniaceae, Rhodymeniales) in a locality of northern Chile. *Botanica Marina* 41:235-242. (IF: 0.825)

Vásquez JA, E Fonck & JMA Vega (2001a) Diversidad, abundancia y variabilidad temporal de ensamblajes de macroalgas del submareal rocoso del norte de Chile. In: K Alveal & T Antezana (eds). Universidad de Concepción. Chile. 351-365.

Vásquez JA, LM Pardo & D Véliz (2001b) Vida bajo las grandes algas. In: K Alveal & T Antezana (eds). Sustentabilidad de la Biodiversidad. Un problema actual: Bases científico técnicas, teorizaciones y proyecciones. Universidad de Concepción. Chile. 351-365.

Vera C, P Lobos & H Romo (2008) Gametophyte-sporophyte coalescence in populations of the intertidal carrageenophyte *Mazzaella laminarioides* (Rhodophyta). *J. Appl Phycol* 20:883-887.

Varela D, B Santelices, J Correa, & MK Arroyo (2006) Spatial and temporal variation of photosynthesis in intertidal *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (Rhodophyta, Gigartinales). *J Appl Phycol* 18: 827-838.

Venables WN & BD Ripley (1997) *Modern Applied Statistics with S-PLUS*. Second Edition. Springer Ed. 548 pp.

Weiner J (1988) Variation in the performance of individuals in plant population In: Davy, AJ Hutchings, MJ., Watkinson, A.R. (Eds), *Plant Population Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 99.59-81.

Weiner J, Stoll P, Muller-Landau H, & A Jasentuliyaya (2001) The effects of density, spatial pattern, and competitive symmetry on size variation in simulated plant populations. *Am. Nat.* 158: 438-450.

Weins JA (1989) Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*. 3: 385-389.

Westermeyer R, Rivera PJ, Chacana M & I GÓMEZ (1987) Biological bases for management of *Iridaea laminarioides* Bory in southern Chile *Hydrobiologia* 313-328

Wonnacot TH & RJ Wonnacot (1992) *Introducción a la estadística*. Editorial Limusa, México. 515 pp.

Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis* 4th Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, 663 pp. and Appendixes.

Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA & Smith GM (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer.

## 7. COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO

NOMBRE	TITULO/GRADO	FUNCIÓN
Julio Vásquez	Dr. Ciencias (Mención Ecología)	Coordinación General. Jefe de Proyecto. Manejo Presupuestario. Análisis de la información de informes.
Marcela Ávila	Biólogo Marino/ M.Sc. Acuicultura	Jefe alterno del Proyecto. Coordina actividades de terreno. Redacción de Informes.
Alonso Vega	Biólogo Marino/ M.Sc.Mar	Planificación. Recopilación de Información bibliografica. Actividades de terreno dinámicas poblacionales y censos usuarios. Análisis de la información y elaboración de informes.
Julián Cáceres	Biólogo Marino/ M.Sc. Acuicultura	Actividades de terreno y laboratorio para determinar fenología reproductiva y estado de madurez. Análisis estadísticos.
Nicole Piaget	Biólogo/M.Sc.Mar	Recopilación de Información bibliografica. Actividades de terreno dinámicas poblacionales y censos usuarios. Planificación y digitalización datos. Análisis y elaboración de informes.
Dení Rodríguez	Biologa/ Dr. en Ecología	Análisis de la información y elaboración de informe.
Sebastián Abades	Biólogo Marino/ Dr. en Ecología	Plan de administración. Alternativas de explotación y manejo de praderas
Alejandro Valenzuela	Técnico en acuicultura/ UNAP	Ejecución y apoyo actividades de terreno y apoyo para determinación de zonas de conflicto.
María Inés Piel	Biólogo Marino/ M.Sc. Acuicultura	Actividades de viabilidad y germinación de esporas en condiciones controladas.
Aldo Farías	Ingeniero Forestal	Actividades de información espacial y cartográfica a través de programa SIG.