

INFORME FINAL

PROYECTO FIP Nº 2008-38

**“EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DE PRADERAS NATURALES Y
PROSPECCIÓN DE POTENCIALES LUGARES DE REPOBLAMIENTO
DE ALGAS PARDAS EN LA COSTA DE LA XV, I Y II REGIONES”**

DICIEMBRE 2010

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA, CIP

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA, FIP

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

EJECUTOR

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA MARINA

JEFE DE PROYECTO

Dr. Julio A. Vásquez C.

AUTORES

Julio A. Vásquez

Nicole Piaget

Fadia Tala

J. M. Alonso Vega

COLABORADORES

Andrés Bodini

Sebastián Morales

Lorena Jorquera

Claudio Sáez

Pamela Muñoz

RESUMEN EJECUTIVO

En Chile, las algas marinas son exportadas y utilizadas como materia prima, en la industria local de alginatos, carragenanos y agar; y en menor grado, consumidas como alimento. Durante la última década, la creciente importancia económica por estos recursos ha llevado a niveles de explotación de 270.000 a casi 470.500 toneladas secas por año, con un retorno de US \$ 25 millones a US \$ 26,8 millones. Las algas tienen una importancia social relevante, dado que la recolección es realizada por algueros, pescadores artesanales y sus familias, quienes dependen total o parcialmente de estos recursos. En algunos casos, la importancia social es mayor ya que la actividad de recolección y cosecha es realizada por personas que conforman un grupo social de extrema pobreza y marginalidad. Las algas son también ecológicamente importantes, son la base de cadenas tróficas bentónicas, constituyen hábitat y refugio, conformando zonas de reproducción, asentamiento larval y reclutamiento de numerosas especies de invertebrados y peces. En áreas intermareales y submareales someras del norte de Chile *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia* actúan como especies fundacionales e ingenieras (*sensu* Jones *et al.* 1994) de estos ecosistemas costeros, albergando otras especies de importancia económica y social (e.g. lapas, loco, erizos, peces).

En Chile, la pesquería de algas pardas escapa a los patrones tradicionales establecidos para otras pesquerías bentónicas. La utilización como materia prima ha estado históricamente sustentada por la recolección de la mortalidad natural de las poblaciones intermareales y submareales. La biomasa destinada a la industria del alginato es secada, enfardada y vendida a intermediarios en playa, que las llevan a las plantas de proceso y de picado ubicadas principalmente entre la II y V Región.

En un contexto general, regulaciones de las extracciones en función de parámetros bioecológicos y reproductivos, y un manejo adecuado de las poblaciones naturales, deberían asegurar la sustentabilidad de las algas pardas en la costa de Chile. Lo anterior, junto con la evaluación espacial y temporal de los patrones de distribución y abundancia de algas pardas condicionan las estrategias de seguimiento y control de la explotación de cada una de las especies que componen el recurso.

La fragilidad de las algas pardas a eventos oceanográficos de gran escala (El Niño), y de sus atributos morfo-funcionales (distribución de estructuras reproductivas y meristemas de crecimiento, donde el corte a cualquier nivel interrumpe eventos de reproducción y de regeneración), sugieren que el impacto de las cosechas deberían tener efectos poblacionales que se propagan hacia la estructura y organización de sus comunidades asociadas. Esto, a

corto plazo, debiera tener consecuencias en las actividades económicas que dependen de las algas pardas (e.g. industria de alginatos, alimento humano, cultivo de abalones), y de otras con importantes proyecciones (e.g. turismo). El estudio integrado de la biología, ecología y productividad de las algas pardas y de los factores exógenos, tales como los económicos y sociales que regulan su explotación (e.g. presiones del mercado, desempleo, abundancia y disponibilidad de otros recursos bentónicos) son claves para la implementación de medidas de administración pesquera de las poblaciones naturales de estos recursos.

Las regiones de Arica y Parinacota (XV), Tarapacá (I) y Antofagasta (II) contribuyen con aproximadamente el 25% al desembarque nacional. A pesar del creciente interés en monitorear la pesquería de las algas pardas en el norte de Chile, para el sector comprendido entre Arica (XV Región) y Pan de Azúcar (límite sur II Región) no existe información sobre abundancia ni distribución de las especies de huiros comerciales. Es en este contexto que el presente estudio tiene como objetivo general **“Evaluar la situación actual de las praderas naturales de algas pardas de las regiones XV, I y II y proponer zonas aptas para su repoblamiento”**. El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos específicos planteados.

1. Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp en la XV, I y II regiones.

La recopilación y sistematización de la información disponible sobre la biología, distribución y ecología de las praderas de algas pardas en Chile muestra un incremento en el número de publicaciones en los últimos años. Debido al fácil acceso a sus praderas, la información es mayor para la especie intermareal *Lessonia nigrescens*. El análisis global de las publicaciones a nivel mundial indica que Chile se encuentra a la vanguardia en publicaciones de *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, mientras ocupa el tercer lugar para *Macrocystis* spp.

Los individuos de algas pardas conforman poblaciones relativamente compactas que en el caso de *Lessonia* forman un continuo a lo largo de las costas rocosas expuestas y semi expuestas de Chile continental. *Macrocystis*, en contraste, forma poblaciones fragmentadas y restringidas a sólo algunos pocos lugares en la costa del norte de Chile. Estas poblaciones están sujetas a eventos oceanográficos de gran escala como El Niño Oscilación del Sur (ENSO), y de carácter local como los fenómenos de surgencia que afectan significativamente la distribución y abundancia de los huirales.

Los registros mensuales de desembarque indican que las algas pardas, principalmente *L. nigrescens*, son recolectadas y cosechadas durante todo el año en la Región de Tarapacá y

Antofagasta, y esporádicamente en la Región de Arica y Parinacota. Complementariamente, menos del 50% de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) por región tienen inscritas las especies de huiros como recursos principales o secundarios.

Después de tres intentos para realizar la prospección aérea, el equipo consultor sobrevoló el área de estudio durante septiembre de 2009. La actividad prospectiva fue realizada sin novedades y con las mejores condiciones de visibilidad y vientos entre la IV y XV Región, dando principal énfasis a la evaluación de algas pardas a lo largo del litoral de las Regiones XV, I y II. Esta actividad permitió determinar los rangos geográficos de distribución de cada una de las especies que componen el recurso algas pardas en el norte de Chile. El área total de distribución en el área de estudio evaluada para cada una de las especies que constiuyen el recurso alga parda a través de la prospección aérea fue de 147,7 ha para *Lessonia nigrescens*, de 14.767,4 ha para *Lessonia trabeculata*, y de 847,5 ha para *Macrocystis integrifolia*.

2. Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en la XV, I y II regiones.

La determinación de la biomasa total y cosechable de algas pardas en el norte de Chile fue realizada en áreas representativas de la distribución de los recursos objetivos y de las actividades pesqueras que se generan en torno a estos.

La evaluación aérea determinó la distribución de las poblaciones de algas pardas a lo largo de litoral del área de estudio. La distribución de cada una de las especies que componen el recurso algas pardas fue verificada y los patrones de abundancia fueron establecidos a través de prospecciones *in situ* en todos los sectores de evaluación trazados en las regiones de Arica y Parinacota (XV Región), Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región).

Lessonia nigrescens y *L. trabeculata* se distribuyen a lo largo de todo los sectores evaluados, mientras que *M. integrifolia* fue detectada en forma de parches agregados en sólo algunos sectores de evaluación. Parte de esta variabilidad espacial en los patrones de distribución y abundancia de algas pardas (*e.g. Lessonia spp*) no solo está relacionada con la cosecha directa del recurso, sino también por los efectos de descarga histórica (no actual) de vertidos de residuos mineros en alguno de estos sectores de evaluación (*e.g. Michilla, Papos, Tocopilla*) y zonas urbanas y portuarias.

La estimación de biomasa total y cosechable fue calculada para cada sector de evaluación. La biomasa cosechable de *Lessonia* fue determinada en función de la norma vigente que establece la cosecha de plantas por sobre los 20 cm de diámetro del disco,

mientras que para *Macrocystis* fue determinada en función de la mortalidad natural (ca. 50%) que ocurre durante un ciclo productivo anual de biomasa, debido a que no se observaron actividades de cosecha.

La biomasa total de *Lessonia nigrescens* evaluada en el norte de Chile en función de los metros lineales de costa, el ancho promedio del cinturón y la biomasa promedio por sector de evaluación indica que en la XV Región existe una biomasa disponible total estimada de 7.194 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de explotación vigente se pueden extraer 3.165 toneladas. La biomasa disponible total estimada de *Lessonia nigrescens* para la I Región es de 13.643 toneladas de alga húmeda, de las cuales se pueden extraer 5.608 toneladas, mientras que para la II Región la biomasa disponible total estimada para este recurso es de 21.392 toneladas de alga, de las cuales se pueden extraer 5.604 toneladas.

La biomasa disponible de *Lessonia trabeculata* evaluada en el norte de Chile en función de los metros lineales de costa, el ancho promedio del cinturón y la biomasa promedio por sector de evaluación indican que en la XV Región hay un total de 78.754 toneladas de alga húmeda, de las cuales se puede extraer 35.841 toneladas. La biomasa total disponible estimada de *Lessonia trabeculata* para la I Región es de 135.058 toneladas de alga húmeda, de las cuales se pueden extraer 72.498 toneladas; mientras que para la II Región la biomasa total estimada de este recurso es de 706.373 toneladas de alga húmeda, de las cuales se pueden extraer 382.373 toneladas.

La biomasa total disponible de *Macrocystis integrifolia* estimada en la XV Región es de 8.334 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de cosecha (mortalidad natural de la biomasa promedio anual \approx 50%) se pueden extraer 4.167 toneladas. Para la I Región, la biomasa total disponible es de 57.504 toneladas de alga húmeda, de las cuales se puede extraer una cantidad de 28.752 toneladas de alga húmeda; mientras que la biomasa total disponible para la II Región es de 131.407 toneladas de alga húmeda, de las cuales se puede extraer una cantidad de 65.703 toneladas de alga húmeda.

Las estimaciones de biomazas de las praderas de algas pardas corresponden a una visión instantánea del estado de los recursos en el área de estudio, sujeta a los supuestos de una distribución espacial estática de las especies sin variabilidad temporal (estacional o interanual). Estas limitantes metodológicas se solucionan estableciendo un programa de seguimiento de las praderas de algas pardas que considere a lo menos nueve localidades equidistantes en el gradiente latitudinal del área de estudio, o tres localidades por Región, con un monitoreo estacional a largo plazo de cada pradera seleccionada.

3. Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II regiones.

Durante el estudio se realizó el reconocimiento de varaderos históricos de algas pardas en los distintos sectores de evaluación establecidos a lo largo de la Región de Arica y Parinacota (XV Región), de Tarapacá (I Región) y de Antofagasta (II Región). Durante el reconocimiento, además, se seleccionaron distintos varaderos para efectuar la cuantificación de la mortalidad natural de las especies que componen el recurso algas pardas.

El monitoreo espacial y temporal de seis varaderos históricos en estas regiones indica que la mortalidad de algas pardas en función del arribo de plantas a la costa depende: (1) de la composición y abundancia de las poblaciones de algas pardas aledañas al varadero, (2) de las características topográficas del sector, (3) del clima oceanográfico en el momento en que se realiza la estimación de algas varadas (*i.e.* mar con marejada vs mar llana) y (4) de la intensidad de pesca ejercida sobre el recurso alga parda. Como la composición de las algas varadas está directamente relacionada con la constitución específica y la densidad de estos recursos en zonas aledañas, se privilegió la distribución de transectos de evaluación en los entornos de estos varaderos históricos y en áreas de libre acceso con mayor cosecha y recolección.

La mortalidad de *Lessonia nigrescens* en los varaderos históricos representa el 25% del stock disponible en los alrededores, independiente del grado de intervención de la pradera. No obstante, el aumento de la presión de cosecha sobre la pradera intervenida afecta el volumen total de algas varadas, debido a que arriban a la costa plantas cada vez más pequeñas (juveniles y/o adultos anuales < 20 cm diámetro del disco adhesivo).

La mortalidad de *Lessonia trabeculata* en los varaderos históricos del norte de Chile representa el 1% del stock disponible en los alrededores. Este valor aumenta entre 5 y 10%, cuando existen modificaciones topográficas de la costa que favorecen el acopio submarino de algas pardas frente al varadero (*e.g.* El Lagarto). Pero cuando existen actividades de cosecha o colecta en los bolsones cercanos a los varaderos (*e.g.* Paposos, Cifuncho), el valor de mortalidad natural de *L. trabeculata* nuevamente se acerca al 1%, que representa principalmente plantas juveniles y fragmentos de plantas adultas.

La mortalidad natural de *Macrocystis integrifolia* en los varaderos históricos representa el 20% del stock disponible en los alrededores. La estimación depende principalmente de la proximidad de las praderas al varadero. También debe tomarse en consideración que una fracción equivalente de la mortalidad natural (ca. 30%) flota costa afuera, arribando probablemente en localidades ubicadas en otras latitudes.

4. Caracterizar morfológica y reproductivamente, las poblaciones de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp.* de praderas naturales de la XV, I y II regiones.

El análisis de los resultados obtenidos muestra que los distintos descriptores morfológicos y la frecuencia de plantas reproductivas de *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata* dependen de las características locales de los sectores de evaluación. Para *L. nigrescens*, las tallas promedios de diámetro del disco muestran valores inferiores a 20 cm, lo cual indicaría que son poblaciones en constante explotación, con la presencia de un bajo porcentaje de plantas de gran tamaño como se aprecia en el análisis de estructura de talla

Como es característico de las especies de *Lessonia*, durante todo el período de muestreo fue posible encontrar individuos reproductivos. La asignación reproductiva se encuentra dentro de los valores registrados para otras poblaciones de algas pardas evaluadas en la zona central y norte del país, y los cambios obedecen más bien a características locales de cada población. Una mayor asignación reproductiva es detectada en *M. integrifolia*, principalmente por la naturaleza de sus esporofilas cuya única función es producir estructuras reproductivas; mientras que en *Lessonia*, las estructuras reproductivas son formadas en láminas vegetativas que también cumplen función de crecimiento, fotosíntesis, asimilación de gases y nutrientes. Los valores de esfuerzo reproductivo se encuentran dentro de los rangos registrados para otras poblaciones en la zona norte y centro del país.

5. Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II regiones.

Este objetivo integra la información obtenida en todos los objetivos precedentes. La definición de potenciales zonas de repoblamiento considera: 1) las distribuciones (e.g. continuas o agregadas) de las especies; 2) la disponibilidad de sustrato rocoso apto para algas pardas; 3) las condiciones hidrodinámicas del lugar; 4) las estimaciones de biomasa disponible y cosechable; 5) el estado de explotación de las praderas; y 6) la historia del sector (i.e. actividades mineras, zona afectada por El Niño o ENSO, entre otras). Dependiendo de las características propias de cada sector, las actividades de repoblamiento podrían incluir el desarrollo de acuicultura de algas pardas y/o el establecimiento de "poblaciones piloto". En ambos casos, el objetivo principal es que estas algas realicen un aporte de propágulos al sector permitiendo el asentamiento y reclutamiento de nuevos individuos. De esta forma es posible proponer 33 sectores para la realización de actividades de acuicultura y 6 sectores para repoblamiento, dentro de las cuales están presentes AMERBs. No obstante, el éxito en el

desarrollo de estas actividades debe ser validado en cada sector, considerando aspectos técnico-logísticos, aspectos biológicos (e.g. presencia de otras algas monopolizando substrato y/o abundancia de herbívoros), aspectos sociales relacionados con la formación del grupo humano que generará estas propuestas (e.g. organizaciones de pescadores), y aspectos relacionados con el apoyo administrativo y de fiscalización.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	4
INDICE GENERAL	11
INDICE DE TABLAS	12
INDICE DE FIGURAS.....	15
INDICE DE ANEXOS.....	18
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
2. ANTECEDENTES.....	20
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	27
3.1 Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis spp</i> en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 1).	27
3.2 Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis spp</i> en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 2).	29
3.3 Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 3).	39
3.4 Caracterizar morfológica y reproductivamente las poblaciones de <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis spp</i> en praderas naturales de la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 4).	40
3.5 Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II Región (Objetivo específico 5).....	43
3.6. Talleres.	45
4. RESULTADOS.	46
4.1. Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis spp</i> en la XV, I y II regiones (Objetivo específico 1).	46
4.2. Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis spp</i> en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 2).	88
4.3. Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II regiones (Objetivo específico 3).....	120
4.4 Caracterizar morfológica y reproductivamente, las poblaciones de <i>Lessonia nigrescens</i> , <i>Lessonia trabeculata</i> y <i>Macrocystis sp</i> de praderas naturales de la XV, I y II regiones (Objetivo específico 4).	134
4.5 Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II Región (Objetivo específico 5).....	150
4.6. Talleres.....	154
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	155
6. CONCLUSIONES	163
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	166
8. ANEXOS.....	173

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Algas chilenas en régimen de explotación. Fuente: SERNAPESCA (2000-2009).	47
TABLA 2. Posición sistemática del género <i>Macrocystis</i> .	53
TABLA 3. Posición sistemática del género <i>Lessonia</i> .	54
TABLA 4. Listado de áreas de manejo por región que incluyen en sus PMEA a los recursos algas pardas. Se muestra la(s) especie(s) incluida(s) así como el estado de avance de sus PMEA.	65
TABLA 5. Fechas y Bitácora de vuelo de los intentos destinado a efectuar la prospección aérea para evaluar las praderas de algas pardas en el litoral de la XV, I y II Región.	66
TABLA 6. Área total de distribución (ha) estimadas para los recursos de algas pardas por Región en el área de estudio a través de la prospección aérea efectuada en septiembre del 2009.	67
TABLA 7. Fecha y Rango Geográfico abarcado en cada campaña de prospección terrestre realizada para evaluar las praderas de algas pardas en el litoral de la XV, I y II Región.	75
TABLA 8. Nombre, ubicación geográfica y límites de cada sector de evaluación de algas pardas en el área de estudio y correspondiente Zona de Operación Extractiva propuesta en la Pesca de Investigación de Algas Pardas.	77
TABLA 9. Abundancia de algas pardas por sector de evaluación, expresado en número de plantas por m ² (Media ± desviación estándar).	93
TABLA 10. Biomasa total y Biomasa cosechable de <i>Lessonia nigrescens</i> por sector de evaluación, Región y área de estudio.	96
TABLA 11. Cobertura de las praderas de <i>Macrocystis integrifolia</i> detectadas en cada sector de evaluación, expresado en hectáreas.	100
TABLA 12. Biomasa total y biomasa cosechable de <i>Macrocystis integrifolia</i> por sector de evaluación, Región y área de estudio.	101

TABLA 13. Biomasa Total y Biomasa cosechable de <i>Lessonia trabeculata</i> por Sector de Evaluación, Región y área de estudio.	105
TABLA 14. Registro de varaderos históricos identificados durante la prospección de algas pardas en los sectores de evaluación en el norte de Chile. Se indica el sector de evaluación, el nombre y las coordenadas geográficas de localidad donde se ubica el varadero, y la especie principal de alga parda que arriba a la costa. √: indica presente; x: indica ausente.	107
TABLA 15. Evaluación de la mortalidad natural diaria de algas pardas en dos localidades de la I Región. Se indica la fecha, la talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), la abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total varada por especie de alga parda.	112
TABLA 16. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en una localidad de la I Región. Se indica la fecha, la talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), la abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total varada por especie de alga parda.	114
TABLA 17. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en un varadero histórico de la II Región, en la Península de Mejillones. Se indica la fecha, la talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), la abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total varada por especie de alga parda.	115
TABLA 18. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en un varadero histórico de la II Región. Se indica la fecha, la talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), la abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total varada por especie de alga parda. (*) Indica el volumen promedio de <i>L. trabeculata</i> desembarcado por un bote.	117
TABLA 19. Variables morfométricas y estado reproductivo de <i>Lessonia nigrescens</i> por sector de evaluación.	121
TABLA 20. Variables morfométricas de <i>Lessonia trabeculata</i> por sector de evaluación.	122

TABLA 21. Variables morfométricas de <i>Macrocystis integrifolia</i> por sector de evaluación.	122
TABLA 22. Áreas propuestas para la realización de actividades de acuicultura de algas pardas. Los sectores son mostrados de norte a sur.	139
TABLA 23. Áreas propuestas para la realización de actividades de repoblamiento de algas pardas. Los sectores son mostrados de norte a sur.	140

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ciclo de vida de un alga parda del Orden Laminariales. Ejemplo es de <i>Macrocystis</i> .	51
FIGURA 2. Publicaciones y nivel de citas por año de trabajos científicos publicados de <i>Lessonia nigrescens</i> entre 1990 y 2009.	56
FIGURA 3. Publicaciones y nivel de citas en <i>Lessonia trabeculata</i> entre 1990 y 2009.	57
FIGURA 4. Publicaciones y nivel de citas en <i>Macrocystis integrifolia</i> entre 1990 y 2009.	57
FIGURA 5. Publicaciones y nivel de citas en <i>Macrocystis pyrifera</i> entre 1990 y 2009.	58
FIGURA 6. Publicaciones de <i>Lessonia nigrescens</i> por autor (A), país (B) e institución (C).	59
FIGURA 7. Publicaciones de <i>Lessonia trabeculata</i> por autor (A), país (B) e institución (C).	59
FIGURA 8. Publicaciones de <i>Macrocystis integrifolia</i> por autor (A), país (B) e institución (C).	60
FIGURA 9. Publicaciones de <i>Macrocystis pyrifera</i> por autor (A), país (B) e institución (C).	60
FIGURA 10. Volúmenes desembarcados (expresados en porcentaje) por especie de alga parda y por región en Chile (años 2003-2007).	62
FIGURA 11. Volúmenes desembarcados (expresados en toneladas) por especie de alga parda y región en el área de estudio.	63
FIGURA 12. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) y de Tarapacá (I Región).	69
FIGURA 13. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región).	70
FIGURA 14. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).	71
FIGURA 15. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).	72
FIGURA 16. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).	73

FIGURA 17. Biomasa total promedio (media \pm ee; A) y biomasa cosechable (expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión \geq a 20 cm; B) de <i>Lessonia nigrescens</i> en cada sector de evaluación.	94
FIGURA 18. Biomasa total promedio (media \pm de) de <i>Macrocystis integrifolia</i> en las praderas detectadas en cada sector de evaluación.	98
FIGURA 19. Biomasa total promedio húmeda (media \pm ee; A) y biomasa cosechable (expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión \geq a 20 cm; B) de <i>Lessonia trabeculata</i> en cada sector de evaluación.	103
FIGURA 20. Variación diaria de la estructura de tallas de <i>Lessonia nigrescens</i> y <i>Lessonia trabeculata</i> en función del diámetro del disco basal en dos varaderos de la I Región.	111
FIGURA 21. Variación espacial de la estructura de tallas de <i>Lessonia nigrescens</i> y <i>Lessonia trabeculata</i> en función del diámetro del disco basal en tres varaderos de la II Región.	119
FIGURA 22. Estructura de tallas de <i>Lessonia nigrescens</i> en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la I y II Región.	123
FIGURA 23. Estructura de tallas de <i>Lessonia nigrescens</i> en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la I y II Región.	124
FIGURA 24. Estructura de tallas de <i>Lessonia trabeculata</i> en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la I y II Región.	125
FIGURA 25. Estructura de tallas de <i>Lessonia trabeculata</i> en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la II Región.	126
FIGURA 26. Variación del largo (cm), ancho y área (cm ²) de las láminas de <i>Lessonia nigrescens</i> en los sectores de evaluación.	128
FIGURA 27. Variación del área reproductiva (cm ²) por lámina y de la asignación reproductiva (%) en láminas de <i>Lessonia nigrescens</i> en los sectores de evaluación.	129
FIGURA 28. Variación del largo (cm), ancho y área (cm ²) de las láminas de <i>Lessonia trabeculata</i> en los sectores de evaluación.	131

- FIGURA 29.** Variación del área reproductiva (cm²) y de la asignación reproductiva (%) en láminas de *Lessonia trabeculata* en los sectores de evaluación. 132
- FIGURA 30.** Variación del largo (cm), ancho y área (cm²) de las esporófilas de *Macrocystis integrifolia* en los sectores de evaluación. 134
- FIGURA 31.** Variación del área reproductiva (cm²) y de la asignación reproductiva (%) en esporófilas de *Macrocystis integrifolia* en los sectores de evaluación. 135

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I.	Taller de Presentación Metodológica	159
ANEXO II.	Taller de Discusión Metodológica y Difusión de Resultados	159
ANEXO III.	Composicion y organización del equipo profesional y tecnico asignado al proyecto.	160

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la situación actual de las praderas naturales de algas pardas de las regiones XV, I y II y proponer zonas aptas para su repoblamiento.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.1 Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp en la XV, I y II regiones.

1.2 Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp en la XV, I y II regiones.

1.3 Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II regiones.

1.4 Caracterizar morfológica y reproductivamente, las poblaciones de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* spp de praderas naturales de la XV, I y II regiones.

1.5 Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II regiones.

2. ANTECEDENTES

En Chile, las algas marinas son exportadas y utilizadas como materia prima en la industria local de alginatos, carragenanos y agar; y en menor grado, consumidas como alimento. Durante la última década, la creciente importancia económica de las algas pardas ha llevado a niveles de explotación promedio de 175,924 ton secas por año con un retorno aproximado de US \$ 22 millones (Vásquez 2008). Las algas tienen una importancia social relevante, dado que la recolección es realizada por algueros, 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 por ser la base de las cadenas tróficas bentónicas, porque además constituyen hábitat y refugio, son zonas de reproducción, asentamiento y reclutamiento de numerosas especies de invertebrados y peces (Vásquez & Santelices 1984, Edding *et al.* 1994, Vásquez *et al.* 2001a, 2001b, 2005). En áreas intermareales y submareales someras, *Macrocystis* y *Lessonia* actúan como especies ingenieras (*sensu* Jones *et al.* 1994) de estos ecosistemas costeros, albergando otras especies de importancia económica y social (*e.g.* lapas *Fisurella*, locos *Concholepas concholepas*, erizos *Loxechinus albus*, peces *Graus nigra*).

En Chile, las algas pardas (“huiros” *sensu* Vásquez 1990) han sido utilizadas principalmente como materia prima para la extracción de alginatos. La extracción de estos azúcares naturales está sustentada en promedio, aproximadamente el 60%, por dos especies de Laminariales, *Lessonia nigrescens* de distribución intermareal y *Lessonia trabeculata* de distribución submareal (anuario estadístico SERNAPESCA 2009). A nivel nacional, cerca del 65% de los desembarques anuales de estas algas pardas provienen de las costas de la III y IV Región, y el 30% de la I y II Región (Anuario estadístico SERNAPESCA 2000-2009). La industria química de polímeros, a escala mundial, ha reconocido la calidad de los alginatos provenientes de especies del género *Lessonia*, utilizados principalmente en el mejoramiento de

los alginatos de *Laminaria spp* y *Macrocystis spp* (ver Anuario estadístico SERNAPESCA 2000-2008), y para la elaboración de alginatos de alta calidad (Zimmermann *et al.* 2003; Leinfelder *et al.* 2003).

La pesquería de algas pardas en la costa norte de Chile, escapa a los patrones tradicionales de otras pesquerías bentónicas. La utilización como materia prima para la extracción de alginatos ha estado históricamente sustentada por la recolección de la mortalidad natural de las poblaciones intermareales y submareales. La mortalidad de estas poblaciones es generada principalmente por el movimiento del agua, las corrientes de fondo y el impacto del oleaje. La biomasa arrojada a la playa por las corrientes marinas, es recolectada por orilleros, los que la secan, la enfardan y la venden a intermediarios que las llevan a las plantas de picado. Históricamente, los desembarques constituyeron mayormente recolecciones y no cosechas de plantas vivas. Sin embargo, las extracciones de plantas vivas de algas pardas a través de algún arte de cosecha están siendo recientemente reguladas; antes de esto, no había una regulación clara y permanente en el tiempo. Actualmente, estos recursos son “controlados y regulados” a través de la modalidad de pescas de investigación. Los antecedentes administrativos del recurso algas pardas indican que desde el 20 de marzo del 2006 y por 18 meses hubo una veda extractiva de algas pardas desde la I a la IV Región (Res. Ext. N°1167/23.09.2005). En la actualidad, esta veda, ha sido extendida (incluyendo la XV Región) hasta diciembre del 2010 (Doc. Ext. N°1347/08.10.2008). El artículo N°2 del documento que informa de la veda indica “*la prohibición de la recolección, comercialización, procesamiento, apozamiento, elaboración, transformación y almacenamiento de las especies de algas pardas en áreas de libre acceso*”. Excluyendo de este mandato las algas pardas recolectadas incluidas como recurso objetivo en las AMERBs (Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos). También se encuentran en vigencia las resoluciones que permiten ejecutar pesca de investigación de los recursos algas pardas en las regiones de Tarapacá (Res. Ext. N°3659/2.11.2009) y Antofagasta (Res. Ext. N°3640/30.10.2009) hasta octubre del 2010. En un contexto general, regulaciones de las

extracciones en función de parámetros bio-ecológicos y reproductivos, y un manejo adecuado de las poblaciones naturales, deberían asegurar la sustentabilidad del recurso algas pardas en la costa del norte de Chile.

Los recolectores de orilla, conforman un grupo social de extrema pobreza y marginalidad. Los censos realizados a través de las Pescas de Investigación de Algas Pardas (ver Informes en www.algaspardas.cl) indican que del total de los pescadores y recolectores con RPA (Registro Pesquero Artesanal), sólo cerca del 40% participa efectivamente en las actividades de recolección y cosecha. Los recolectores de orilla, recogen la mortalidad natural de las tres especies de algas pardas (*Macrocystis integrifolia* y *Lessonia spp*), barretean *Lessonia nigrescens* y ocasionalmente cortan frondas desde las praderas intermareales de *Macrocystis integrifolia*. La extracción de *Lessonia trabeculata* la realizan buzos mariscadores mediante equipos semi-autónomos (Hooka), lo que permite determinar lugares de zarpe y desembarque, facilitando el seguimiento, cuantificación y control de las cosechas. Los pescadores artesanales dedicados a la extracción de *Lessonia trabeculata* son principalmente buzos mariscadores que ocasionalmente cosechan algas pardas, dependiendo de los precios de compra, la disponibilidad y el acceso a otras pesquerías bentónicas con recursos más rentables, como locos y peces de roca. Lo anterior, junto con los patrones de distribución espacial y temporal especie-específicos condiciona las estrategias de seguimiento y control del recurso algas pardas.

La implementación de centros de cultivo de Abalón rojo *Haliotis rufescens* y Abalón verde *Haliotis discus hannai* en la III, IV y V regiones ha generado otra fuente de presión extractiva sobre las algas pardas en el norte de Chile. Los abalones son especies exóticas introducidas cuyo principal ítem alimentario son las algas pardas, consumiendo hasta un tercio de su peso corporal diario (Vásquez 2008). Dada la morfología del aparato bucal (rádula) estos moluscos herbívoros sólo aprovechan las láminas de las algas, desechando discos de adhesión y estipes, que en conjunto representan más del 50 % del peso total de una planta. Los centros

de cultivo de abalones instalados a lo largo de la costa de Chile consumen importantes volúmenes de algas pardas frescas con una tasa de demanda que depende de los volúmenes de individuos mantenidos en cultivo (un promedio de 7.000.000 de individuos por centro).

El cambio en la estructura de talla y el tipo de distribución (unimodal, bimodal) son indicadores eficientes para evaluar el efecto de la explotación sobre una población. Las algas pardas no tienen marcadores etarios, en consecuencia los cambios en la estructura poblacional son tamaño-dependientes, en contraste a los animales que son edad-dependiente (Chapman 1985, 1986; Pringle *et al.* 1987, Sharp 1987, Ang *et al.* 1993, 1996; Lazo & Chapman 1996). Además de la ausencia de marcadores etarios, las algas pardas muestran una enorme plasticidad fenotípica en función de las características ambientales (*e.g.* exposición, movimiento de agua, herbivoría, competencia; Vásquez 1992, Vega *et al.* 2005). En consecuencia, monitorear la dinámica de las poblaciones explotadas en base a tablas de vida tiene poca precisión y es difícil de interpretar en algas pardas. Sin embargo, a veces es posible usar algunos aspectos demográficos de las poblacionales como herramienta para el manejo sustentable de estos recursos algales, tales como: (1) tiempo de recuperación de la estructura de talla pre-cosecha para determinar los períodos de rotación de áreas explotadas (Ang *et al.* 1993, 1996; Lazo & Chapman 1996), (2) la estructura de talla de la población puede ser utilizada para definir la fracción de la población que se quiere proteger, y (3) la talla promedio de la cosecha puede indicar el estado de la población (Caddy & Mahon 1995, Seijo *et al.* 1997).

Entre los efectos ecológicos que pueden generar la explotación de algas pardas, está 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 asociadas a estos ecosistemas, sumado a las modificaciones de sus estructuras poblacionales (Druehl & Breen 1986, Foster & Barrilotti 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 de especies. Esta es una variable comunitaria

recomendada como indicador que responde a cambios ambientales naturales o causados por impactos antrópicos como la explotación directa (Caddy & Mahon 1995). En algunas pesquerías se ha detectado, como producto de las cosechas y/o capturas, un cambio en la riqueza y abundancia relativa de las especies constituyentes de la comunidad (Bustamente & Castilla 1990, Castilla & Duran 1985). En este contexto, las algas pardas han sido descritas como importantes organismos estructuradores de comunidades, y sus estructuras de fijación conforman un microhábitat para un gran número de especies de invertebrados (Vásquez & Santelices, 1984).

La fragilidad de las poblaciones de algas pardas, en relación a eventos oceanográficos de gran escala como El Niño – Oscilación del Sur y sus atributos morfo-funcionales, como la distribución de sus estructuras reproductivas y ubicación de los meristemas de crecimiento donde el corte a cualquier nivel interrumpe eventos de reproducción sexuada y de regeneración, sugieren un grave impacto de las explotaciones no reguladas en las poblaciones produciendo un efecto descendente sobre la estructura y organización de las comunidades marinas intermareales y submareales (Vásquez 1995, 1999; Vásquez & Santelices 1990). Esto a corto plazo impacta fuertemente las actividades económicas asociadas a las algas pardas ya establecidas (e.g. industria de alginatos, cultivo de abalones, picadoras), y de otras proyecciones de gran importancia social y económica, tales como la producción de hormonas de crecimiento para plantas terrestres, usos múltiples en biomedicina y desarrollo de nanotecnologías (Vásquez 2008).

Los aspectos bio-ecológicos de algas pardas chilenas, así como la distribución espacial y batimétrica y la productividad de sus praderas naturales en el norte de Chile han sido extensamente estudiadas durante las últimas dos décadas (Vásquez 1989, 1990, 1992, 2008; Vásquez & Fonck 1993, Edding & Tala 1998, 2003; Edding *et al.* 1990, 1993; Tala 1999, Tala *et al.* 2004, Tala & Edding 2005, 2007, Vega 2005, Vega *et al.* 2005, entre otros). En general, son numerosos los factores que determinan la productividad de las poblaciones naturales de las

algas pardas no sólo están relacionados con la bio-ecología, distribución y productividad de las especies (Vásquez & Santelices 1990, Vásquez 1995, 1999), 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, y (6) disponibilidad e implementación de planes de manejo. Todos estos factores son claves en la definición e implementación de medidas de administración y regulación pesquera de las poblaciones naturales de *Lessonia* y *Macrocystis* en el norte de Chile (Vásquez & Westermeier 1993, Vásquez 1999, 2008).

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 pardas chilenas, sugieren un fuerte impacto tanto a nivel de las poblaciones así como a nivel de la estructura y organización de las comunidades asociadas. Las praderas de algas pardas constituyen áreas de reclutamiento y desove de numerosas pesquerías bentónicas de enorme valor socio-económico (e.g. loco, erizo, lapa, peces), las que podrían ser irreversiblemente afectadas. En consecuencia, dado el valor fundacional de las algas pardas y su rol como especies ingenieras de ecosistemas, los resultados de este estudio tendrán un valor relevante en la conservación de ambientes costeros rocosos.

Desde el 2003 a la fecha se han realizado estudios sobre la distribución y abundancia de las especies de algas pardas de importancia económica, como también del esfuerzo de pesca, y de aspectos económico-sociales entre la XV y la VI Región, cubriendo más de 1.800 km de costa. Esta información es fundamental para diseñar las bases administrativas y de manejo de esta pesquería, que permitan su sustentabilidad. Entre la XV y la V Regiones, sector del país donde se concentra esta pesquería, más de 10.000 personas dependen directa o indirectamente de estos recursos bentónicos, constituyendo una pesquería marginal,

principalmente de recolección, y de alto riesgo social. No obstante lo anterior, para el sector comprendido entre Arica (XV Región) y Pan de Azúcar (límite sur II Región) no existe información sobre la distribución y la abundancia de las especies que componen el recurso algas pardas. En contraste, estudios cuantitativos de la distribución y abundancia de algas pardas han permitido tener una visión precisa este recurso entre Pan de Azúcar (límite sur II Región) y Punta Hueso (límite sur IV Región).

Dada la importancia social, ecológica y económica de este recurso bentónico en el norte de Chile, este estudio responde a la necesidad de contar con información actualizada de la diversidad, distribución y abundancia del recurso algas pardas, junto con estimar la biomasa disponible (“standing stock”) y cosechable (standing crop”) de las especies componentes, que permita proponer un plan de administración del recurso para la zona norte del país. Adicionalmente, y considerando los compromisos contraídos en el sentido de potenciar las Áreas de Manejo en operación, en el marco de los cuales tanto las actividades de repoblamiento como de acuicultura de algas pardas constituyen una actividad factible de implementar en el mediano plazo, este estudio informa de las potenciales zonas que podrían ser objeto de este tipo de actividad. En vista de lo anterior este estudio permite complementar la información disponible y contribuye a diseñar un programa de explotación sustentable del recurso recurso algas pardas en la zona norte del país que es donde se concentra hoy en día la actividad extractiva.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 1).

3.1.1. Recopilación de la información disponible sobre distribución y abundancia de praderas de algas pardas en el norte de Chile.

Para la recopilación de la información disponible sobre distribución y abundancia de praderas de algas pardas en el norte de Chile, así como para obtener información que complemente los logros de los otros objetivos del proyecto, se realizó una revisión de proyectos institucionales (e.g. Universidades, IFOP, Subsecretaría de Pesca, SERNAPesca) y sistemas de base de datos electrónicos (e.g. ASFA, Current Content, Web of Science, Scielo) que reúne la información publicada en revistas científicas nacionales e internacionales. Los aspectos considerados en la búsqueda incluyeron: biología, ecología, aspectos pesqueros y económicos de *Lessonia* y *Macrocystis*.

Parte importante de la información científica y tecnológica ha sido generada por el equipo consultor, la cual está disponible a la comunidad en los portales de Internet www.algaspardas.cl, www.ecologiamarina.cl y www.botanicamarina.cl.

3.1.2. Prospección de algas pardas en el gradiente latitudinal, georeferenciando la distribución de las poblaciones.

La metodología incluyó determinar inicialmente (1) la distribución geográfica de las poblaciones en las tres regiones de estudio, y posteriormente (2) los niveles de biomasa disponible y cosechable de hueros. Es en este contexto que se estableció como metodología

directa el uso de vuelos prospectivos a baja altura (altura cercana a los mil pies de altura en avioneta con ala alta). La prospección aérea fue realizada entre el 26 y 30 de septiembre del 2009 con apoyo de cartografía del Instituto Geográfico Militar para el borde costero y GPS portátiles. El uso de la prospección aérea combinada con la medición de algunos atributos poblaciones *in situ* (e.g. morfológicos, demográficos) es una potente herramienta evaluativa que ha permitido cuantificar previamente los patrones de distribución y abundancia de las algas pardas en el norte de Chile (e.g. Prospección Kelco; Pesca de Investigación Algas Pardas 2004; FIP 97-50). Las prospecciones combinadas mejoran la precisión de los estimadores de biomasa en un área determinada, a través de la disminución de la varianza.

A través de la cobertura aérea de los vuelos prospectivos se logró:

- (a) una visión general de la distribución de las praderas de algas pardas en la XV, I y II Regiones;
- (b) la ubicación de zonas de máxima agregación de praderas de algas pardas en el área de estudio;
- (c) la identificación de zonas con difícil acceso a la costa, y que presentan praderas (e.g. *Macrocystis*) o cinturones de algas pardas (e.g. *Lessonia*);
- (d) la detección de interrupciones geográficas en la continuidad de las praderas (e.g. *Lessonia*);
- (e) el dimensionamiento de las praderas de algas pardas que tienen una distribución latitudinalmente agregada (e.g. *Macrocystis*);
- (f) la ubicación de áreas con atributos geográficos particulares (e.g. bahías, radas) o con signos de impactos naturales (e.g. El Niño) o antropogénicos (e.g. minería, urbes, puertos) útiles y/o disponibles para proponer actividades de repoblamiento, restauración y cultivo de algas pardas.

Esta información recopilada y analizada es presentada como información disponible en plataforma SIG para su visualización en mapas (ANEXO I, información del proyecto).

3.2 Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 2).

3.2.1. Muestreos latitudinales no-destructivos para evaluar la distribución de la biomasa de algas pardas.

La evaluación directa está centrada en la evaluación de la biomasa total y cosechable de tres especies de algas pardas: *Lessonia trabeculata*, *Lessonia nigrescens* y *Macrocystis spp* (Phaeophyceae, Laminariales) que habitan ambientes intermareales y submareales de las regiones XV, I y II.

Durante el Taller Metodológico presentado en la Subsecretaría de Pesca se acordó concentrar las evaluaciones en **sectores de evaluación** que históricamente presentan la mayor intensidad de extracción de los recursos algas pardas en la XV, I y II regiones. Los muestreos en cada sector de evaluación fueron dirigidos a determinar la distribución y abundancia de *Lessonia* y *Macrocystis*, mediante transectos y estaciones de muestreo. Los transectos y estaciones de muestreo fueron posicionados a lo largo del litoral de cada sector de evaluación, incluyendo áreas de libre acceso y áreas de manejo de recursos bentónicos (AMERB), o que tengan otra medida de administración pesquera (e.g. parque marino, reserva marina).

En términos generales, el programa de muestreo cubrió aproximadamente 1000 km lineales de costa entre la XV Región y II Región del país. De acuerdo a lo definido en el Taller Metodológico, los sectores de evaluación fueron seleccionados en base a las zonas geográficas que representan mejor la actividad de explotación de las algas pardas. Por esta razón se utilizaron las Zona Operativas de Extracción (ZOE) propuestas en la Pesca de Investigación de algas pardas entre la I y IV Región (2007-2009) como sectores de evaluación. Las playas de arena y las localidades dominadas por fondos blandos, como por ejemplo los sistemas de

bahías ubicadas en el área de estudio (e.g. Bahía Mejillones), fueron identificadas en las cartas IGM y georeferenciadas durante la prospección aérea (ver Obj. 1). Luego de la identificación a través del reconocimiento aéreo, estas localidades fueron excluidas del muestreo porque la escasa disponibilidad de sustrato apto para el asentamiento de propagulos de algas pardas reduce las probabilidades de establecimiento de una pradera de algas pardas.

La literatura documenta que existen correlaciones significativas entre algunos parámetros morfológicos de las especies de algas pardas (e.g. diámetro basal del disco, N° de estipes, distancia 1^{era} dicotomía) con peso y tamaño de las plantas (Vásquez & Santelices 1984; Villouta & Santelices 1984; Vásquez 1991), en consecuencia, la evaluación de la biomasa y la densidad considera muestreos no-destructivos. Para fines del estudio y de las evaluaciones, se definirá como individuo de alga parda a una planta (esporofito) que está formada por un grupo de estipes que se levantan desde una misma estructura de fijación (disco basal o adhesivo).

Las estimaciones de la biomasa disponible fueron obtenidas indirectamente usando un modelo de regresión exponencial ($y = a \cdot x^b$), ampliamente documentado para algas pardas (Santelices *et al.* 1980, Vásquez 1991). Esta función ocupa el diámetro del disco basal (como variable independiente) para predecir el peso de la planta (variable dependiente), según la ecuación:

$$\text{Peso} = a \cdot \text{Diámetro disco}^b \quad (1)$$

Donde, “a” corresponde al intercepto y “b” a la pendiente de la ecuación exponencial.

Esta relación es una de las que mejor se ajusta para predecir la biomasa individual en las distintas especies de algas pardas (Santelices *et al.* 1980, Vásquez 1991). La información obtenida durante la Pesca de Investigación 2004 (junto con los proyectos FIP 2005-22 y 2006-25), han validado los descriptores morfológicos de peso y tamaño para las especies de algas pardas consideradas en este estudio, a través de curvas de regresión entre variables

morfológicas y gravimétricas. No obstante, para validar la información ya establecida (en la literatura y en los informes) se han recolectado plantas (“n” muestral mínimo = 30 por sector de evaluación) a lo largo del área de estudio para mejorar el ajuste de las curvas de regresión con las variables morfológicas antes descritas.

El diseño de muestreo (transectos vs estaciones) para cada una de las especies considera su distribución espacial vertical y batimétrica.

Lessonia nigrescens ----- INTERMAREAL

Lessonia trabeculata ----- SUBMAREAL (0 m a 30 m profundidad)

Macrocystis spp ----- INTERMAREAL-SUBMAREAL (hasta 12 m de profundidad)

Lessonia nigrescens: Para evaluar la abundancia del “huir negro” se utilizaron dos tipos de diseño de muestreo en áreas intermareales: (1) se evaluó la densidad de plantas en cuadrantes rectangulares de 10 m² (10 m largo x 1 m de ancho). Cada cuadrante es ubicado paralelo a la costa, en el rango mareal de distribución de *L. nigrescens*, en cada localidad de estudio. En cada uno de estos cuadrantes de 10 m², (2) se establecieron unidades de muestreo al azar de 1 m² (cuadrantes de 1 m x 1 m). Los cuadrantes de 1 m² fueron utilizados para evaluar tanto los atributos morfológicos de las plantas, como la abundancia (densidad) en unidades de muestreo más restringidas. Este diseño jerárquico anidado, permite detectar y comparar la variabilidad temporal de los patrones de distribución y abundancia de *Lessonia nigrescens* a distintas escalas espaciales, por ejemplo: cuadrante, sitio (con o sin intervención), localidad, área y región.

Lessonia trabeculata: Para la evaluación del “huir palo”, se utilizaron transectos perpendiculares a la línea de la costa entre la zona más baja del intermareal y los 20 m de profundidad. Dependiendo de la pendiente promedio batimétrica en los ambientes submareales

entre la XV y II Región, se utilizaron transectos estandarizados de 160 m de longitud, atravesando el ancho del huiral (Vásquez & González 1995). Cada transecto fue subdividido cada 10 m, y recorrido por dos buzos (autónomos y/o semi-autónomos), evaluando las plantas 1 m a cada lado del transecto y anotando el veril de profundidad. Así, cada transecto anida un total de 32 unidades de muestreo de 10 m² (Vega *et al.* 2005). Esta metodología es comúnmente utilizada para evaluaciones y monitoreos de praderas de algas pardas submareales (Foster & Schiel 1985), porque permite cubrir horizontalmente el área evaluada. Incluyendo, además, la variabilidad intrínseca producida por la distribución de *L. trabeculata* en el gradiente batimétrico (Vega *et al.* 2005).

El litoral rocoso del norte de Chile, así como la mayoría de las costas rocosas frías templadas del mundo, tienen a diferentes especies de Laminariales como límite biológico de transición entre las zonas intermareal–submareal (Stephenson & Stephenson 1972). En el norte de Chile, la especie bioindicadora de este límite de transición es *Lessonia nigrescens* (Santelices 1989). Desde la franja de *L. nigrescens* hacia el submareal son frecuentes los fondos rocosos blanqueados o “barren ground” (*sensu* Lawrence 1975), dominados por algas crustosas calcáreas y diferentes especies de herbívoros, tales como: *Tetrapyrgus niger*, *Tegula spp*, *Fissurella spp* y chitones (Vásquez & Vega 2004a, 2004b). El ancho del fondo rocoso blanqueado es variable a lo largo de la costa, sin embargo, producto de nuestras observaciones por más de 20 años de trabajo en ambientes intermareales y submareales del norte de Chile hemos estimado un ancho promedio de 40 m de longitud. Esto, es importante al momento de estimar la distribución y abundancia de las poblaciones de *Lessonia trabeculata* en ambientes rocosos del norte de Chile.

***Macrocystis integrifolia*:** Para evaluar las poblaciones de *Macrocystis integrifolia* se utilizó un diseño de muestreo aleatorio estratificado, usando como unidades de muestreo cuadrantes de 0,25 m² lanzados al azar en función de la distribución de las plantas, en cada sitio de estudio (Buschmann *et al.* 2004). Cuando la pradera de *Macrocystis integrifolia* se extendió hacia el

submareal, se realizó un muestreo por estrato, posicionando 4 cuadrantes de 0,25 m² al azar en rangos de profundidad (0-2, 2-4, 4-6, > 6 m de profundidad). La biomasa total por huiral fue extrapolada de las evaluaciones *in situ*, en función de los cuadrantes evaluados al azar como ha sido anteriormente descrito.

En cada unidad de muestreo (cuadrante de 1 m² para *L. nigrescens*; transecto dividido en 32 sub-unidades de 1 m² para *L. trabeculata*; cuadrante de 0,25 m² para *Macrocystis spp*) se evaluó:

- (1) Número total de plantas,
- (2) Diámetro basal del disco de adhesión,
- (3) Presencia o ausencia de estructuras reproductivas por planta

En cada localidad de muestreo ubicada de cada uno de los sectores de evaluación, se realizó un muestreo intensivo de acuerdo al diseño antes mencionado, que permitió dar cuenta de la biomasa disponible y cosechable. Cada una de las praderas estudiadas (intermareales y submareales) fue georeferenciada, delimitada, monitoreada e incorporada a la base de datos en cartas SIG (Sistema de Información Geográfica).

3.2.2. Cartografía base para el Sistema de Información Geográfica

Se trabajó con la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:50.000. Las cartas digitales se unieron a través del programa ArcView 3.2, corrigiéndose los vértices abiertos y cerrando todos los polígonos. En el programa ArcGIS se importaron los archivos shape, los cuales fueron transformados a la proyección cartográfica UTM, con el *datum* de referencia WGS84. Es de vital importancia disponer de una cartografía con el detalle de la cartografía 1:50.000 dado a que en base a la línea costera de dichas cartas, se efectuaron las áreas de influencia (buffers) que se usaron en la estimación de biomasa de los recursos.

3.2.2.1. Mapas de Áreas de Manejo de las Regiones en Estudio: Con la base cartográfica en SIG, se procedió a obtener las coordenadas Geográficas de las AMERBs a través del portal de la Subsecretaría de Pesca de Chile (www.subpesca.cl). Las AMERBs cuyas coordenadas geográficas tienen el *datum* conocido (e.g. cartas IGM 1:50.000), se incorporaron a una planilla electrónica para luego ser ingresadas al SIG a través del programa ArcGIS. En el caso de presentar otro tipo de *datum* se optó por trabajar con el archivo kml/kmz (formato Google Earth) que está disponible en el mismo portal. Finalmente, las coordenadas geográficas fueron simplificadas para que cada AMERB fuese representada por medio de un punto en el mapa. Cada punto posee el nombre del AMERB asociada con su base de datos respectiva.

3.2.2.2. Estimación de la biomasa mediante sistema de información geográfica.

Lessonia nigrescens

Uso de la información y SIG: La recopilación de coordenadas geográficas a través de los equipos de GPS portátiles permitió la georeferenciación de los lugares de muestreo de las praderas de *Lessonia nigrescens*. Con la información georeferenciada se ubicó un lugar central al área de evaluación de la pradera. Este lugar fue representado gráficamente a través de un punto, cuya base tabular contiene la biomasa y la densidad de *Lessonia nigrescens* en m².

Extrapolación de la Biomasa (entre sitios): Basados en las observaciones en terreno se estimó el ancho del cinturón de *Lessonia nigrescens*. Así a través del ArcView, se generó un área estándar ocupada por el huiro negro, utilizando la proyección del recurso a un cinturón de 2,0 m de ancho (valor promedio del ancho del cinturón de *Lessonia nigrescens* (Pesca de Investigación de Algas Pardas 2004; Vásquez 2008). A cada polígono entre cuadrantes (10 m²)

se le aplicó la densidad del cuadrante previo y posterior, estimando así una biomasa y una densidad promedio entre cuadrantes.

Lessonia trabeculata.

Uso de la información y SIG: La información recolectada en terreno (abundancia y distribución), para cada una de las poblaciones evaluadas, fue incorporada al Sistema de Información Geográfica (SIG), mediante el uso de equipos de posicionamiento global (GPS). Con esto, fue posible georreferenciar toda la información de terreno, para luego incorporarla a los programas SIG ArcView y ArcGIS (®ESRI). Los programas SIG tienen la particularidad de incorporar tanto la información gráfica-visual, así como la información tabular (base de datos) para realizar operaciones espaciales complejas (Burrough & McDonnell 1998). Las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones y transectos de muestreo fueron adquiridas en formato sexagesimal (grados, minutos y segundos) con el *datum* de referencia espacial obtenido del Sistema Geodesico Mundial 1984 (World Geodetic System 1984, WGS84). Las coordenadas geográficas recopiladas permitieron ubicar en el espacio los siguientes elementos ordenados en forma jerárquica de mayor a menor nivel de agrupación:

- Transecta
- Estación
- Lado

Cada transecta contiene una o más estaciones (hasta 20), y cada estación tiene dos lados (lado norte y lado sur). Mediante codificación sistemática se asignó un identificador (ID) único para cada lugar de estimación, uniendo los elementos gráficos con los elementos tabulares (Bases de Datos).

Análisis de la autocorrelación espacial de la información: A través de la extensión Geostatistical Analyst del programa ArcGIS se generaron variogramas al nivel de transectas.

Con estos, se determinó el grado de autocorrelación espacial de la variable biomasa (kilogramos de alga por metro cuadrado) que desaparece a los 25 m de distancia (Vásquez 2004). En consecuencia, se realizaron interpolaciones en polígonos generados a través de áreas de influencias (buffers) en torno a los puntos de muestreo. El radio de acción del área de influencia fue inferior a los 25 metros, para asegurar una minimización de los errores de interpolación. En este contexto, cuando se obtienen valores bajos de distancia de autocorrelación espacial es recomendable hacer interpolaciones a escala local (Klopatek & Francis 1999, Vásquez 2004).

Interpolación de la densidad y la biomasa (en las transectas): Sobre la base de los resultados de autocorrelación se desarrolló una interpolación por transecta de muestreo, generando así tantas interpolaciones como el número de transectas con biomasa positiva (áreas donde se registren plantas de *Lessonia trabeculata*). Basándose en la cantidad de interpolaciones a generar y a la estandarización de su método, se optó por aplicar la interpolación denominada IDW (“Inverse Distance Weight”, o Peso Inverso a la Distancia), expresada en la ecuación (2):

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) \cdot d_{ij}^{-Y}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-Y}} \quad (2)$$

donde,

(x_0) = es el valor calculado para el punto de estimación.

$z(x_i)$ = es el valor del punto de valor conocido.

d_{ij} = la distancia entre el punto de valor conocido y el punto de estimación.

d_{ij}^{-Y} = el peso estimado (valor entre cero y uno) para cada punto de valor conocido, a través del cálculo del cuadrado inverso de la distancia.

-Y = en nuestro caso es equivalente a 2 para que sea el cálculo del cuadrado inverso.

Los pesos (d_{ij}^{-y}) son estimados a partir de una función lineal de la distancia entre los grupos de datos puntuales [$z(x_i)$] y los puntos que serán predichos [(x_0)]. El método IDW es comúnmente usado en SIG para la creación de temas o coberturas de grilla (grid) que son superpuestas a otros temas (Burrough & McDonnell 1998).

Extrapolación de la densidad y biomasa (entre transectas): Basándose en las observaciones de terreno y la información de la literatura especializada (Vásquez 1992, Edding 1998, Vásquez *et al.* 2001, Vásquez & Vega 2004, Vásquez 2004) se determinó un ancho promedio de los huirales de *L. trabeculata* correspondiente a 200 m de longitud. A través del programa SIG Arcview, se generaron polígonos inter-transectas, a los cuales se les aplicó las biomásas y densidades evaluadas en el terreno. Entre transectas (inicial y final) se extrapola la biomasa, utilizando los promedios y las distribuciones batimétricas entre cada una de las transectas utilizados en la extrapolación.

Macrocystis integrifolia

Uso de la información y SIG: Debido a la distribución fragmentada de *Macrocystis* (a diferencia de la distribución continua de las praderas de *Lessonia*), se utilizaron GPS portátiles para georeferenciar la posición central (representada a través de un punto) del fragmento, pradera o huiral de *Macrocystis spp* en las zonas de evaluación. La información tabular asociada a las entidades gráficas son el largo y el ancho de cada fragmento o huiral (expresado en metros lineales de costa), así como también su área cubierta (expresada en metros cuadrados de costa) y de la biomasa asociada obtenida *in situ* (expresada en kilogramos de *Macrocystis spp* por m²).

Análisis de los datos y estimación de biomasa: Basado en la distribución y la abundancia de las praderas de *Macrocystis* evaluada *in situ*, y con relación al área de cada uno de los fragmentos-huiraes, se generó una estimación de la biomasa por pradera (“huirala/fragmento”) y

por Región. La incorporación de la información al SIG, permitió tener una mejor apreciación de la distribución del recurso en el área de estudio.

3.3 Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 3).

Las varazones de algas pardas ocurren durante todo el año a lo largo de la costa del norte de Chile. Sin embargo, la magnitud y frecuencia del arribo de algas pardas a la costa aumenta significativamente durante otoño-invierno (Vásquez 1989). Estas varazones afectan diferencialmente a las poblaciones de *Lessonia* y *Macrocystis* (Vásquez 1992, 1995; Edding & Tala 1998, Vega 2005), dando cuenta de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la biomasa total disponible (Vásquez 1999).

Para evaluar la mortalidad natural de las poblaciones de algas pardas se seleccionaron distintos varaderos históricos por Región. Un varadero es un sitio geográfico particular en el litoral que se caracteriza por la constancia y la frecuencia del arribo de algas pardas a la costa que en consecuencia produce el acopio de biomasa. La biomasa disponible en los varaderos es recolectada por los algueros, acumulada fuera de la zona de mareas y transportada unos metros tierra adentro hacia las canchas de secado. Un varadero histórico es entonces un lugar establecido por el tiempo de permanencia de los usuarios que recolectan algas pardas varadas.

La prospección de un varadero consistió en:

- 1) georeferenciar los límites geográficos del varadero con un GPS, identificando el área cubierta por las algas varadas. Posteriormente, se pueden volver a determinar los límites del varadero con el mismo método para detectar expansiones o compresiones del alga arribada a la costa en el tiempo (diario, estacional o anual).
- 2) trazar transectos perpendiculares a la costa (n: 3-5) de 1 m de ancho, con una extensión que depende de la distribución de la varazón de algas en la costa. La distribución de los

transecto en el varadero es sistemática, ubicándolos de manera equidistantes uno del otro.

- 3) Recolectar toda la biomasa varada dentro de cada transecto. Separando plantas completas por especie; y fragmentos, trozos o frondas, también por especie.

Posteriormente se pesan los volúmenes de algas varadas por especie (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp*) recolectadas en cada transecto y se estandarizan a m².

Asumiendo que esta biomasa proviene de praderas cercanas, las que fueron evaluadas simultáneamente durante el estudio, se estimó una tasa de mortalidad por especie (número de plantas, morfología de plantas, biomasa en la playa posterior a la limpieza dirigida) en un período de tiempo (días).

La mortalidad natural se estimó en función de plantas completas de *Lessonia* y *Macrocystis* que arriban a la costa. Con el mejor descriptor morfológico de talla y peso (*i.e.* diámetro del disco) de las plantas recolectadas de cada especie de alga parda, se realizaron análisis gráficos (histogramas de frecuencias) de la estructura de tallas de las poblaciones que arriban a los varaderos (ver Obj. 4). Con esta información se establecieron las fracciones demográficas y las tasas instantáneas de mortalidad natural a escala local. Para establecer efectos latitudinales en la mortalidad natural de algas pardas los análisis gráficos se realizaron agrupando los datos por sector de evaluación.

3.4 Caracterizar morfológica y reproductivamente las poblaciones de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en praderas naturales de la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 4).

3.4.1. Caracterización morfológica de las poblaciones de algas pardas de la XV, I y II Regiones.

La caracterización morfológica de cada especie de alga parda fue realizada en una unidad de muestreo de 1 m² para *Lessonia* y 0,25 m² para *Macrocystis*. En las unidades de muestreo distribuidas en cada localidad se evaluó la densidad, el diámetro del disco basal y la presencia/ausencia de estructuras reproductivas por planta (soros para *Lessonia*; esporófilas para *Macrocystis*) (para detalles ver Obj. 2):

De acuerdo a los resultados del proyecto FIP 2005-22, la caracterización morfológica de las poblaciones permite evaluar su estado inherente de condición (fitness) en función de los atributos morfológicos y reproductivos. Estos atributos son modificados, por ejemplo, de acuerdo a la presión de cosecha local y varía con la resolución de la escala geográfica ocupada (*i.e.* sitio, sector de evaluación, Región).

Estas estimaciones fueron realizadas en cada sector de evaluación para determinar gradientes geográficos en la morfología y en la capacidad reproductiva de las especies que conforman el recurso alga parda en el área estudio (XV, I y II Regiones).

3.4.2. Caracterización reproductiva de las poblaciones de algas pardas de la XV, I y II Regiones.

Durante las evaluaciones en terreno se registró el número de plantas fértiles a través de la identificación de la presencia o ausencia de estructuras reproductivas (soros o esporófilas).

En distintos sitios de muestreo en cada sector de evaluación se seleccionaron al azar esporófilas y láminas reproductivas (n=30 por especie) para determinar (a) talla de láminas reproductivas/esporófilas (*e.g.* largo, ancho, área total), (b) área de tejido reproductivo y asignación reproductiva (%). Estas características morfológicas permitieron identificar aspectos relacionados con las adaptaciones locales que muestran las Laminariales a factores como la

exposición al oleaje y la explotación de los recursos (Vásquez 1991; Buschmann *et al.* 2004; Tala *et al.* 2004; Vega & Vásquez 2005; Vega *et al.* 2005)

El área total de las láminas y el área reproductiva fue calculada a través de la digitalización fotográfica de las láminas/ esporófilas y el análisis de imagen usando el programa Image-Pro versión 4.0 (Buschmann *et al.* 2004). En los soros bi-faciales, el área fue multiplicada por dos, considerando que el tejido fértil tiene igual área en ambos lados de la lámina (Reed 1987; Tala *et al.* 2004).

3.5 Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II Región (Objetivo específico 5).

Utilizando la información obtenida de las prospecciones aéreas (Obj. 1) y de las prospecciones *in situ* (Obj. 2), junto con la información bibliográfica recopilada (Obj. 1) y la integrada a través de los resultados del proyecto (e.g. Obj. 3 y 4), se realizó un análisis general que permitió identificar y seleccionar zonas de potencial repoblamiento del recurso algas pardas en la XV, I y II Región que contribuyan tanto a la conservación del recurso así como para la generación de alternativas económicas en AMERB localizadas en el área de estudio. Según Vásquez (2008), los criterios utilizados para la selección de zonas de repoblamiento son de conservación, económicos y de equidad en el uso de los recursos. Actualmente, se considera además un criterio de equidad intergeneracional o de sustentabilidad en el uso de los recursos que permita asegurar su disponibilidad para el aprovechamiento en el futuro (Pesca de Investigación de Algas Pardas 2007-2008).

Para cumplir con este objetivo, el proponente consideró las bases de datos obtenidas durante las distintas Pescas de Investigación de Algas Pardas realizadas entre la XV y IV regiones desde el 2005 hasta el 2009 (www.algaspardas.cl). En las Pescas de Investigación de Algas Pardas se ha mantenido un registro de los niveles de asociatividad de los usuarios del recurso y de la distribución de los asentamientos pesqueros en el gradiente geográfico del norte de Chile; además de la ubicación, tamaño y estado de operación y de organización de las AMERBs en el área de estudio. Toda ésta información ha sido digitalizada en SIG (Sistema de Información Geográfica) y fue utilizada para la selección y proposición de zonas potenciales de repoblamiento de algas pardas. Las base de datos en SIG están actualmente actualizada para todo el norte de Chile a través de la Pesca de Investigación de Algas Pardas 2007-2008

(www.algaspardas.cl) y contiene la información de los aspectos sociales que incluye participación de género, niveles de escolaridad, entre otros y de los aspectos económicos que incluye los volúmenes y precios transados por los usuarios en cada nivel de la cadena productiva de la industria asociada a este recurso.

La proposición de zonas potenciales para el repoblamiento de algas pardas considera dos situaciones: repoblamiento por medio de acuicultura en AMERBs operativas u otras zonas de libre acceso, y repoblamiento en áreas que actualmente no tienen algas pardas por razones naturales o por impactos antrópicos.

3.6. Talleres.

Antes de comenzar con las prospecciones de algas pardas en el área de estudio se realizó un Taller Metodológico donde se discutieron las distintas actividades y métodos de muestreo propuestos en el proyecto. Los antecedentes fueron presentados por el equipo consultor y analizados en conjunto con profesionales de la Subsecretaría de Pesca y del Fondo de Investigación Pesquera (FIP). La reunión fue realizada el día 28 de Mayo de 2009, entre las 15:30 y las 17:30 en sala de reuniones FIP, piso 21, en Valparaíso. Se adjunta presentación Power-Point en archivo digital (**ANEXO I**).

Después de finalizado el proyecto esta propuesto un Taller de Discusión Metodológica y Difusión de los resultados del proyecto. Este Taller considera la participación de científicos y técnicos relacionados con la explotación y manejo del recurso algas pardas, personas del sector pesquero y profesionales involucrados en el manejo de la pesquería. Con el objeto de disponer de la máxima participación de los usuarios, investigadores, administradores y fiscalizadores del recurso algas pardas en el norte de Chile se efectuará un taller en la Región de Tarapaca y en La Región de Antofagasta. La primera reunión será realizada el día 16 de Noviembre de 2010, entre las 15:30 y las 17:30 en sala de reuniones del Servicio Nacional de Pesca, en Iquique. La segunda reunión será realizada el día 17 de Noviembre de 2010, entre las 15:30 y las 17:30 en sala de reuniones del Servicio Nacional de Pesca, en Antofagasta. Se adjunta presentación Power-Point en archivo digital (**ANEXO II**).

4. RESULTADOS.

4.1. Determinar la distribución latitudinal de las poblaciones de algas pardas *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en la XV, I y II regiones (Objetivo específico 1).

4.1.1. Recopilación de la información disponible sobre distribución y abundancia de praderas de algas pardas en el norte de Chile.

Las algas marinas han sido utilizadas por el hombre desde tiempos remotos en diversas áreas y servicios. De las algas marinas, las especies de algas pardas son utilizadas como alimento, forraje, fertilizante y medicamento. En el siglo XIII, los nativos hawaianos utilizaban más de 30 especies de algas como alimento y medicina. En tiempos recientes, el uso de las algas marinas se ha incrementado significativamente. Por ejemplo, las estadísticas de la FAO indican que para el período 1993-2003 la demanda de algas marinas incremento un 200%. Esto significa que el uso y aprovechamiento de las algas marinas tiene un interés asegurado en la medida que se investiguen nuevos usos y se desarrollen nuevos productos en diversas áreas, tales como la agricultura, la farmacéutica y la industria de alimentos, entre otros.

Chile continental e insular posee una diversidad de aproximadamente 400 especies de algas marinas bentónicas (Hoffmann & Santelices 1997). De estas, sólo 15 especies de algas muestran una explotación sostenida en la última década con un desembarque total durante el año 2009 de 426.000 toneladas (anuario estadístico SERNAPESCA, 2009). Entre las algas marinas explotadas hay preferentemente algas rojas y algas pardas (**TABLA 1**). Entre Arica (18°S) y Valparaíso (33°S), las mayores biomásas de algas explotadas corresponden al recurso algas pardas (Laminariales, Phaeophyceae). Entre estas destacan tres especies: *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia*. La explotación de estas algas

pardas tiene como destino preferente su venta como materia prima para la extracción de ficocoloides de ácido alginico y sus sales de alginato, tanto para el extranjero como para plantas nacionales. Actualmente, las algas pardas son utilizadas como alimento para abalones en la fase de pre-engorda y engorda del cultivo. De acuerdo a los pronósticos de la actividad abalonera, la demanda de alimento fresco por los cultivos puede llegar a afectar las praderas locales de algas pardas (Vásquez 2008).

TABLA 1. Algas chilenas en régimen de explotación. Fuente: SERNAPESCA (2000-2009).

Clasificación	Nombre común	Nombre Científico	Familia
Alga Verde	Lechuguilla	<i>Ulva lactuca</i>	Ulvaceae
Alga Roja	Carola	<i>Callophyllis variegata</i>	Kallymeniaceae
Alga Roja	Chasca	<i>Gelidium rex</i>	Gelidiaceae
Alga Roja	Chicorea de mar	<i>Chondracanthus chamissoi</i>	Gigartinaceae
Alga Roja	Liquen gomoso	<i>Gymnogongrus furcellatus</i>	Phylloporaceae
Alga Roja	Luche	<i>Porphyra columbina</i>	Bangiaceae
Alga Roja	Luga-Luga	<i>Mazzaella membranacea</i>	Gigartinaceae
Alga Roja	Luga-Roja	<i>Gigartina skottsbergii</i>	Gigartinaceae
Alga Roja	Luga negra o crespá	<i>Sarcothalia crispata</i>	Gigartinaceae
Alga Roja	Luga cuchara o corta	<i>Mazzaella laminarioides</i>	Gigartinaceae
Alga Roja	Pelillo	<i>Gracilaria spp.</i>	Gracilariaceae
Alga Parda	Cochayuyo	<i>Durvillaea antarctica</i>	Durvillaceae
Alga Parda	Huiro	<i>Macrocystis spp.</i>	Lessoniaceae
Alga Parda	Huiro palo	<i>Lessonia trabeculata</i>	Lessoniaceae
Alga Parda	Chascón o huiro negro	<i>Lessonia nigrescens</i>	Lessoniaceae

4.1.1.1. Rango de extensión de algas pardas chilenas.

Las Laminariales chilenas son las algas más conspicuas en las costas del Pacífico sur oriental. Estas algas producen una gran biomasa y una extensa cobertura en playas rocosas expuestas y semi-expuestas, tanto en ambientes intermareales, como submareales (Edding *et al.* 1994).

Existen 6 especies que constituyen el recurso alga parda en Chile, con los siguientes rangos de distribución:

- *Lessonia nigrescens* Bory (Chascón), se distribuye entre Ancón (11° 30'S) en Perú, hasta las islas circumpolares: South Georgia, Heard, Kerguelen y Malvinas.
- *Lessonia trabeculata* Villouta y Santelices 1986 (huir palo, huir varilla), se distribuye desde el sur del Perú hasta Mehuín (20°S - 40°S).
- *Lessonia flavicans* Bory 1825, se distribuye desde los 40°S hasta el Cabo de Hornos y luego a lo largo de la costa Atlántica hasta 47°S - 48°S, próximo a Puerto Deseado, Argentina. También se le encuentra en las Islas Malvinas (Searles, 1978). Esta especie coexiste con *Macrocystis pyrifera* en praderas de la zona austral de Chile.
- *Lessonia vadosa* Searles 1978, se distribuye desde los 49°S hasta el Canal de Beagle, a lo largo de la costa de Chile. Desde el Cabo de Hornos hasta 48°S en la costa Atlántica. Esta alga también se encuentra en las Islas Malvinas. Esta especie coexiste con *Macrocystis pyrifera* en praderas de la zona austral de Chile.
- *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh. Esta alga es de amplia distribución. Se le encuentra en las costas del océano Pacífico de Canadá y Estados Unidos, América Central, América del sur: Perú y Chile. En el océano Atlántico se le encuentra en Uruguay. También hay registros de *M. pyrifera* en Australia, Nueva Zelandia y Antártica e islas subantárticas. Finalmente, se le encuentra en islas del océano Índico.
- *Macrocystis integrifolia* Bory de Saint Vincent 1826. Esta alga también posee una distribución amplia, pero más restringida que *Macrocystis pyrifera*. Se le encuentra a lo

largo de las costas del Pacífico de América. Hay registros en Alaska, Columbia Británica y en los estados norteamericanos de Washington, Oregon y California. En América del Sur se le encuentra en la costa centro norte de Chile. Por esta razón se dice que su distribución es bi-polar o bi-hemisférica.

4.1.1.2. Biología y Ecología de algas pardas.

Las Laminariales chilenas se caracterizan por poseer un ciclo de vida diplo-haplóntico, con un esporofito que domina en cobertura y biomasa, tanto en sectores submareales, como en la zona rocosa intermareal. Esta fase es diploide y en las láminas del alga se forman esporangios que poseen zoosporas que se originan después de una meiosis. Estas esporas haploides pueden nadar y fijarse al substrato para iniciar la fase microscópica de estas algas pardas. Aproximadamente la mitad de las esporas fijadas se asentarán, germinarán y darán origen a un gametofito femenino. La otra mitad originará gametofitos masculinos. Los gametofitos maduran y dan origen a estructuras reproductivas. Los oogonios se desarrollan en las plantas femeninas y los espermatogonios en las plantas masculinas. Los gametos masculinos son de nado rápido y pueden ser atraídos por feromonas hacia las estructuras reproductivas femeninas. Luego de producida la fecundación el óvulo diploide forma un esporofito que posteriormente sobrecrece el gametofito y da origen a la planta que se observa en la costa (**FIG. 1**).

Las algas pardas chilenas presentan períodos reproductivos extensos con máximos generalmente en otoño-invierno para *Lessonia* y primavera-verano para *Macrocystis*. La disponibilidad de esporas durante casi todo el año permite que las algas pardas ocupen rápidamente el sustrato cuando los individuos son removidos naturalmente. Ambos géneros tienen adaptaciones morfológicas a los ambientes en que se desarrollan y tienen características de organismos perennes, o sea que viven más de un ciclo anual. *Lessonia nigrescens* se encuentra muy bien adaptada para habitar ambientes intermareales, donde soporta un fuerte

oleaje; lo mismo ocurre con *Lessonia trabeculata* en ambientes submareales donde hay fuertes corrientes de fondo. *Macrocystis integrifolia*, también posee adaptaciones morfológicas, tales como los hapterios en los discos de adhesión que forman un entramado denso sobre el fondo que le permiten adherirse fuertemente al sustrato. Desde este órgano de fijación se originan las frondas formadas por un estipe subdivididos en láminas lanceoladas. En la base de las frondas, próximos al disco, se encuentran las esporofilas donde se desarrollan los esporangios. Los discos adhesivos de *Macrocystis* son perennes, asegurando la colonización del sustrato rocoso donde se encuentran asentados, y la regeneración de las frondas.

Los individuos de estas algas pardas conforman poblaciones relativamente compactas conocidas como praderas, que en el caso de *Lessonia* forman un continuo a lo largo de las costas rocosas expuestas y semi expuestas de Chile continental. *Macrocystis*, en contraste, forma praderas fragmentadas y restringidas a sólo algunos pocos lugares en la costa norte, con características más bien de pequeñas ensenadas.

Numerosos invertebrados y peces se asocian a las praderas de Laminariales, las que han sido descritas como áreas de alimentación, reclutamiento, asentamiento larval, y de reproducción. Estudios recientes en *Lessonia trabeculata* (Vásquez & Vega 2004), muestran que al menos 153 especies de invertebrados han sido registradas como fauna asociada a sus discos de adhesión. Un análisis de la fauna asociada a *Lessonia* spp y *Macrocystis integrifolia* muestra que la fauna asociada a sus poblaciones en el norte de Chile son similares entre sí, alcanzando una riqueza que supera las 200 especies (Vásquez *et al.* 2001).

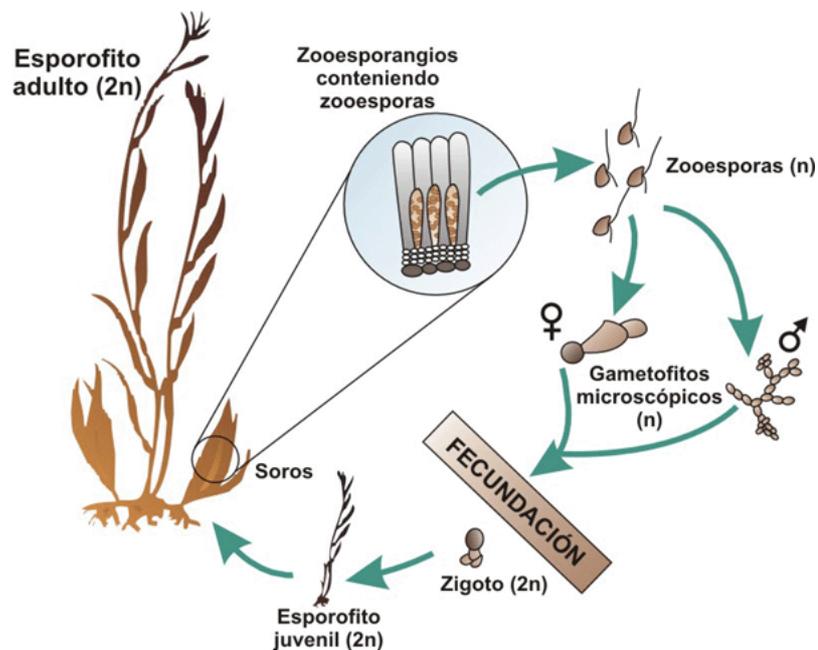


Figura 1. Ciclo de vida de un alga parda del Orden Laminariales. Ejemplo es de *Macrocystis*. (Fuente: <http://www.botanicamarina.cl>).

Eventos oceanográficos de gran escala como El Niño Oscilación del Sur (ENSO), y de carácter local como los fenómenos de surgencia, afectan significativamente la distribución y abundancia de los huirales (Graham *et al.* 2007). El aumento de la temperatura superficial y la disminución de los nutrientes generan altas mortalidades en las praderas costeras de algas pardas. Por el contrario, el aumento de nutrientes y las características frías que generan los afloramientos de aguas de profundidad producen procesos “*bottom up*” que impactan positivamente la abundancia y distribución de los huirales (Vásquez *et al.* 2006). Durante el último ENSO 1997-98, no se generaron altas mortalidades de huirales en el norte de Chile. Vega *et al.* (2005) sugieren que los intensos y frecuentes afloramientos de aguas frías, con altos contenidos de nutrientes, deprimieron el efecto de la anomalía térmica positiva. Sin embargo, producto de desoves masivos de pastreadotes durante El Niño 1997-98, altas mortalidades de

Macrocystis y *Lessonia* por herbivoría de erizos se produjeron durante La Niña 2000 (Vásquez et al. 2006).

Las algas pardas son explotadas por pescadores artesanales en su modalidad de orilleros, algueros, buzos mariscadores y pescadores. El incremento en la presión de extracción se inicia durante el 2002 como respuesta al colapso de otras pesquerías bentónicas, y a la presión de mercados internacionales por materia prima para la extracción de ácido alginico. Otras actividades acuícolas, como los centros de cultivos de abalones situados en el norte de Chile (e.g. Coquimbo, Caldera) están demandando grandes cantidades de alga fresca para alimentar estos invertebrados exóticos introducidos (Vásquez 2008).

La presión extractiva de un bote artesanal con su patrón, telegrafista y buzo sobre praderas de *Lessonia trabeculata* puede alcanzar hasta 2 toneladas de algas durante un día de trabajo. Una presión de esta naturaleza, sin seguir un plan de extracción adecuado puede llevar a la destrucción de una pradera de algas pardas. Simultáneamente, los orilleros y algueros pueden intervenir fácilmente la zona intermareal sacando indiscriminadamente algas jóvenes de *Lessonia nigrescens* o adultas reproductivas, evitando el asentamiento de esporas y el crecimiento de nuevos esporofitos. La disponibilidad de esporas y su posterior asentamiento y crecimiento es afectado por organismos ramoneadores o herbívoros como lapas, apretadores y erizos de mar que se desplazan en la zona intermareal, barriendo las rocas. Así, se han observado áreas totalmente despejadas de algas pardas, donde ahora dominan los herbívoros, manteniéndose solamente la cubierta calcárea del alga roja Corallinacea incrustante *Lithothamnion* que pasa a dominar el área (Vásquez & Buschmann 1997). Una vez que se ha alcanzado este estado sucesional alternativo es muy difícil que se recupere la comunidad original.

4.1.1.3 Taxonomía de algas pardas

El género *Macrocystis* en Chile posee 2 especies taxonómicamente aceptadas: *Macrocystis pyrifera* y *Macrocystis integrifolia*. En la **TABLA 2** se encuentra la posición sistemática de *Macrocystis*. El género *Lessonia* posee en Chile 5 especies, de las cuales 2 se encuentran distribuidas en la costa norte y centro norte de Chile: *Lessonia nigrescens* que se distribuye en áreas del intermareal rocoso expuesto y *Lessonia trabeculata* que se ubica en el submareal rocoso. Su posición sistemática se encuentra en la **TABLA 3**.

TABLA 2. Posición sistemática del género *Macrocystis* (Fuente: <http://www.algabase.org>).

Rango	Nombre	Autoridad	# Especie
Imperio	Eukaryota		28725
Reino	Chromista	Cavalier-Smith	10922
Subreino	Chromobiota	Cavalier-Smith	10801
Infrareino	Heterokonta	Cavalier-Smith	10394
Phylum	Ochrophyta	T. Cavalier-Smith	3411
Clase	Phaeophyceae	Kjellman	217
Orden	Laminariales	Kylin	162
Familia	Laminariaceae	Bory	83
Género	<i>Macrocystis</i>	C. Agardh	5
Especie	<i>angustifolia</i>	Bory de Saint-Vincent	
Especie	<i>integrifolia</i>	Bory de Saint-Vincent	
Especie	<i>laevis</i>	C. H. Hay	
Especie	<i>pyrifera</i>	Bompland	
Especie	<i>pyrifera</i>	(Linnaeus) C. Agardh	

TABLA 3. Posición sistemática del género *Lessonia* (Fuente: <http://www.algabase.org>).

Rango	Nombre	Autoridad	# Especie
Imperio	Eukaryota		28725
Reino	Chromista	Cavalier-Smith	10922
Subreino	Chromobiota	Cavalier-Smith	10801
Infrareino	Heterokonta	Cavalier-Smith	10394
Phylum	Ochrophyta	T. Cavalier-Smith	3411
Clase	Phaeophyceae	Kjellman	217
Orden	Laminariales	Kylin	162
Familia	Lessoniaceae	Setchell & Gardner	24
Género	<i>Lessonia</i>	Bory de Saint-Vincent	10
Especie	<i>adamsiae</i>	C. H. Hay	
Especie	<i>brevifolia</i>	J. Agardh	
Especie	<i>corrugata</i>	Lucas	
Especie	<i>frutescens</i>	Skottsberg	
Especie	<i>fuscens</i>	Bory de Saint-Vincent	
Especie	<i>nigrescens</i>	Bory de Saint-Vincent	
Especie	<i>tholiformis</i>	C. H. Hay	
Especie	<i>trabeculata</i>	Villouta & Santelices	
Especie	<i>vadosa</i>	Searles	
Especie	<i>variegata</i>	J. Agardh	

Coyer *et al.* (2001) sugieren que *Macrocystis* es un género monoespecífico, producto del enorme flujo génico entre regiones geográficas muy distantes en tiempo ecológico. En consecuencia, Graham *et al.* (2007) sugieren considerar a *Macrocystis* como un género de alta variabilidad morfológica con distintos morfos: forma *integrifolia* y forma *pyrifera* para las costas de Chile continental. Un estudio genético reciente basado en el análisis molecular de “bardcoding” de *Macrocystis*, incluyendo los 4 ecomorfos descritos (*M. “pyrifera”*, *M. “angustifolia”*, *M. “integrifolia”* y *M. “laevis”*) confirma la existencia de un género con una única especie y baja variabilidad genética entre poblaciones (Macaya & Zuccarello 2010). Basado en observaciones en Chile y California, es sugerido que el polimorfismo de *Macrocystis* en la morfología de disco estaría determinada por la profundidad a la cual crecen los esporofitos y con un aumento en la altura del estipe con la profundidad (Demes *et al.* 2009).

En el caso de *Lessonia nigrescens*, estudios recientes muestran que estaríamos frente a dos *especie crípticas*, que presentan igual morfología pero con diferencias en sus estructuras genéticas. El punto geográfico de separación (quiebre fitogeográfico) de estas dos especies de "*Lessonia nigrescens*" se encontraría cercano a los 30°S (Tellier *et al.* 2009). El "*linaje del sur*" estaría penetrando hacia la zona norte debido presumiblemente a la mayor explotación sobre el "*linaje del norte*".

4.1.1.4 Información Bibliográfica.

Según la base de datos *Web of Sciences* a la fecha existen 75 referencias relacionadas a *Lessonia nigrescens*; 47 relacionadas a *Lessonia trabeculata*; 68 a *Macrocystis integrifolia* y 507 a *Macrocystis pyrifera*.

Dada la importancia del recurso algas pardas en el norte de Chile, se analizó la producción de publicaciones de las especies que lo componen. Un análisis temporal (1990-2009) muestra un incremento significativo en el interés científico por desarrollar investigación en algas pardas. Además, de acuerdo al número anual de citas se infiere que la información producida en estas publicaciones ha tenido un efecto positivo y expansivo en el desarrollo de nuevas líneas de investigaciones sobre algas pardas y temas relacionados. Para *Lessonia nigrescens*, la tasa anual de publicaciones se ha duplicado desde el año 2006 en adelante (**FIG. 2**). De acuerdo a la tasa anual de citas, las publicaciones sobre *L. nigrescens* han tenido un efecto positivo y expansivo en el desarrollo de nuevas líneas de investigación científica a través del tiempo. La tasa anual de publicaciones y de citas de *L. trabeculata* muestra una tendencia temporal semejante a la descrita para *Lessonia nigrescens*, sugiriendo también una importante diversificación de la investigación (**FIG. 3**). Las investigaciones sobre *M. integrifolia* se duplicaron durante el 2005 de acuerdo al número de publicaciones anuales (**FIG. 4**), mientras que las citas anuales sugieren que el fomento de nuevas investigaciones se ha incrementado significativamente a través del tiempo. La tasa anual de publicaciones de

Macrocystis pyrifera muestra una tendencia temporal estable a través del período analizado con más de 15 publicaciones por año (FIG. 5). Como las otras algas pardas, la tasa de citación de publicaciones sobre *Macrocystis pyrifera* sugiere una diversificación de la investigación sobre algas pardas, pero con un impacto significativamente mayor (FIG. 6).

La tendencia temporal de publicación y el aumento sostenido de las citaciones de algas pardas en trabajos científicos, son producto del interés preferencial de la comunidad científica en el estudio de los aspectos biológicos, ecológicos y fisiológicos de estas especies. Otro temas relevantes en la investigación de algas pardas están relacionados con aplicación biotecnológica de biomoléculas en medicina, remediación ambiental y alimentos.

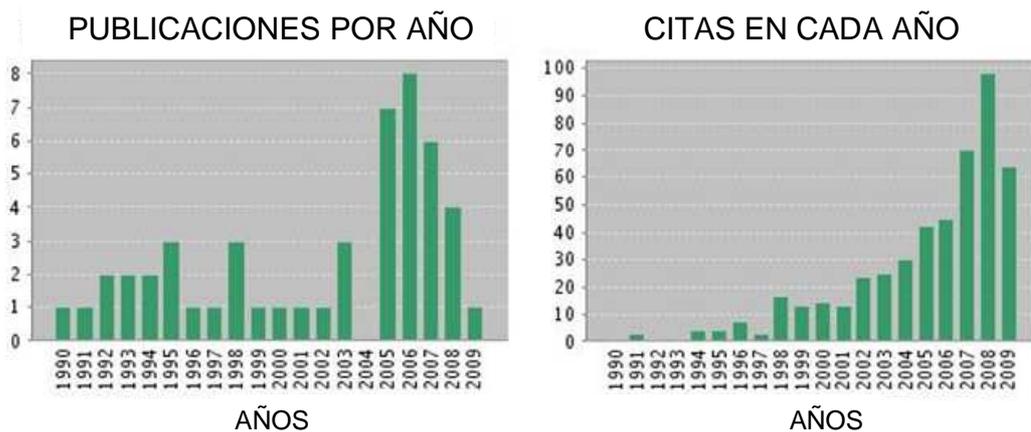


FIGURA 2. Publicaciones y nivel de citas por año de trabajos científicos publicados de *Lessonia nigrescens* entre 1990 y 2009.

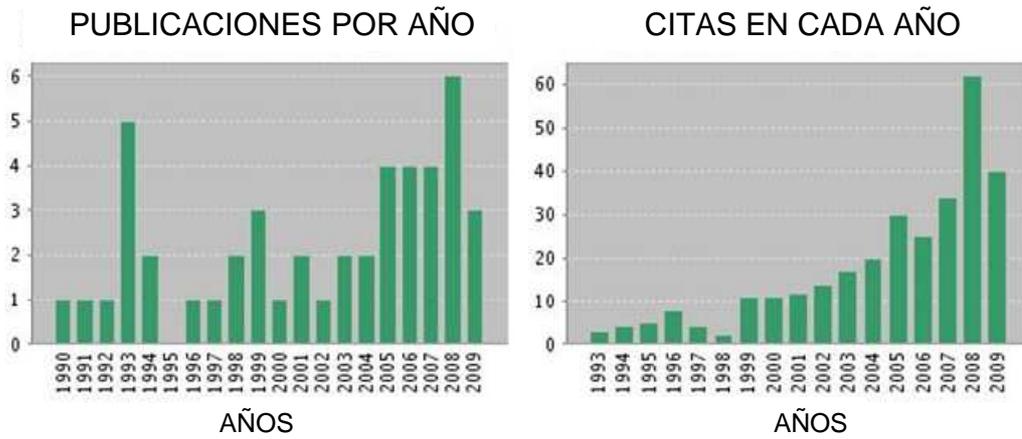


FIGURA 3. Publicaciones y nivel de citas en *Lessonia trabeculata* entre 1990 y 2009.

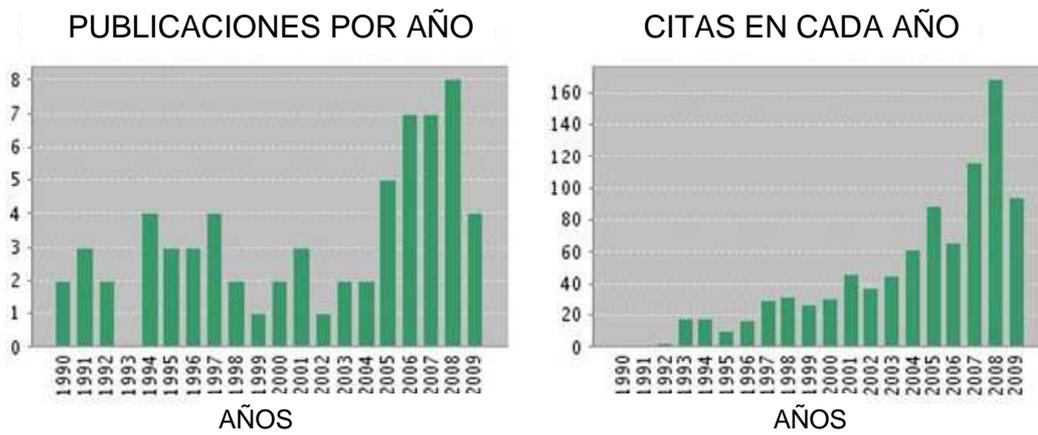


FIGURA 4. Publicaciones y nivel de citas en *Macrocystis integrifolia* entre 1990 y 2009.

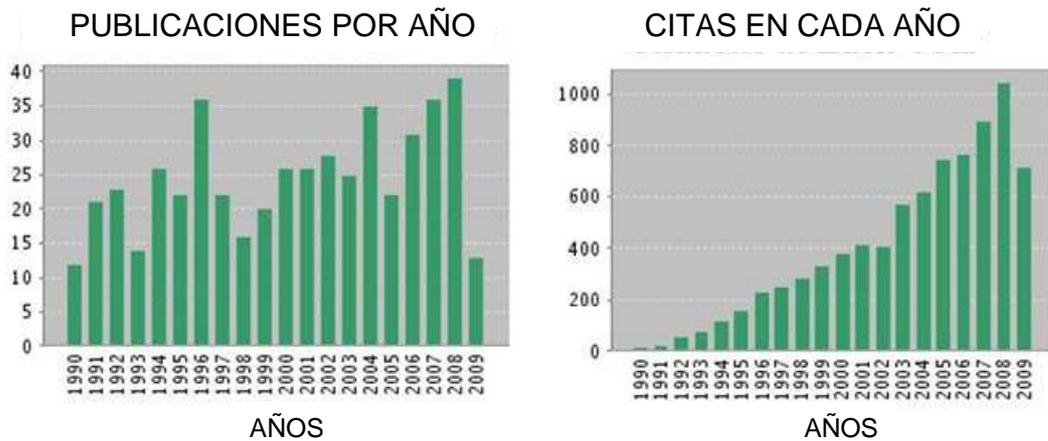


FIGURA 5. Publicaciones y nivel de citas en *Macrocystis pyrifera* entre 1990 y 2009.

El análisis global de las publicaciones a nivel mundial indica que Chile se encuentra a la vanguardia en publicaciones de *Lessonia nigrescens* (**FIG. 6**) y *Lessonia trabeculata*, (**FIG. 7**) mientras ocupa el tercer lugar para las especies de *Macrocystis* (**FIGs. 8 y 9**). A nivel Institucional la Universidad Católica del Norte es la que presenta el mayor número de trabajos en *Lessonia*, primer lugar en *L. trabeculata* y segundo lugar en *L. nigrescens*. En *M. integrifolia* (**FIG. 8**) el mayor esfuerzo institucional se encuentra en la Universidad de British Columbia, seguido en tercer lugar por la Universidad Católica del Norte. En *M. pyrifera* (**Fig. 9**) destaca en el primer lugar la Universidad de California en Santa Barbara, seguido en quinto lugar por la Universidad Católica del Norte.

A. *Lessonia nigrescens* por autor

AUTOR	REGISTRO	% DE 75
GOMEZ, I	10	13.3333 %
CASTILLA, JC	8	10.6667 %
CORREA, JA	8	10.6667 %
TALA, F	8	10.6667 %
SANTELICES, B	7	9.3333 %
VASQUEZ, JA	6	8.0000 %
EDDING, M	5	6.6667 %
MARTINEZ, EA	5	6.6667 %
THIEL, M	5	6.6667 %
ANDRADE, S	4	5.3333 %

B. *Lessonia nigrescens* por país

PAIS	REGISTRO	% DE 75
CHILE	57	76.0000 %
USA	10	13.3333 %
GERMANY	8	10.6667 %
FRANCE	5	6.6667 %
NEW ZEALAND	3	4.0000 %
PERU	3	4.0000 %
PORTUGAL	3	4.0000 %
SPAIN	3	4.0000 %
AUSTRALIA	2	2.6667 %
ITALY	2	2.6667 %

C. *Lessonia nigrescens* por institución

INSTITUCION	REGISTRO	% DE 75
PONTIFICIA UNIV CATOLICA CHILE	25	33.3333 %
UNIV CATOLICA NORTE	17	22.6667 %
UNIV AUSTRAL CHILE	14	18.6667 %
CATHOLIC UNIV CHILE	5	6.6667 %
CEAZA	4	5.3333 %
NYU	3	4.0000 %
UNIV ANTOFAGASTA	3	4.0000 %
UNIV LA SERENA	3	4.0000 %
UNIV LOS LAGOS	3	4.0000 %
UNIV PERUANA CAYETANO HEREDIA	3	4.0000 %

FIGURA 6. Publicaciones de *Lessonia nigrescens* por autor (A), país (B) e institución (C).

A. *Lessonia trabeculata* por autor

AUTOR	REGISTRO	% DE 75
MATSUHIRO, B	11	23.4043 %
EDDING, M	8	17.0213 %
TALA, F	8	17.0213 %
VASQUEZ, JA	7	14.8936 %
OJEDA, FP	6	12.7660 %
FONCK, E	4	8.5106 %
GOMEZ, I	4	8.5106 %
VENEGAS, M	4	8.5106 %
BENAVIDES, AG	3	6.3830 %
BUSCHMANN, AH	3	6.3830 %

B. *Lessonia trabeculata* por país

PAIS	REGISTRO	% DE 75
CHILE	46	97.8723 %
GERMANY	5	10.6383 %
USA	2	4.2553 %

C. *Lessonia trabeculata* por institución

INSTITUCION	REGISTRO	% DE 75
UNIV CATOLICA NORTE	24	51.0638 %
UNIV SANTIAGO CHILE	10	21.2766 %
UNIV AUSTRAL CHILE	5	10.6383 %
CATHOLIC UNIV CHILE	4	8.5106 %
PONTIFICIA UNIV CATOLICA CHILE	4	8.5106 %
CTR ESTUDIOS AVANZADOS ZONAS ARIDAS	3	6.3830 %
UNIV ANTOFAGASTA	2	4.2553 %
UNIV LOS LAGOS	2	4.2553 %
UNIV SANTIAGO	2	4.2553 %

FIGURA 7. Publicaciones de *Lessonia trabeculata* por autor (A), país (B) e institución (C).

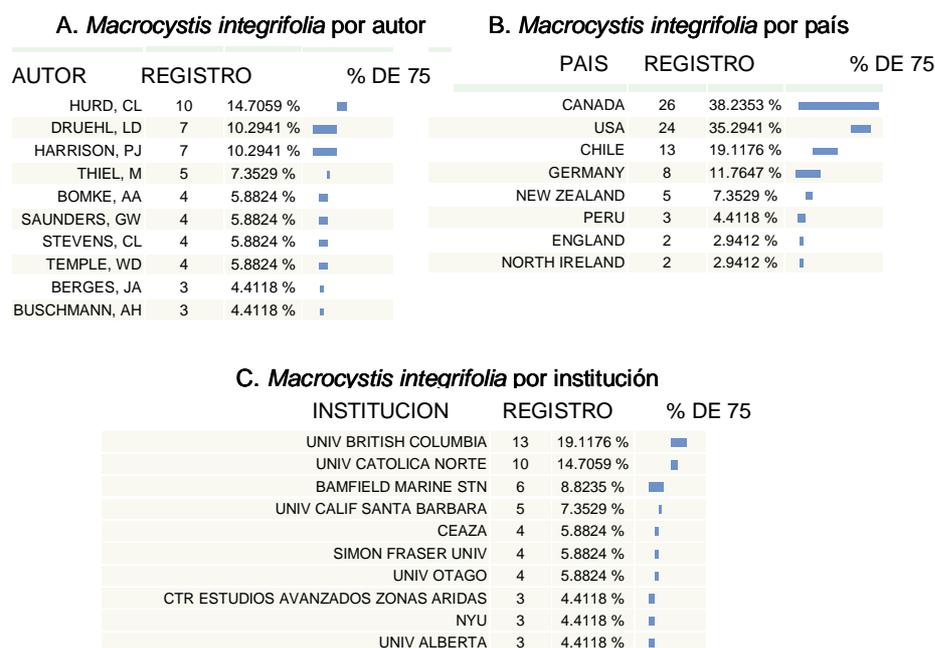


FIGURA 8. Publicaciones de *Macrocystis integrifolia* por autor (A), país (B) e institución (C).

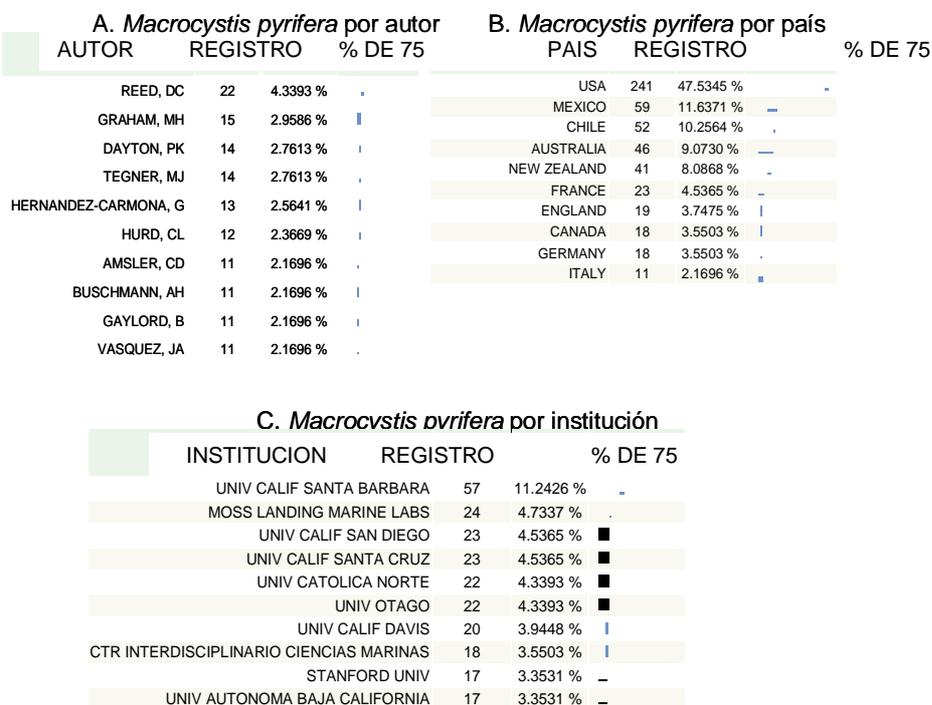


FIGURA 9. Publicaciones de *Macrocystis pyrifera* por autor (A), país (B) e institución (C).

A pesar de la extensa literatura disponible acerca de algas pardas chilenas, esta ha sido desarrollada principalmente en la zona central y sur del país. Existen muy pocas publicaciones y proyectos de investigación dirigidos a estudiar los patrones de distribución y abundancia de las poblaciones de algas pardas en las regiones XV, I y II. Los trabajos corresponden a evaluaciones de las relaciones ecológicas (Ortiz 2008, Villegas *et al.* 2008) o modelos de explotación (Ortiz 2010) de las comunidades dominadas por algas pardas, o al estudio de respuestas biológicas puntuales a factores ambientales (Rothausler *et al.* 2009).

La información disponible del recurso de algas pardas a través de proyectos financiados por fuentes como Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Fondos de Desarrollo Regional (FNDR) entre otros, muestra que no existen proyectos que permitan estimar abundancia de los recursos en las regiones XV, I y II. Algunos proyectos FIP desarrollados en la zona norte del país (e.g. FIP N°2003-18, N°2005-14, N°2005-42), incluyen a las algas pardas como potenciales especies secundarias de AMERB y apuntan principalmente a recomendaciones para planes de explotación y manejo. La escasez de información también es corroborada a través de un documento desarrollado por el Fondo de Investigación Pesquera (2003), en donde reúne la Base de Datos de Proyectos en Ciencias del Mar (disponible en la página www.fip.cl) financiados principalmente por organismos gubernamentales (e.g. CORFO, CONICYT, MINECOM, MIDEPLAN).

4.1.1.4. Información pesquera.

En general, la estadística pesquera de los últimos años muestra que el desembarque total de algas pardas de la XV, I y II regiones contribuye en promedio con cerca del 25% del desembarque total del país para cada una de las especies consideradas en el estudio (**Fig. 10**).

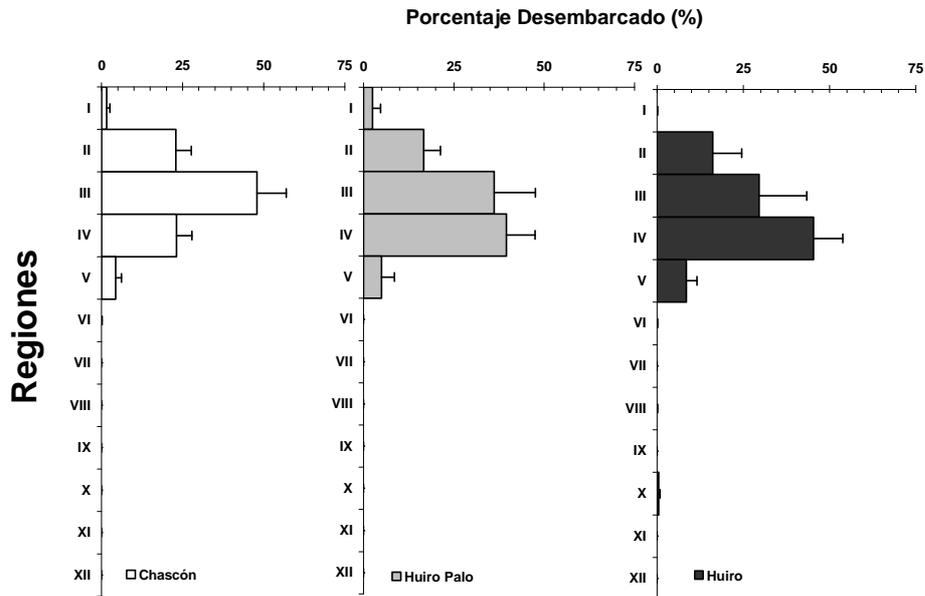


FIGURA 10. Volúmenes desembarcados (expresados en porcentaje) por especie de alga parda y por región en Chile (años 2003-2009). Fuente Pesca de Investigación Algas Pardas 2007-2008, Anuario Estadístico Sernapesca.

Los registros mensuales obtenidos de la Pesca de Investigación 2007-2008 indican que las algas pardas son desembarcadas durante todo el año en la Región de Tarapacá y en la Región de Antofagasta, y esporádicamente en la Región de Arica y Parinacota (**Fig. 11**). Los mayores volúmenes mensuales de algas pardas desembarcadas en el área de estudio corresponden a *Lessonia nigrescens* (**Fig. 11**). En cambio, los volúmenes mensuales desembarcados de *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia* son comparativamente menores y marcadamente estacionales (**Fig. 11**).

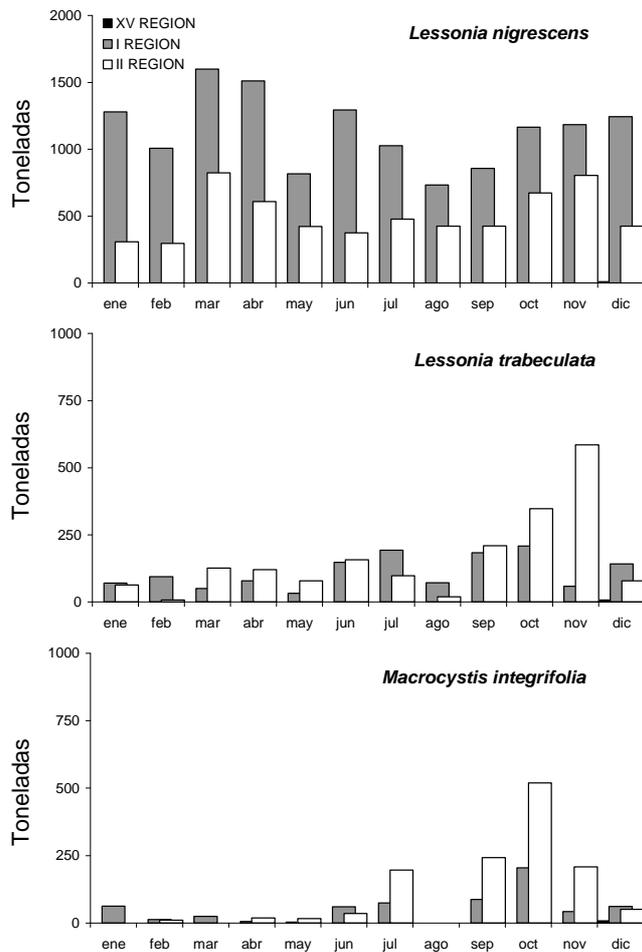


FIGURA 11. Volúmenes desembarcados (expresados en toneladas) por especie de alga parda y región en el área de estudio. Fuente Pesca de Investigación Algas Pardas 2007-2008.

Algunas organizaciones de pescadores artesanales y algueros han incluido al recurso algas pardas en las AMERB que administran, ya sea como especie principal o secundaria, dentro de los planes de manejo y explotación de recursos bentónicos. En la XV Región la única área de manejo activa (Clavelito) tiene incorporadas las especies de huiro para su explotación (TABLA 4). De un total de 16 áreas de manejo activas en la I Región, 7 (44%) incluyen al menos a una de las especies de huiro. Mientras que de un total de 20 áreas de manejo activas en la II Región, 6 (30%) de estas incluyen al recurso algas pardas (TABLA 4). La explotación de

estos recursos es principalmente a través de criterios de explotación, como talla de la planta en base al diámetro de disco y/o aprovechamiento de las algas varadas.

Sin embargo, analizando los desembarques de algas pardas provenientes de AMERB sólo se registra explotación del recurso durante el año 2008, correspondiente a menos de un 4% del alga parda total desembarcada en las regiones, principalmente de Tarapacá (SERNAPESCA 2008). Es en este contexto que el mayor porcentaje del desembarque de algas pardas provendría de áreas de libre acceso.

Los antecedentes administrativos del recurso indican que desde el 20 de marzo del 2006 y por 18 meses hubo una veda extractiva de algas pardas desde la I a la IV Región (Res. Ext. N°1167/23.09.2005). En la actualidad, esta veda, ha sido extendida (incluyendo la XV Región) hasta el año 2010 (Doc. Ext. N°1347/08.10.2008). El artículo N°2 del documento que informa de la veda indica *“la prohibición de la recolección, comercialización, procesamiento, apozamiento, elaboración, transformación y almacenamiento de las especies de algas pardas en áreas de libre acceso”*. Excluyendo de este mandato las algas pardas recolectadas incluidas como recurso objetivo en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. Es en este contexto que la Pesca de Investigación de Algas Pardas (2007-2008; 2009-2010), está recopilando datos para establecer los volúmenes desembarcados de algas pardas y el impacto social y económico de su transferencia a través de la cadena productiva en cada región del norte de Chile. Además, este proyecto informa de las estadísticas de la fuerza laboral, ya sean recolectores, buzos, pescadores artesanales, comercializadores, picadores menores y mayores y centros de cultivo de abalón, que forman parte de la cadena productiva de este recurso, con el fin de llevar a cabo una estimación real de las personas involucradas en este ámbito económico, social y productivo.

TABLA 4. Listado de áreas de manejo por región que incluyen en sus PME a los recursos algas pardas. Se muestra la(s) especie(s) incluida(s) así como el estado de avance de sus PME. (FUENTE: www.subpesca.cl).

Región	Nombre del AMERB	Especie(s) de Alga Parda	Situación del PME del AMERB
XV	CLAVELITO	Huiro negro, huiro palo	1er seg. PME
I	CARAMUCHO C	Huiro negro, huiro palo	ESBA Y PME A
I	CHIPANA A	Huiro negro, huiro palo, huiro pito	5to seg. PME
I	CHIPANA B	Huiro negro, huiro palo, huiro pito	2do seg. PME
I	PABELLON PICA A	Huiro negro, huiro palo	1er seg. PME
I	PABELLON PICA B	Huiro negro, huiro palo	1er seg. PME
I	PABELLON PICA C	macroalgas	1er seg. PME
I	SAN MARCOS B	Huiro negro, huiro palo	6to seg. PME
II	CABECERA NORTE	Huiro negro, huiro palo	PMEA
II	CALETA DE AFUERA	Huiro negro, huiro palo de varadero	Seg. Vencido
II	PIEDRA DEL SOMBRERO	Huiro negro, huiro palo	1er seg. PME
II	LOS ANDARIVELES	Huiro negro, huiro palo de varadero	Seg. Vencido
II	PUNTA SUR TALTAL	Huiro negro, huiro palo	2do seg. PME
II	PUNTA VERDE	Huiro negro, huiro palo	PMEA

4.1.2. Prospección de algas pardas en el gradiente latitudinal, georeferenciando la distribución de las poblaciones.

4.1.2.1. Reconocimiento aéreo y terrestre de las praderas de algas pardas en el área de estudio.

La prospección aérea fue realizada entre el 26 y 30 de septiembre del 2009, después de varios intentos (**TABLA 5**). El vuelo propuesto para otoño 2009 fue postergado por razones informadas en carta enviada a la Subsecretaría de Pesca. Posteriormente, un segundo intento en invierno del 2009 fue abortado porque las condiciones meteorológicas (e.g. vaguadas costeras) en las regiones de interés no permitieron efectuar este tipo de prospección visual con avioneta a baja altura.

TABLA 5. Fechas y Bitácora de vuelo de los intentos destinados a efectuar la prospección aérea para evaluar las praderas de algas pardas en el litoral de la XV, I y II Región.

Vuelo	Fecha	Bitacora
Primer vuelo	12 - 16 mayo 2009	Prospección aérea postergada por accidente de la avioneta.
Segundo vuelo	21 - 24 agosto 2009	Prospección aérea postergada por condiciones climáticas adversas. La intensificación de la vaguada costera disminuyó la visibilidad para detectar las praderas de algas pardas a lo largo de la línea de costa del norte de Chile.
Tercer vuelo	26 - 30 septiembre 2009	Prospección aérea efectuada. condiciones climáticas óptimas. Cielo despejado, brisa moderada. Evaluación de las praderas de algas pardas entre la XV y II Región.

Se registraron cuatro tipos de praderas de algas pardas en el norte de Chile:

a) un cinturón intermareal de algas pardas en ambientes expuestos y semi-expuestos al oleaje caracterizado por praderas de *Lessonia nigrescens*;

- b) una franja submareal de algas pardas en ambientes expuestos y semi-expuestos al oleaje caracterizada por praderas monoespecíficas de *Lessonia trabeculata*;
- c) una franja submareal somera (hasta 10 m de profundidad) de algas pardas en ambientes semi-expuestos y semi-protegidos al oleaje caracterizadas por praderas monoespecíficas de *Macrocystis integrifolia*; y
- d) praderas submareales de algas pardas en ambientes semi-expuestos y semi-protegidos al oleaje. Estas praderas mixtas están distribuidas en forma de parches, y se caracterizan por una canopia de *Macrocystis integrifolia* y un estrato secundario de *L. trabeculata*.

El área total de distribución por región evaluada para cada una de las especies que constituyen el recurso alga parda a través de la prospección aérea es presentada en la **TABLA 6**. Esta estimación es el producto entre el rango latitudinal de línea costera rocosa que presentan las algas pardas y el ancho promedio ocupado por cada una de las especies; que fue de 2 m para el cinturón de *L. nigrescens*, de 200 m para las praderas de *L. trabeculata* y de 100 m para las praderas de *M. integrifolia*, respectivamente.

TABLA 6. Área total de distribución (ha) estimadas para los recursos de algas pardas por Región en el área de estudio a través de la prospección aérea efectuada en septiembre del 2009.

REGION / ESPECIE	<i>L. nigrescens</i>	<i>L. trabeculata</i>	<i>M. integrifolia</i>
XV. ARICA Y PARINACOTA	15,8	1585,2	14,1
I. TARAPACÁ	54,5	5445,5	411,4
II. ANTOFAGASTA	77,4	7736,7	422,0

Un punto importante a considerar en la determinación del área cubierta de los cinturones, franjas y praderas de algas pardas fue la diferencia obtenida entre el valor estimado por la prospección aérea y la prospección *in situ*. Es en este contexto que para el cálculo de la

biomasa total disponible se utilizó la información del área obtenida por ambas prospecciones, la cual fue corregida utilizando los mapas en papel (escala 1:50.000 m) del Instituto Geográfico Militar IGM.

4.1.2.1. Cartografía base para el Sistema de Información Geográfica

Durante el proyecto se ha establecido una base con el detalle de la cartografía IGM escala 1:50.000 m, destacando la línea costera a esta escala de resolución para estimar la biomasa de las especies que conforman el recurso algas pardas en norte de Chile, en base al área de distribución de los recursos (**FIGs. 12-16**). Las **Figuras 12 a, b, c y d** muestran la cartografía de la Región XV de Arica y Parinacotas. Las **Figuras 13 a, b, c y d** muestran la cartografía de la Región I de Tarapacá y II de Antofagasta. Las **Figuras 14 a, b, c y d** muestran la cartografía de la Región III de Atacama. Las **Figuras a, b, c y d** muestran la cartografía de la Región IV de Coquimbo.

En esta cartografía se posicionan además, las Áreas de Manejo y Explotación de Recurso Bentónicos de las regiones que contempla el estudio (**FIGs. 12-16**). Para cada punto cartográfico corresponde el nombre de una AMERB, respectivamente. Las AMERBs se concentran principalmente entre la Región de Tarapacá y Antofagasta.

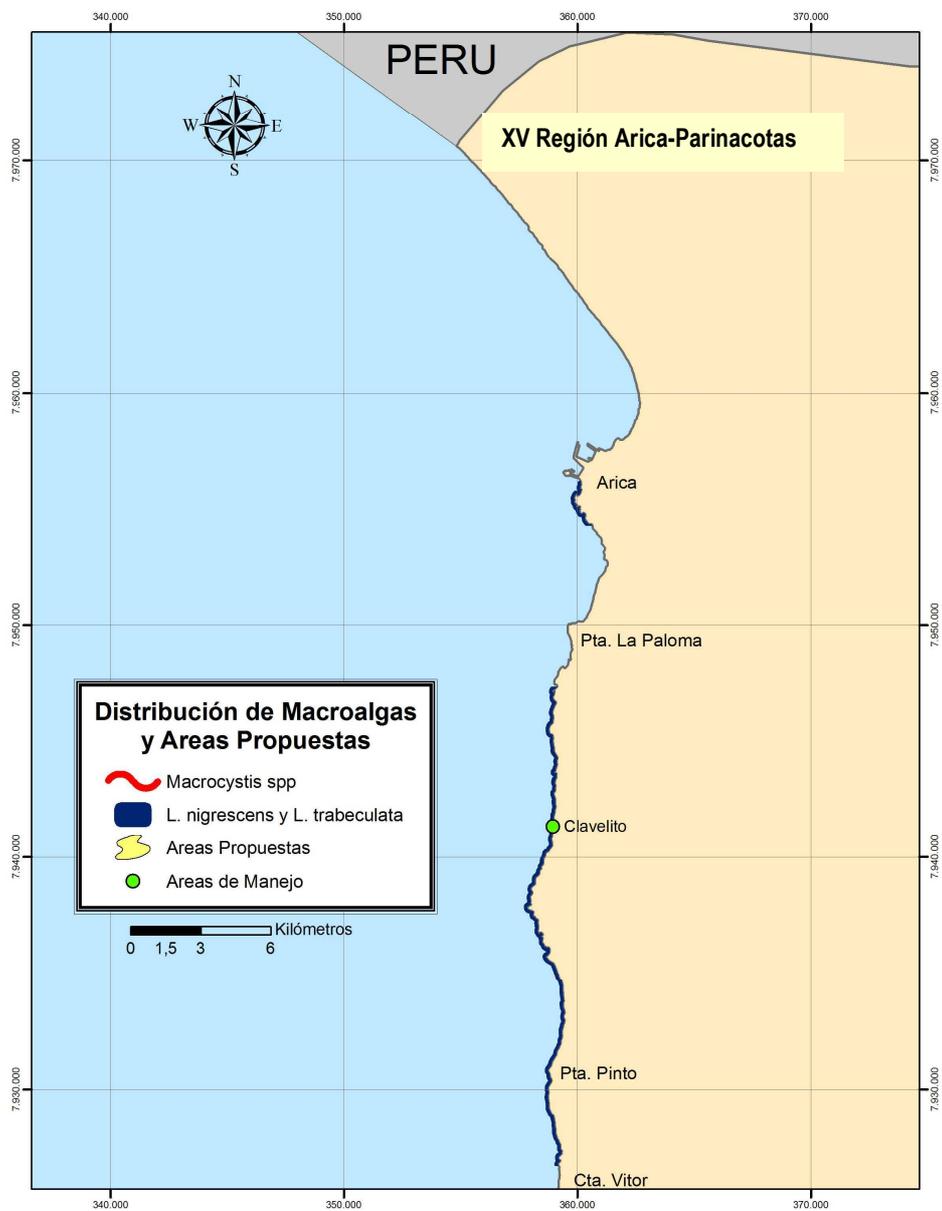


FIGURA 12a. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) y de Tarapacá (I Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERB. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

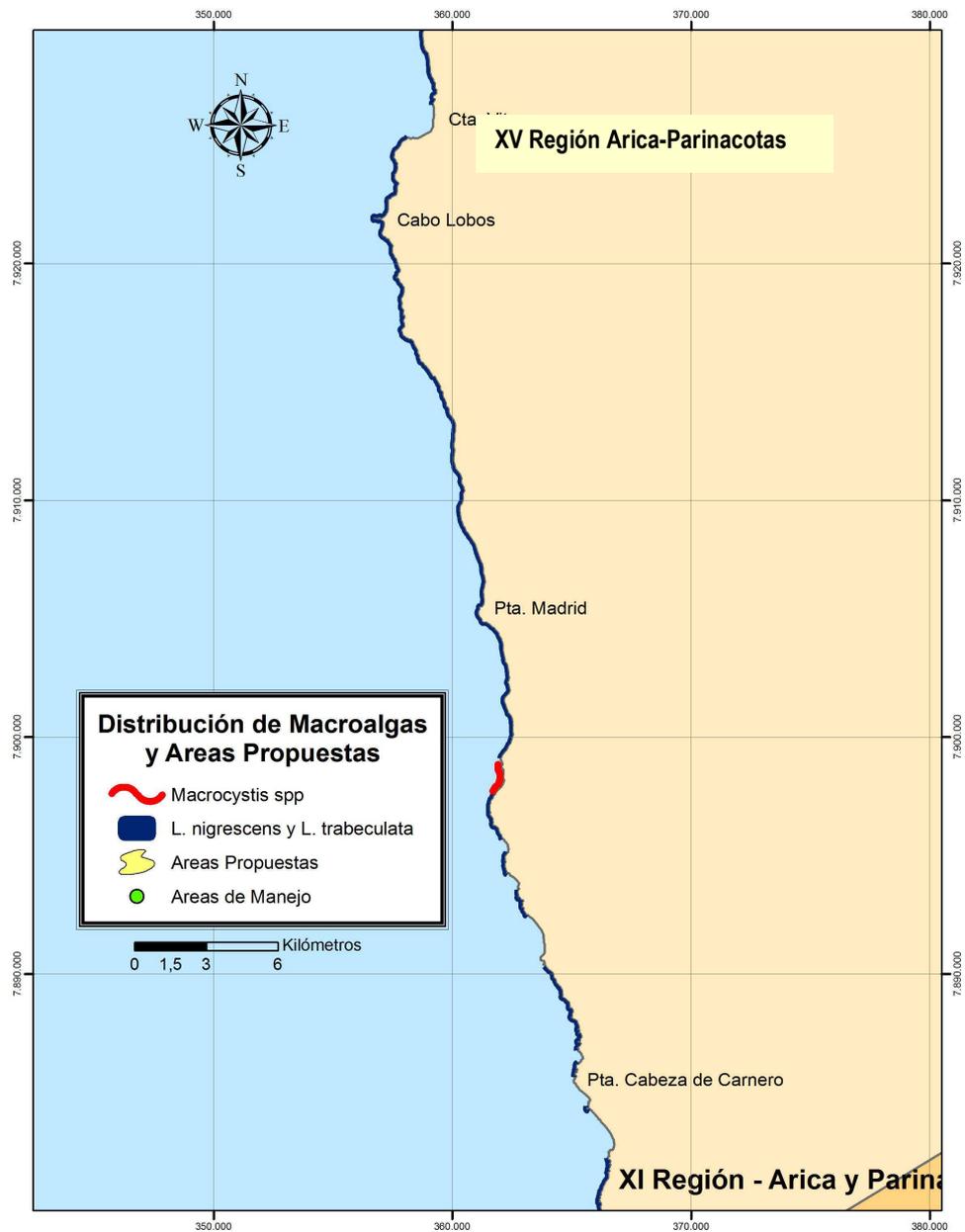


FIGURA 12b. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) y de Tarapacá (I Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERB. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

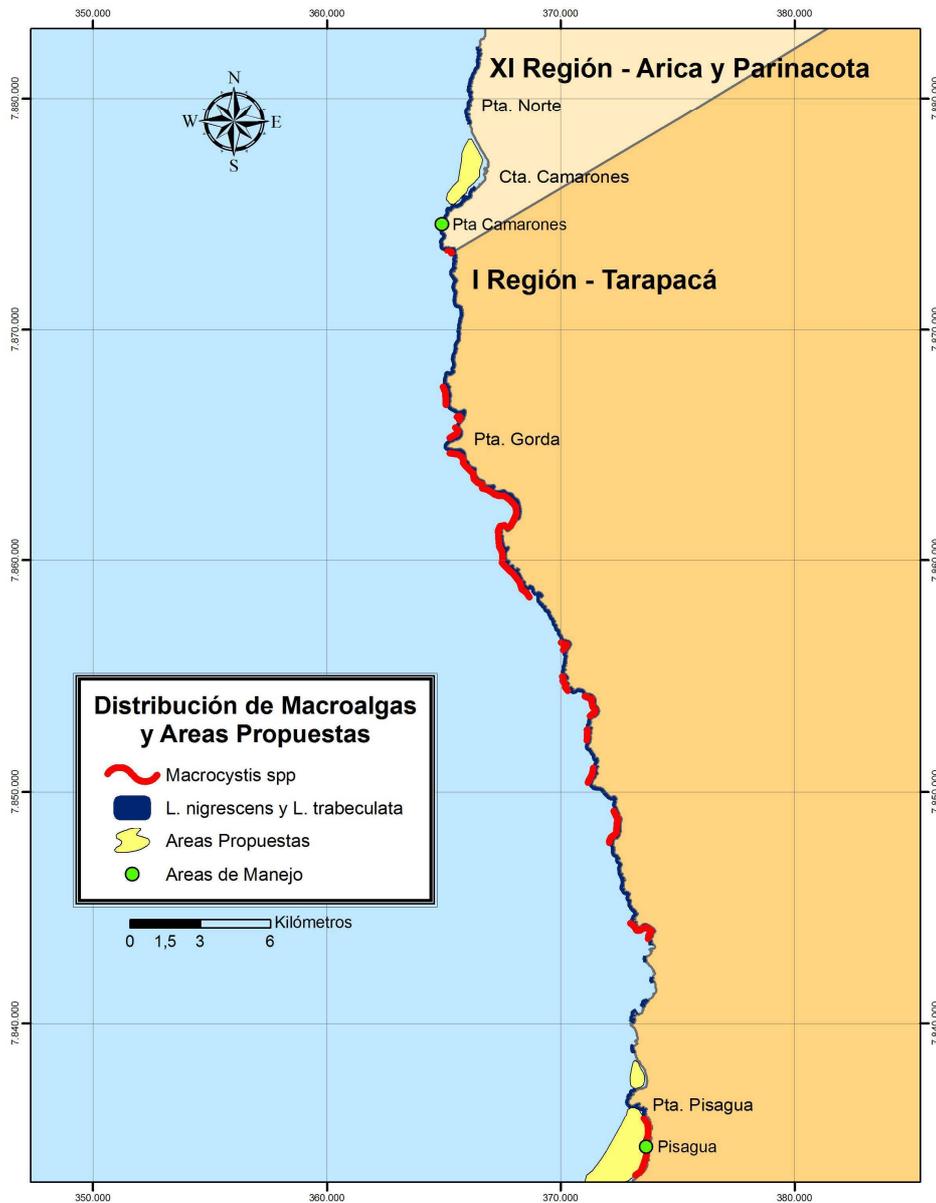


FIGURA 12c. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) y de Tarapacá (I Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERB. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

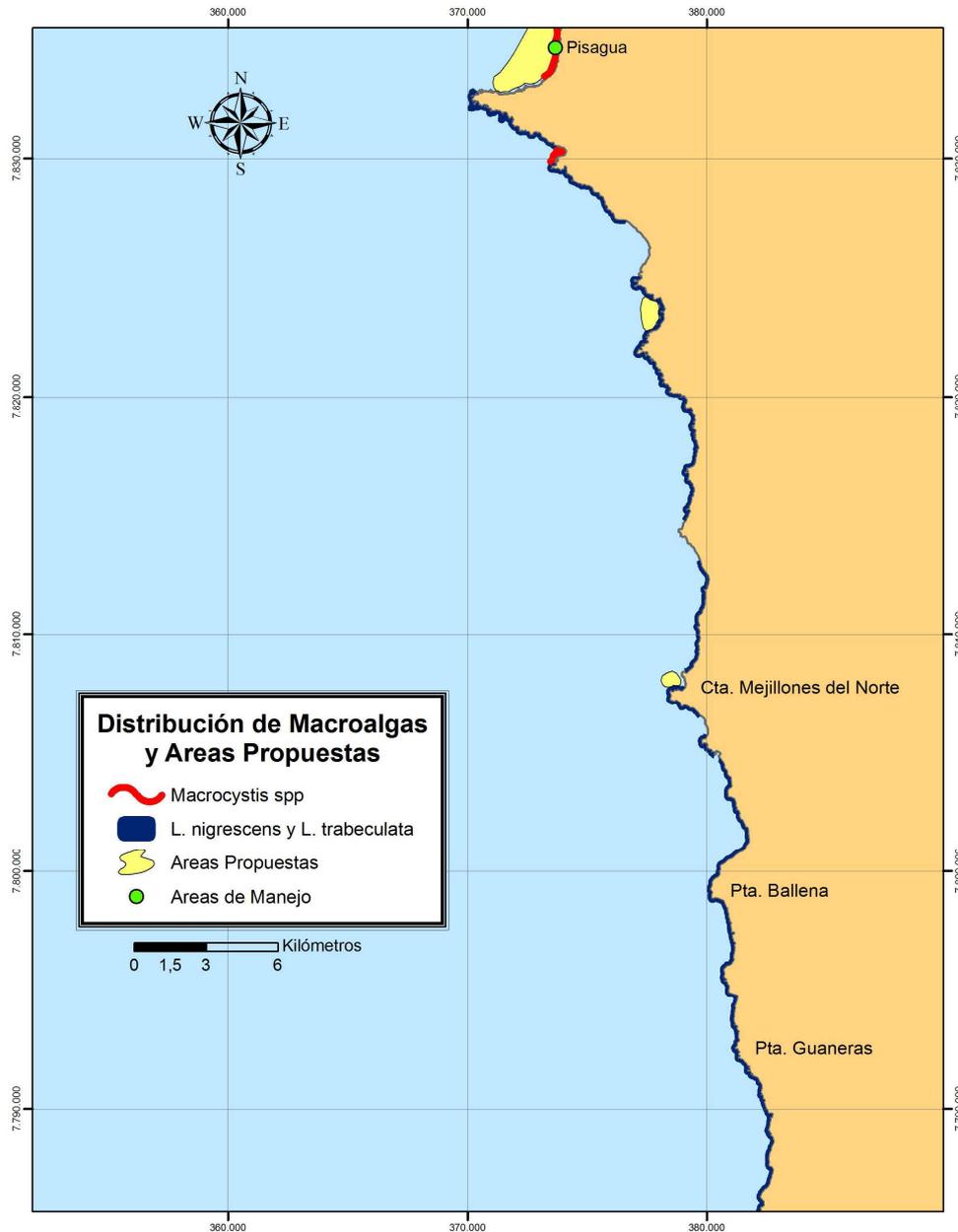


FIGURA 12d. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) y de Tarapacá (I Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERB. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

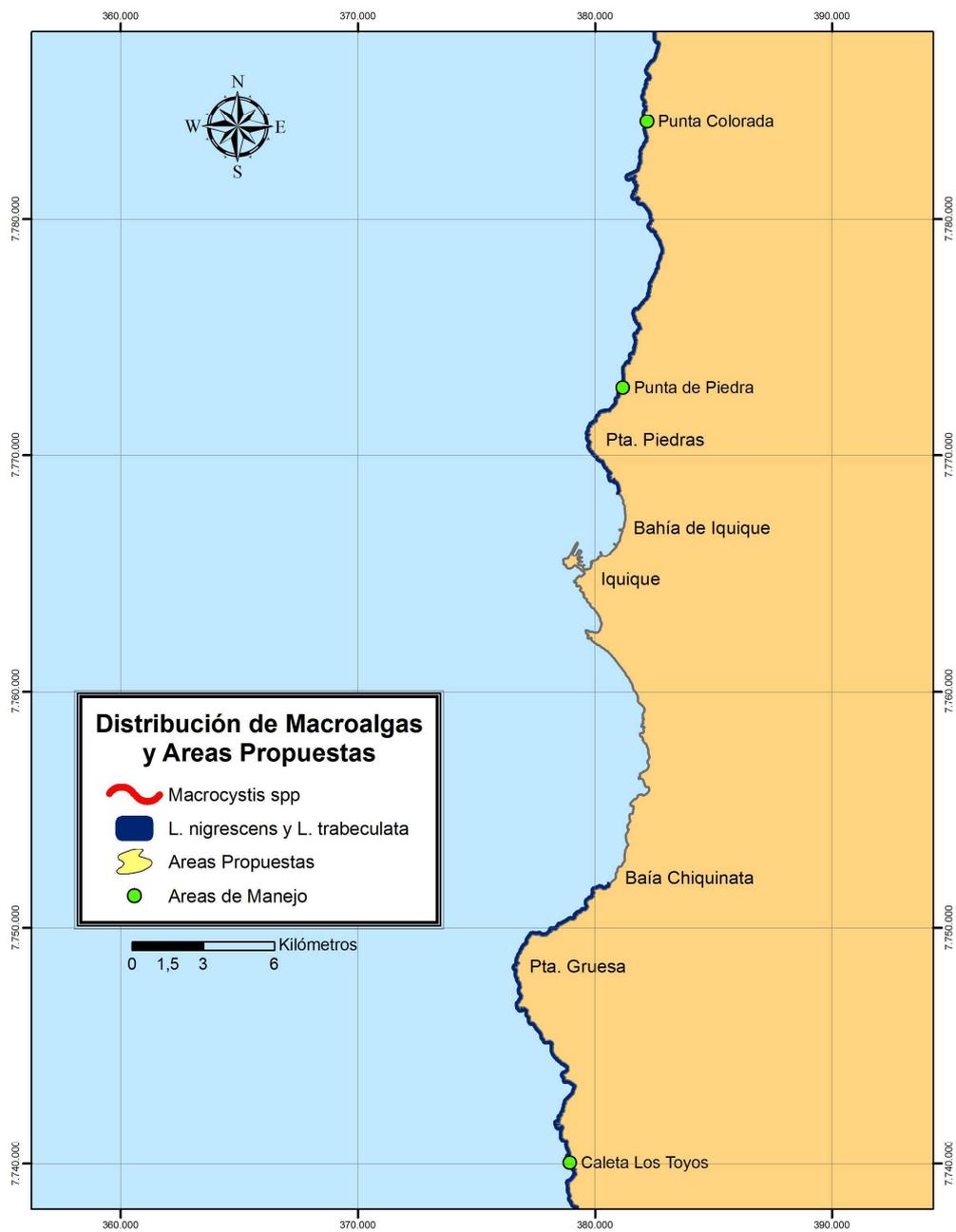


FIGURA 13a. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

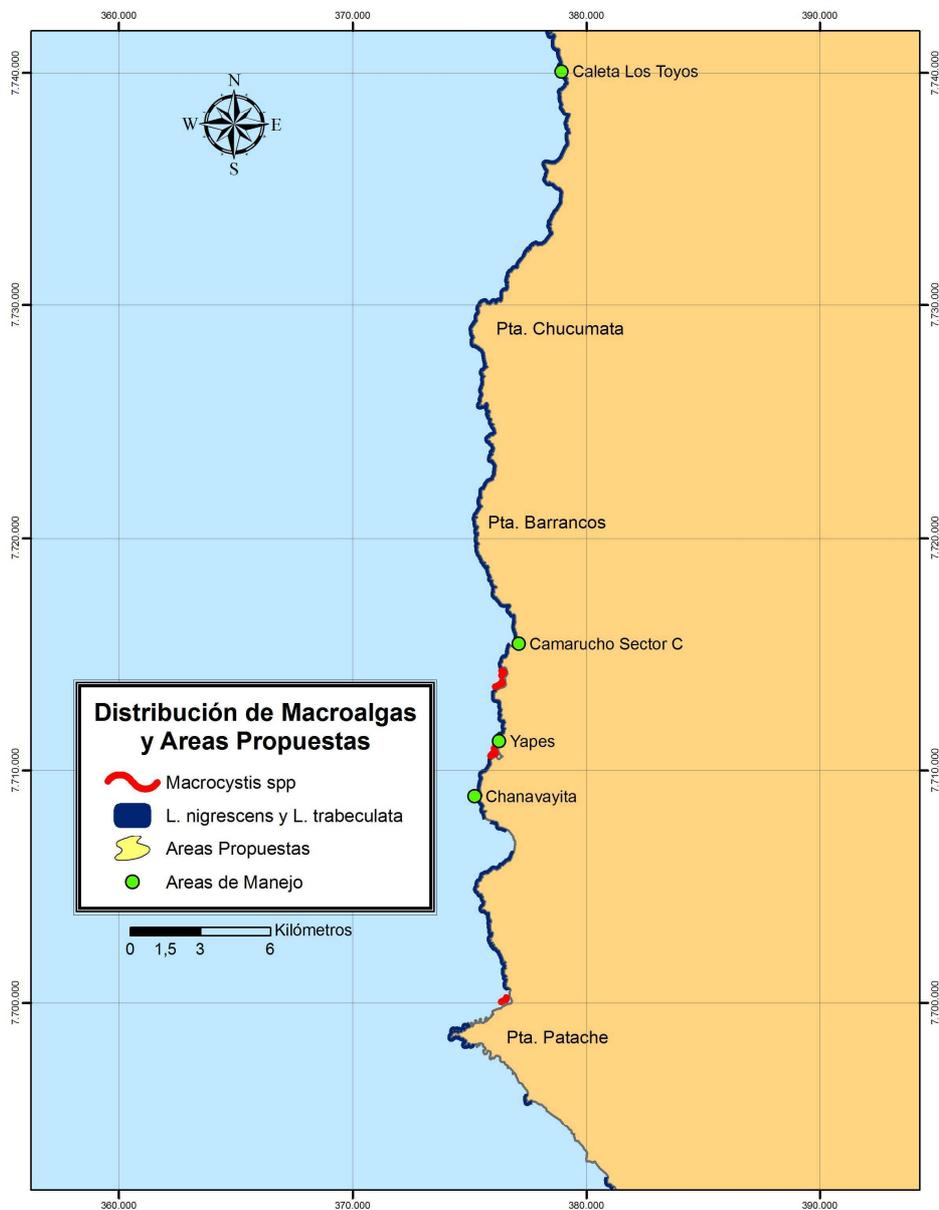


FIGURA 13b. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

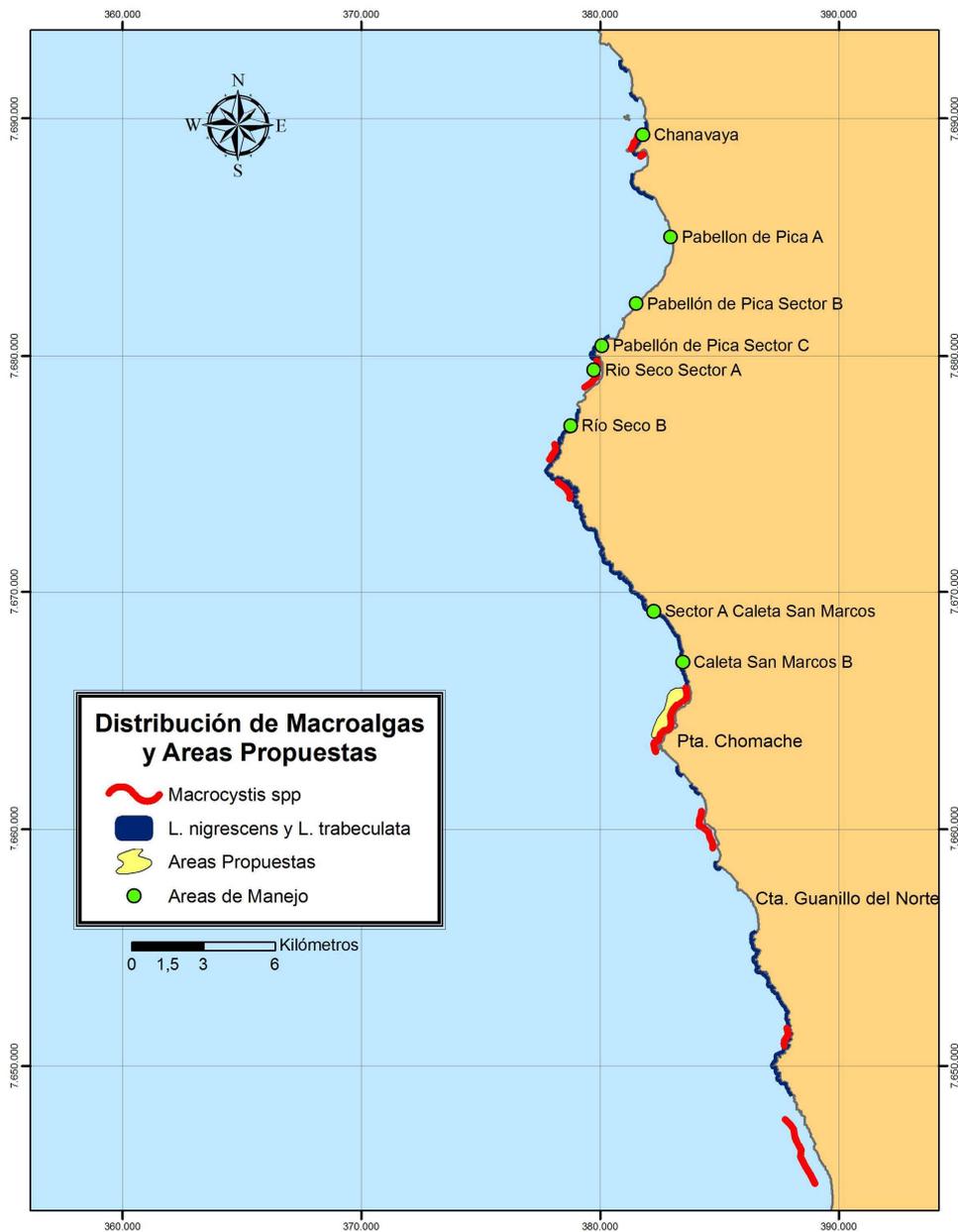


FIGURA 13c. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

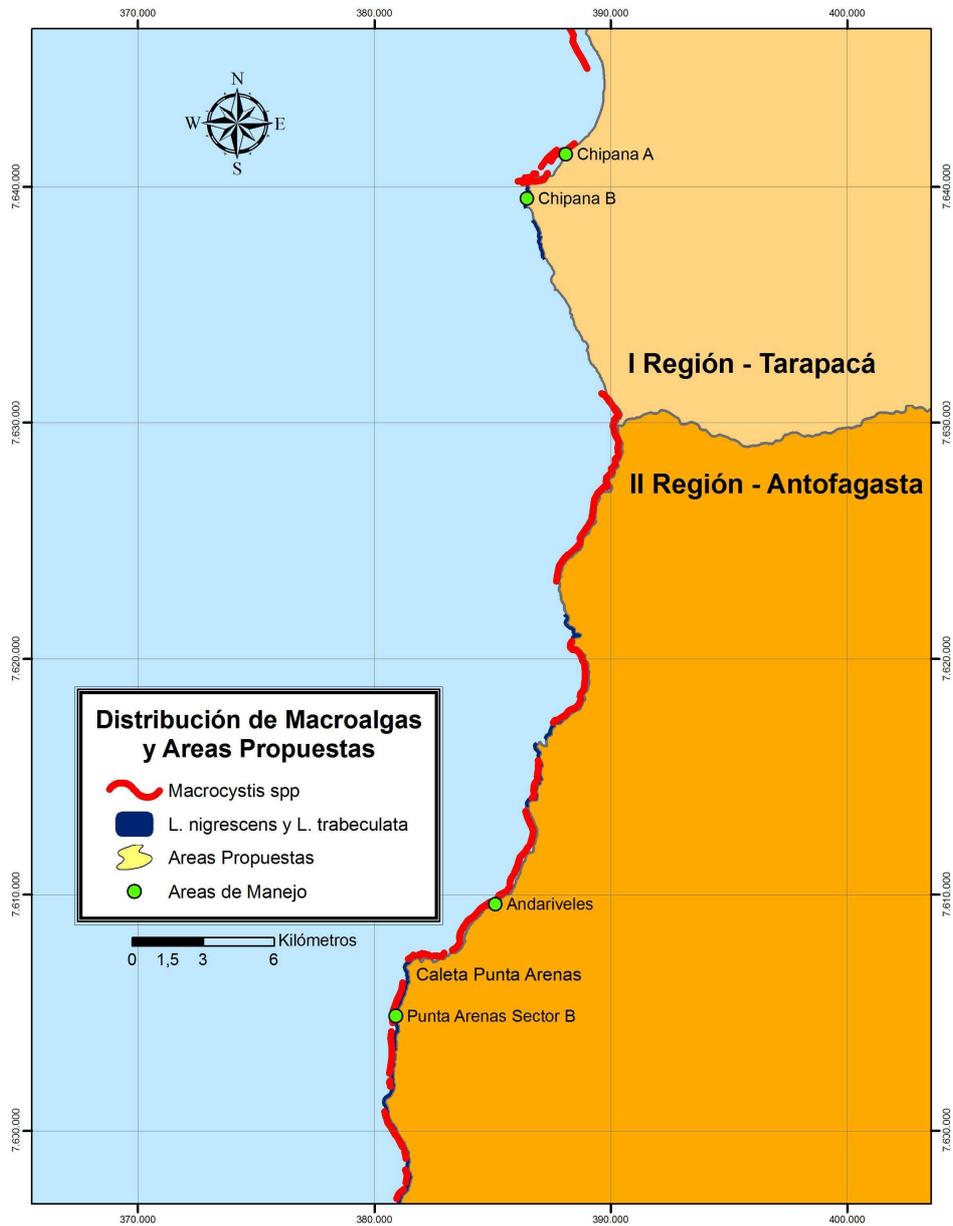


FIGURA 13d. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Tarapacá (I Región) y Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas áptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

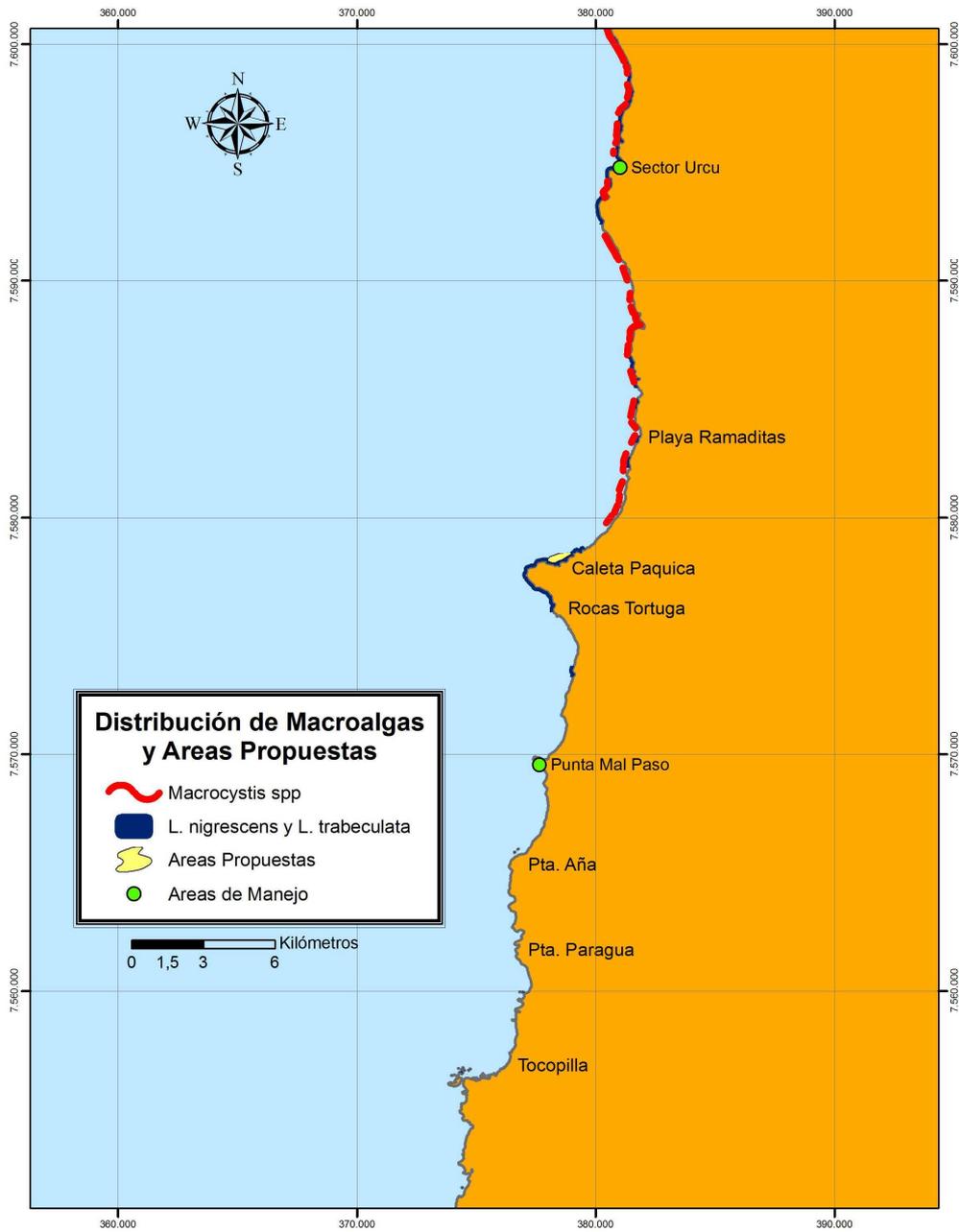


FIGURA 14a. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).

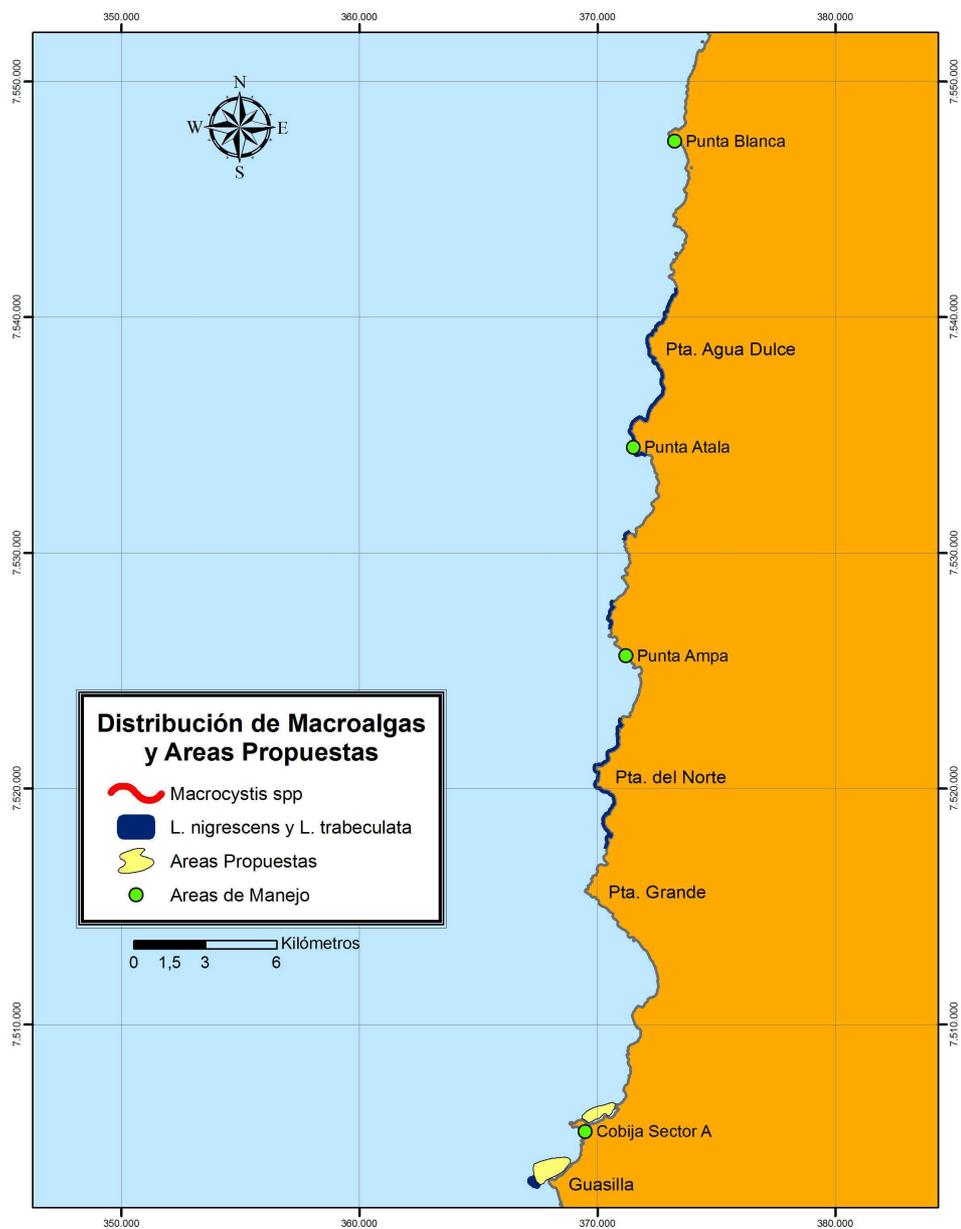


FIGURA 14b. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).

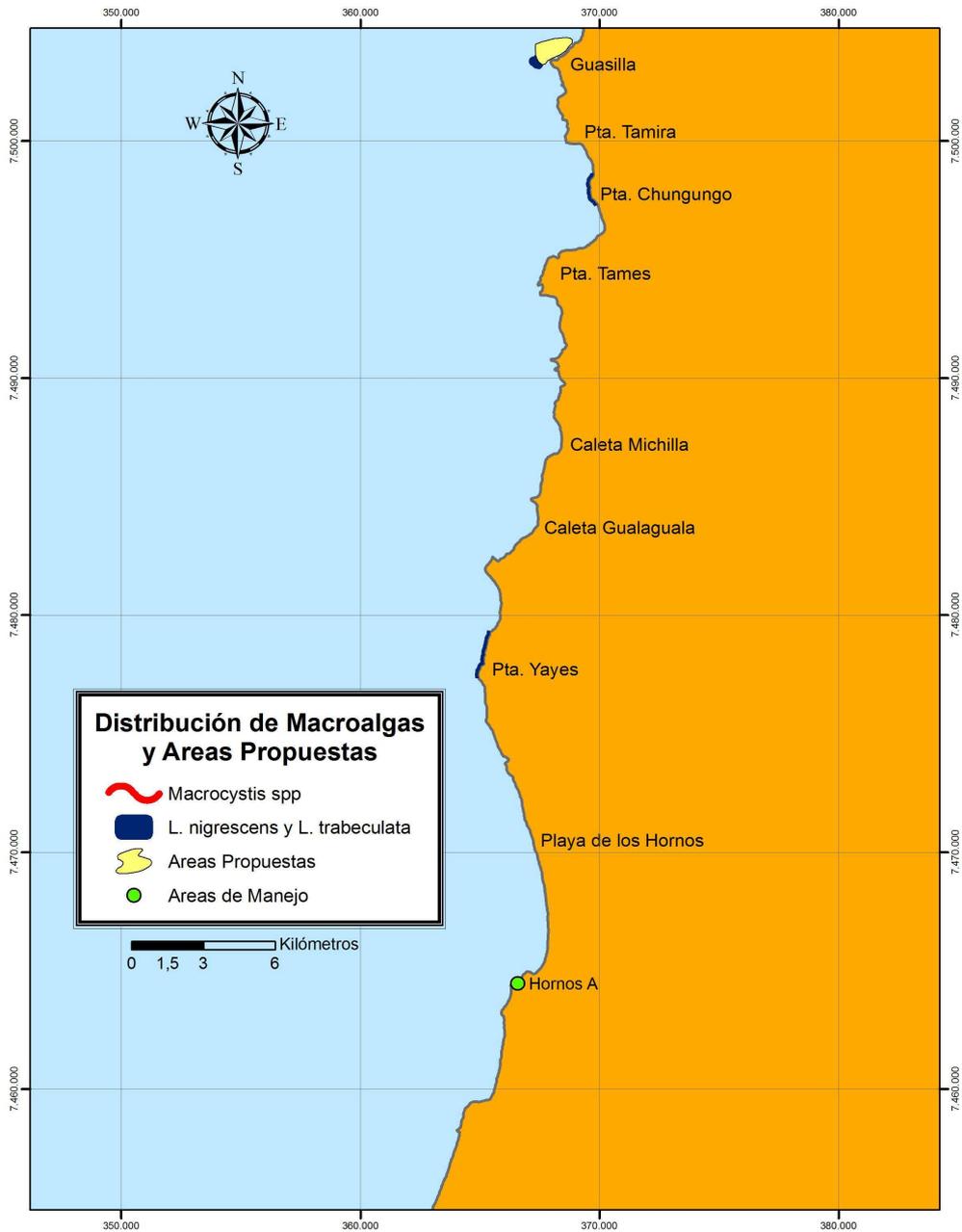


FIGURA 14c. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).

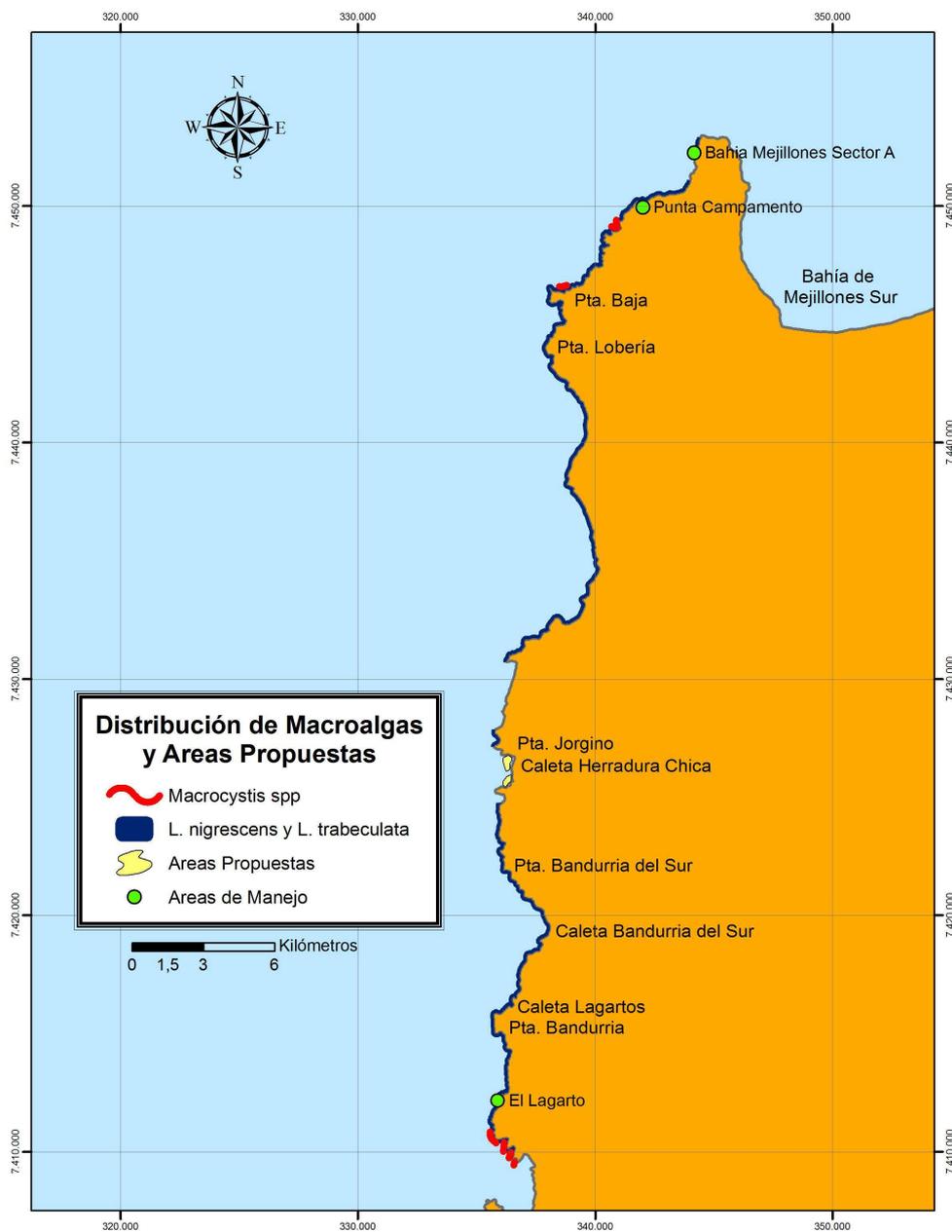


FIGURA 14d. Ubicación en mapas cartográficos SIG la distribución de los recursos algas pardas en la Región de Antofagasta (II Región).

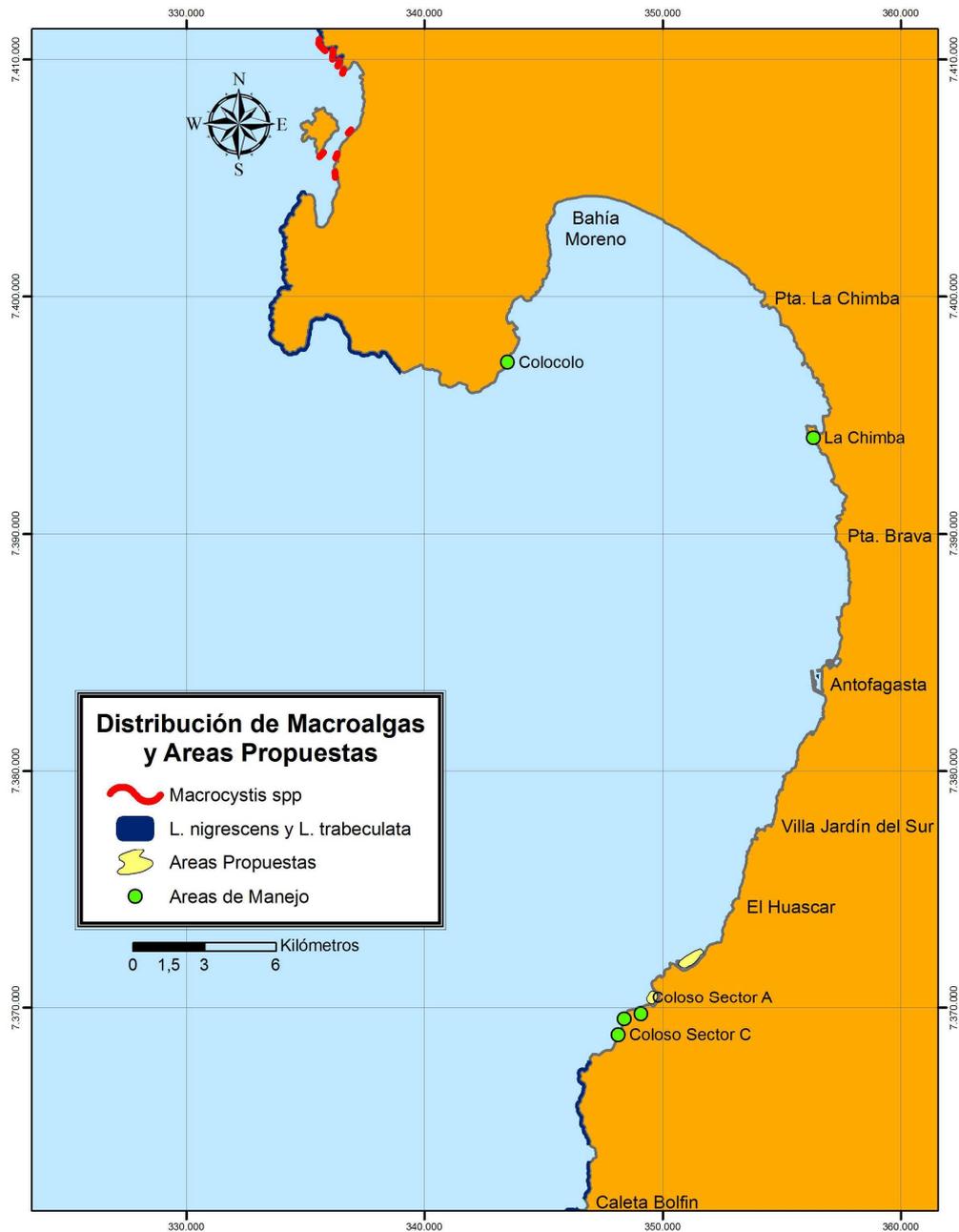


FIGURA 15a. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

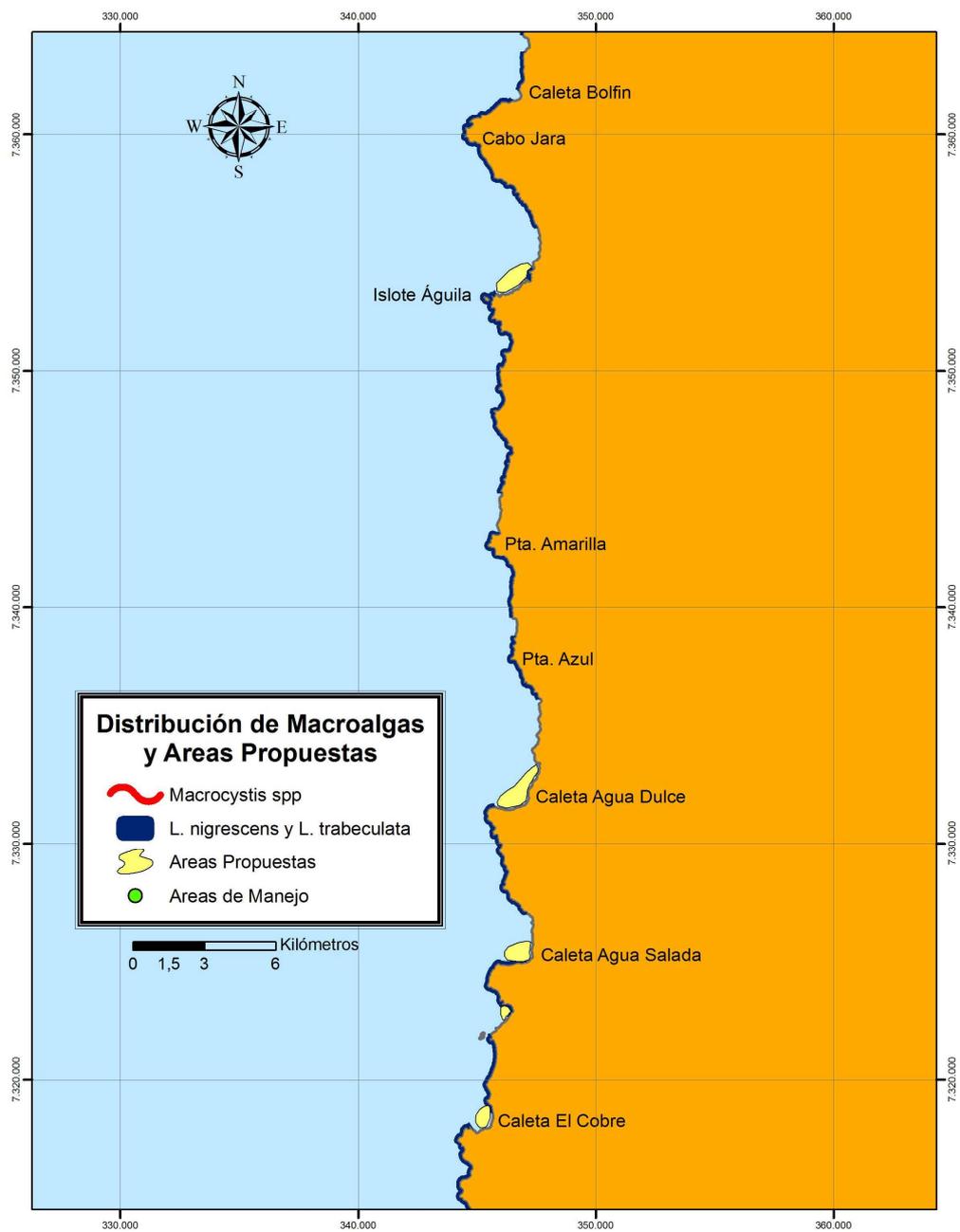


FIGURA 15b. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

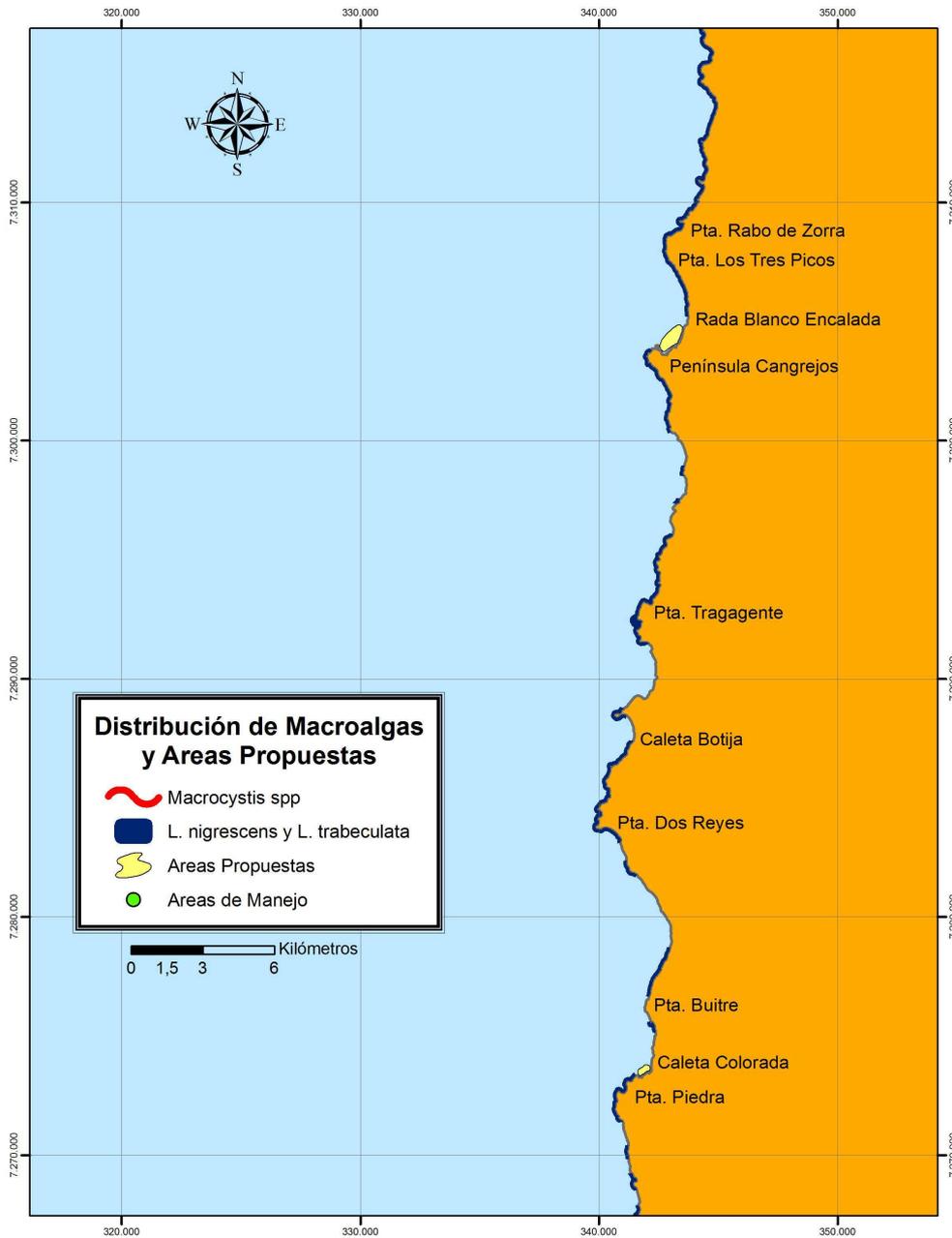


FIGURA 15c. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas áptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

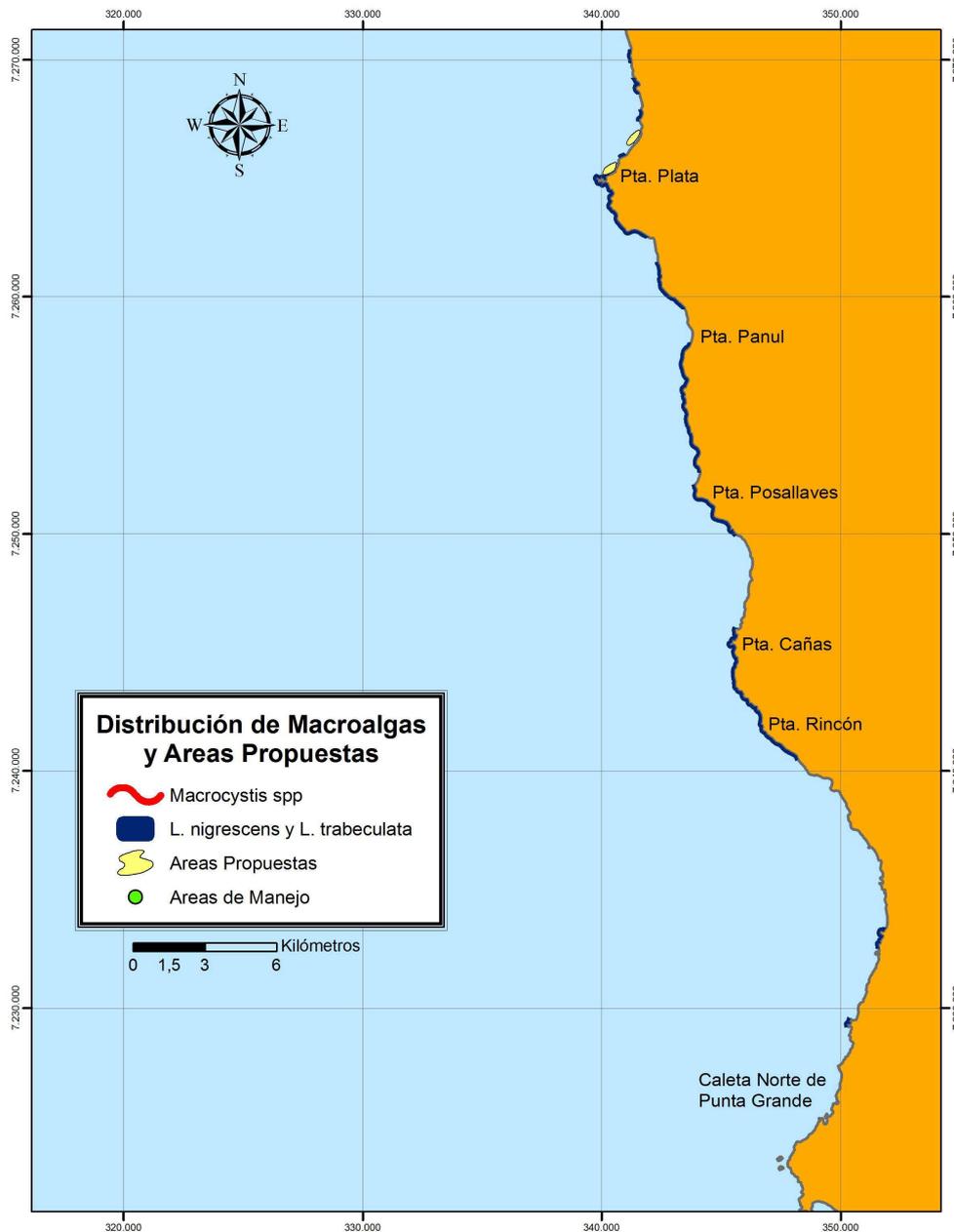


FIGURA 15d. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas áptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

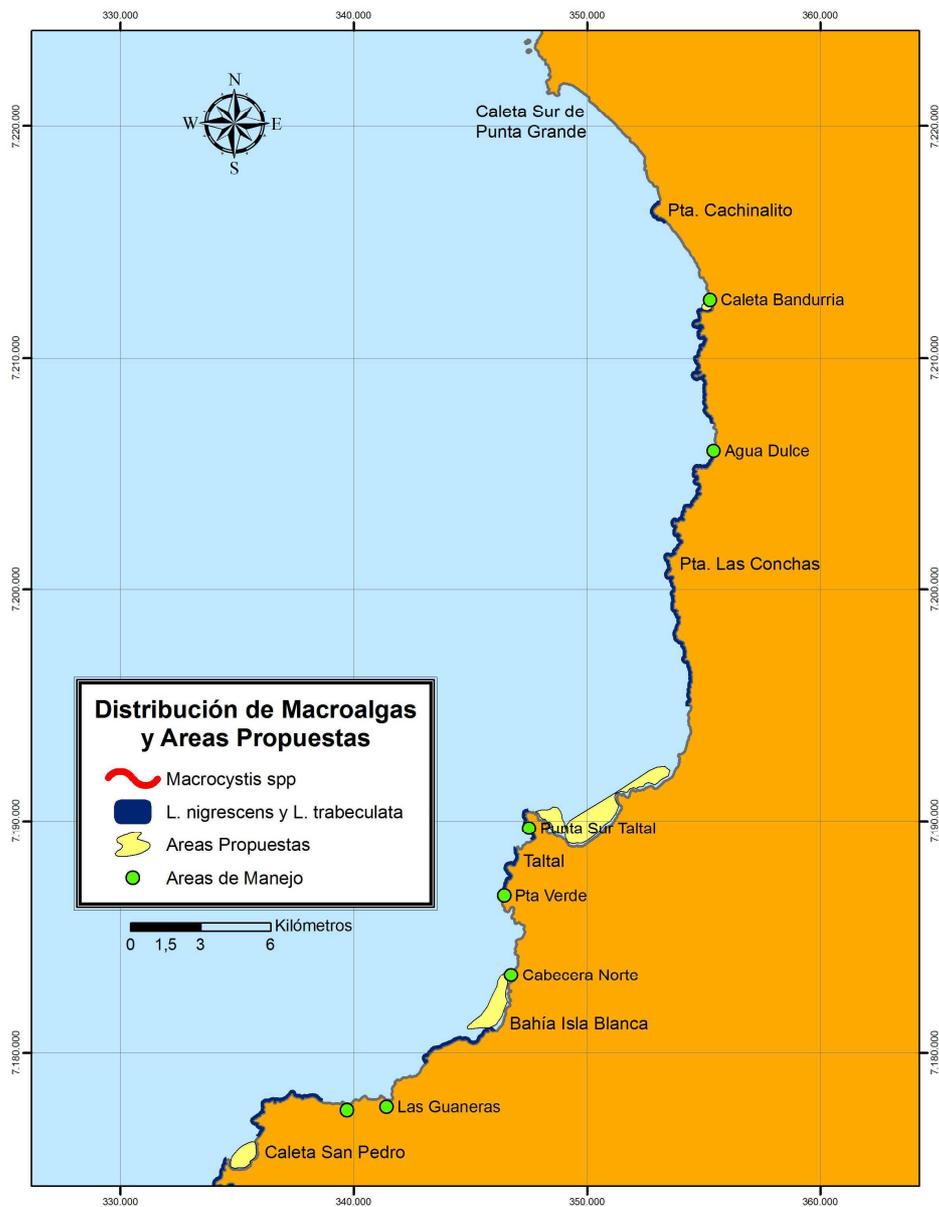


FIGURA 16a. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas aptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

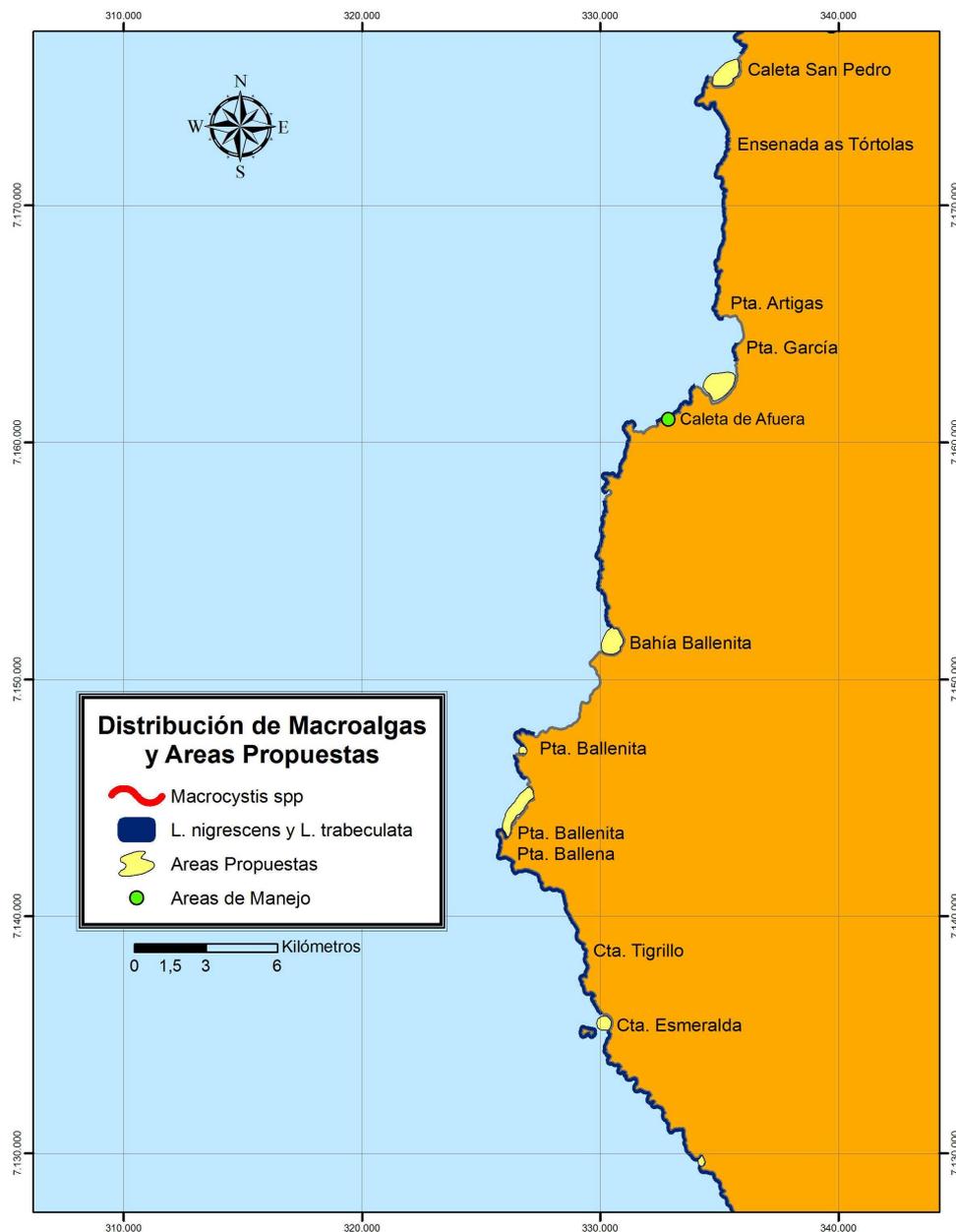


FIGURA 16b. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas áptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.



FIGURA 16c. Distribución del recurso algas pardas en mapas cartográficos SIG en la Región de Antofagasta (II Región). Se incluyen las áreas áptas para cultivo y repoblamiento, y AMERBs. Las regiones son mostradas con coloración diferente.

4.2. Determinar la biomasa total (standing stock) y cosechable (standing crop) de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis spp* en la XV, I y II Regiones (Objetivo específico 2).

La determinación de la biomasa total y cosechable de algas pardas en el norte de Chile consideró tanto el área de distribución obtenida por las prospecciones aéreas así como el área de distribución obtenida de las evaluaciones *in situ* de las praderas (TABLA 7). Las coordenadas geográficas de los sitios de muestreo en cada sector de evaluación fueron seleccionadas inicialmente en mapas IGM *ad hoc* (escala 1: 50.000 m) y posteriormente fueron ubicadas con GPS portátiles.

Las prospecciones aéreas permitieron ubicar y determinar la distribución de las praderas de algas pardas en cada sector de evaluación a lo largo del rango latitudinal del área de estudio. Las evaluaciones *in situ* fueron útiles para validar los límites de distribución detectados con la prospección aérea y para establecer el ancho promedio de los cinturones (*e.g. Lessonia*) y/o el área cubierta por las praderas (*e.g. Macrocystis*) en cada uno de los sectores de evaluación. Con el análisis combinado de ambos métodos de evaluación para estimar la distribución, utilizando mapas IGM (escala 1: 50.000 m), se pudo determinar la biomasa total disponible (standing stock) y la biomasa cosechable (standing crop) de las praderas de las distintas especies de algas pardas presentes en el área de estudio. No obstante, cabe destacar que la evaluación *in situ* presentó sesgos en la distribución espacial de las estaciones de muestreo asignando un mayor esfuerzo de muestreo en los sectores donde la actividad de los usuarios del recurso (actividades de cosecha o de recolección por parte de los alqueros) ha sido históricamente más intensa o hubo mayor accesibilidad a la costa.

Un total de siete campañas fueron realizadas entre junio 2009 y mayo 2010 para ejecutar la fase terrestre de la prospección, con un promedio de 21 ± 6 días de muestreo por

rango geográfico cubierto en cada campaña (**TABLA 7**), aunque el porcentaje de días efectivos de prospección directa de algas pardas fue de $64\% \pm 8\%$. Un factor temporal, que influyó fuertemente en los días hábiles para realizar la prospección durante las campañas de terreno, fueron las condiciones oceanográficas costeras, que se caracterizaron de acuerdo a la escala de Douglas entre mar rizada, con marejada y mar gruesa, y en una ocasión con mar muy gruesa. El mal tiempo en el norte de Chile aumenta en frecuencia de ocurrencia durante períodos de manifestación de eventos El Niño, lo cual fue establecido por los boletines de alerta climática para el área de estudio durante todo el período de muestreo 2009-2010 (Boletines FIP N°2008-21 & FIP 2009-38; CIIFEN enero 2009 a julio 2010).

TABLA 7. Fecha y rango reográfico abarcado en cada campaña de prospección terrestre realizada para evaluar las praderas de algas pardas en el litoral de la XV, I y II Región.

Fecha	Rango geográfico (Lat °S)	Localidades
21 jun 2009 - 18 jul 2009	22°00' - 23°33'	Desde Tocopilla a Antofagasta
16 ago 2009 - 05 sept 2009	24°45' - 26° 00'	Desde Paposo a Esmeralda
27 sept 2009 - 17 oct 2009	21°00' - 22° 00'	Desde Guanillo Norte a Tocopilla
22 nov 2009 - 14 dic 2009	20°15' - 21° 00'	Desde Iquique a Guanillo Norte
18 ene 2010 - 31 ene 2010	23°33' - 24° 00'	Desde Antofagasta a Caleta El Cobre
15 mar 2010 - 28 mar 2010	24°00' - 24° 45'	Desde Caleta El Cobre a Paposo
19 abr 2010 - 16 may 2010	18°15' - 20°15'	Desde Arica a Iquique

4.2.1. Muestreos latitudinales no-destructivos para evaluar la distribución de la biomasa de algas pardas.

Las evaluaciones no destructivas de algas pardas en los sectores de muestreo fueron más lentas que lo establecido en el programa de muestreo (carta GANTT). Esta demora está relacionado con el clima oceanográfico del norte Chile, que durante el período de muestreo (junio 2009 a mayo 2010) se caracterizó por la manifestación de temporales de gran magnitud que incrementaron la frecuencia de las marejadas y por lo tanto del viento norte, las corrientes de fondo y el oleaje superficial a lo largo de toda la costa. Estas malas condiciones del clima oceanográfico en el norte de Chile afectaron los tiempos de evaluación considerados en el presente proyecto, debido a que los boletines de alerta climática (FIP N°2008-21; CIIFEN julio 2009 - mayo 2010) indicaron una señal positiva de un evento El Niño clasificado como de moderada intensidad.

4.2.1.1. Caracterización de los Sectores de Evaluación de Algas Pardas.

Para realizar los muestreos latitudinales no destructivos, se dividió la costa en función de las Zonas de Operación Extractiva (ZOE) propuestas en el marco de la Pesca de Investigación de algas pardas en el norte de Chile (2007-2009). Una ZOE está determinada por los atributos intrínsecos de las pesquerías de algas pardas, tales como número de usuarios, accesibilidad a la costa y volúmenes de desembarque, por lo tanto las dimensiones geográficas son desiguales entre sí. Lo anterior, junto con la factibilidad de clasificar la costa del extremo norte de Chile en función de la topografía litoral y de la distribución de las algas pardas permitió dividir el área de estudio en distintos sectores de evaluación (**TABLA 8**).

TABLA 8. Nombre, ubicación geográfica y límites de cada sector de evaluación de algas pardas en el área de estudio y correspondiente Zona de Operación Extractiva propuesta en la Pesca de Investigación de Algas Pardas (2007-2009).

Sector de EVALUACION	Comienzo del sector	Fin del sector	ID ZOE	COORDENADA GEOGRAFICA					COORDENADA GEOGRAFICA					ZONA OPERACIÓN			
				Latitud		Longitud			Latitud		Longitud			REGION	nombre ZOE		
Camarones	Arica	Camarones	101	18	21	0	70	22	49	19	21	46	70	15	19	XV	Camarones
Pisagua	Camarones	Iquique norte	102	19	21	46	70	15	19	20	10	53	70	8	21	I	Pisagua
Iquique	Iquique norte	Iquique sur	102-103	20	10	53	70	8	21	20	18	25	70	8	11	I	-
Los Verdes	Iquique sur	Los Verdes	103	20	18	25	70	8	11	20	26	3	70	10	55	I	Los Verdes
Los Verdes	Los Verdes	Aeropuerto	104	20	26	3	70	10	55	20	32	41	70	12	26	I	Pozo Toyo
Los Verdes	Aeropuerto	La Lobera	105	20	32	41	70	12	26	20	37	23	70	12	30	I	Aguita
Caramucho	La Lobera	Caramucho	106	20	37	23	70	12	30	20	39	41	70	12	2	I	Caramucho
Caramucho	Caramucho	Chanavayita	107	20	39	41	70	12	2	20	41	27	70	11	59	I	Chanavayita
Caramucho	Chanavayita	Punta Patache	108	20	41	27	70	11	59	20	48	23	70	12	57	I	Cañamo
Chanavaya	Punta Patache	Rio Seco	109	20	48	23	70	12	57	20	57	6	70	8	45	I	Chanavaya
San Marcos	Río Seco	Islote Pájaros	110	20	57	6	70	8	45	21	3	39	70	9	7	I	Río Seco
San Marcos	Islote Pájaros	Punta Chumache	111	21	3	39	70	9	7	21	8	33	70	7	35	I	San Marcos
Chipana	Punta Chumache	Río Loa	112	21	8	33	70	7	35	21	25	54	70	3	18	I	Chipana
Urco	Río Loa	La Herradura	201	21	25	54	70	3	18	21	36	54	70	6	48	II	Río Loa
Urco	La Herradura	Urco Norte	202	21	36	54	70	6	48	21	46	13	70	9	18	II	Caleta Urco
Urco	Urco Norte	Norte Tocopilla	203	21	46	13	70	9	18	22	3	4	70	11	16	II	Caleta La Cuchara
Tocopilla	Norte Tocopilla	Punta Atala	204	22	3	4	70	11	16	22	18	21	70	14	3	II	Tocopilla
Cobija	Punta Atala	Cobija	205	22	18	21	70	14	3	22	35	45	70	16	34	II	Caleta Buena
Michilla	Cobija	Punta Angamos	206	22	35	45	70	16	34	23	1	29	70	30	59	II	Caleta Constitución
Península de Mejillones	Punta Angamos	Juan López	206-207	23	1	29	70	30	59	23	30	52	70	31	43	II	-
Antofagasta	Juan López	Punta Coloso	207	23	30	52	70	31	43	23	45	32	70	28	3	II	Caleta El Cobre
El Cobre	Punta Coloso	Punta Tragagente	207	23	30	52	70	31	43	24	27	38	70	33	10	II	Caleta El Cobre
El Traga Gente	Punta Tragagente	Punta Dos Reyes	208	24	27	38	70	33	10	24	34	12	70	33	45	II	El Traga Gente
Caleta Colorada	Punta Dos Reyes	Rocas Rincón	209	24	34	12	70	33	45	24	56	42	70	30	3	II	Caleta Colorada
Paposo	Caleta Colorada	Paposo	210	24	56	42	70	30	3	25	1	45	70	28	32	II	Paposo
Taltal	Paposo	Taltal	211	25	1	45	70	28	32	25	24	55	70	31	15	II	Las Bandurrias
Cifuncho	Taltal	Esmeralda	212	25	24	55	70	31	15	26	3	35	70	39	5	II	Cifuncho

XV REGION

Camarones: Este sector de evaluación abarca los límites geopolíticos de la XV Región y abarca desde el Puerto de Arica hasta Caleta Camarones (**TABLA 8**). Los ambientes costeros de este sector están dominados por roqueríos compuestos por islotes, farellones, paredones y plataformas expuestas al oleaje interrumpidos por playas de arena y/o bolones ubicados en pequeñas ensenadas. Estos roqueríos y ensenadas nacen abruptamente de los cerros de la cordillera de la costa que conforman una línea costera escarpada con muy pocos accesos a la costa (*i.e.* Arica, Caleta Vitor, Caleta Camarones) y que cae directamente al mar. El sector de evaluación de Camarones presenta un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) llamada Clavelito que está ubicada entre Punta Blanca y roca Vitor hacia el sur de Arica que considera al recurso algas pardas como especie objetivo.

El cinturón de *L. nigrescens* presenta una extensión vertical de 1 m en promedio, con un rango que varía entre 0,5 m en farellones a 3 m en plataformas. Las praderas de *Lessonia trabeculata* se distribuyen en la costa desde el intermareal bajo o en pozas de mareas hasta los 20-25 m de profundidad. El ancho promedio de las praderas submareales de *Lessonia trabeculata* en este sector es de 100 m, variando entre 50 y 150 m dependiendo del gradiente de profundidad y de la presencia de arenas y bolones. Una pradera de *Macrocystis integrifolia* fue observada al sur de Punta Madrid.

La actividad extractiva de algas pardas es incipiente (un registro durante la Pesca de Investigación 2007-2009, en diciembre 2008), estando dirigida a la cosecha de *Lessonia trabeculata* (*i.e.* Arica) o *L. nigrescens* (*i.e.* Camarones). Aunque existen varaderos que coinciden con las caletas representativas del sector de evaluación, estas retienen varazones esporádicamente dependiendo del clima oceanográfico, y la intensidad y frecuencia de las marejadas.

I REGION

Pisagua: Este sector de evaluación abarca desde Caleta Camarones hasta el límite norte del Puerto de Iquique (**TABLA 8**). La fisonomía de los ambientes costeros de este sector es semejante al descrito para el sector de Camarones. Los roqueríos están compuestos por rocas, farellones, plataformas y paredones expuestos al oleaje que están interrumpidos por playas de arena y/o bolones en pequeñas ensenadas, los cuales dan forma al abrupto litoral de la cordillera de la costa. Esta costa escarpada tiene muy pocos accesos al mar (*i.e.* Pisagua, Caleta Junín, Caleta Mejillones del Norte), y ningún Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) tiene inscrito el recurso alga parda como recurso principal.

Igual que en Camarones, el cinturón de *L. nigrescens* presenta un ancho promedio de 1 m, mientras que las praderas de *L. trabeculata* tienen un ancho promedio de 100 m. Las praderas de *Macrocystis integrifolia* se ubican principalmente entre Punta Gorda y los alrededores de Bahía Pisagua.

La actividad extractiva de algas pardas se desarrolla básicamente en los sectores con accesibilidad a la costa donde es intensiva sobre *L. nigrescens* (*i.e.* Mejillones del Norte, Pisagua, Iquique) y sobre *L. trabeculata* (*i.e.* Pisagua). Aunque existen varaderos que coinciden con las caletas representativas del sector de evaluación, estas retienen varazones esporádicamente dependiendo del clima oceanográfico, y la intensidad y frecuencia de las marejadas.

Iquique: Este sector de evaluación abarca todo el litoral del Puerto de Iquique (**TABLA 8**). No hay poblaciones de algas pardas representativas en los sistemas rocosos de este litoral.

Los Verdes: Este sector de evaluación abarca desde el Sur del Puerto de Iquique hasta “la Lobera”, conteniendo las Zonas Operativas de Extracción (“ZOE”) de Los Verdes, Pozo Toyos y Aguaita (**TABLA 8**). La costa de este sector alterna playas de arena y/o bolones con roqueríos

de plataformas fragmentadas y paredones expuestos al oleaje. Aunque la cordillera de la costa es abrupta existen terrazas marinas que favorecen la accesibilidad a la costa a través del trazado de rutas, excepto en la zona del Aeropuerto Internacional Diego Aracena (ex Chucumata) debido a que corresponde a una zona militar con acceso restringido por mar y tierra. Este sector de evaluación no presenta ningún Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que tenga inscrito algún alga parda como recurso principal.

Un conspicuo cinturón de *L. nigrescens* se extiende desde “La Lobera” hasta Bahía Chiquinata, pero desde aquí hasta el Puerto de Iquique el litoral rocoso está desnudo sin algas pardas visibles. El ancho promedio del cinturón es de 2 m, estrechándose en paredones verticales (ca. 0,5 m) y extendiéndose en plataformas horizontales (ca. 5 m). Las praderas de *L. trabeculata* abarcan desde el intermareal bajo hasta los 20-25 m de profundidad, con un ancho promedio de 200 m. Ninguna pradera de *Macrocystis integrifolia* fue observada en este sector de evaluación.

La actividad extractiva de algas pardas es intensiva sobre *L. nigrescens* y *L. trabeculata* a lo largo de toda la costa. Un varadero representativo del sector está en Punta Gruesa. Aún, cuando el arribo de algas a la costa es un fenómeno que sucede en todo el litoral, aumentando significativamente en épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

Caramucho: Este sector de evaluación abarca desde “La Lobera” hasta Punta Patache, abarcando las ZOE de Caramucho, Chanavayita y Cáñamo (**TABLA 8**). Este sector es la continuación topográfica litoral del sector de evaluación de Los Verdes, alternando playas (arena y/o bolones) con roqueríos (*i.e.* plataformas fragmentadas, farellones) expuestos al oleaje. La accesibilidad a la costa es a través de huellas sobre las terrazas marinas, excepto en Punta Patache y Punta Patillos que corresponden a áreas industriales y portuarias con acceso restringido por mar y tierra. En este sector de evaluación, existe un Área de Manejo y

Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) en Caramucho que tiene inscritas las algas pardas como recurso principal.

Similar a Los Verdes, el cinturón intermareal de *L. nigrescens* se extiende a lo largo de todo el sector con un ancho promedio de 2 m, mientras que las praderas de *L. trabeculata* en el ambiente submareal abarcan 200 m en promedio. Se observan praderas de *Macrocystis integrifolia* dentro de pequeñas ensenadas (*i.e.* Caleta Yapes, Caleta Chanavayita, Caleta Patache).

La actividad extractiva de algas pardas es intensiva a lo largo de toda la costa sobre *L. nigrescens* y *L. trabeculata*. El arribo de algas a la costa, principalmente de *Macrocystis*, ocurre en todo el litoral aumentando significativamente en épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

Chanavaya: Este sector de evaluación va desde Punta Patache hasta el norte de Río Seco (*ca.* Farellones de Torrecillas) (**TABLA 8**), representado por playas de arena, con plataformas rocosas sobresalientes y fragmentadas que generan islotes, rocas y paredones expuestos al oleaje. La cordillera costera, aunque abrupta, presenta terrazas marinas que favorecen la accesibilidad a la costa a través de huellas. Este sector de evaluación no presenta ningún Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que tenga inscrito el recurso alga parda como recurso principal.

El cinturón de *L. nigrescens* y las praderas de *L. trabeculata* son interrumpidas por playas de arena que penetran hacia el mar. En presencia de roqueríos, el ancho promedio del cinturón intermareal de *L. nigrescens* es de 2 m, mientras que el ancho promedio de la pradera submareal de *L. trabeculata* es de 200 m. Algunas praderas de *Macrocystis integrifolia* están ubicadas en los alrededores de Punta Colina y Caleta Chanavaya.

La actividad extractiva de algas pardas es intensiva a lo largo de toda la costa sobre *L. nigrescens* y *L. trabeculata*. En Pabellón de Pica existe un varadero representativo del sector,

donde vara frecuentemente *Macrocystis*, aunque el arribo de algas a la costa puede ocurrir en todo el litoral. La biomasa de algas pardas varadas en el litoral aumenta significativamente en épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

San Marcos: Este sector de evaluación va desde Río Seco hasta Ike-Ike, e incluye las ZOE de Río Seco y San Marcos (**TABLA 8**). La costa de este sector está representada principalmente por roqueríos heterogéneos (*i.e.* islotes, rocas, farellones, plataformas y paredones) expuestos al oleaje. La cordillera de la costa es abrupta pero con terrazas marinas que favorecen la accesibilidad a la costa. Este sector de evaluación no presenta ningún Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que tenga inscrito el recurso alga parda como especie objetivo.

El cinturón de *L. nigrescens*, que se extiende a lo largo de todo el roquerío del sector, tiene un ancho promedio de 2 m, mientras que las praderas de *L. trabeculata* tienen un ancho promedio de 200 m. Las praderas de *Macrocystis integrifolia* son conspicuas en Caleta Río Seco, Punta Lobos, y Caleta San Marcos.

La actividad extractiva de algas pardas es intensa a lo largo de toda la costa sobre *L. nigrescens* y *L. trabeculata*. El arribo de plantas a la costa, principalmente de *Macrocystis*, ocurre en todo el litoral aumentando significativamente en épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

Chipana: Este sector de evaluación va desde Ike-Ike hasta el río Loa (**TABLA 8**). La costa de este sector se caracteriza por extensas playas de arenas interrumpidas por roqueríos prominentes (*i.e.* plataformas, paredones, islotes) expuestos al oleaje. La accesibilidad a la costa es a través de huellas sobre las terrazas marinas. Este sector de evaluación no presenta ningún Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que tenga inscrito el recurso alga parda como recurso principal.

El cinturón intermareal de *L. nigrescens* depende de la continuidad del sustrato rocoso, aunque mantiene el ancho promedio de 2 m. Las praderas submareales de *L. trabeculata* tienen un ancho promedio de 250 m, pero son continuamente interrumpidas por fondos blandos y playas de arena. Varias praderas de *Macrocystis integrifolia* son representativas de este sector (*i.e.* Ike-ike, Punta Guanillo del Norte, Punta Blanca, Chipana).

No se observó actividad extractiva de algas pardas a lo largo de la costa de este sector. Sin embargo, una fracción importante de *L. nigrescens* y *L. trabeculata* ubicadas sobre sustrato rocoso entre el intermareal bajo y submareal somero (hasta 5 m de profundidad) presentaron signos de enterramiento por procesos de acresión de arena transportada hacia la playa, afectando los patrones locales de distribución y abundancia de algas pardas. El arribo de algas a la costa ocurre en todo el litoral, la cual aumenta significativamente el material varado durante épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

II REGION

Urco: Este sector de evaluación va desde el río Loa hasta el norte del Puerto de Tocopilla, e incluye las ZOE's Río Loa, Urco y La Cuchara (**TABLA 8**). Entre el río Loa y La Cuchara el impacto del oleaje disminuye generando ambientes semi-expuestos al oleaje, las terrazas marinas son más extensas, y los roqueríos penetran hacia el mar en una suave pendiente. Pero, desde La Cuchara hasta Tocopilla las terrazas marinas se estrechan, se fragmentan formando playas de bolones, y a medida que aumenta la fuerza del oleaje hacia el sur son remplazadas por farellones hasta Tocopilla, disminuyendo la accesibilidad a la costa hacia el sur de este sector de evaluación. Además, ningún gremio con Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) reporta al recurso alga parda como recurso principal.

El cinturón de *L. nigrescens*, aunque mantiene el ancho promedio de 2 m, está presente sólo en los roqueríos más expuestos. Las praderas submareales de *L. trabeculata*, que en promedio tienen 250 m, son más profundas y están más alejadas de la costa. La suave

pendiente batimétrica y el menor grado de exposición al oleaje y movimiento del agua aumentan la frecuencia y extensión de las praderas de *Macrocystis integrifolia* que caracterizan el lugar hasta la cuchara.

La actividad extractiva de algas pardas es intensa a lo largo de toda la costa sobre *L. nigrescens* y *L. trabeculata*. También hay recolección de *Macrocystis* varada. El arribo de algas a la costa ocurre en todo el litoral aumentando significativamente en épocas con mayor intensidad y frecuencia de marejadas.

Tocopilla: El sector de evaluación corresponde desde el Puerto de Tocopilla por el norte hasta Caleta Punta Atala por el sur (**TABLA 8**). Los ambientes costeros de este sector de evaluación están caracterizados por roqueríos que conforman paredones, plataformas o playas de rocas. Las playas de bolones son pequeñas pero frecuentes.

Entre los límites norte y sur del sector de Tocopilla, los roqueríos están desnudos sin algas pardas, mientras que en ambientes submareales no existe una pradera de *L. trabeculata* como tal, sino que es más frecuente observar plantas aisladas. Tampoco hay plantas o huirales de *Macrocystis integrifolia*. Los varaderos en este sector de evaluación son escasos y el arribo de algas a la costa es esporádico, muy dependiente de la frecuencia e intensidad de las marejadas.

Cobija: El sector de evaluación abarca desde Punta Atala hasta el sur de Cobija (**TABLA 8**). El litoral de este sector de evaluación está caracterizado por una costa rocosa fragmentada muy expuesta al oleaje; la cual es frecuentemente interrumpida por extensas playas de arenas y pequeñas playas de bolones. El cinturón de *L. nigrescens* está ausente del intermareal rocoso de este sector de evaluación, excepto en Punta Atala, y entre Cobija y Punta Tames. El cinturón de *L. nigrescens* en esta área, aunque extenso en el perfil rocoso, presenta escasa abundancia de plantas adultas y tiene un ancho promedio de 1 m. En el submareal, los huirales de *L.*

trabeculata presentan un patrón de distribución en forma de parches segregados, caracterizados por praderas profundas ubicadas por sobre los 10 m de profundidad, con un ancho de 150 m. En el sector de evaluación no se observó ningún varadero importante de algas pardas, ni tampoco plantas de *Macrocystis integrifolia*.

Michilla: El sector de evaluación abarca desde el sur de Cobija hasta Punta Angamos. El litoral de este sector es la continuación del anterior, que finaliza en la Bahía de Mejillones del Sur (**TABLA 8**). El cinturón de *L. nigrescens* está ausente del intermareal rocoso de este sector de evaluación. En el submareal, las praderas de *L. trabeculata* son pequeñas, poco abundantes y profundas. En este sector de evaluación, la presencia de actividades mineras cercanas a la costa ha producido quiebres en los patrones espaciales de distribución de *Lessonia*. En el sector de evaluación no se observó ningún varadero importante de algas pardas, ni tampoco plantas o poblaciones de *Macrocystis integrifolia*.

Península de Mejillones: Este sector de evaluación incluye el litoral de la Península de Mejillones que se extiende entre Punta Angamos hasta la localidad de Juan López, incluida la Isla Santa María (**TABLA 8**). La costa de este sector de evaluación está caracterizada por ambientes muy expuestos y expuestos al oleaje. Parte de la costa es desmembrada con roqueríos, islotes y barras rocosas que recorren perpendiculares el litoral generando numerosas pozas de mareas. Además se observan pequeñas ensenadas con playas de bolones y/o arena que aumentan la heterogeneidad litoral produciendo ambientes protegidos al oleaje. Un cinturón continuo de *L. nigrescens* caracteriza el intermareal bajo de esta costa expuesta. La extensión vertical promedio de *L. nigrescens* es de 3 m aproximadamente. En las pozas de mareas producidas por las barras e islotes que corren perpendiculares a la costa se ubica *Macrocystis integrifolia*. En los ambientes rocosos submareales someros (3-5 m de profundidad) hasta los 15-20 m de profundidad, *M. integrifolia* y *L. trabeculata* forman praderas mixtas sobre sustrato

rocoso estable, con un ancho promedio de 250 m. La accesibilidad a la costa está restringida a los alrededores de la Isla Santa María.

La Isla Santa María es un varadero histórico que continuamente descarga algas de *L. nigrescens*, *L. trabeculata* y *M. integrifolia* a las playas. Sin embargo, de manera similar a lo que ocurre en la costa continental de la península, es en las ensenadas o “varaderos” donde el acopio de algas aumenta significativamente. Otros varaderos importantes ubicados en el continente son El Lagarto y Las Bandurrias donde se acopia principalmente *L. nigrescens* y *L. trabeculata*.

En el litoral de este sector de evaluación existen cuatro AMERB que corresponden a los Sindicatos de Juan López, Caleta Constitución y de Mejillones. El cinturón de *L. nigrescens* evidencia una reciente e intensa explotación, mientras que en las praderas de *L. trabeculata* los efectos de cosecha aunque son menos notorios están presentes. Las praderas de *Macrocystis integrifolia* no son cosechadas, y sólo el material varado es utilizado para la venta.

En este sector de evaluación se encontraron siete plantas picadoras portátiles (dos en proyecto de instalación). Estas plantas picadoras son pequeñas en área cubierta pero pueden reducir importantes volúmenes de alga seca, principalmente *Lessonia*, cosechadas con barreta o recolectadas en la playa.

Antofagasta: El área abarcada por este sector de evaluación considera desde la localidad de Juan López hasta Punta Coloso, incluyendo toda la costa colindante a la zona urbana de Antofagasta (**TABLA 8**). El litoral del área de estudio está caracterizado por ambientes expuestos al oleaje, con una costa desmembrada compuesta por islotes, roqueríos y barras rocosas que corren perpendiculares al litoral formando numerosas pozas de mareas. Además de generar pequeñas ensenadas con playas de bolones y/o arena que aumentan la heterogeneidad de la costa produciendo ambientes protegidos al oleaje. El cinturón de *L. nigrescens* está ausente en el intermareal bajo de estas costas, particularmente en el área de

influencia de la zona urbana de Antofagasta. En los ambientes rocosos submareales del sector de evaluación, *L. trabeculata* también está ausente, con la excepción de algunos parches que conforman pequeñas praderas de baja densidad hacia los extremos del sector de evaluación. No hay actividades extractivas, ni praderas de *Macrocystis integrifolia*.

El Cobre: Este sector de evaluación abarca desde Punta Coloso hasta Punta Tragagente (**TABLA 8**). Los ambientes costeros de este sector están dominados por farellones, paredones y plataformas expuestas al oleaje interrumpidos por playas de bolones ubicadas en pequeñas ensenadas. Estos roqueríos y ensenadas nacen abruptamente de los cerros de la cordillera de la costa que conforman una línea costera escarpada con muy pocos accesos a la costa (*i.e.* Caleta El Cobre) y que caen directamente al mar. El sector de evaluación de El Cobre no presenta Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que presenten algas pardas como recurso principal.

El cinturón de *L. nigrescens* presenta una extensión vertical de 2 m en promedio, que varía entre 0,5 m en farellones y 4 m en plataformas. El ancho promedio de las praderas submareales de *L. trabeculata* en este sector es de 100 m, variando entre 50 y 150 m dependiendo del gradiente de profundidad y de la presencia de fondos blandos y bolones. No se observan praderas de *Macrocystis integrifolia*.

La actividad extractiva de algas pardas está dirigida a la cosecha de *L. trabeculata* y de *L. nigrescens*. Aunque existen varaderos que coinciden con las caletas representativas del sector de evaluación, estas retienen varazones esporádicamente dependiendo del clima oceanográfico, y de la intensidad y frecuencia de las marejadas.

Tragagente: Este sector de evaluación abarca desde Punta Tragagente hasta Punta Dos Reyes (**TABLA 8**). Los ambientes costeros son semejantes al descrito para Caleta El Cobre, con roqueríos y ensenadas que nacen abruptamente de los cerros de la cordillera de la costa

describiendo una línea costera escarpada que cae directamente al mar. El acceso al litoral de Tragagente depende exclusivamente de la viabilidad de la huella costera que va desde Paposo a caleta El Cobre, lo que dificultó la evaluación del recurso alga parda. Durante la prospección *in situ* de este sector de evaluación, el camino estuvo frecuentemente cortado por derrumbes o aluviones. En este sector, la extensión vertical del cinturón intermareal de *L. nigrescens* tiene un ancho promedio de 2 m. En ambientes submareales, el ancho promedio de las praderas de *L. trabeculata* en este sector es de 100 m. No se observan praderas de *Macrocystis integrifolia*. El sector de evaluación de Tragagente no presenta Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que contengan algas pardas como recurso objetivo. La actividad extractiva de algas pardas en este sector está dirigida a la cosecha de *L. trabeculata* y de *L. nigrescens*. La recolección de algas en varaderos ocurre en las caletas representativas del sector de evaluación, pero los volúmenes varados y la extensión litoral que abarca la varazón dependen del clima oceanográfico, y la intensidad y frecuencia de las marejadas.

Caleta Colorada: Este sector de evaluación comienza en Punta Dos Reyes y termina en Roca Rincón al norte de Caleta Paposo (**TABLA 8**). Al igual que en El Cobre y en Tragagente, el litoral rocoso está compuesto por plataformas e islotes adyacentes a una cordillera de la costa abrupta y pegada al mar produciendo ambientes muy expuesto al oleaje. La accesibilidad a la costa es mínima y depende de la viabilidad de la huella costera que viene desde Paposo. La exposición al oleaje y la inclinación de los roqueríos hacen que el ancho promedio del cinturón de *L. nigrescens* sea de aproximadamente 2 m. En los ambientes rocosos submareales, *L. trabeculata* forma praderas continuas sobre sustrato rocoso estable, de aproximadamente 100 m de ancho. En algunas áreas de este sector de evaluación se observó evidencia de cosecha tanto en el cinturón intermareal así como en las praderas submareales de *Lessonia spp.* No hay plantas ni praderas de *Macrocystis integrifolia*.

Paposo: Este sector de evaluación abarca desde la Roca Rincón hasta Caleta Paposo (**TABLA 8**). El litoral de este sector está caracterizado por ambientes rocosos muy expuestos al oleaje compuesto por paredones, plataformas e islotes cercanos a la orilla interrumpidos por médanos, playas de arenas generadas por el deslizamiento de tierra desde los cerros de la cordillera de la costa. La accesibilidad a la costa es a través de huellas sobre una estrecha terraza marina. Algunas playas de bolones están ubicadas en pequeñas ensenadas formando ambientes semi-expuestos al oleaje delineadas por una estrecha terraza costera. El cinturón de *L. nigrescens* tiene un ancho promedio de 3 m, que varía dependiendo de la exposición al oleaje y la inclinación de las rocas. En los ambientes rocosos submareales, *L. trabeculata* forma praderas discontinuas sobre sustrato rocoso estable, con un ancho promedio de 200 m.

El Gaucho es el varadero histórico más representativo de este sector de evaluación debido a que las algas pardas arriban continuamente a las playas, principalmente *L. nigrescens* y en menor abundancia de *L. trabeculata*. Otros varaderos (e.g. El Rincón) fueron detectados a lo largo de esta costa, pero son de menor importancia en términos de volúmenes acopiados en la playa y de menor extensión espacial. En algunas áreas de este sector de evaluación se observó evidencia de cosecha tanto en el cinturón intermareal así como en las praderas submareales de *Lessonia spp.* En este sector hay un AMERB que corresponde al gremio de Paposo. Además, existe una planta de picado portátil ubicada cerca de la Caleta Guanillo. No hay *Macrocystis integrifolia*.

Taltal: Este sector de evaluación abarca desde Paposo hasta el Puerto de Taltal (Punta Taltal) (**TABLA 8**). El litoral de este sector es semejante al descrito para Paposo. La accesibilidad a la costa es a través de huellas sobre una estrecha terraza marina. El cinturón de *L. nigrescens* caracteriza el intermareal con un ancho promedio de 3 m. En los ambientes rocosos submareales, el ancho de la pradera de *L. trabeculata* es de 200 m sobre sustrato rocoso estable.

En este sector de evaluación no se detectaron varaderos naturales importantes de algas pardas, de manera que las recolecciones se realizan a lo largo de toda la costa que funciona como un extenso varadero que continuamente descarga algas desprendidas que llegan a la costa en muy baja abundancia, principalmente *L. nigrescens*. Existe un AMERB en este sector de evaluación que corresponde al Sindicato de Caleta Bandurrias. El cinturón de *L. nigrescens* y las praderas de *L. trabeculata* presentan evidencias de explotación, caracterizado por altas abundancias de algas reclutas y juveniles. En ésta costa no se detectaron praderas de *Macrocystis integrifolia*.

Cifuncho: Este sector de evaluación abarca desde Punta Taltal (Puerto de Taltal) hasta la localidad de Esmeralda que indica el límite geo-político de la Región de Antofagasta con la Región de Atacama (**TABLA 8**). El litoral de este sector está caracterizado por ambientes rocosos muy expuestos al oleaje, playas de bolones y de arenas, una cordillera de la costa muy pegada al mar. Así, la accesibilidad a la costa está restringida a rutas que llegan al mar por el sendero de quebradas. El cinturón de *L. nigrescens* caracteriza el intermareal bajo, con una extensión vertical promedio de 3 m. En los ambientes rocosos submareales someros de este sector de evaluación, *L. trabeculata* forma praderas continuas con un ancho promedio de 200 m.

Varios varaderos naturales de algas pardas fueron detectados en este sector de evaluación. Aunque, la recolección de algas desprendidas y varadas de *L. nigrescens* y *L. trabeculata* se realiza a lo largo de toda la costa. Existen tres AMERB en este sector de evaluación que corresponden a Sindicatos de Cifuncho y de Taltal. El cinturón de *L. nigrescens* y las praderas de *L. trabeculata* presentan evidencia de explotación, pero en una etapa de renovación de la pradera caracterizada por reclutas y juveniles. En la costa del sector de evaluación no se detectaron huerales de *Macrocystis integrifolia*.

4.2.1.2. Determinación de la biomasa total y cosechable de algas pardas en el norte de Chile.

La abundancia promedio de algas pardas en los sectores de evaluación es presentada en la **TABLA 9**. La abundancia de *Lessonia nigrescens* varía entre sectores, con abundancias mínimas en los sectores de evaluación donde el cinturón de algas pardas está ausente, principalmente en zonas urbanas o en presencia de actividades mineras, tales como Iquique, Tocopilla, Michilla y Antofagasta donde no se detectaron plantas en las unidades de muestreo. Cuando el cinturón de *L. nigrescens* está presente en el sector de evaluación, la abundancia promedio osciló en un rango de entre 4,72 y 7,67 plantas por m².

La abundancia de *L. trabeculata* estimada en la prospección varía entre sectores de evaluación con un promedio para el área de estudio (XV, I y II Regiones), de $0,85 \pm 0,65$ plantas por m². Los valores de abundancia promedio de esta alga parda en la Región de Arica y Parinacota (XV Región) son cercanos a la abundancia promedio del área de estudio (**TABLA 9**). En la Región de Tarapacá (I Región), las abundancias mínimas de *L. trabeculata* se detectaron en los sectores de evaluación de Chanavaya y Pisagua mientras que las máximas abundancias ocurren en el sector de San Marcos. Los otros sectores de evaluación presentan abundancias cercanas a la abundancia promedio del área de estudio (**TABLA 9**). En la Región de Antofagasta (II Región), las abundancias mínimas de *L. trabeculata* se detectan en el sector de Caleta Colorada. En cambio, la mayor abundancia de esta alga parda en la Región y en el área de estudio se detecta en el sector de Cobija. Aunque otros sectores como Urco, El Cobre, Tragagente y Cifuncho Península de Mejillones presentan abundancia de *L. trabeculata* mayores a una planta·m⁻² (**TABLA 9**).

La distribución de las praderas de *Macrocystis integrifolia* está concentrada sólo en algunos sectores de evaluación a lo largo de la costa (e.g. Camarones, Pisagua, Caramucho, Chanavaya, San Marcos, Chipana, Urco, Península de Mejillones). El número de praderas varía entre sectores de evaluación, mientras que la extensión cubierta varía entre praderas. La

abundancia promedio de *Macrocystis* también varía entre praderas, y entre los sectores de evaluación donde está presente, oscilando entre 2,17 y 3,59 plantas por m² (**TABLA 9**).

Lessonia nigrescens

La distribución de la biomasa húmeda promedio por m² de *Lessonia nigrescens* en los sectores de evaluación ubicados sistemáticamente a lo largo del área de estudio no es homogénea (**FIG. 17**), si se considera que ésta especie de alga parda forma un cinturón continuo a lo largo de la costa expuesta del norte de Chile. La disrupción del cinturón ocurre en los sectores de evaluación ubicados en los puertos del norte de Chile (e.g. Iquique, Antofagasta), donde se detecta un fuerte impacto antropogénico sobre los patrones de distribución y abundancia de *L. nigrescens* (**FIG. 17**). Este impacto negativo también ocurre en localidades donde hubo un desarrollo de actividades mineras por muchos años (e.g. Michilla). Esto demuestra la sensibilidad de este recurso renovable a las actividades industriales y portuarias, las cuales han producido procesos de extinción local de sus poblaciones que actividades de repoblamiento.

TABLA 9. Abundancia de algas pardas por sector de evaluación, expresado en número de plantas por m² (Media ± desviación estándar).

Región	Sector de Evaluación	<i>Lessonia nigrescens</i>	<i>Lessonia trabeculata</i>	<i>Macrocystis integrifolia</i>
XV	Camarones	5,92 ± 3,14	0,95 ± 0,48	2,50 ± 1,02
I	Pisagua	4,95 ± 1,45	0,44 ± 0,70	2,56 ± 1,15
I	Iquique	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00
I	Los Verdes	4,72 ± 1,86	0,86 ± 0,62	0,00 ± 0,00
I	Caramucho	7,30 ± 2,78	0,90 ± 1,18	2,78 ± 2,29
I	Chanavaya	6,56 ± 1,58	0,05 ± 0,11	2,43 ± 1,97
I	San Marcos	6,85 ± 2,51	1,43 ± 0,86	3,37 ± 2,54
I	Chipana	7,04 ± 2,76	0,85 ± 0,79	3,59 ± 2,46
II	Urco	5,87 ± 2,15	1,46 ± 0,78	2,91 ± 1,91
II	Tocopilla	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00
II	Cobija	6,61 ± 2,30	2,52 ± 1,28	0,00 ± 0,00
II	Michilla	0,00 ± 0,00	0,68 ± 1,25	0,00 ± 0,00
II	Península de Mejillones	6,00 ± 1,92	0,97 ± 1,31	2,17 ± 1,03
II	Antofagasta	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
II	El Cobre	5,31 ± 1,72	1,31 ± 1,08	0,00 ± 0,00
II	El Tragagente	4,98 ± 1,56	1,31 ± 1,08	0,00 ± 0,00
II	Caleta Colorada	5,73 ± 1,94	0,28 ± 0,03	0,00 ± 0,00
II	Paposo	6,33 ± 1,15	0,69 ± 0,38	0,00 ± 0,00
II	Taltal	7,47 ± 1,92	0,63 ± 0,75	0,00 ± 0,00
II	Cifuncho	5,40 ± 1,35	1,70 ± 0,48	0,00 ± 0,00

La biomasa húmeda promedio por m² puede ser considerada un indicador de la presión de cosecha en cada sector de evaluación. Sectores de evaluación identificados como intervenidos durante la presente prospección tiene biomásas promedios cercanas a 20 kg·m⁻². En contraste, sectores menos intervenidos presentan biomásas promedios por sobre los 30 kg·m⁻². Sin embargo, la alta variabilidad de la medida de dispersión con respecto al promedio

sugiere que la cosecha ocurre en todos los sectores evaluados (**FIG. 17**); aunque no parece ser tan intensa en comparación con la III y IV regiones donde se ha establecido que en una localidad con alta presión de cosecha la biomasa total disponible promedio alcanza niveles por debajo de los $10 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

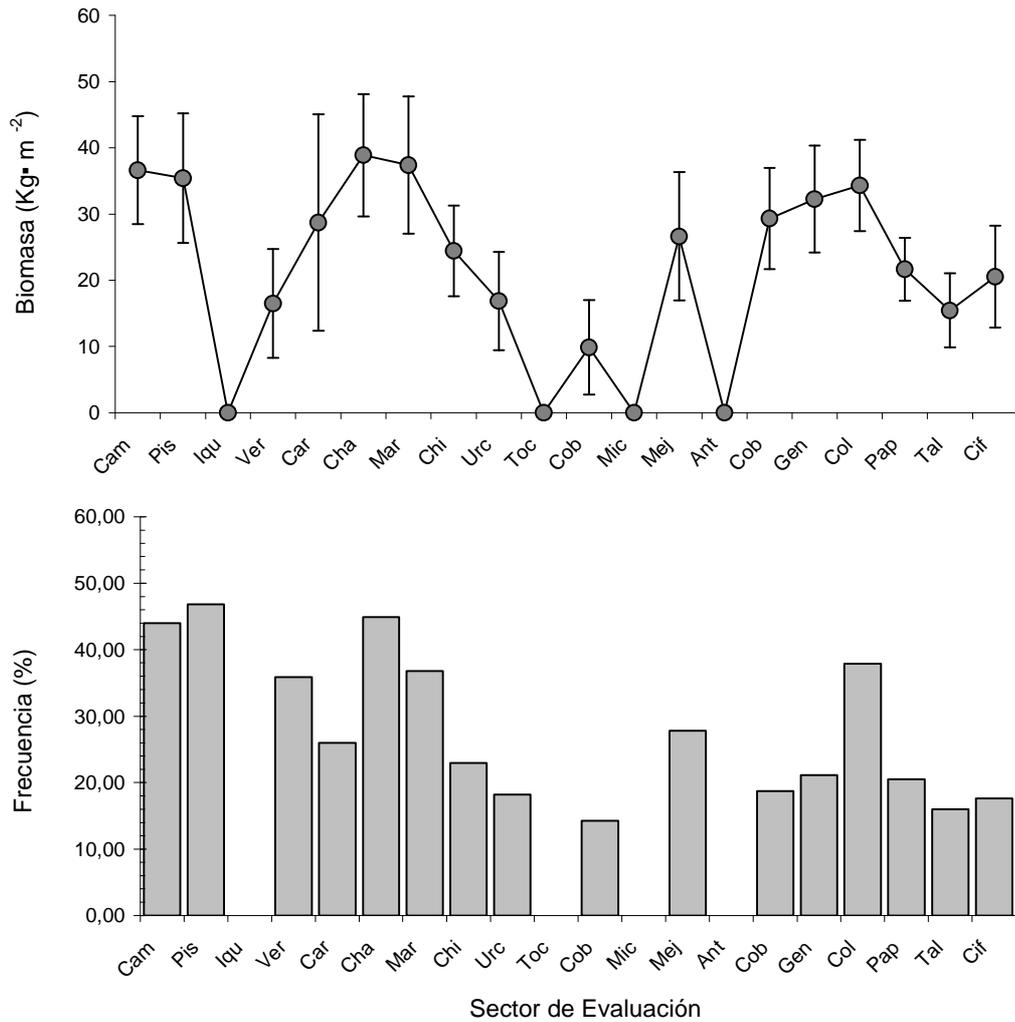


FIGURA 17. Biomasa húmeda total promedio por m^2 (media \pm ee; A) y biomasa cosechable (expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión \geq a 20 cm; B) de *Lessonia nigrescens* en cada sector de evaluación.

La biomasa cosechable de *L. nigrescens* en cada sector de evaluación, expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión ≥ 20 cm, también puede ser considerado como un indicador de cosecha complementario. Cuando la biomasa cosechable de *L. nigrescens* oscila entre el 10 y 20%, entonces sugiere que el cinturón está en una etapa de renovación post-cosecha; mientras que una disminución drástica de la biomasa cosechable ($< 10\%$) sugiere una cosecha intensiva sobre la pradera (**FIG. 17**).

En general, parece ser que las poblaciones de *L. nigrescens* de Urco, Cobija, El Cobre, Paposo, Taltal y Cifuncho estarían en una etapa de renovación post-cosecha. Mientras que en los sectores de evaluación ubicadas en el extremo norte de Chile (e.g. Camarones, Pisagua), la señal de presión de cosecha en las poblaciones es menos intensa, aún cuando también ocurre explotación intensiva. No se detectaron poblaciones con signos de sobre-cosecha en alguno de los sectores de evaluación (**FIG. 17**). Sin embargo, la accesibilidad a la costa no parece ser una restricción para cosechar *L. nigrescens*, debido a que en los sectores de evaluación caracterizados por la poca accesibilidad a la costa los indicadores sugieren que las poblaciones están en un estado de renovación post-cosecha (e.g. Paposo, Cifuncho).

La biomasa total de *L. nigrescens* evaluada en el norte de Chile en función de los metros lineales de costa, el ancho promedio del cinturón y la biomasa promedio por sector de evaluación es presentada en la **TABLA 10**. En la XV Región la biomasa total de *L. nigrescens* estimada es de 7.194 toneladas húmedas de alga de las cuales, de acuerdo al criterio de explotación vigente (cosecha de algas con diámetro del disco ≥ 20 cm), se pueden extraer 3.164 toneladas húmedas. Para la I Región la biomasa total estimada es de 13.643 toneladas húmedas de alga y se pueden extraer 5.608 ton. Mientras que para la II Región la biomasa estimada es de 21.392 ton húmedas de alga de las cuales se puede extraer 5.604 ton. En el área de estudio, la biomasa disponible de *L. nigrescens* es de 42.230 ton húmedas.

TABLA 10. Biomasa total y Biomasa cosechable de *Lessonia nigrescens* por sector de evaluación, Región y área de estudio. Valores expresados en toneladas de alga húmeda.

Región	Sector de Evaluación	Biomasa Total	Biomasa cosechable
XV	Camarones	7.194,00	3.165,40
XV	TOTAL	7.194,00	3.165,40
I	Pisagua	8.042,60	3.766,30
I	Iquique	0,00	0,00
I	Los Verdes	1.650,92	592,35
I	Caramucho	1.721,64	447,11
I	Chanavaya	523,46	235,14
I	San Marcos	1.278,83	470,10
I	Chipana	425,71	97,66
I	TOTAL	13.643,17	5.608,66
II	Urco	1.196,49	217,52
II	Tocopilla	0,00	0,00
II	Cobija	432,90	61,86
II	Michilla	0,00	0,00
II	Península de Mejillones	7.608,63	2.113,68
II	Antofagasta	0,00	0,00
II	El Cobre	2.222,64	841,94
II	El Tragagente	213,23	80,77
II	Caleta Colorada	2.596,54	983,57
II	Paposo	1.842,24	377,84
II	Taltal	307,04	49,13
II	Cifuncho	4.973,15	877,76
II	TOTAL	21.392,86	5.604,07
TOTAL		42.230,03	14.378,13

Macrocystis integrifolia

Un total de 41 praderas de *Macrocystis integrifolia* fueron observadas e identificadas en el área de estudio, una de cuales está ubicada en la XV Región, otras 26 están localizadas en la I Región y 14 en la II Región (**TABLA 11**). De un total de 1.119 ha cubiertas por *Macrocystis*

en el área de estudio sólo un 3% corresponde a praderas ubicadas en la XV Región, mientras que el resto lo componen praderas ubicadas en la I Región (27%) y II Región (70%). Cabe destacar que una pradera fue considerada como un parche geográfico del litoral constituido por una población de esporofitos adultos de *Macrocystis* que abarca un área superficial cubierta \geq 0,5 ha. Considerando lo anterior, la distribución de las praderas de *Macrocystis* en el área de estudio está restringida a áreas particulares dentro de algunos sectores de evaluación establecidos para realizar la prospección (**FIG. 18**; ver mapas de distribución de algas pardas).

El tamaño y extensión de las praderas de *Macrocystis*, expresado como área cubierta en hectáreas, es muy variable entre (y dentro de) los sectores de evaluación (**TABLA 11**). Las praderas de *Macrocystis* alcanzan la máxima distribución y las mayores abundancias en hábitats caracterizados por una suave pendiente batimétrica, una alta disponibilidad de sustrato rocoso y un moderado movimiento de agua (*i.e.* Punta Gorda, Chipana, Urco, Isla Santa María). A medida que aumenta la exposición al oleaje en los ambientes rocosos, la pradera se comprime y/o fragmenta adquiriendo la extensión y la forma de hábitats más pequeños y semi-protegidos producidos por roqueríos, radas y/o caletas (*i.e.* Chanavaya, Río Seco, Chanavayita). En ambientes muy expuestos al oleaje que frecuentemente interrumpen la continuidad de la pradera, tales como laderas sur de istmos y penínsulas, es posible observar a *Macrocystis* en pozas de marea formando pequeños parches aislados. En cambio, el desarrollo de praderas de *Macrocystis* en ambientes protegidos al oleaje es frecuente, pero depende de la disponibilidad de sustrato rocoso, el cual es relativamente escaso en bahías del norte de Chile.

En general, no se observaron actividades de cosecha de plantas completas o de poda de frondas de *Macrocystis* en alguna de las praderas, por lo que la biomasa promedio obtenida en cada sector de evaluación corresponde a la biomasa total disponible calculada como el producto del área total cubierta por la pradera y la biomasa disponible por m^2 . De esta forma, se determinó que las máximas abundancias de *Macrocystis* se obtuvieron en los sectores de evaluación de Camarones, San Marcos y Chipana con cerca de $30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, mientras que las

mínimas se detectan en Caramucho y Chanavaya con casi 10 kg·m² (**FIG. 18**). Los sectores de evaluación de Pisagua, Urco y Península de Mejillones presentan biomazas intermedias (ca. 20 kg·m²) (**FIG. 18**).

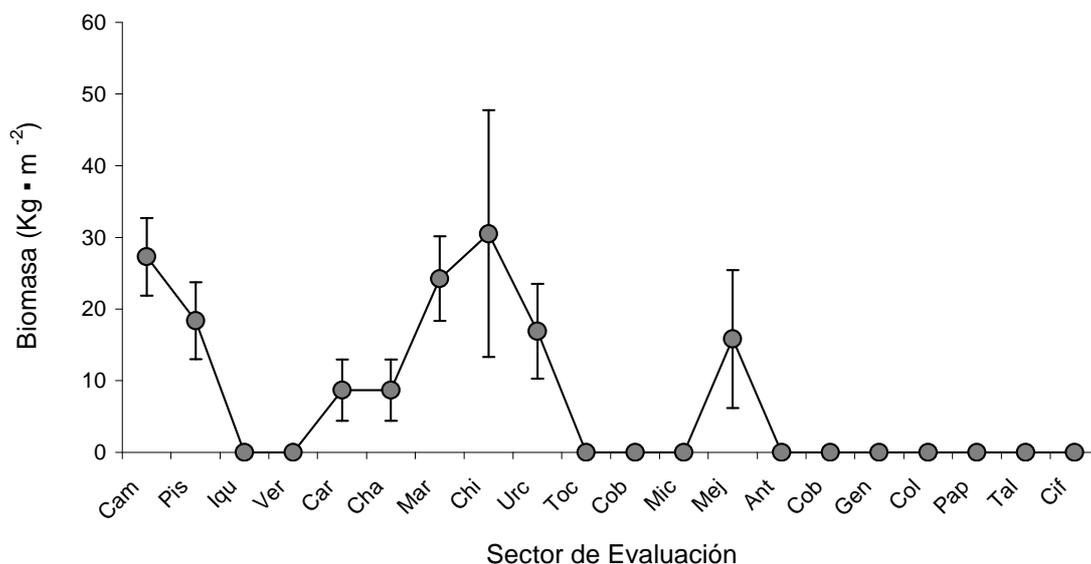


FIGURA 18. Biomasa húmeda total promedio por m² (media ± ee) de *Macrocyctis integrifolia* en las praderas detectadas en cada sector de evaluación.

El criterio para establecer un estimador de biomasa cosechable de plantas de *Macrocyctis* puede ser obtenido en función de la mortalidad natural (50% de la biomasa total disponible) o de la biomasa podada (70% de la biomasa total disponible). La estimación de la biomasa cosechable en función de la mortalidad natural se basa en que durante el ciclo anual, la pradera pierde en promedio cerca del 50% de la biomasa producida. Este porcentaje de biomasa cosechable es el resultado de la diferencia entre la biomasa mínima y la máxima durante el año para el norte de Chile. Esta diferencia fue obtenida de registros históricos de biomasa de *Macrocyctis* estimadas en otoño-invierno y en primavera-verano respectivamente.

La estimación de la biomasa cosechable basada en la poda supone que el alguero retira el 70% del peso de la planta a través del corte de las frondas a un metro por sobre el disco de

adhesión, con la condicionante de no tocar las frondas nuevas ni las estructuras reproductivas (esporófilas) de la fronda (FIP 2005-22).

Como en este estudio no se observaron actividades de cosecha, se aplicó el criterio de mortalidad natural para estimar la biomasa cosechable (Vásquez 2008). La biomasa total disponible y la biomasa cosechable de *Macrocystis integrifolia* estimada para los sectores de evaluación donde hay praderas de esta alga parda es presentada en la **TABLA 12**. De acuerdo a nuestros resultados, la única pradera detectada en la XV Región presenta una biomasa total disponible de 8.334 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de cosecha del 50% se pueden extraer 4.167 toneladas de alga húmeda. En la I Región, la biomasa total disponible considerando todas las praderas es de 57.504 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de cosecha del 50% se pueden extraer 28.752 toneladas de alga húmeda. La biomasa total disponible en las praderas de la II Región es de 131.407 toneladas de alga húmeda, de las cuales se pueden extraer una cantidad de 65.703 toneladas de alga húmeda.

El área cubierta por las praderas de *Macrocystis* en cada Región corresponde con la biomasa total disponible estimada, de manera que de las 197.247 toneladas húmedas estimadas para este recurso en el área de estudio la XV Región contiene el 4% de la biomasa disponible, la I Región el 29% de la biomasa disponible y la II Región el 67% de biomasa disponible, respectivamente.

La distribución agregada y en parches de las poblaciones de *Macrocystis integrifolia* en el área de estudio, y su importancia ecológica como hábitats para otras especies, debe ser considerada al momento de planificar estrategias de conservación de praderas de algas pardas, tales como parques y reservas marinas. Un criterio de selección son las localidades que contengan praderas mixtas de *Lessonia* y *Macrocystis* (i.e. Camarones, Pisagua, Chipana, Urco y particularmente la Península de Mejillones).

TABLA 11. Cobertura areal de las praderas de *Macrocystis integrifolia* detectadas en cada sector de evaluación, expresado en hectáreas.

Región	Sector de EVALUACIÓN	Nombre localidad	Coordenadas Geográficas			Area cubierta por la pradera (Hás)
			Latitud S	Longitud O		
XV	Camarones	Al Norte de Pta Madrid	19 0 28	70 18 61	30,53	
XV	TOTAL				30,53	
I	Camarones	Pta Camarones	19 13 53	70 16 53	4,73	
I	Camarones	Pta Gorda #1	19 17 19	70 17 2	7,05	
I	Camarones	Pta Gorda #2	19 17 40	70 16 40	5,96	
I	Camarones	Pta Gorda #3	19 18 14	70 16 46	7,49	
I	Camarones	Pta Gorda #4	19 20 15	70 15 24	24,23	
I	Pisagua	Pta Gorda #5	19 22 1	70 14 51	84,65	
I	Pisagua	n.n.	19 25 8	70 13 41	31,59	
I	Pisagua	Bahía Pisagua	19 34 28	70 12 17	7,93	
I	Pisagua	Cta Ojanaza	19 37 23	70 12 14	8,31	
I	Caramucho	Cta Yapes	20 40 15	70 11 22	1,87	
I	Caramucho	Cta Chanavayita #1	20 42 10	70 11 43	1,2	
I	Caramucho	Cta Chanavayita #2	20 42 15	70 11 51	1,95	
I	Caramucho	Cáñamo	20 48 0	70 11 36	0,86	
I	Chanavaya	Chanavaya	20 53 53	70 8 23	2,06	
I	Pta Patache	Farellones de Torrecilla	20 58 16	70 8 57	4,21	
I	San Marcos	Río Seco (La Portada)	20 59 25	70 9 36	3,97	
I	San Marcos	Cta Río Seco	20 59 30	70 9 39	17,08	
I	San Marcos	Pta Lobos (Río Seco)	21 1 15	70 10 49	4,32	
I	San Marcos	San Marcos (Pta Chomache)	21 7 10	70 7 66	21,42	
I	Chipana	Ike Ike	21 9 30	70 7 39	15,69	
I	Chipana	Pta Guanillo del Norte	21 12 5	70 5 86	3,15	
I	Chipana	Pta Blanca (Peña Blanca)	21 14 30	70 5 26	5,71	
I	Chipana	Chipana Pradera #4	21 16 55	70 4 61	16,2	
I	Chipana	Chipana Pradera #3	21 19 13	70 5 4	6,68	
I	Chipana	Chipana Pradera #2	21 19 37	70 5 14	8,68	
I	Chipana	Chipana Pradera #1	21 20 17	70 5 49	7,46	
I	TOTAL				304,45	
II	Urco	Pta Chileno	21 28 55	70 4 48	82,97	
II	Urco	Pta Chileno	21 28 17	70 4 16	76,85	
II	Urco	Cta Lautaro (Huachán)	21 31 58	70 4 23	60,5	
II	Urco	Pta Colipí	21 33 50	70 5 23	22,83	
II	Urco	Pta Arenas (La Herradura)	21 36 50	70 6 34	90,26	
II	Urco	Piedra Negra	21 39 5	70 8 94	63,91	
II	Urco	Urco	21 42 53	70 8 44	103,73	
II	Urco	La Cuchara	21 49 50	70 4 9	193,08	
II	Península de Mejillones	Pta Angamos #1	23 4 25	70 33 34	2,64	
II	Península de Mejillones	Pta Angamos #2	23 4 59	70 34 36	7,16	
II	Península de Mejillones	Cta Constitución	23 24 36	70 36 3	22,63	
II	Península de Mejillones	Cta Errázuriz	23 25 35	70 35 23	18,96	
II	Península de Mejillones	Isla Sta María #1	23 26 4	70 36 6	7,77	
II	Península de Mejillones	Isla Sta María #2	23 26 48	70 36 37	30,93	
II	TOTAL				784,22	
	TOTAL AREA DE ESTUDIO				1.119,20	

TABLA 12. Biomasa total y biomasa cosechable de *Macrocystis integrifolia* por sector de evaluación, Región y área de estudio. Valores expresados en toneladas de agua húmeda.

Región	Sector de Evaluación	Biomasa Total	Biomasa Cosechable
XV	Camarones	8.334,91	4.167,45
XV	TOTAL	8.334,91	4.167,45
I	Pisagua	26.491,68	13.245,84
I	Iquique	0,00	0,00
I	Los Verdes	0,00	0,00
I	Caramucho	508,75	254,37
I	Chanavaya	225,37	112,68
I	San Marcos	11.704,64	5.852,32
I	Chipana	18.574,48	9.287,24
I	TOTAL	57.504,93	28.752,46
II	Urco	117.238,27	58.619,14
II	Tocopilla	0,00	0,00
II	Cobija	0,00	0,00
II	Michilla	0,00	0,00
II	Península de Mejillones	14.169,55	7.084,77
II	Antofagasta	0,00	0,00
II	El Cobre	0,00	0,00
II	El Tragagente	0,00	0,00
II	Caleta Colorada	0,00	0,00
II	Paposo	0,00	0,00
II	Taltal	0,00	0,00
II	Cifuncho	0,00	0,00
II	TOTAL	131.407,82	65.703,91
	TOTAL AREA DE ESTUDIO	197.247,66	98.623,83

Lessonia trabeculata

Lessonia trabeculata es una especie de alga parda que forma praderas submareales continuas a lo largo de la costa expuesta del norte de Chile. La distribución de la biomasa promedio de *L. trabeculata* no es homogénea en los sectores de evaluación (**FIG. 19**). Al igual que con *L. nigrescens*, la interrupción de las praderas de *L. trabeculata* se detecta en los sectores de evaluación ubicados en los puertos del norte de Chile (e.g. Iquique, Tocopilla y Antofagasta) y en localidades donde se ha desarrollado por muchos años actividad minera (e.g. Michilla). Las actividades mineras afectan los patrones de distribución y abundancia de *L. trabeculata* debido a la descarga de residuos sólidos y líquidos al mar (Vásquez *et al.* 1999), las cuales producen extinción local de sus poblaciones (Vásquez *et al.* 2000).

La biomasa promedio, considerada como un indicador de presión de cosecha en *L. nigrescens* es poco sensible para praderas *L. trabeculata*. Por esta razón, no fue posible identificar praderas intervenidas de *L. trabeculata* en la mayoría de los sectores de evaluación durante la presente prospección. Sin embargo, la alta variabilidad en la medida de dispersión del promedio sugiere que ocurre cosecha en algunos sectores de evaluación (e.g. Península de Mejillones; **FIG. 19**). Por otra parte, la observación directa de praderas intervenidas de *L. trabeculata* durante las campañas de muestreo sugiere que la cosecha es más intensa en praderas de la Región de Antofagasta (e.g. Urco, Cifuncho). De acuerdo a este criterio, la presión de cosecha de *L. trabeculata* en la Región de Tarapacá parece ser menor (e.g. San Marcos) y nula en la Región de Arica y Parinacota.

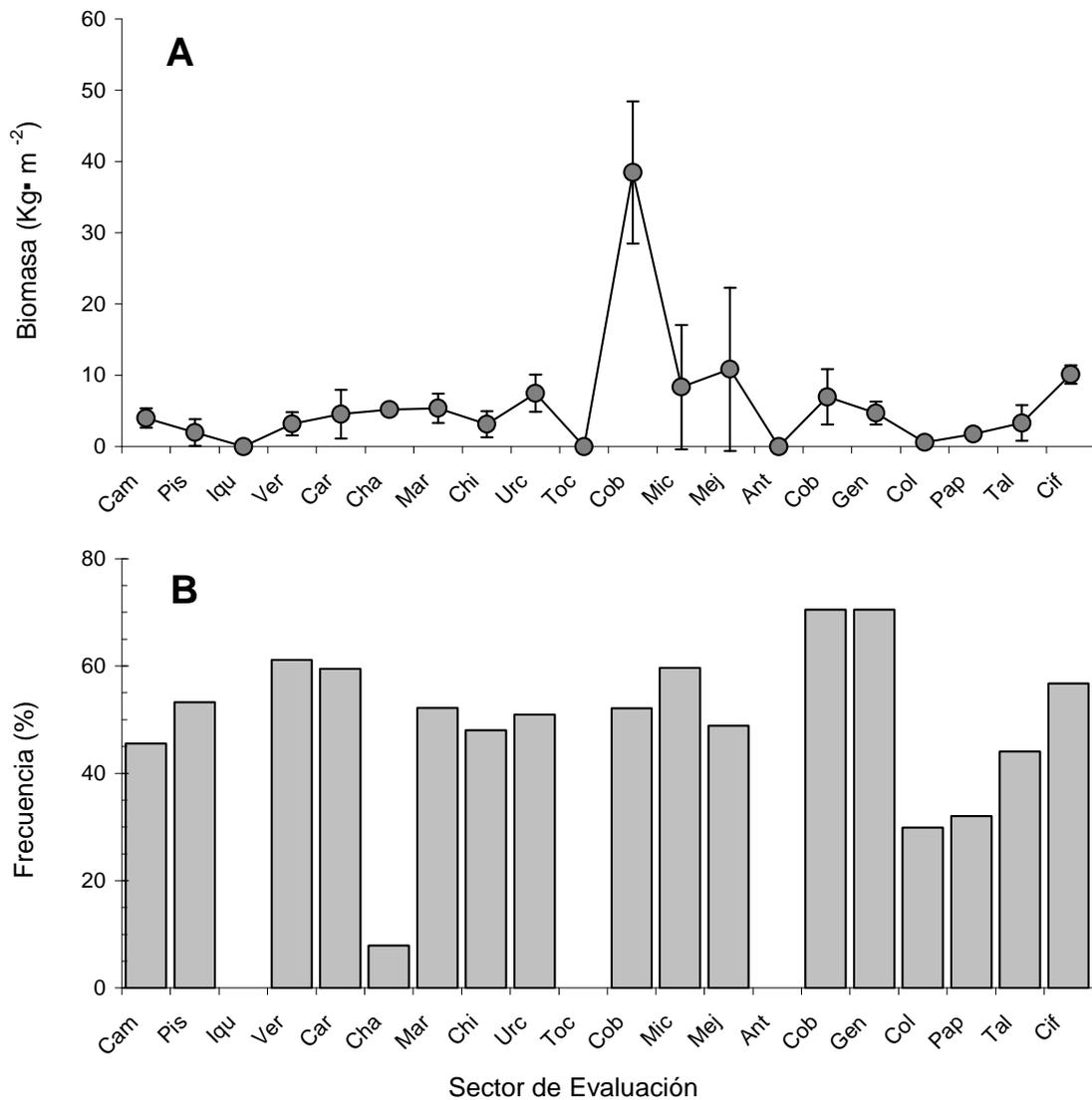


FIGURA 19. Biomasa total promedio húmeda por m² (media ± ee; A) y biomasa cosechable (expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión ≥ a 20 cm; B) de *Lessonia trabeculata* en cada sector de evaluación.

De manera semejante a *L. nigrecens*, la biomasa cosechable de *L. trabeculata* en cada sector de evaluación, expresado como porcentaje de plantas prospectadas con diámetro del disco de adhesión ≥ 20 cm, también puede ser considerado como un indicador de cosecha

complementario. Cuando la biomasa cosechable de *L. trabeculata* oscila entre el 10 y 20% entonces sugiere que la pradera está en una etapa de renovación post-cosecha; mientras que una disminución drástica de la biomasa cosechable (< 10%) sugiere una cosecha intensiva sobre la pradera. Esta última situación podría ocurrir en el sector de evaluación de Chanavaya. Renovación post cosecha podría ser sugerida para los sectores de evaluación de Caleta Colorada y Paposó, mientras que el resto de las praderas evaluadas estarían en un estado natural sin explotación o muy poco explotadas (e.g. Cifuncho, Esmeralda) (**FIG. 19**).

La biomasa total de *L. trabeculata* evaluada en el norte de Chile en función de los metros lineales de costa, el ancho promedio del cinturón y la biomasa húmeda promedio por sector de evaluación es presentada en la **TABLA 13**. En la XV Región la biomasa húmeda total estimada de *L. trabeculata* fue de 78.754 toneladas de alga, de las cuales, de acuerdo al criterio de explotación vigente (cosecha de plantas con diámetro del disco ≥ 20 cm) se podrían extraer 35.841 toneladas. Para la I Región, la biomasa total estimada fue de 135.058 toneladas húmedas de alga de las cuales se podría extraer 72.498 toneladas. La II Región, con su gran extensión de área disponible para este recurso da una estimación de una biomasa total de 706.374 toneladas húmedas, con una fracción explotable de 382.821 toneladas (**TABLA 13**).

TABLA 13. Biomasa Total y Biomasa cosechable de *Lessonia trabeculata* por Sector de Evaluación, Región y área de estudio. Valores expresados en toneladas de alga húmeda.

Región	Sector de Evaluación	Biomasa Total	Biomasa Cosechable
XV	Camarones	78.754,30	35.841,08
XV	TOTAL	78.754,30	35.841,08
I	Pisagua	44.757,07	23.846,57
I	Iquique	0,00	0,00
I	Los Verdes	32.082,20	19.599,01
I	Caramucho	27.306,03	16.252,55
I	Chanavaya	7.026,76	557,92
I	San Marcos	18.372,40	9.592,23
I	Chipana	5.513,75	2.649,91
I	TOTAL	135.058,20	72.498,19
II	Urco	53.032,31	27.014,66
II	Tocopilla	0,00	0,00
II	Cobija	168.819,09	88.039,16
II	Michilla	0,00	0,00
II	Península de Mejillones	206.402,37	100.827,56
II	Antofagasta	0,00	0,00
II	El Cobre	90.303,95	63.682,34
II	El Tragagente	5.839,07	4.117,71
II	Caleta Colorada	4.463,68	1.334,64
II	Paposo	9.885,78	3.166,41
II	Taltal	4.380,81	1.930,18
II	Cifuncho	163.246,75	92.707,83
II	TOTAL	706.373,80	382.820,50
	TOTAL AREA DE ESTUDIO	920.186,30	491.159,77

4.3. Caracterizar y estimar la mortalidad natural (varazones) de las especies de algas pardas de importancia comercial en la XV, I y II regiones (Objetivo específico 3).

Durante el estudio se realizó el reconocimiento de los varaderos históricos de algas pardas en los distintos sectores de evaluación establecidos a lo largo de la Región de Tarapacá y de Antofagasta (**TABLA 14**). Durante el reconocimiento, además, se seleccionaron distintos varaderos para efectuar la cuantificación de la mortalidad natural de las distintas especies de algas pardas.

El monitoreo espacial y temporal de seis varaderos históricos en el área de estudio indica que la mortalidad de algas pardas en función del arribo de algas a la costa depende: (1) de la composición y abundancia de las poblaciones de algas pardas aledañas al varadero, (2) de las características topográficas del sector, (3) del clima oceanográfico en el momento en que se realiza la estimación de algas varadas (*i.e.* mar con marejada vs mar llana) y (4) de la intensidad de pesca ejercida sobre el recurso alga parda. Es en este contexto que se recomienda continuar con las restricciones establecidas en las Pescas de Investigación de algas pardas para la XV, I y II Región durante el período 2009-2010, y dirigir esta actividad a la recolecta de material varado producido por mortalidad natural.

La mortalidad natural en poblaciones de *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata* sin cosecha en el norte de Chile alcanza un 25% del stock total, mientras que para *Macrocystis integrifolia* puede llegar hasta el 50% del stock total (Vásquez 1999). Estacionalmente, la mortalidad natural de algas pardas aumenta en verano-otoño y disminuye en invierno-primavera en correspondencia con el cambio estacional del clima oceanográfico. Sin embargo, este patrón puede ser interrumpido anualmente por el evento El Niño.

TABLA 14. Registro de varaderos históricos identificados durante la prospección de algas pardas en los sectores de evaluación en el norte de Chile. Se indica el sector de evaluación, el nombre y las coordenadas geográficas de localidad donde se ubica el varadero, y la especie principal de alga parda que arriba a la costa. √: indica presente; x: indica ausente.

SECTOR DE EVALUACION	LOCALIDAD	Latitud S			Longitud O			Ln	Lt	Mi
Cerro Camarca	Corazones	18	33	15	70	19	57	√	√	x
Cerro Camarca	Pta. Bequedano	18	38	35	70	20	54	√	√	x
Pta. Madrid	Cta. Vitor	18	45	51	70	20	28	√	√	x
Cta. Camarones	Los Cagados	19	13	2	70	17	12	√	√	x
Pta. Gorda	La Embustera	19	17	9	70	17	15	√	√	√
Pta. Gorda	Chuzmiza	19	18	0	70	16	82	√	√	√
Pta. Gorda	Cta. Chica	19	19	50	70	15	96	√	√	√
Pisagua	Cta. Colorada	19	30	10	70	12	22	x	√	x
Pisagua	La Lobera	19	36	8	70	14	12	√	√	x
Pisagua	Pta. Pichalo	19	36	25	70	13	33	√	√	x
Pisagua	Cta. Ojanaza	19	37	15	70	12	50	√	√	√
Pisagua	Cta. Junín	19	39	55	70	10	16	√	√	√
Los Verdes	Pta. Gruesa	20	22	16	70	10	51	√	√	x
Los Verdes	Cta. Los Verdes	20	26	5	70	9	39	√	√	x
Caramucho	Cta. Caramucho	20	39	46	70	11	9	√	√	x
Chanavaya	Chanavaya	20	52	50	70	8	31	√	x	√
San Marcos	San Marcos	21	5	10	70	7	31	x	x	√
San Marcos	Cta. San Marcos	21	6	53	70	7	26	x	x	√
San Marcos	Al Sur Cta. San Marcos	21	7	6	70	7	35	x	√	√
San Marcos	Al Norte de Ike Ike	21	7	28	70	7	45	x	x	√
Chipana	Farellones de Chipana	21	19	15	70	4	13	x	x	√
Chipana	Cta. Chipana	21	20	28	70	5	48	x	x	√
Chipana	Cta. Chipana	21	20	15	70	5	46	x	x	√
Pta. Arenas	Pta. Arenas	21	38	4	70	8	21	x	x	√

TABLA 14. Continuación...Registro de varaderos históricos identificados durante la prospección de algas pardas en los sectores de evaluación en el norte de Chile.

SECTOR DE EVALUACION	LOCALIDAD	Latitud S			Longitud O			Ln	Lt	Mi
La Cuchara		21	42	57	70	8	40	x	x	√
La Cuchara		21	49	11	70	8	42	x	x	√
La Cuchara		21	51	35	70	9	1	x	x	√
La Cuchara	Ramadita	21	51	7	70	8	40	x	√	√
La Cuchara	La Cuchara	21	53	38	70	10	5	x	x	√
Cobija	Elefante	22	15	26	70	14	6	√	x	x
Cobija	Atala	22	17	13	70	14	36	√	x	x
Cobija	Cta. Bandurria norte	22	25	57	70	15	26	x	√	x
Cobija	Cta. San Pedro	22	27	2	70	15	29	x	√	x
Cobija	Hornitos	22	51	39	70	17	47	√	√	x
Constitución	Bandurria	23	20	2	70	35	24	√	√	√
Constitución	El Lagarto	23	21	41	70	36	23	√	√	√
Constitución	El Lagarto	23	21	54	70	36	21	√	√	√
Constitución	El Lagarto	23	22	18	70	35	58	√	√	√
Constitución	Isla Santa María	23	26	0	70	36	14	x	√	√
Constitución	Isla Santa María	23	26	2	70	36	12	x	√	√
Constitución	Isla Santa María	23	26	12	70	36	41	√	√	√
Constitución	Isla Santa María	23	26	27	70	36	44	x	√	√
Constitución	Isla Santa María	23	26	29	70	36	39	x	√	√
Estación La Negra	El Lenguado	23	45	32	70	27	55	√	√	x
Estación La Negra	Los Fierros	23	47	16	70	29	26	x	√	x
Estación La Negra	Playa Escondida	23	51	8	70	30	28	√	√	x
Paposo	El Gaucho	24	58	78	70	28	17	√	√	x
Paposo	Salado	24	59	30	70	28	1	√	√	x
Taltal	Pta. Casacabeles	25	17	26	70	26	52	√	√	x
Taltal	Cta. Buena	25	25	59	70	31	19	√	√	x
Taltal	Cabecera Norte	25	26	49	70	31	10	√	√	x
Taltal	Coquimbito	25	27	14	70	31	23	√	√	x
Cifuncho	Tórtolas	25	31	58	70	38	38	√	√	x
Cifuncho	Las Lisas	25	34	6	70	38	22	√	√	x
Cifuncho	Esmeralda	25	53	19	70	41	25	√	√	x
Cifuncho	Guanillo	25	55	46	70	39	38	√	√	x
Cifuncho	Guanillo	25	56	43	70	38	57	√	√	x

4.3.1. Evaluación de la mortalidad natural de las poblaciones de algas pardas.

I Región

Punta Gruesa: Al sur de Iquique, en Punta Gruesa existe un varadero histórico (**TABLA 14**). Este varadero corresponde a un sistema de playas de bolones y plataformas rocosas expuestas al oleaje contenidas en una rada orientada al suroeste. En los roqueríos está presente el cinturón de *Lessonia nigrescens* con señales de intervención, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera de *L. trabeculata*. No hay praderas ni plantas intermareales de *Macrocystis* en los alrededores del varadero. El muestreo fue realizado en primavera con un estado del mar que varió desde marejadilla a fuerte marejada en tres días.

En este varadero, el arribo diario de algas pardas está mayormente constituido por *L. nigrescens* y en menor frecuencia por *L. trabeculata* (**TABLA 15**). El tamaño promedio de *L. nigrescens* que arriban a la costa en este varadero varió diariamente. En presencia de marejadilla, la estructura de tallas está compuesta principalmente por individuos juveniles y/o adultos del año (plantas < 20 cm de diámetro del disco basal), mientras que a medida que el mar cambia a marejada o fuerte marejada se incorporan a la varazón la fracción adulta de gran tamaño (e.g. día 2 y 3, respectivamente; **TABLA 15; FIG. 20**). Esta variabilidad en el tamaño de las algas que llegan al varadero sugiere que la mortalidad natural es dependiente de la fuerza del oleaje, de manera tal que el volumen de biomasa varada y la amplitud de las clases de talla que arriban a la costa aumentan directamente con la fuerza del oleaje. La mortalidad natural de *L. trabeculata* en este varadero presenta un patrón semejante al descrito para *L. nigrescens*, destacando el aumento en la mortalidad de juveniles y adultos con el incremento de la fuerza del oleaje. Aumentan también, la frecuencia y abundancia de trozos de plantas adultas de *L. trabeculata* que llegan a la costa, lo cual sugiere efectos subletales sobre las plantas adultas que constituyen la población submareal (**FIG. 20**).

Chanavaya: Caleta Chanavaya y alrededores son considerados por sus habitantes un varadero histórico (**TABLA 14**). Este varadero corresponde a un conjunto de pequeñas caletas y playas de arena contenidas dentro de un sistema de roqueríos compuesto por plataformas rocosas expuestas al oleaje, pero orientadas al oeste y/o noroeste. En los roqueríos está presente el cinturón de *Lessonia nigrescens* con señales de intervención, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera de *L. trabeculata*. Además, existe una pequeña pradera de *Macrocystis* que flanquea los alrededores del varadero. El muestreo fue realizado al mismo tiempo que en Punta Gruesa.

En este varadero, el arribo a la costa de algas pardas está mayormente constituido por plantas de *M. integrifolia* (**TABLA 15**). La estructura de tallas de *M. integrifolia* no fue establecida, puesto que al desprenderse del fondo se enredan con otras plantas formando parches flotantes de distintas dimensiones. Durante el transporte a la costa, particularmente al llegar a la playa, el parche se compacta, lo cual hace muy complicado identificar y separar cada una de las plantas que lo componen. Por esta razón, se estimó sólo la biomasa de *Macrocystis* que llega y vara en la playa, fenómeno que ocurrió todos los días de la evaluación, a una tasa de 2,5 ton por día (**TABLA 14**). Las varazones de *Macrocystis* también aumentan con la fuerza del oleaje, duplicando la biomasa desde una condición del mar de marejadilla a fuerte marejada (**TABLA 15**).

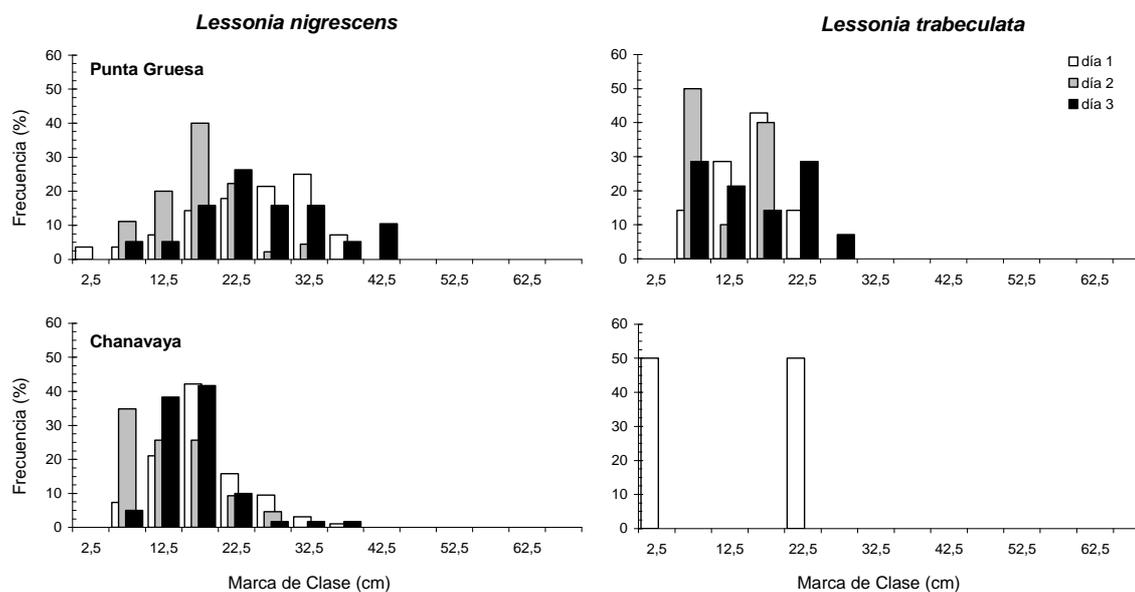


FIGURA 20. Variación diaria de la estructura de tallas de *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata* en función del diámetro del disco basal en dos varaderos de la I Región.

Cerca del 70% de *L. nigrescens* que arriban diariamente a la costa en este varadero durante la marejadilla corresponden a juveniles y a plantas del año, pero cuando la mar está en una condición de fuerte marejada, esta fracción de tamaños de planta aumenta a un 85% (TABLA 15; FIG. 20). La ausencia de la fracción adulta en la estructura de tallas de *L. nigrescens*, como la que fue encontrada y descrita en el varadero de Punta Gruesa con marejada, sugiere que el cinturón de algas pardas en el sector está intervenido por cosecha selectiva de plantas grandes.

La relación inversa entre la densidad y la biomasa de plantas varadas de *L. trabeculata* y la fuerza del oleaje en este varadero sugieren también que la mortalidad natural de plantas grandes podría acumularse en bolsones submarinos que pueden ser transportadas a la costa con el cambio de las corrientes y/o pueden ser arrastradas a otros varaderos. Así, la varazón de *L. trabeculata* en este varadero es intermitente y afecta principalmente a plantas juveniles. La presencia de fragmentos y trozos de plantas adultas de *L. trabeculata*, al igual que en Punta

Gruesa, sugieren un efecto subletal del movimiento del agua sobre las plantas que constituyen la población submareal.

TABLA 15. Evaluación de la mortalidad natural diaria de algas pardas en dos localidades de la I Región. Se indica la fecha, talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total de alga húmeda varada por especie de alga parda.

VARADEROS			Diámetro del disco (cm)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻² día ⁻¹)		Biomasa (Ton alga varada día ⁻¹)	
PUNTA GRUESA		Fecha	media	DS		media	DS	media	DS
<i>L. nigrescens</i>	Día 1	09/12/2009	16,87	5,44	71,1				
	Día 2	10/12/2009	24,25	8,64	28,6	8,88	3,72	6,55	
	Día 3	11/12/2009	25,63	9,66	26,3				
<i>L. trabeculata</i>	Día 1	09/12/2009	15,43	4,43	50,0				
	Día 2	10/12/2009	11,70	3,52	-	0,69	0,44	0,79	
	Día 3	11/12/2009	15,21	6,46	-				
CHANAVAYA		Fecha	media	DS		media	DS	media	DS
<i>L. nigrescens</i>	Día 1	09/12/2009	11,13	6,16	70,5				
	Día 2	10/12/2009	12,79	5,23	86,0	0,27	0,07	3,68	1,50
	Día 3	11/12/2009	15,25	5,10	85,0				
<i>L. trabeculata</i>	Día 1	09/12/2009	13,50	12,02	50,0				
	Día 2	10/12/2009	-	-	-	0,003	0,004	0,002	0,001
	Día 3	11/12/2009	-	-	-				
VARADERO			Peso (kg/m ²)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻² día ⁻¹)		Biomasa (Ton alga varada día ⁻¹)	
CHANAVAYA		Fecha	media	DS		media	DS	media	DS
<i>M. integrifolia</i>	Día 1	09/12/2009	2,32	3,70	-				
	Día 2	10/12/2009	1,60	3,01	-	2,43	3,77	1,93	0,99
	Día 3	11/12/2009	3,37	4,87	-				

Ike-ike: En esta localidad frecuentemente se observan parches de algas pardas varadas, pero aunque existen recolectores de algas se desconoce si corresponde a un varadero histórico. Sin embargo, este varadero es representativo del litoral que contiene el conjunto más importante de praderas de *Macrocystis* en el norte de Chile, ubicadas entre San Marcos y Caleta La Cuchara (**TABLA 14**). Este varadero abarca un conjunto de playas de arena contenidas dentro de un sistema de roqueríos compuesto por plataformas rocosas expuestas al oleaje y orientado al oeste y suroeste. En los roqueríos está presente el cinturón de *L. nigrescens*, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera mixta de *L. trabeculata* que domina hacia fondos profundos, y de *Macrocystis* que abunda en los fondos someros cercanos a la costa. Tres sectores del varadero fueron muestreados sistemáticamente durante una marea con mar rizada.

En este varadero, las algas pardas que llegan a la costa están mayormente representadas por plantas de *M. integrifolia* (**TABLA 16**). La estructura de tallas de *M. integrifolia* no fue establecida por la misma razón que en Chanavaya. Así, el arribo a la costa de *Macrocystis* fue de casi $2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, representando cerca de una tonelada diaria de alga que llega a la playa (**TABLA 16**). En esta localidad la frecuencia de plantas varadas de *L. nigrescens* fue muy baja, y representa sólo la mortalidad natural de individuos juveniles (**TABLA 16**). Aunque *L. trabeculata* estuvo ausente en las unidades de muestreo, fueron observadas algunas plantas juveniles y fragmentos de plantas adultas.

TABLA 16. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en una localidad de la I Región. Se indica la fecha, talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total de alga húmeda varada por especie de alga parda.

VARADERO		Diametro del disco (cm)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻²)		Biomasa (Ton alga varada)		
IKE-IKE	Fecha	media	DS		media	DS	media	DS	
<i>L. nigrescens</i>	sector 1	02/12/2009	5,57	0,53	100,0				
	sector 2	02/12/2009	5,75	2,01	100,0	0,23	0,22	0,14	-
	sector 3	02/12/2009	-	-	-				

VARADERO		Peso (kg/m ²)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻²)		Biomasa (Ton alga varada)		
IKE-IKE	Fecha	media	DS		media	DS	media	DS	
<i>M. integrifolia</i>	sector 1	02/12/2009	3,08	1,30	-				
	sector 2	02/12/2009	1,70	1,26	-	1,86	1,42	1,17	-
	sector 3	02/12/2009	0,78	0,56	-				

II Región

El Lagarto: Esta localidad, junto con Bandurrias e Isla Santa María son considerados los varaderos más representativos de la Península de Mejillones, los cuales son diariamente recorridos por los recolectores de algas (**TABLA 14**). Este varadero abarca un conjunto de caletas y playas de bolones que junto con roqueríos dan la forma fragmentada a esta costa semi-expuestas al oleaje orientada al oeste-noroeste. En los roqueríos está presente el cinturón de *Lessonia nigrescens*, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera de *Lessonia trabeculata*, aunque algunas plantas de *Macrocystis* forman parches en fondos someros y pozas cercanas al intermareal. Tres sectores del varadero fueron muestreados sistemáticamente durante una marea con mar rizada.

TABLA 17. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en un varadero histórico de la II Región, en la Península de Mejillones. Se indica la fecha, talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total de alga húmeda varada por especie de alga parda.

VARADERO		Diametro del disco (cm)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻²)		Biomasa (Ton alga varada)	
EL LAGARTO		Fecha	media	DS	media	DS	media	DS
<i>L. nigrescens</i>	sector 1	24/06/2009	17,59	5,76	70,5			
	sector 2	24/06/2009	20,86	3,82	28,6	9,26	4,44	4,64
	sector 3	24/06/2009	17,49	5,44	52,7			
<i>L. trabeculata</i>	sector 1	24/06/2009	11,94	4,51	100,0			
	sector 2	24/06/2009	10,29	4,18	95,9	1,38	0,55	0,69
	sector 3	24/06/2009	9,81	3,36	96,6			

VARADERO		Peso (kg/m ⁻²)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻²)		Biomasa (Ton alga varada)	
EL LAGARTO		Fecha	media	DS	media	DS	media	DS
<i>M. integrifolia</i>	sector 1	24/06/2009	5,42	1,56	-			
	sector 2	24/06/2009	1,94	2,78	-	5,37	3,51	2,69
	sector 3	24/06/2009	8,75	2,57	-			

En este varadero, las algas pardas que llegan a la costa están mayormente representadas por plantas *M. integrifolia* y *L. trabeculata* (TABLA 17). La varazón de *Macrocystis* en los sectores de evaluación fue de 5,4 kg·m⁻², que representan un total de 2,69 tons de alga al día que llegan al varadero (TABLA 17). Sin embargo, la frecuencia de plantas varadas de *L. nigrescens* es mayor, arribando a la costa cerca de 4,46 tons al día. En base a la distribución de tallas de *L. nigrescens* parece representar la mortalidad natural de una pradera intervenida (TABLA 17; FIG. 21), de manera semejante a Chanavaya. En la III y IV regiones, la mortalidad natural en poblaciones intervenidas presenta una distribución normal, con una moda entre las marcas de clase de 17,5 y 22,5 de diámetro del disco. Lo anterior se debe a que cuando se cosecha constantemente la pradera se elimina la fracción de plantas más grandes; por lo que la mortalidad producida por procesos naturales (e.g. herbivoría, oleaje) ocurre sobre

clases de talla medianas, tal como se observa en el Lagarto (**FIG 21**). Como en otros varaderos ubicados más al norte, las plantas de *L. trabeculata* que llegan a este varadero corresponden en su mayoría a juveniles o a trozos de plantas adultas, y sólo una fracción muy pequeña representan plantas adultas completas.

El Gaucho: Este varadero histórico está ubicado al norte de Caleta Paposo (**TABLA 14**). Orientado al suroeste, el varadero está compuesto por playas de bolones y roqueríos muy expuestos al oleaje. En los roqueríos está presente el cinturón de *Lessonia nigrescens* con señales de intervención, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera de *L. trabeculata*. No hay praderas de *Macrocystis* en este sector de evaluación. El muestreo fue realizado durante una fuerte marejada.

La especie de alga parda más representativa que arriba a este varadero es *L. nigrescens* (**TABLA 18**). El tamaño promedio de plantas de *L. nigrescens* representa entre el 70 y 75% de plantas juveniles o adultas del año (plantas menores a 20 cm de diámetro del disco basal; **TABLA 18**; **FIG. 21**), lo cual sugiere que la población está siendo intervenida por actividades de cosecha. Por lo que la mortalidad natural está dirigida a individuos que están renovando una población post-cosecha.

Ninguna planta de *L. trabeculata* fue encontrada en las unidades de muestreo de este varadero durante la marejada. Sin embargo, como ha sido descrito para otras localidades y observado en los alrededores del varadero, la mortalidad natural de *L. trabeculata* corresponde generalmente a plantas juveniles y a fragmentos de plantas adultas (**FIG. 21**).

TABLA 18. Evaluación de la mortalidad natural de algas pardas en un varadero histórico de la II Región. Se indica la fecha, talla promedio (diámetro del disco basal adhesivo), abundancia relativa de juveniles y plantas de un año (talla < 20 cm) y biomasa promedio y total de alga húmeda varada por especie de alga parda. (*) Indica el volumen promedio de *L. trabeculata* desembarcado por un bote

VARADERO		Diametro del disco (cm)		Tallas < 20 cm (Frecuencia)	Biomasa promedio (Kilogramos m ⁻²)		Biomasa (Ton alga varada)		
EL GAUCHO		Fecha	media	DS	media	DS	media	DS	
<i>L. nigrescens</i>	sector 1	23/08/2009	16,05	5,67	76,0				
	sector 2	23/08/2009	17,34	4,66	74,6	0,69	0,39	1,57	
	sector 3	23/08/2009	16,98	4,95	71,8				
<i>L. trabeculata</i>	bote 1	23/08/2009	23,00	5,20	28,7	-	-	0,99*	0,12
	bote 2	23/08/2009	28,64	5,44	16,3	-	-		
GUANILLO		Fecha	media	DS	media	DS	media	DS	
<i>L. nigrescens</i>	sector 1	16/08/2009	19,69	6,21	51,8				
	sector 2	16/08/2009	15,14	4,63	35,1	1,10	0,81	4,64	5,1
	sector 3	16/08/2009	21,89	6,45	85,9				
<i>L. trabeculata</i>	sector 1	16/08/2009	15,32	5,47	74,2				
	sector 2	16/08/2009	-	-	-	0,29	0,26	0,69	0,76
	sector 3	16/08/2009	11,47	5,83	86,8				
<i>L. trabeculata</i>	bote 1	17/08/2009	25,76	7,38	22,7	-	-	1,02*	0,48
	bote 2	18/08/2009	28,61	6,83	12,4				

La ausencia de plantas de *L. trabeculata* en las estaciones de muestreo del varadero puede estar relacionada con el acopio de algas y bolsones submarinos y al transporte post marejada hacia el mismo varadero o hacia lo largo de la costa. Sin embargo, en este sector de evaluación también es frecuente el desembarque de *L. trabeculata* (e.g. en Caleta Paposos), la cual es obtenida a través de la cosecha directa de la pradera o a través de la recolección de material en los bolsones submarinos de algas, lo cual podría modificar el volumen de alga que llega al varadero. Es en este contexto que el volumen promedio de *L. trabeculata* recolectada por un bote es de aproximadamente 1 ton, compuesto principalmente por plantas adultas, de talla promedio sobre la norma establecida de cosecha de algas pardas (TABLA 18; Fig. 21).

Guanillo: Este varadero histórico está ubicado al sur de Caleta Cifuncho, en Esmeralda (**TABLA 14**). El lugar corresponde a la desembocadura de una quebrada (Esmeralda) que llega al mar conformando una playa de bolones y roqueríos muy expuestos al oleaje debido a su orientación suroeste. En los roqueríos laterales de la playa está presente un cinturón de *Lessonia nigrescens* con señales de intervención, mientras que el submareal está caracterizado por una pradera de *Lessonia trabeculata*. Ningún registro de plantas o praderas de *Macrocystis* existe para este sector de evaluación. El muestreo fue realizado en tres sectores del varadero con mar gruesa.

El alga parda más representativa del varadero es *L. nigrescens* (**TABLA 18**). El tamaño promedio de las plantas de *L. nigrescens* que llegan diariamente a la playa varió entre sectores. Esto significa una llegada diferencial de plantas a la costa, con algunos sectores donde se acopian plantas juveniles y otros donde lo hacen las plantas más grandes (**TABLA 18; FIG. 21**). Esta variabilidad en el tamaño de las plantas varadas de *L. nigrescens* también sugiere áreas selectivamente intervenidas por actividades de cosecha, aunque en general la mortalidad natural afecta a plantas que están renovando la población post-cosecha. De acuerdo a las tallas de *L. trabeculata* que arriban a la costa corresponden en su mayoría a plantas juveniles y a fragmentos de plantas adultas (**FIG. 21**). Al igual que en Paposó, es frecuente el desembarque de *L. trabeculata* en caletas relativamente cercanas a este varadero (e.g. Caleta Cifuncho). La biomasa promedio de *L. trabeculata* desembarcada por un bote es de aproximadamente 1 ton, compuesta en su mayoría por plantas adultas, con una muy baja representación de plantas juveniles y que están bajo la norma administrativa de cosecha (**TABLA 18**).

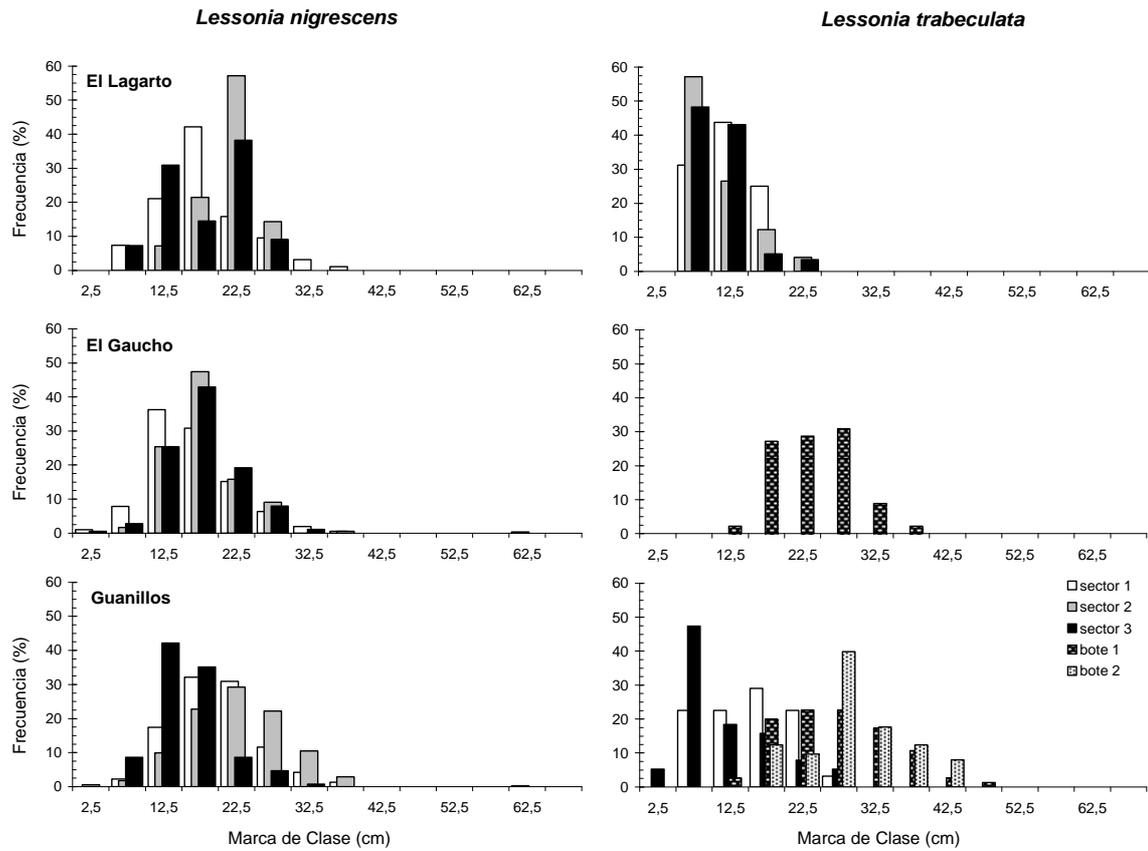


FIGURA 21. Variación espacial de la estructura de tallas de *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata* en función del diámetro del disco basal en tres varaderos de la II Región.

4.4 Caracterizar morfológica y reproductivamente, las poblaciones de *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis* sp de praderas naturales de la XV, I y II regiones (Objetivo específico 4).

4.4.1. Caracterización morfológica de las poblaciones de algas pardas.

En los sectores de evaluación se han caracterizado morfológicamente las poblaciones de algas pardas utilizando distintos descriptores morfológicos. Los valores promedios de estos descriptores morfológicos y la frecuencia de plantas reproductivas de *Lessonia nigrescens* varían entre sectores de evaluación (**TABLA 19**). Lo mismo se detecta con los valores promedios de los descriptores morfológicos de *Lessonia trabeculata* (**TABLA 20**).

Los descriptores morfológicos y la frecuencia de plantas reproductivas de las praderas de *Macrocystis integrifolia* en el sector de evaluación de la Península de Mejillones son presentados en la **TABLA 21**.

Las estructuras de tallas ha sido útil para detectar y dimensionar el efecto de las cosechas y las medidas administrativas regulatorias en praderas de algas pardas de la III y IV Región (Proyecto FIP N° 2005-22). Es en este contexto que praderas con estructura de tallas que presentan modas bajo la marca de clase de 17,5 cm de diámetro del disco de adhesión están sometidas a explotación intensiva. Considerando lo anterior, los signos de explotación en las praderas de *Lessonia nigrescens* del área de estudio se intensifican a medida que aumenta la accesibilidad al sector de evaluación (**FIG 22, FIG. 23**). Utilizando este mismo criterio, las poblaciones explotadas de *Lessonia trabeculata* se centran en sectores de evaluación más urbanizados (e.g. número de caletas) o con mayor accesibilidad, tales como Chanavaya (**FIG. 24**) en la I Región, y Paposó, Taltal y Cifuncho en la II Región (**FIG. 25**).

TABLA 19. Variables morfométricas y estado reproductivo de *Lessonia nigrescens* por sector de evaluación.

Región	Sector de Evaluación	Díámetro del disco basal (cm)	Nº Estipes por planta	Largo Total (cm)	Estado Reproductivo (%)
XV	Camarones	17,68 ± 11,49	21,33 ± 13,62	156,16 ± 88,21	66,00 ± 30,33
I	Pisagua	19,47 ± 10,87	25,84 ± 16,10	161,16 ± 73,52	72,82 ± 25,33
I	Iquique	-	-	-	-
I	Los Verdes	15,04 ± 10,21	17,68 ± 11,29	129,42 ± 77,45	43,53 ± 28,00
I	Caramucho	15,31 ± 9,39	21,87 ± 20,03	120,74 ± 63,93	59,49 ± 31,16
I	Chanavaya	18,45 ± 9,45	32,16 ± 25,34	126,59 ± 74,02	50,88 ± 21,16
I	San Marcos	17,67 ± 9,19	23,05 ± 17,61	118,23 ± 69,93	57,49 ± 23,24
I	Chipana	12,86 ± 9,33	21,51 ± 18,61	121,27 ± 102,45	38,51 ± 21,17
II	Urco	13,62 ± 8,01	23,66 ± 18,57	134,11 ± 85,54	36,50 ± 24,18
II	Tocopilla	-	-	-	-
II	Cobija	11,89 ± 7,27	18,57 ± 15,35	117,96 ± 77,34	43,70 ± 23,33
II	Michilla	-	-	-	-
II	Península de Mejillones	14,15 ± 10,56	26,16 ± 20,87	119,74 ± 56,00	42,11 ± 29,42
II	Antofagasta	-	-	-	-
II	El Cobre	15,47 ± 12,17	29,88 ± 19,37	105,47 ± 41,30	47,22 ± 29,17
II	Caleta Colorada	16,81 ± 9,88	24,80 ± 12,14	95,95 ± 75,93	40,70 ± 22,23
II	Paposo	11,47 ± 6,00	22,32 ± 12,94	158,63 ± 55,73	57,89 ± 20,82
II	Taltal	10,88 ± 6,45	24,48 ± 17,02	123,81 ± 73,06	34,23 ± 23,97
II	Cifuncho	13,85 ± 8,15	26,06 ± 19,82	152,93 ± 82,12	37,80 ± 27,08

TABLA 20. Variables morfométricas de *Lessonia trabeculata* por sector de evaluación.

Región	Sector de Evaluación	Díámetro del disco basal (cm)	Nº Estipes por planta*	Largo Total (cm)*	Estado Reproductivo (%)
XV	Camarones	18,60 ± 7,97	4,10 ± 2,61	159,80 ± 74,46	70,51 ± 23,84
I	Pisagua	20,32 ± 7,53	5,05 ± 3,88	228,65 ± 48,59	69,59 ± 25,52
I	Iquique	-	-	-	-
I	Los Verdes	21,68 ± 8,58	-	-	19,04 ± 18,21
I	Caramucho	21,80 ± 8,66	13,33 ± 11,53	158,09 ± 62,34	38,96 ± 31,99
I	Chanavaya	11,19 ± 5,68	1,50 ± 0,70	136,50 ± 78,48	-
I	San Marcos	19,93 ± 8,62	4,32 ± 3,07	149,80 ± 72,23	2,37 ± 3,08
I	Chipana	21,30 ± 7,13	4,63 ± 2,69	145,27 ± 82,86	34,22 ± 37,67
II	Urco	19,68 ± 8,24	4,05 ± 2,39	167,44 ± 89,59	81,12 ± 12,40
II	Tocopilla	-	-	-	-
II	Cobija	28,12 ± 29,65	3,77 ± 2,72	171,60 ± 32,56	67,95 ± 9,75
II	Michilla	30,98 ± 28,97	5,83 ± 4,18	166,70 ± 33,56	74,77 ± 16,60
II	Península de Mejillones	24,98 ± 24,09	5,09 ± 4,45	151,58 ± 73,94	67,43 ± 19,83
II	Antofagasta	-	-	-	-
II	El Cobre	24,23 ± 7,32	-	-	83,36 ± 21,09
II	El Tragagente	24,23 ± 7,33	-	-	83,36 ± 21,09
II	Caleta Colorada	16,71 ± 7,29	-	-	69,70 ± 15,62
II	Paposo	16,42 ± 7,69	3,40 ± 3,31	201,02 ± 37,85	79,50 ± 7,50
II	Taltal	19,03 ± 8,87	8,70 ± 3,32	133,40 ± 27,06	85,65 ± 11,45
II	Cifuncho	21,43 ± 10,85	3,00 ± 1,82	205,01 ± 48,65	85,55 ± 9,06

TABLA 21. Variables morfométricas de *Macrocystis integrifolia* por sector de evaluación.

SECTOR DE EVALUACION	DIAMETRO DISCO (cm)	Nº ESTIPES POR PLANTA	LARGO TOTAL (cm)	ESTADO REPRODUCTIVO (%)
Península Mejillones	16,14 ± 4,27	28 ± 11	146,96 ± 57,40	78 ± 13

4.4.2. Estimación de la estructura de talla de las poblaciones de algas pardas.

La estructura de talla de las plantas de *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata* que caracterizan las praderas varía entre sectores de evaluación (FIG. 22, FIG. 23, FIG. 24, FIG. 25).

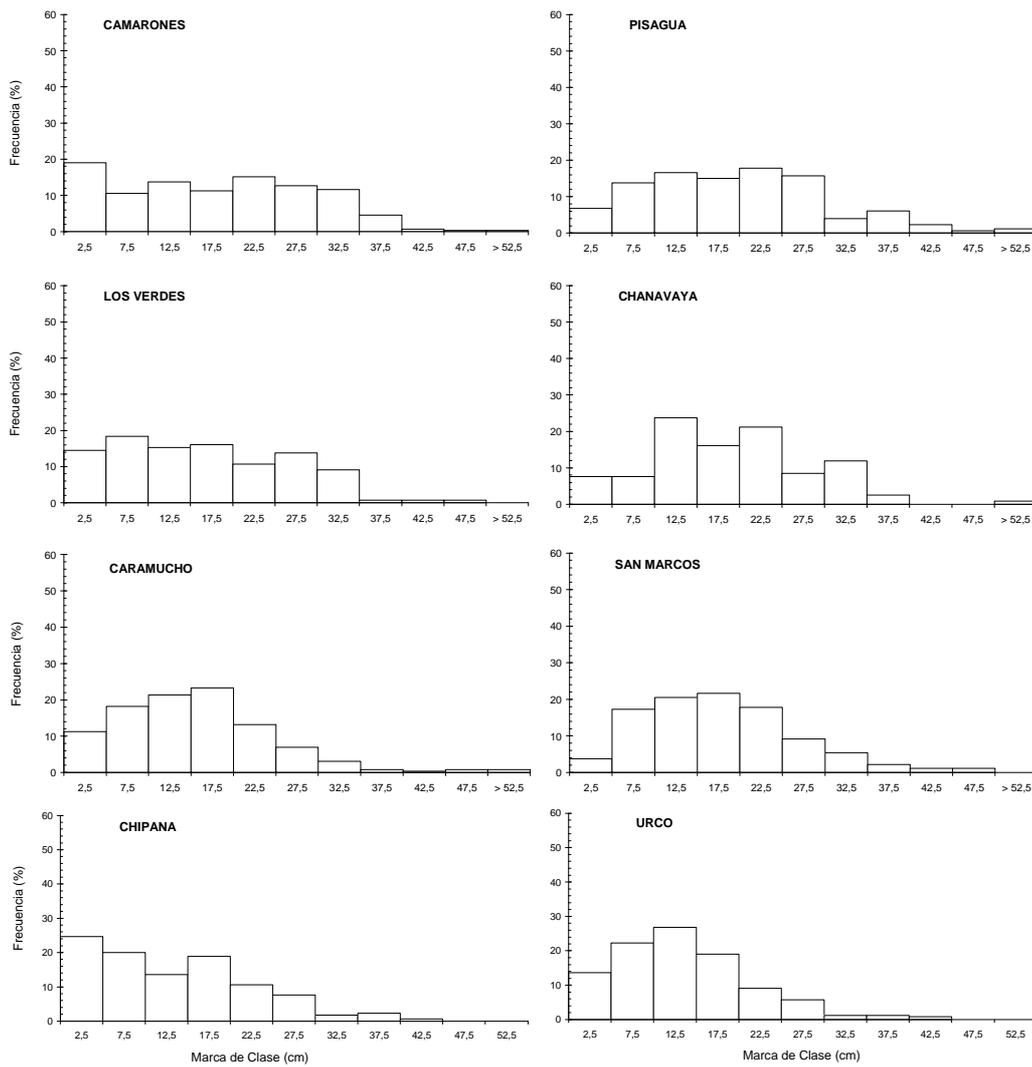


FIGURA 22. Estructura de tallas de *Lessonia nigrescens* en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la XV, I y II Región.

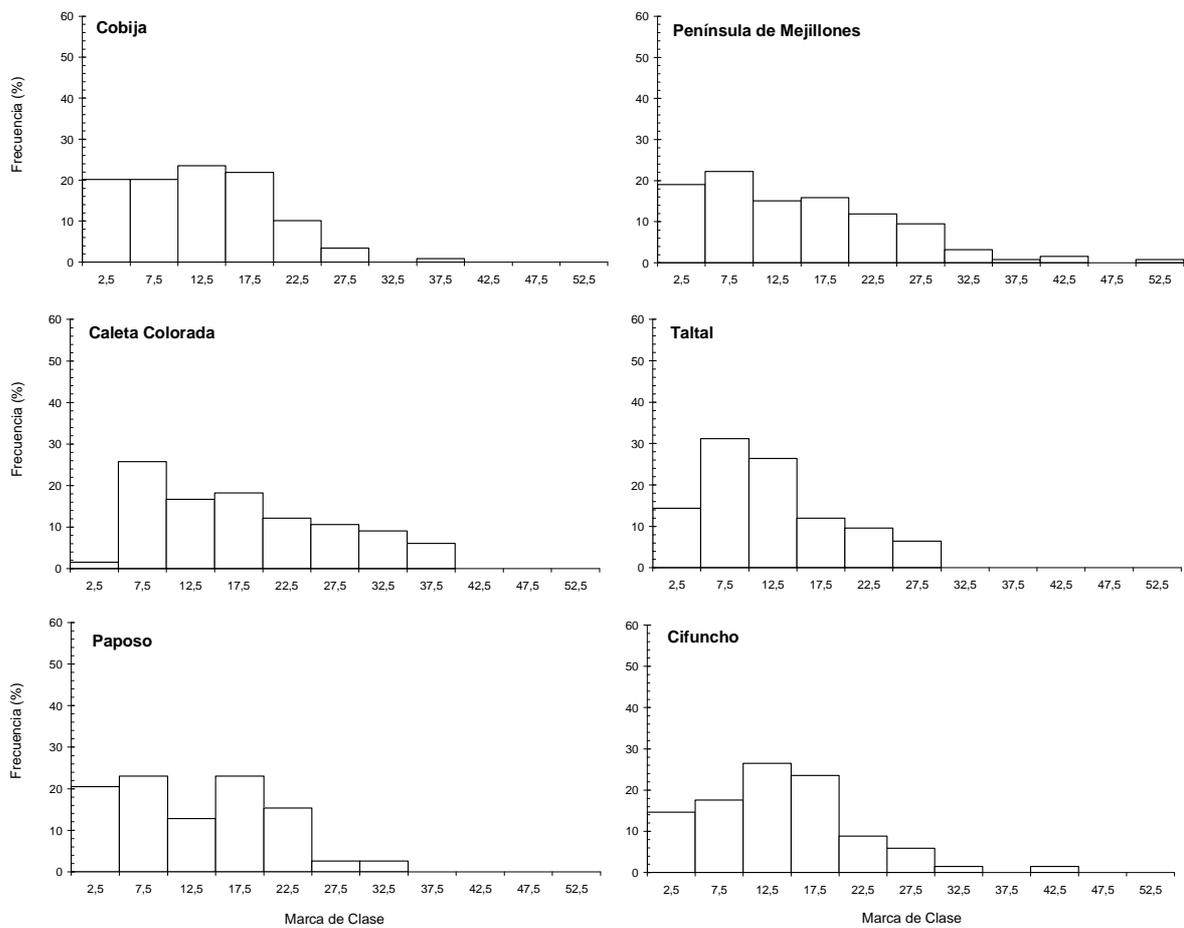


FIGURA 23. Estructura de tallas de *Lessonia nigrescens* en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la II Región.

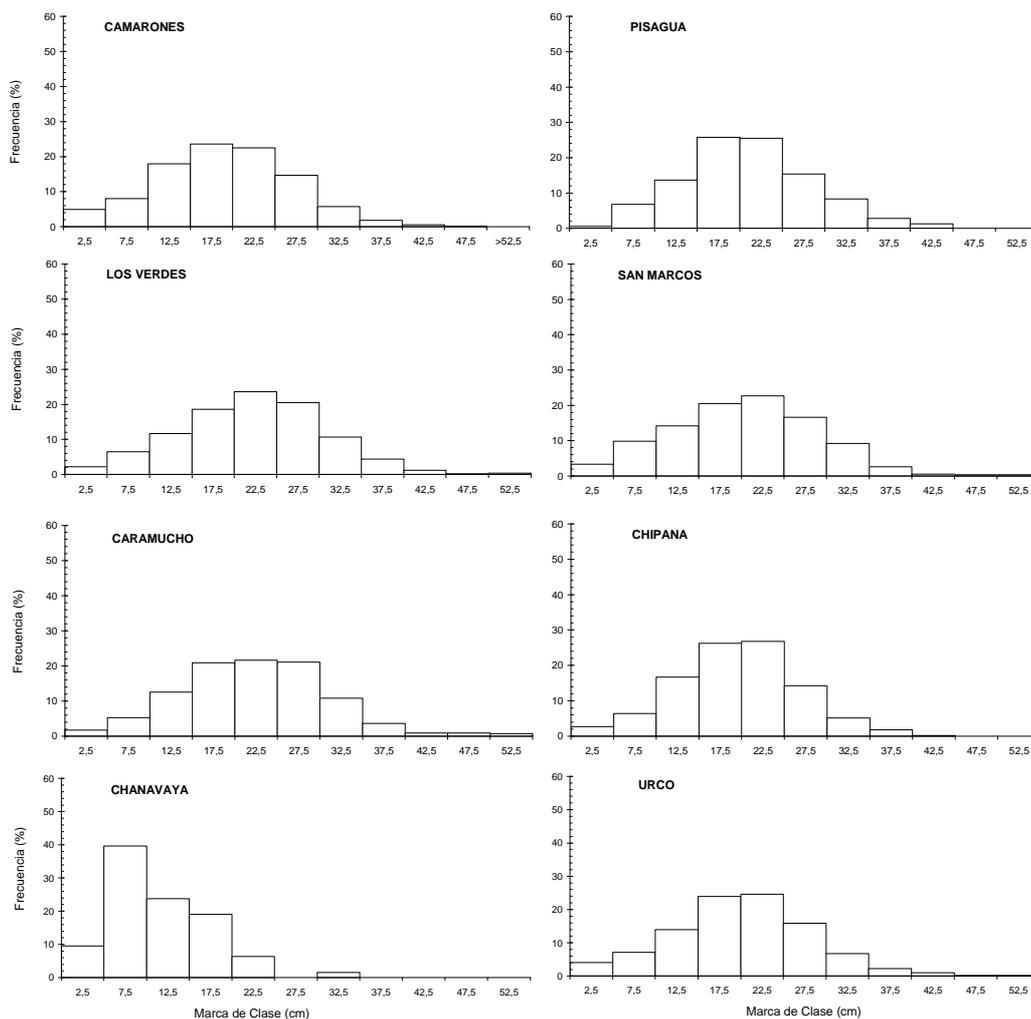


FIGURA 24. Estructura de tallas de *Lessonia trabeculata* en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la XV, I y II Región.

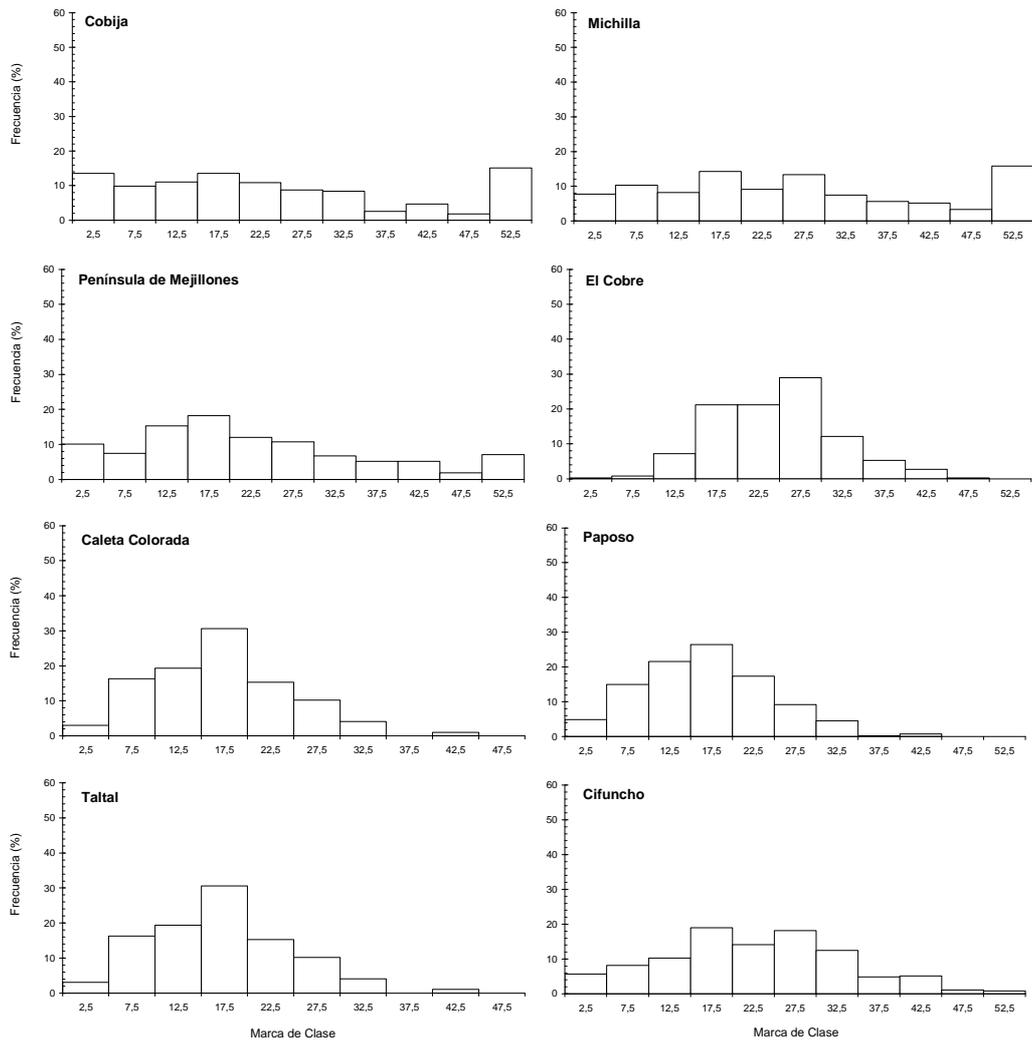


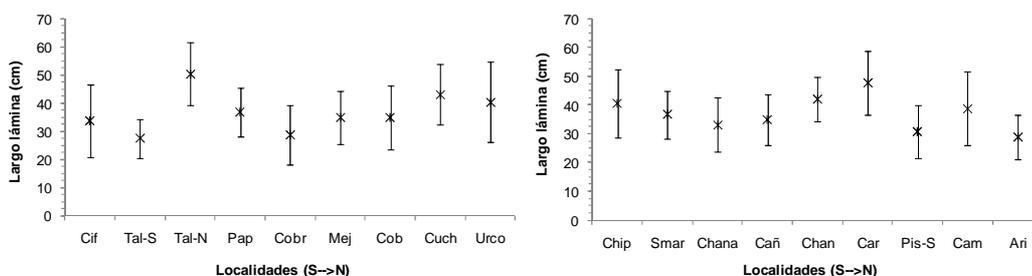
FIGURA 25. Estructura de tallas de *Lessonia trabeculata* en función del diámetro del disco basal en cuatro sectores de evaluación de la II Región.

4.4.3. Caracterización reproductiva de las poblaciones de algas pardas de la XV, I y II Regiones.

En general, los resultados morfológicos y reproductivos de las láminas de las especies *Lessonia* y esporofilas de *Macrocystis* muestran una respuesta más bien local en su expresión, sin una tendencia clara referente a la latitudinalidad de las poblaciones. Aunque la capacidad reproductiva de estas especies puede cambiar en el tiempo, siempre es posible encontrar una fracción importante de la población en estado reproductivo. Aunque el presente proyecto no evaluó cambios estacionales, en general, la literatura hace referencia a mejores capacidades reproductivas hacia los meses de otoño-invierno para Laminariales perennes de ambientes templados fríos (Buschmann *et al.* 2004; Tala *et al.* 2004).

Lessonia nigrescens

Las especies de *Lessonia* presentan su tejido reproductivo en láminas no diferenciadas, lo cual puede generar cierta competencia por recurso en periodos de crecimiento y reproducción. En los sectores evaluados se observa que el tamaño de láminas, tanto en talla como en área, es variable y no existe una tendencia clara en un sentido latitudinal (**FIG. 26**). Las láminas angostas en localidades como Taltal Sur podrían ser una respuesta a un mayor grado de exposición al oleaje en comparación a localidades más al norte.



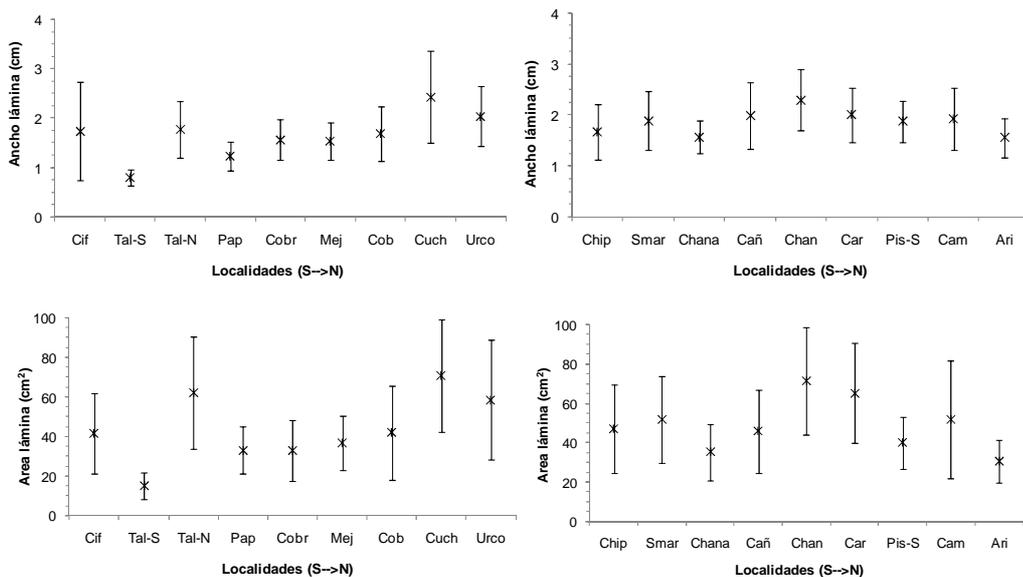


FIGURA 26. Variación del largo (cm), ancho y área (cm²) de las láminas de *Lessonia nigrescens* en los sectores de evaluación para la II Región (izquierda) y I y XV Regiones (derecha). Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Cif, Cifuncho; Tal-S, Taltal Sur; Tal-N, Taltal Norte; Pap, Paposo; Cobr, El Cobre; Mej, Mejillones; Cob, Cobija; Cuch, La Cuchara; Urc, Urco; I Región= Chi, Chipana; Smar, San Marcos; Chana, Chanavaya; Cañ, Cañamo-Patache; Chan, Chanavayita; Car, Caramucho; Pis-S, Pisagua Sur; XV Región= Cam, Camarones; Ari, Arica).

En las láminas, la asignación de tejido vegetativo a la formación de tejido reproductivo no supera el 40% del área total (**FIG. 27**). Se detecta una tendencia a la disminución en la asignación reproductiva desde el sector de La Cuchara (zona norte II Región) hacia el norte del país (**FIG. 27**). Además, la influencia de factores locales, esta disminución podría deberse a un efecto estacional en la capacidad reproductiva ya que estas localidades fueron muestreadas durante primavera. Cambios estacionales en capacidad reproductiva y crecimiento han sido detectados para esta especie, con tendencia a mayor expansión de la lámina por crecimiento hacia primavera y mayor asignación reproductiva en otoño (Tala & Edding 2005).

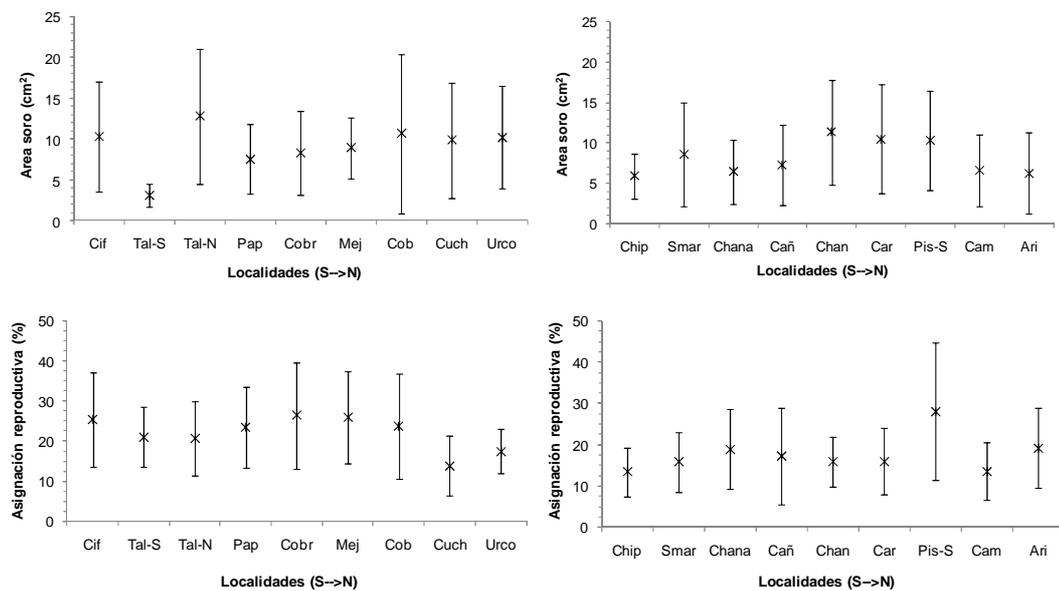


FIGURA 27. Variación del área reproductiva (cm²) por lámina y de la asignación reproductiva (%) en láminas de *Lessonia nigrescens* en los sectores de evaluación para la II Región (izquierda) y I y XV Regiones (derecha). Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Cif, Cifuncho; Tal-S, Taltal Sur; Tal-N, Taltal Norte; Pap, Paposo; Cobr, El Cobre; Mej, Mejillones; Cob, Cobija; Cuch, La Cuchara; Urc, Urco; I Región= Chi, Chipana; Smar, San Marcos; Chana, Chanavaya; Cañ, Cañamo-Patache; Chan, Chanavayita; Car, Caramucho; Pis-S, Pisagua Sur; XV Región= Cam, Camarones; Ari, Arica).

Lessonia trabeculata

Al igual que *L. nigrescens*, esta especie presentan su tejido reproductivo en láminas no diferenciadas. En los sectores evaluados se observa que el tamaño de láminas, tanto en talla como en área, es variable y no existe una tendencia clara en un sentido latitudinal (**FIG. 27**). Las láminas angostas en localidades como Paposo podrían ser una respuesta a un mayor grado de exposición al oleaje en comparación a localidades más al norte. En general, las

poblaciones muestreadas desde Pisagua al norte presentaron láminas de mayores tamaños **(FIG. 28)**.

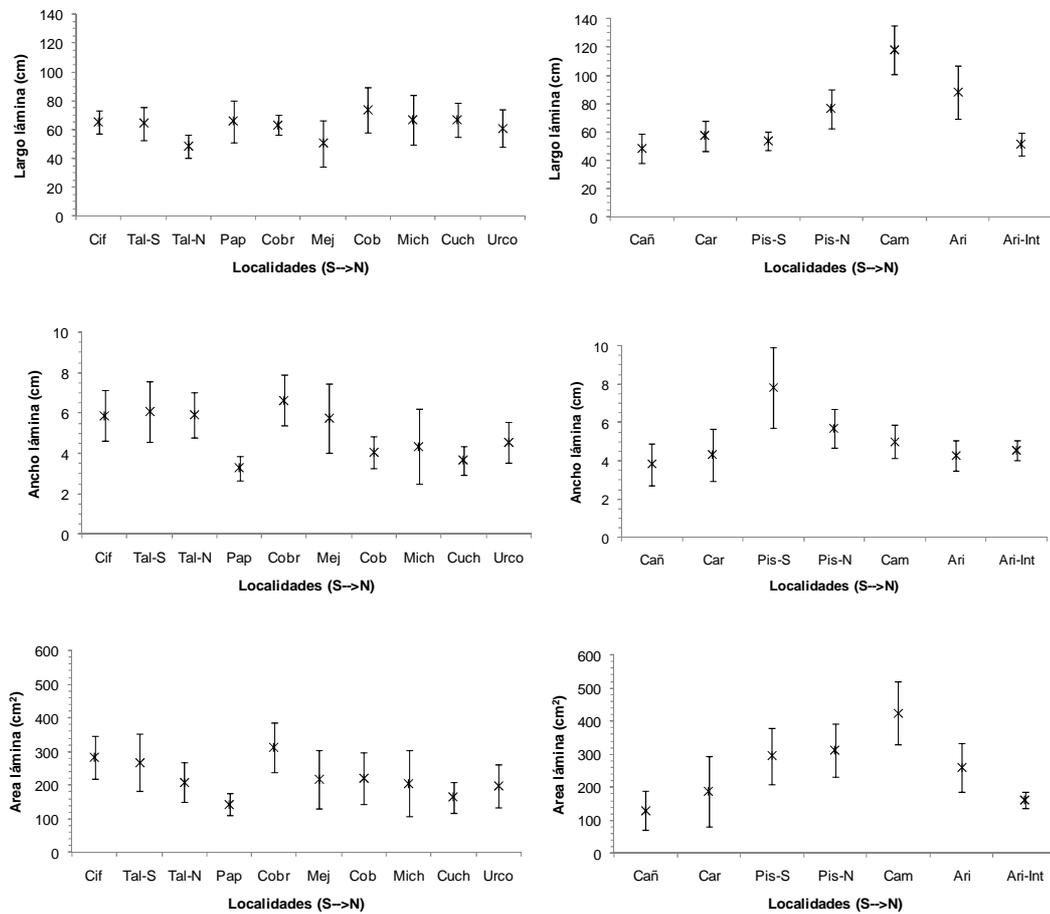


FIGURA 28. Variación del largo (cm), ancho y área (cm²) de las láminas de *Lessonia trabeculata* en los sectores de evaluación para la II Región (izquierda) y I y XV Regiones (derecha). Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Cif, Cifuncho; Tal-S, Taltal Sur; Tal-N, Taltal Norte; Pap, Paposó; Cobr, El Cobre; Mej, Mejillones; Cob, Cobija; Mich, Michilla; Cuch, La Cuchara; Urc, Urco; I Región= Cañ, Cañamo-Patache; Car, Caramucho; Pis-S, Pisagua Sur; Pis-N, Pisagua Norte; XV Región= Cam, Camarones; Ari, Arica; Ari-Int, Arica intermareal).

En las láminas, la asignación de tejido vegetativo a la formación de tejido reproductivo va de 5 a 35% del área total, siendo Michilla para la II Región y Arica-Intermareal para la región XV, aquellas poblaciones con una mayor asignación reproductiva (**FIG. 29**).

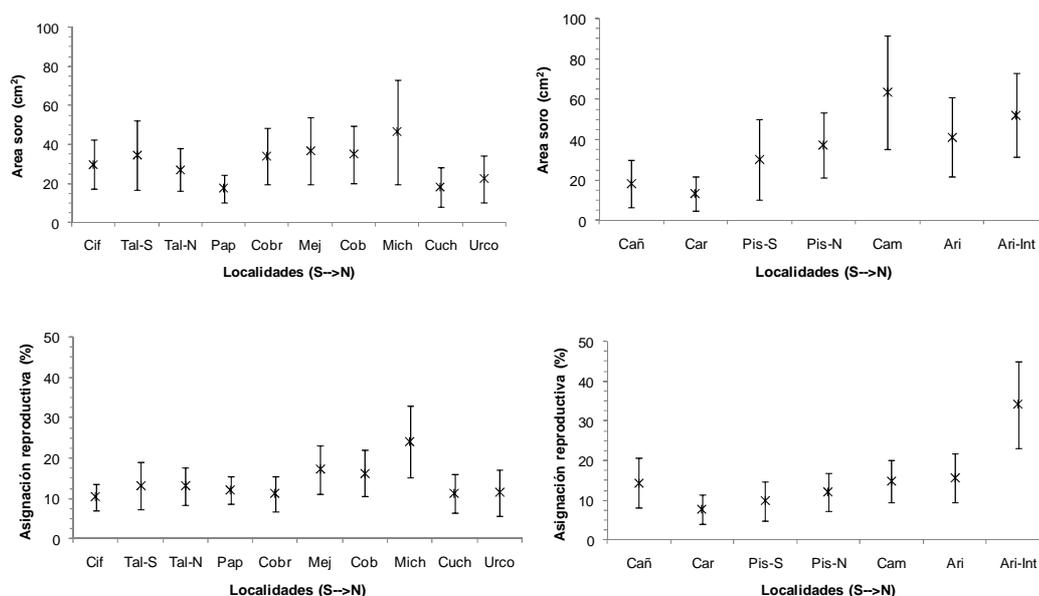


FIGURA 29. Variación del área reproductiva (cm²) y de la asignación reproductiva (%) en láminas de *Lessonia trabeculata* en los sectores de evaluación para la II Región (izquierda) y I y XV Regiones (derecha). Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Cif, Cifuncho; Tal-S, Taltal Sur; Tal-N, Taltal Norte; Pap, Paposó; Cobr, El Cobre; Mej, Mejillones; Cob, Cobija; Mich, Michilla; Cuch, La Cuchara; Urc, Urco; I Región= Cañ, Cañamo-Patache; Car, Caramucho; Pis-S, Pisagua Sur; Pis-N, Pisagua Norte; XV Región= Cam, Camarones; Ari, Arica; Ari-Int, Arica intermareal).

Entre *Lessonia trabeculata* y *L. nigrescens* se detecta una clara diferencia en el tamaño de las láminas, siendo mayor para *L. trabeculata* y por ende presenta una mayor área de lámina. Sin embargo, considerando la asignación reproductiva, la especie del intermareal *L. nigrescens* presentaría una tendencia a mayor asignación reproductiva.

Macrocystis integrifolia

Para el caso de *Macrocystis*, las estructuras reproductivas se ubican en láminas especializadas denominadas esporofilas, que se desarrollan en la base de las plantas. Esto lleva a que la asignación en reproducción sea mayor en esta especie que en las especies de *Lessonia*, en donde un mismo tejido cumple múltiples funciones.

La evaluación de las tallas de las esporófilas no muestra grandes variaciones entre las localidades ni en forma latitudinal (**FIG. 30**). Entre los sectores evaluados, destaca la localidad de Chipana con los mayores tamaños de esporofilas.

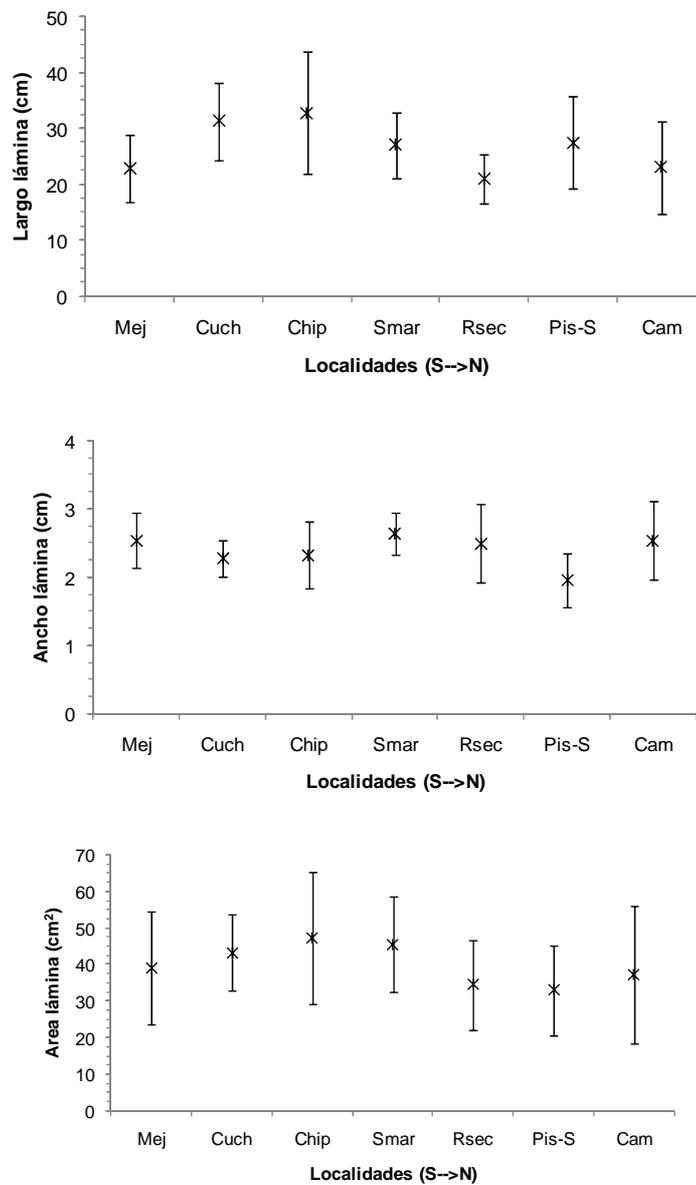


FIGURA 30. Variación del largo (cm), ancho y área (cm²) de las esporófilas de *Macrocystis integrifolia* en los sectores de evaluación. Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Mej, Mejillones; Cuch, La Cuchara; I Región= Chip, Chipana; Smar, San Marcos; Rsec, Río Seco; Pis-S, Pisagua Sur; XV Región= Cam, Camarones).

La capacidad reproductiva, evaluada a través de la asignación reproductiva muestra una leve tendencia a disminuir y ser más variable hacia el norte de las localidades evaluadas, con valores que van entre 20 y 70% de la superficie del tejido usada para reproducción (**FIG. 31**).

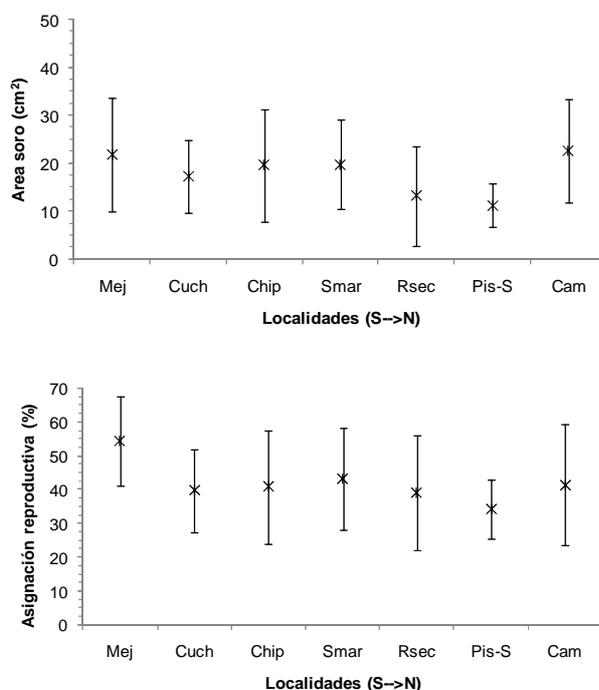


FIGURA 31. Variación del área reproductiva (cm²) y de la asignación reproductiva (%) en esporófilas de *Macrocystis integrifolia* en los sectores de evaluación. Las localidades son mostradas de sur a norte. (II Región= Mej, Mejillones; Cuch, La Cuchara; I Región= Chip, Chipana; Smar, San Marcos; Rsec, Río Seco; Pis-S, Pisagua Sur; XV Región= Cam, Camarones).

4.5 Proponer potenciales zonas de repoblamiento del recurso algas pardas, que contribuyan tanto a su conservación como a la generación de alternativas económicas para áreas de manejo de la XV, I y II Región (Objetivo específico 5).

Tanto la base teórica de la biología pesquera (antecedentes de la pesquería de algas pardas; Vásquez 1999, 2008; Pesca de Investigación Algas Pardas 2004, 2005-2007, 2008), como las características generales de las especies-objetivo (antecedentes biológicos y ecológicos de las algas pardas; ver para ejemplos Vásquez 1989, Edding *et al.* 1994, Tala 1999, Vega 2005), indican que la aproximación para proponer zonas de repoblamiento para estos recursos debe ser mixta (Vásquez 2008). Esta debería considerar:

- 1) las distribuciones (*e.g.* continuas o agregadas) de las especies,
- 2) la disponibilidad de sustrato apto para algas pardas,
- 3) las estimaciones de biomasa disponible y cosechable, y
- 4) el estado de explotación de las praderas por la ventaja de su simplicidad evaluativa (*e.g.* prospecciones) y conceptual (*e.g.* proposición de estrategias de cosecha; Vásquez 1995).

Pero debe incorporar modificaciones que incluyan a las variables condicionantes de los procesos inherentes al restablecimiento de la pradera (*e.g.* topografía local de la costa, características químicas y físicas del agua de mar), o a la demografía de las poblaciones naturales de algas pardas (*e.g.* reclutamiento, crecimiento, mortalidad). En concordancia con lo anterior, es posible proponer zonas potenciales de repoblamiento (**Figs. 12-16**) que, en términos generales, contemplen:

Para *Macrocystis spp*, las prospecciones (aérea y en terreno) a lo largo del litoral del área de estudio permiten:

(1) identificar zonas o localidades con características particulares (e.g. pequeñas bahías con aguas calmas) para promocionar el desarrollo de actividades de repoblamiento a través de cultivo extensivo particularmente dentro de AMERBs;

(2) detectar localidades donde hubo extinción local y donde las poblaciones de *Macrocystis* aún no se han restablecido y sea factible realizar repoblamientos; y

(3) ubicar zonas de alta persistencia temporal de las poblaciones de *Macrocystis* para obtener semilla para los repoblamientos (ver Vega 2005).

Para *Lesssonia spp*, las prospecciones (aérea y en terreno) a lo largo del litoral del área de estudio permiten:

(1) identificar zonas o localidades donde la intensidad de cosecha es alta (e.g. áreas de libre acceso);

(2) detectar localidades donde hubo extinción local, en particular donde las poblaciones de *Lesssonia spp* aún no se han restablecido (e.g. Post El Niño 1982-83; 1997-98) y sea factible realizar repoblamientos; y

(3) ubicar zonas de alta persistencia temporal de poblaciones de *Lesssonia* para obtener semilla para los repoblamientos.

En general, la proposición de zonas potenciales para el repoblamiento de algas pardas considera dos situaciones: repoblamiento por medio de acuicultura en AMERBs operativas u otras zonas de libre acceso, y repoblamiento en áreas que actualmente no tienen algas pardas. En base a los antecedentes existentes, la estrategia de repoblamiento para las algas pardas podría incluir:

- el desarrollo de cultivos en sistemas long-line, con el objetivo que las algas en cultivo alcancen su estado reproductivo y aporten con nuevos propágulos al ambiente para su asentamiento y reclutamiento. Tanto para *Lessonia* como para *Macrocystis* existen antecedentes de la factibilidad del cultivo (Edding *et al.* 1990, Edding & Tala 2003, Westermeier *et al.* 2007), lo que debe ser validado en cada sector propuesto.
- el establecimiento de una “población piloto” que aporte con nuevos propágulos al ambiente para su asentamiento y reclutamiento. Antecedentes en *Lessonia* y *Macrocystis* describen técnicas que pueden ser utilizadas para re-fijar individuos o entregar aportes de propágulos al medio como medidas de repoblamiento (McPeak 1977, Rice *et al.* 1989, Vasquez & Tala 1995, Correa *et al.* 2006). Estas técnicas deben ser validadas en cada sector propuesto.

Las áreas propuestas para acuicultura (**TABLA 22**) consideran aspectos técnicos y logísticos para el desarrollo de esta actividad, que tienen relación principalmente con áreas protegidas al sur-oeste y abiertas al norte, pequeñas bahías y/o ensenadas, independiente de la existencia o no de algas pardas (**FIGs. 12-16**). Para el caso de áreas propuestas para repoblamiento (**TABLA 23**) se consideraron sectores sin presencia de algas pardas, poblaciones que pueden haber desaparecido por la influencia de eventos climáticos-oceanográficos como ENSO o por la acción de una excesiva explotación de los recursos. Estos sectores además, no presentan influencia de actividades mineras en las cercanías.

TABLA 22. Áreas propuestas para la realización de actividades de acuicultura de algas pardas.

Los sectores son mostrados de norte a sur.

Región	Sector de Evaluación	Áreas Aptas para Acuicultura (AAA)	Coordenadas geográficas				Coordenadas geográficas							
			Latitud Sur		Longitud O		Latitud Sur		Longitud O					
XV	Camarones	Cta. Camarones	19	12	85	70	16	85	19	11	48	70	16	35
I	Pisagua	Cta. Pisagua Vieja	19	33	56	70	12	60	19	33	5	70	12	54
I	Pisagua	Bahía de Pisagua	19	35	95	70	13	75	19	33	98	70	12	66
I	Pisagua	Pta. Junín	19	41	41	70	10	17	19	40	45	70	10	44
I	Pisagua	Cta. Mejillones del Norte	19	49	55	70	9	79	19	49	36	70	9	41
I	San Marcos	Cta. San Marcos	21	6	92	70	7	62	21	6	66	70	7	28
II	Urco	Cta. La Cuchara	21	53	87	70	10	78	21	53	66	70	10	28
II	Cobija	Cta. Cobija	22	32	97	70	16	19	22	32	84	70	15	71
II	Cobija	Guasilla	22	34	29	70	17	41	22	33	93	70	16	58
II	Península Mejillones	La Ventana #1	23	15	87	70	35	88	23	15	58	70	35	99
II	Península Mejillones	La Ventana #2	23	16	38	70	36	23	23	15	99	70	35	91
II	El Cobre	Cta. Bolfin	23	51	10	70	30	54	23	50	88	70	30	24
II	El Cobre	Islote Águila	23	55	46	70	30	88	23	53	2	70	30	65
II	El Cobre	Cta. Agua Dulce	24	7	31	70	30	88	24	6	27	70	30	7
II	El Cobre	Cta. Agua Salada	24	10	86	70	30	83	24	9	47	70	30	58
II	El Cobre	Pta. Agua Salada	24	12	14	70	30	82	24	11	82	70	30	82
II	El Cobre	Cta. El Cobre	24	14	63	70	3	68	24	14	7	70	31	28
II	El Cobre	Cta. Blanco Encalada	24	22	29	70	33	11	24	22	1	70	32	66
II	Cta Colorada	Cta. Colorada	24	38	79	70	33	85	24	38	63	70	33	66
II	Cta Colorada	Pta. Plata #1	24	42	71	70	34	33	24	42	23	70	33	95
II	Cta Colorada	Pta. Plata #2	24	43	17	70	34	74	24	42	86	70	34	46
II	Tal Tal	Cta. Bandurrias	25	12	4	70	26	32	25	11	84	70	26	18
II	Tal Tal	Pta. Hueso Parado	25	23	33	70	28	48	25	22	59	70	27	12
II	Tal Tal	Tal Tal	25	24	49	70	29	95	25	23	48	70	28	69
II	Tal Tal	Pta. Tal Tal	25	23	64	70	30	79	25	24	29	70	30	3
II	Cifuncho	Bahía Isla Blanca	25	29	3	70	32	55	25	28	18	70	31	46
II	Cifuncho	Cta. San Pedro	25	31	88	70	38	64	25	31	37	70	38	2
II	Cifuncho	Cta. Cifuncho	25	38	99	70	38	92	25	38	3	70	38	30
II	Cifuncho	Bahía Ballenita	25	44	90	70	41	58	25	44	25	70	41	39
II	Cifuncho	Pta. Ballenita	25	47	16	70	43	69	25	46	94	70	43	65
II	Cifuncho	Esmeralda #1	25	49	0	70	44	13	25	47	94	70	43	49
II	Cifuncho	Cta. Esmeralda	25	53	52	70	41	58	25	53	17	70	41	67
II	Cifuncho	Esmeralda #2	25	56	8	70	39	70	25	55	78	70	39	97

TABLA 23. Áreas propuestas para la realización de actividades de repoblamiento de algas pardas. Los sectores son mostrados de norte a sur.

Región	Sector de Evaluación	Áreas Aptas para Repoblamiento (AAR)	Coordenadas geográficas						Coordenadas geográficas					
			Latitud Sur			Longitud O			Latitud Sur			Longitud O		
I	Pisagua-Los Verdes	Bahía Chiquinata-Iquique	20	9	97	70	9	3	20	19	40	70	8	39
II	Urco	Pta. Arenas-Pta Colipi	21	34	30	70	5	52	21	38	0	70	7	84
II	Urco-Tocopilla	Cta. Viuda-Rocas Tortuga	21	54	57	70	10	78	22	11	55	70	13	53
II	Tocopilla-Cobija	Cta. Los Indios-Pta Atala	22	16	52	70	14	24	22	21	0	70	15	23
II	Cobija-Michilla	Pta. Tames-Pta Grande	22	27	30	70	15	75	22	39	30	70	17	31
II	Tal Tal	Cta. Hueso-Isote Blanco	25	20	55	70	26	71	25	23	30	70	28	30

4.6. Talleres

Taller Metodológico.

La metodología propuesta para estimar los patrones de distribución y abundancia de algas pardas por Región y en el área de estudio, basado en el posicionamiento equidistante de transectos a lo largo de la costa fue modificada. Considerando la forma de operar de los extractores y la geografía costera con difícil o nulo acceso a algunos sectores, los muestreos fueron concentrados en los principales sectores de extracción de los recursos los cuales han sido nombrados **sectores de evaluación**. Los sectores de evaluación fueron construidos en función del avance de los muestreos y de las Zonas Operativas de Extracción propuestas en la Pesca de Investigación de algas pardas en el norte de Chile.

Taller de difusión de resultados.

El taller de difusión de resultados será realizado en Iquique el 16 de noviembre del 2010 y en Antofagasta el 17 de noviembre del 2010, con los diferentes actores involucrados en la explotación de los recursos algas pardas, especialistas y autoridades. Actualmente se está coordinando con la autoridad pesquera de cada región el lugar a desarrollar esta actividad de difusión.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos durante la evaluación del recurso algas pardas en las regiones XV, I y II, y constituye el primer trabajo de prospección de biomasa disponible y áreas de distribución para recursos algales en explotación. Recientemente se ha instaurado una medida de administración pesquera para esta zona que corresponde a recolectar material varado en áreas de libre acceso o cosechado a través de un Plan de Manejo y Explotación desde Áreas de Manejo (Pesca de Investigación Algas Pradas I Región 2009-2010; Pesca de Investigación Algas Pradas II Región 2009-2010).

Aún cuando no existen series de tiempo lo suficientemente extensas para evaluar los cambios de abundancia de las algas pardas en el extremo norte del país, se tiene evidencia de la disimilitud de los efectos del evento El Niño (ENSO) y sus consecuencias en las poblaciones marinas costeras entre eventos (Castillas & Camus 1992; Camus 1994; Camus *et al.* 1994; Martínez *et al.* 2003). Si bien el ENSO 1997-98 sólo generó mortalidades locales de huirales en la costa del norte de Chile (Vásquez *et al.* 2006), el ENSO 1982-83 generó altas mortalidades de huirales entre Arica y Caldera (Vega *et al.* 2005). Dados los bajos niveles de dispersión de los propágulos y cuerpos reproductivos de estas macroalgas, la recuperación de las poblaciones de las Laminariales al norte de Caldera puede superar una década (Thiel *et al.* 2007). Esta situación sugiere que cuando las praderas de algas pardas son drásticamente intervenidas por cosecha, puede tardar años en recuperarse.

El género *Macrocystis* en Chile posee 2 especies taxonómicamente aceptadas: *Macrocystis pyrifera* y *Macrocystis integrifolia*. En cambio, el género *Lessonia* posee en Chile 5 especies, de las cuales 2 se encuentran distribuidas en la costa norte de Chile (Hoffman & Santelices 2007). El avance en estudios moleculares en conjunto con análisis poblacionales ha generado discrepancias en los niveles taxonómicos de las especies objetivo y a la larga podría repercutir en los programas de explotación de las poblaciones en áreas de libre acceso o con

planes de manejo y explotación. Para el caso de *Macrocystis*, la diferencia genética entre las especies tradicionalmente consideradas como *M. integrifolia* y *M. pyrifera* actualmente no es clara. No obstante, aunque ambas especies conforman un solo taxón, no es prudente modificar el “pool” genético de poblaciones de *M. integrifolia* (morfotipo del norte de Chile) introduciendo en sus poblaciones individuos de *M. pyrifera* correspondientes al morfotipo del sur de Chile, debido a que se deben considerar posibles diferencias ecotípicas o un proceso de especiación potencial en desarrollo. Por ejemplo, la introducción de “híbridos” de *M. pyrifera* y *M. integrifolia* en las costas de Atacama (Westermeyer *et al.* 2007) puede alterar y modificar el patrimonio genético de las poblaciones naturales del huiro del norte al introducir material genético proveniente del sur (e.g. Chiloé). Esta es una actividad que debería ser formalmente controlada debido a que históricamente, desde el desarrollo del cultivo de algas pardas en Chile, se han introducido ejemplares del morfotipo *pyrifera* en Caldera (III Región), en algunos casos cerca de poblaciones del morfotipo *integrifolia*.

Para *Lessonia nigrescens*, recientemente se ha descrito la presencia de dos linajes, posiblemente especies crípticas, al norte y al sur de los 30°S que podría tener importantes repercusiones en la explotación de este recurso (Tellier *et al.* 2009). El “linaje del sur” estaría penetrando hacia la zona norte debido presumiblemente a la mayor explotación sobre el “linaje del norte”, desconociéndose los potenciales efectos que esta situación pudiera tener a nivel de poblaciones, comunidades y ecosistemas locales.

En general, la estadística pesquera de los últimos años muestra que el desembarque total de algas pardas en la XV, I y II regiones contribuye en promedio con cerca del 25% del desembarque total del país. Debido a la fácil accesibilidad y mejor precio, los mayores volúmenes de algas pardas desembarcadas corresponderían a *Lessonia nigrescens*, mientras que los desembarques de *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia* son comparativamente menores y marcadamente estacionales. Los mayores desembarques provienen de áreas de

libre acceso, y en menor medida de áreas de manejo que tienen incorporado un plan de explotación para este recurso.

En las estimaciones del área total de distribución de las algas pardas (**TABLA 6**) se observa un aumento, en términos de hectáreas, de norte a sur en el área de estudio. Aunque no existen antecedentes comparativos para estas regiones o área de estudio, en la III y IV región (FIP 2005-22) las praderas de algas pardas presentan un área de distribución por región de 1.060 ha para *L. nigrescens*, 13.504 ha para *L. trabeculata* y 1.500 ha para *M. integrifolia*, respectivamente.

La principal fuente de interrupción de la continuidad de las praderas submareales y cinturones intermareales de las algas pardas en el área de estudio correspondería a las zonas urbanas y a las áreas con actividades mineras, principalmente en la II Región. Sin embargo, la actividad de cosecha también podría ser una fuente de variabilidad que produce quiebres en los patrones espaciales de distribución y abundancia, observables particularmente en las áreas de libre acceso para *Lessonia nigrescens*.

Las estimaciones de la biomasa total y cosechable de algas pardas en el norte de Chile consideró la división de la costa en función de las Zonas de Operación Extractiva (ZOE) propuestas en el marco de la Pesca de Investigación de algas pardas en el norte de Chile (2007-2009). Los límites de cada sector de evaluación consideran tanto la extensión de la ZOE así como la presencia y distribución geográfica de cada especie de alga parda, impactos antropogénicos significativos y la accesibilidad a la costa. Por lo tanto hay que considerar que cada sector de evaluación (ZOE) puede tener diferente tamaño y es un artefacto diseñado para optimizar la interpretación de los resultados de la prospección, y no para definir distancias estandarizadas de costa o para buscar equivalencias geográficas a través de una distribución latitudinal continua de algas pardas.

Parte de la variabilidad espacial y de la abundancia de *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata* no sólo está relacionada con la cosecha directa de algas, sino también por los

efectos de descarga histórica (no actual) de vertidos de residuos mineros en alguno de los sectores de evaluación (e.g. Paposo, Michilla, Tocopilla). Es en este contexto que estas áreas serían apropiadas para efectuar actividades de repoblamiento debido al cese de actividades mineras o al cambio en el manejo y administración de residuos líquidos y sólidos de la minería en la costa. La abundancia de algas pardas también disminuye en zonas urbanas como Iquique, Tocopilla y Antofagasta donde no se detectaron algas en las unidades de muestreo. La distribución de las praderas de *Macrocystis integrifolia* está concentrada sólo en algunos sectores de evaluación a lo largo de la costa (e.g. Camarones, Pisagua, Caramucho, Chanavaya, San Marcos, Chipana, Urco, Península de Mejillones), y muestran una gran variación en la extensión y abundancia de estas. Los hábitats donde crece *Macrocystis* se caracterizan por una suave pendiente batimétrica, una alta disponibilidad de sustrato rocoso y un moderado movimiento de agua.

La evaluación aérea estableció la distribución de las praderas de algas pardas a lo largo del litoral del área de estudio. *Lessonia* forma un continuo a lo largo del litoral rocoso expuesto en las regiones evaluadas, mientras que *Macrocystis* se distribuye solo en algunos sectores en forma de parches en ambientes menos expuestos al movimiento del agua. La presión de cosecha sobre el recurso no sería la única responsable de la variabilidad espacial de las praderas en el área de estudio. Disturbios crónicos producidos por la descarga de desechos líquidos y sólidos al mar en áreas costeras urbanizadas y/o industrializadas (e.g. minería, puertos) tienen efectos nocivos sobre estos organismos vegetales en el norte de Chile (Vásquez & Guerra 1995). Antes de iniciar actividades de repoblamiento de estas áreas se debiera aplicar medidas de mitigación de estos impactos.

La estimación de biomasa total y cosechable fue calculada para cada sector de evaluación. La biomasa cosechable de *Lessonia* fue determinada en función de la norma vigente que establece la cosecha de individuos por sobre los 20 cm de diámetro del disco, mientras que para *Macrocystis* fue determinada en función de la mortalidad natural (ca. 50%)

que ocurre durante un ciclo productivo anual de biomasa, debido a que no se observaron actividades de cosecha.

La biomasa total de *Lessonia nigrescens* evaluada en el norte de Chile en función de los metros lineales de costa, el ancho promedio del cinturón y la biomasa promedio por sector de evaluación indican que para el área de estudio existe una biomasa total estimada de 42.230 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de explotación vigente (cosecha de plantas con diámetro del disco ≥ 20 cm) se podrían extraer 14.378 toneladas. Utilizando un cálculo similar, la biomasa total disponible estimada para *Lessonia trabeculata* en el área de estudio es de 920.186 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de explotación vigente (cosecha de plantas con diámetro del disco ≥ 20 cm) se podrían extraer 491.159 toneladas. La biomasa total disponible de *Macrocystis integrifolia* en el área de estudio estimada de acuerdo a nuestros cálculos es de 197.247 toneladas de alga húmeda, de las cuales de acuerdo al criterio de cosecha del 50% se podrían extraer 98.623 toneladas.

Las estimaciones de biomásas establecidas para praderas de algas pardas en el presente proyecto corresponden a una visión instantánea del estado de los recursos en el área de estudio. Estas estimaciones tienen los supuestos de una distribución estática de las especies de algas pardas a lo largo de la costa y de la ausencia de variabilidad temporal (estacional o interanual). Teniendo en cuenta que estos supuestos son limitantes metodológicos, la aproximación a la biomasa total podría ser cuestionable en términos de sobre o subestimación en relación al valor teórico real de abundancia del recurso. Esta limitante metodológica se soluciona estableciendo un programa de seguimiento de las praderas de algas pardas que considere a lo menos nueve localidades equidistantes en el gradiente latitudinal del área de estudio, o tres localidades por Región, con un monitoreo estacional a largo plazo de cada pradera seleccionada para cada especie de alga parda.

El monitoreo espacial y temporal de seis varaderos históricos en estas regiones indica que la mortalidad de algas pardas en función del arribo de algas a la costa depende: (1) de la

composición y abundancia de las poblaciones de algas pardas aledañas al varadero, (2) de las características topográficas del sector, (3) del clima oceanográfico en el momento en que se realiza la estimación de algas varadas (*i.e.* mar con marejada vs mar llana) y (4) de la intensidad de pesca ejercida sobre el recurso alga parda. Es en este contexto que se recomienda continuar con las restricciones establecidas en las Pescas de Investigación de algas pardas para la I y II Región durante el período 2009-2010, y dirigir esta actividad a la recolecta de material varado producido por mortalidad natural.

La mortalidad natural en poblaciones de *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata* sin cosecha en el norte de Chile alcanza un 25% del stock total, mientras que para *Macrocystis integrifolia* puede llegar hasta el 50% del stock total (Vásquez 1999). Aunque, esta mortalidad natural de algas pardas en el área de estudio presenta una marcada variabilidad anual e interanual. Estacionalmente, la mortalidad natural de algas pardas en el norte de Chile aumenta en verano-otoño y disminuye en invierno-primavera en correspondencia con el cambio estacional del clima oceanográfico. Sin embargo, este patrón puede ser interrumpido anualmente dependiendo de la manifestación de procesos oceanográficos de gran escala y baja frecuencia, tales como el evento El Niño y su contraparte el evento La Niña. Durante la manifestación de un evento El Niño la mortalidad de algas pardas puede incrementarse a niveles extremos, generando procesos de extinción masiva hasta desaparición de las praderas, las cuales pueden ser renovadas rápida (meses) o lentamente (más de 20 años) dependiendo de las condiciones oceanográficas locales (*e.g.* focos de surgencia) (Vega *et al.* 2005). Otra fuente de variación que produce extinción local de praderas en el norte de Chile es el aumento de la presión de herbivoría causado por un incremento significativo del número de herbívoros (*e.g.* erizos de mar).

Durante la ejecución del proyecto, y considerando los antecedentes expuestos en los párrafos anteriores, la mortalidad de algas pardas en los varaderos ubicados y evaluados en el norte de Chile parece ser diferencial de acuerdo a la especie. La mortalidad de *L. nigrescens* en

los varaderos históricos representa el 25% del stock disponible en los alrededores, independiente del grado de intervención de la pradera. No obstante, el aumento de la presión de cosecha sobre la pradera intervenida afecta el volumen total de algas varadas, debido a que arriban a la costa algas cada vez más pequeñas (juveniles y/o adultos anuales). La mortalidad de *Lessonia trabeculata* en los varaderos históricos del norte de Chile representa el 1% del stock disponible en los alrededores. Este valor aumenta entre 5 y 10%, cuando existen modificaciones topográficas de la costa que favorecen el acopio submarino de algas pardas frente al varadero (e.g. El Lagarto). Pero cuando existen actividades de cosecha o colecta en los bolsones cercanos a los varaderos (e.g. Paposo, Cifuncho) el valor de mortalidad natural de *L. trabeculata* nuevamente se acerca al 1%, que representa principalmente a juveniles y fragmentos de algas adultas. La mortalidad natural de *Macrocystis integrifolia* en los varaderos históricos representa el 20% del stock disponible en los alrededores. Pero, el valor depende principalmente de la proximidad de las praderas al varadero. También debe tomarse en consideración que una fracción equivalente de la mortalidad natural (ca. 30%) flota costa afuera, arribando probablemente en localidades ubicadas en otras latitudes.

La variabilidad morfológica de las especies de algas pardas entre praderas ha sido explicada como una respuesta adaptativa a la persistencia de condiciones hidrográficas asociadas a las características topográficas locales. Estos procesos locales están a su vez regulados por procesos oceanográficos regionales característicos del norte de Chile (Camus 1994, Vega *et al.* 2005). La respuesta natural de las algas pardas a estos atributos locales o regionales es el desarrollo de ecotipos o morfotipos que responden a las características físico-químicas del sector (Graham *et al.* 2007). Independiente del desarrollo de eco- o morfo-tipos, la talla de captura de *Lessonia* (diámetro del disco mayor a 20 cm) parece ser un buen indicador de presión de explotación de praderas de algas pardas. No hay evidencia de cosecha de *Macrocystis* en el área de estudio, la cual es recolectada en los varaderos cuando hay demanda por ésta. Desde el punto de vista reproductivo, el presente proyecto no evaluó cambios

estacionales, pero en general, la literatura hace referencia a mejores capacidades reproductivas hacia los meses de otoño-invierno para Laminariales perennes de ambientes templados fríos (Buschmann *et al.* 2004; Tala *et al.* 2004).

Considerando los aspectos y requerimientos necesarios para que una pradera de algas pardas se desarrolle y establezca en un lugar determinado, las acciones de repoblamiento en el norte de Chile deben incluir el desarrollo de acuicultura de algas pardas y el establecimiento de poblaciones pilotos como fuente de propágulos. De esta manera se asegura que el área a repoblar disponga de suficientes propágulos para asegurar el establecimiento y desarrollo de una nueva pradera. Sin embargo, el éxito de las actividades de repoblamiento debe ser validado en cada sector propuesto, considerando aspectos técnico-logísticos que permitan el desarrollo de las diferentes etapas envueltas en estas actividades, aspectos biológicos (presencia de otras algas monopolizando substrato y presencia de alta densidad de herbívoros), y aspectos sociales relacionados con las organizaciones que desarrollarán dichas actividades y su capacidad para llevar a cabo acciones de repoblamiento y/o cultivo. En la parte administrativa, se debería considerar un control y fiscalización de las medidas de manejo, repoblamiento y sustentabilidad de la productividad de las algas pardas.

6. CONCLUSIONES

6.1. Las praderas de *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata* presentan una distribución continua en el área de estudio relacionada con la disponibilidad de sustrato rocoso. Sin embargo, existen interrupciones producidas por playas de arena y fondos blandos, áreas urbanas y puertos, y zonas donde históricamente hubo descargas de desechos mineros al mar. La distribución de *Macrocystis integrifolia* en el área de estudio, en comparación con *Lessonia*, es fragmentada. El tamaño y extensión de las 41 praderas prospectadas de *Macrocystis*, varía en función de la disponibilidad de hábitats rocosos protegidos y poco profundos.

6.2. La evaluación de algas pardas realizada entre junio 2009 y mayo 2010 indica que la biomasa disponible de *Lessonia nigrescens* estimada para el área de estudio es de 42.230 toneladas de alga húmeda, con una biomasa cosechable de acuerdo al criterio de explotación vigente de 14.378 toneladas de alga húmeda. La biomasa disponible de *Lessonia trabeculata* estimada para el área de estudio es de 920.186 toneladas húmedas, con una biomasa cosechable de acuerdo al criterio de explotación vigente de 491.159 toneladas de alga húmeda. La biomasa disponible en las praderas de *Macrocystis integrifolia* prospectadas en el área de estudio es 197.247 toneladas de alga húmeda, de las cuales se puede extraer una biomasa cosechable total de 98.623 toneladas de alga húmeda.

6.3. La evaluación de distintos varaderos representativos en el área de estudio muestra que la mortalidad natural de algas pardas es variable en el tiempo y en el espacio. Los volúmenes y extensión de la varazón de algas pardas dependen tanto de la frecuencia e intensidad de las marejadas así como de la topografía litoral que da forma al varadero. Complementariamente la presión de cosecha de las praderas aledañas al varadero incide en el tamaño de las algas que varan y en los volúmenes de las varazones.

6.4. La caracterización morfológica en el área de estudio indica una alta variabilidad morfológica de las algas que componen las poblaciones de *Lessonia*. Esta variabilidad morfológica es una respuesta adaptativa a las condiciones hidrográficas y topográficas locales y al gradiente de profundidad. No obstante a esta variabilidad, el diámetro mayor del disco adhesivo es un atributo morfométrico útil como indicador de presión de cosecha de praderas de *Lessonia* en el norte de Chile. La morfología de *Macrocystis integrifolia* dificultó la caracterización morfológica de los individuos *in situ*. Sin embargo, el mejor descriptor morfométrico para *Macrocystis integrifolia* en el área de estudio es la longitud total. La caracterización reproductiva de *Lessonia* y *Macrocystis* indican que están fértiles a lo largo del gradiente geográfico del área de estudio. Sin embargo, la alta variabilidad geográfica de la fertilidad en las poblaciones de algas pardas es un artefacto de la estacionalidad entre campañas de muestreo. En este contexto, el potencial reproductivo de estas especies de algas pardas en el norte de Chile tiende a ser máximo entre otoño e invierno durante el año.

6.5 Para que una actividad de repoblamiento de algas pardas sea efectiva en alguna potencial AMERB seleccionada, esta debe considerar el desarrollo de la acuicultura y el establecimiento de poblaciones pilotos que funcionen como aportadoras de nuevos propagulos a la zona. Además, el éxito del repoblamiento debe ser validado a través de un protocolo que contenga la logística de las distintas etapas técnicas necesaria para monitorear los aspectos biológicos, ecológicos, sociales, administrativos y económicos.

6.6 De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de algas pardas en el área de estudio, se recomienda:

- En áreas de libre acceso se debe coleccionar material varado, prohibiendo las actividades de cosecha directa de algas pardas.

- En AMERBs que contengan algas pardas como especie objetivo, los planes de manejo y explotación deben estar basados en el “como cosechar” (Vásquez 2008).
- Establecer un programa de monitoreo a largo plazo de praderas de algas pardas que considere a lo menos nueve localidades equidistantes en el gradiente latitudinal del área de estudio (o tres localidades por Región) que considere la variabilidad estacional de las poblaciones.
- Repoblar, usando acuicultura y praderas pilotos, en las áreas afectadas por la descarga histórica de desechos mineros, por fuerte actividad de cosecha y en áreas donde la recuperación post-El Niño no se ha logrado naturalmente.
- Si una medida de conservación de poblaciones de algas pardas considera la creación de parques y reservas marinas, entonces deben seleccionarse áreas que contengan las tres especies de algas pardas y en particular donde existan praderas mixtas de *Lessonia* y *Macrocystis*, puesto que se ha demostrado que constituyen focos de alta diversidad biológica, muy susceptibles a impactos antrópicos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANG PO, GJ SHARP & R SEMPLE (1993) Changes in the population structure of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Joil due to mechanical harvesting. *Hydrobiologia* 260/261: 321-326.
- ANG PO, GJ SHARP & R SEMPLE (1996) Comparison of the structure of populations of *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) at sites with different harvesting histories. *Hydrobiologia* 326/327: 179-184.
- ANUARIO SERNAPESCA (2000-2008) Estadísticas pesqueras. República de Chile, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. <http://www.sernapesca.cl>.
- AVILA M & H PAVEZ (2003) Utilization and cultivation of seaweeds en Chile. <http://www.ib.usp.br/apf/atual.htm>
- BURROUGH & MCDONNELL (1998) Principals of Geographical Information Systems: Oxford University Press.
- BUSTAMENTE R & JC CASTILLA (1990) Impact of human exploitation on populations of the intertidal southern bull-kelp *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvilleales) in central Chile. *Biological Conservation* 52: 205-220.
- BUSCHMANN AH, JA VASQUEZ, P OSORIO, E REYES, L FILUN, MC HERNANDEZ-GONZALEZ & A VEGA (2004) The effect of water movement, temperature and salinity on abundance and reproductive patterns of *Macrocystis* spp. at different latitudes in Chile. *Mar Biol* 145: 849-862.
- CADDY JF & R MAHON (1995) Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper N° 347. Rome, FAO. 83 pp.
- CAMUS PA (1994) Recruitment of the intertidal kelp *Lessonia nigrescens* Bory in northern Chile: successional constraints and opportunities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 184:171–81.
- CAMUS PA, VÁSQUEZ EO, GONZÁLEZ EO & LE GALAZ (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* 12:57–68.
- CASTILLA JC & CAMUS PA (1992) The Humboldt-El Niño scenario: Coastal benthic resources and anthropogenic influences, with particular reference to the 1982/83 ENSO. In: A.I.L. Payne, K.H. Brink, K.H. Mann and R. Hilborn (eds.). *Benguela trophic functioning*, S. Afr. J. Mar. Sci. 12: 703–12.
- 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.
- CORREA JA, LAGOS NA, MEDINA MH, CASTILLA JC, CERDA M, RAMÍREZ M, MARTÍNEZ E, FAUGERON S, ANDRADE S, PINTO R & CONTRERAS L. 2006. Experimental transplants of the large kelp *Lessonia nigrescens* (Phaeophyceae) in high-energy wave exposed rocky

intertidal habitats of northern Chile: Experimental, restoration and management applications. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 335:13–18.

CHAPMAN, ARO (1985) Demography. En: Handbook of Phycological methods. Ecological Field methods. Macroalgae, M.M.Littler & D.S.Littler, eds. Cambridge University Press. pp. 251-268.

CHAPMAN, ARO (1986) Age versus stage: an analysis of age- and size-specific mortality and reproduction in a population of *Laminaria longicuris* Pyl. *J Exp Mar Biol. Ecol* 97: 113-122.

COYER JA, GJ SMITH & RA ANDERSEN (2001) Evolution of *Macrocystis* spp. (Phaeophyceae) as determined by ITS1 and ITS2 sequences. *Journal of Phycology* 37: 574-585.

DEMES K, MH GRAHAM & T SUSKIEWICZ (2009) Phenotypic plasticity reconciles incongruous molecular and morphological taxonomies: giant kelp, *Macrocystis* (Laminariales, Phaeophyceae), is a monospecific genus. *Journal of Phycology* 45:1266-1269.

DRUEHL LD & D BREEN (1986) Some ecological effect of harvesting *Macrocystis integrifolia*. *Botanica Marina*. 29:97-103.

EDDING M & F TALA (1998) Investigación y Manejo para la Extracción de Huiros, III Región. Código BIP 20109880. Gobierno Regional de Atacama. Servicio Nacional de Pesca de Atacama. Universidad Católica del Norte. 197 pp.

EDDING M & F TALA (2003) Development of techniques for the cultivation of *Lessonia trabeculata* Villouta et Santelices (Phaeophyceae, Laminariales) in Chile. *Aquaculture Research* 34: 507 – 515.

EDDING M, M VENEGAS, P ORREGO & E FONCK (1990) Culture and growth of *Lessonia trabeculata* (Phaeophyta, Laminariales) juvenile sporophytes in La Herradura de Guayacán Bay, northern Chile. *Hydrobiologia* 204/205: 361-366.

EDDING M, E FONCK, P ORREGO, M VENEGAS & J MACCHIAVELLO (1993) A comparison between two populations of *Lessonia trabeculata* (Phaeophyta, Laminariales) microscopic stages. *Hydrobiologia* 260/261: 231-237.

EDDING M, E FONCK & J MACCHIAVELLO (1994) *Lessonia* In: I. Akatsuka (Ed.) *Biology of Economic Algae*. SPB Publishing bv, The Hague, The Netherlands. Pp 407-446.

FOSTER MS & DR SCHIEL (1985) The ecology of giant kelp forests in California: a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Rep. 85 (7.2). 152 pp.

FOSTER MS & DC BARILOTI (1990) An approach to determining the ecological effects of seaweed harvesting: a summary. *Hydrobiologia* 204/205: 15 – 16.

GRAHAM MH, VASQUEZ JA, BUSCHMANN AH (2007) Global ecology of the giant kelp *Macrocystis*: From ecotypes to ecosystems. *Oceanography and Marine Biology* 45:39-88.

HOFFMAN A & B SANTELICES (1997) *Flora Marina de Chile Central*. Ediciones Universidad Católica de Chile. 434 pp.

JONES CG, JH LAWTON & M SHACHAK (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386

LAZO L & ARO CHAPMAN (1996) Effects of harvesting on *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol (Fucales, Phaeophyta): a demographic approach. *Journal of Applied Phycology* 8: 87-103.

LAWRENCE JM (1975) On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology An. Review.* 13: 213-286

LEINFELDER U, F BRUNNENMEIER, H CRAMER, J SCHILLER, K ARNOLD, JA VASQUEZ & U ZIMMERMANN (2003) A highly sensitive cell assay for validation of purification regime of alginates. *Biomaterials* 24: 4161-4172.

MACAYA EC & GC ZUCCARELLO (2010) DNA barcoding and genetic divergence in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales). *Journal of Phycology* DOI : 10.1111/j.1529-8817.2010.00845.x

MARTINEZ E, L CARDENAS & R PINTO (2003) Recovery and genetic diversity of the intertidal kelp *Lessonia nigrescens* (Phaeophyceae) 20 years after El Niño 1982/83. *J. Phycol.* 39: 504-508.

McPEAK RH (1977) Observations and transplanting studies at Point Loma and La Jolla. Kelp Habitat Improvement Project. Annual Report 1974–1975. California Institute of Technology, Pasadena, pp. 92–102.

ORTIZ M (2008) Mass balanced and dynamic simulations of trophic models of kelp ecosystems near the Mejillones Peninsula of northern Chile (SE Pacific): Comparative network structure and assessment of harvest strategies. *Ecological Modelling* 216: 31-46.

ORTIZ m (2010) Dynamic and spatial models of kelp forest of *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (SE Pacific) for assessment harvest scenarios: short-term responses. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 20: 494–506.

ORTIZ M & W STOTZ (2007) Ecological and eco-social models for the introduction of the abalone *Haliotis discus hannai* into benthic systems of north-central Chile: sustainability assessment. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 17: 89-105.

PRINGLE JD, DJ JONES & RE SEMPLE (1987) Fishing and catch characteristics of an eastern Canadian Irish moss (*Chondrus crispus* Stackh.) dragraker. *Hydrobiologia* 151/152: 341-347.

RICE DW, DEAN TA, JACOBSEN FR, BARNETT AM (1989) Transplanting of giant kelp *Macrocystis pyrifera* in Los Angeles Harbor and productivity of kelp population. *Bull. Mar. Sci.* 44: 1070–1080.

REED DC (1987) Factors affecting the production of sporophylls in the giant kelp *Macrocystis pyrifera* (L.) C.Ag. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 113: 61-69.

ROTHAUSLER E, GOMEZ I, HINOJOSA IA, KARSTEN U, TALA F & MARTIN T (2009) Effect of temperature and grazing on growth and reproduction of floating *Macrocystis* spp. (Phaeophyceae) along a latitudinal gradient. *Journal of Phycology* 45: 547-559.

SANTELICES B (1989) Algas Marinas de Chile: distribución, ecología, utilización y diversidad. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 399 pp.

SANTELICES B (1990) Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in the seaweed. *Oceanography and Marine Biology and Annual Review* 28: 177-276

SANTELICES B, JC CASTILLA, J CANCINO & P SCHMIEDE (1980) Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in central Chile. *Marine Biology* 59: 119-132.

SEARLES, R.B. (1978) The genus *Lessonia* Bory (Phaeophyta, Laminariales) in Southern Chile and Argentina. *Br. Phycol. J.*, 13(4): 361-381. SEIJO J, O DEFEO & S SALAS (1997) Bioeconomía pesquera: Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca N° 368, 176 pp.

SERNAPESCA (2008) Anuario estadístico de Pesca. Subsecretaría de Pesca, Chile.

SHARP G (1987) *Ascophyllum nodosum* and its harvesting in Eastern Canada. En: Case studies of seven commercial seaweed resources. (Doty, M.S., J.F. Caddy y B. Santelices eds) FAO Fisheries Technical paper n° 281: 3-48.

STEPHENSON TA & A STEPHENSON (1972) Life between tidemarks on rocky shores. W. H. Freeman y Co., San Francisco, 425 págs.

TALA F (1999) Crecimiento, productividad y pérdida de tejido en frondas de *Lessonia trabeculata* y *Lessonia nigrescens* (Laminariales, Phaeophyta). Tesis Universidad Católica del Norte. Facultad de Ciencias del Mar. 126 pp.

TALA F & M EDDING (2005) Growth and loss of distal tissue in blades of *Lessonia nigrescens* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales). *Aquatic Botany* 82:39-54.

TALA F & M EDDING (2007) Production of *Lessonia trabeculata* and *Lessonia nigrescens* (Phaeophyceae, Laminariales) in northern Chile. *Phycological Research* (en revisión).

TALA F, M EDDING & J VASQUEZ (2004) Aspects of reproductive phenology of *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) from three populations in northern Chile. *N.Z. J. Mar. Fresh. Res.* 38: 255 - 266

TELLIER F, AP MEYNARD, JA CORREA, S FAUGERON & M VALERO (2009) Phylogeographic analyses of the 30°S south-east Pacific biogeographic transition zone establish the occurrence of a sharp genetic discontinuity in the kelp *Lessonia nigrescens*: Vicariance or parapatry? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53: 679-693.

THIEL M, MACAYA EC, ACUÑA E, ARNTZ W, BASTIAS H, BROKORDT K, CAMUS PA, CASTILLA JC, CASTRO LR, CORTÉS M, DUMONT CP, ESCRIBANO R, FERNÁNDEZ M, GAJARDO JA, GAYMER CF, GÓMEZ I, GONZÁLEZ AE, GONZÁLEZ HE, HAYE PA, ILLANES JE, IRIARTE JL, LANCELLOTTI DA, LUNA-JORQUERA G, LUXORDO C, MANRÍQUEZ PH, MARIN V, MUÑOZ P, NAVARRETE SA, PÉREZ E, POULIN E, SELLANES J, SEPÚLVEDA HH, STOTZ W, TALA F, THOMAS A, VARGAS CA, VÁSQUEZ JA, & JMA VEGA (2007) The

Humboldt current system of northern and central Chile, oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and Marine Biology* 45, 195e345.

VASQUEZ JA (1989) Estructura y organización de huirales submareales de *Lessonia trabeculata*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Universidad de Chile: 261 pp.

VASQUEZ JA (1990) Comunidades submareales dominadas por macroalgas. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 129-130.

VASQUEZ JA (1991) Variables morfométricas y relaciones morfológicas de *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices, 1986, en una población submareal del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 271-279.

VÁSQUEZ JA (1992) *Lessonia trabeculata*, a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case study for a structural and geographical comparison. In Seeliger U. (ed). *Coastal Plants of Latin America*: 77-89. Academic Press. San Diego.

VÁSQUEZ JA (1995) Ecological effects of brown seaweed harvesting. *Botanica Marina* 38: 251-257.

VÁSQUEZ JA (1999) The effects of harvesting of brown seaweeds: a social, ecological and economical important resource. *World Aquaculture* 30: 19-22.

VÁSQUEZ JA (2004) Evaluación de la biomasa de Algas Pardas (Huiros) en la costa de la III y IV Región, norte de Chile. Informe Final Pesca de Investigación. Comité de productores de algas marinas (COPRAM) de la sociedad nacional de pesca (SONAPESCA).

VÁSQUEZ JA (2008) Fate of Chilean kelps: re-sources for sustainable fishery. *Journal of Applied Phycology*.

VÁSQUEZ JA & B SANTELICES (1984) Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 131-154.

VASQUEZ JA y B SANTELICES (1990) Ecological effects of harvesting *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyta) in central Chile. *Hidrobiología* 204/205: 41-47.

VASQUEZ JA & E FONCK (1993) Algas productoras de ácido algínico en Sudamérica: diagnóstico y proyecciones. En: Documento de Campo N° 13 Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe. FAO- ITALIA. Programa Cooperativo Gubernamental: 17-26.

VÁSQUEZ JA & J GONZALEZ (1995) Métodos de evaluación de macroalgas submareales. In: Manual de métodos ficológicos K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira y E. Sar (eds.). Universidad de Concepción, Concepción. Chile. 643-666 pp.

VASQUEZ, J.A. & N. GUERRA (1996) The use of seaweeds as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia* 326/327: 327-333.

VÁSQUEZ JA & TALA F (1995) Experimental repopulation of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta, Laminariales) in intertidal areas of northern Chile. *Journal of Applied Phycology* 7: 347-349.

VÁSQUEZ, J.A. & A. BUSCHMANN (1997) Herbivory-kelp interactions in subtidal Chilean communities: a review. *Revista Chilena de Historia Natural* 70:41-52.

VÁSQUEZ JA & JMA VEGA (2004) 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? Programa Interdisciplinario de Estudios en Biodiversidad PIEB. Universidad de Chile.

VÁSQUEZ JA & JMA VEGA (2004a) El Niño 1997-1998 en el norte de Chile: efectos en la estructura y en la organización de comunidades submareales dominadas por algas pardas. In: Avaria S, J Carrasco, J Rutland & E Yañez (eds). El Niño-La Niña 1997-2000 sus efectos en Chile. CONA. Valparaíso. Chile. 119-135.

VÁSQUEZ JA & JMA VEGA (2004b) Ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. En: Historia Natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. F.A. Squeo, J.R. Gutiérrez & I.R. Hernández (Eds.). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2004) 7: 233-250.

VÁSQUEZ JA & R WESTERMEIER (1993) Limiting factors in optimizing seaweed yield in Chile. *Hydrobiologia* 260/261: 180-187.

VÁSQUEZ, J.A., A. VEGA, B. MATSUHIRO, L.M. PARDO & D. VELIZ (2000) The effects of mining pollution on subtidal habitats of northern Chile. *International Journal of Environment and Pollution* 13 (1/6):453-472.

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). Sustentabilidad de la Biodiversidad. Un problema actual: Bases científico técnicas, teorizaciones y proyecciones. Universidad de Concepción. Chile. 351-365

VÁSQUEZ JA, LM PARDO & D VELIZ (2001b) Vida bajo la 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.

VÁSQUEZ, J.A., J.M.A VEGA & A.H. BUSCHMANN (2006) Long term variability in the structure of kelp communities in northern Chile and the 1997-98 ENSO. *Journal of Applied Phycology* 18: 505-519.

VEGA JMA (2005) Dinámica poblacional de *Macrocystis integrifolia* (Laminariales, Phaeophyta) en el norte de Chile. Tesis Universidad Católica del Norte. Facultad de Ciencias del Mar. 211 pp.

VEGA JMA & JA VÁSQUEZ (2005) Local and mesoscale evaluations of the population dynamics of *Macrocystis integrifolia* (Laminariales, Phaeophyta) in northern Chile. *Botanica Marina*: submitted

VEGA JMA, JA VÁSQUEZ & AH BUSCHMANN (2005) Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: Interannual variability and El Niño 1997-98. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 33-50.

VILLEGAS MJ, LAUDIEN J & W SIELFELD (2008) *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales; Phaeophyceae) kelp habitat structures and associated macrobenthic community off northern Chile. *Helgoland Marine Research* 62: S33-S43.

VILLOUTA & B SANTELICES (1984) Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 111-122.

WESTERMEIER R, D PATINO, DG MULLER (2007) Sexual compatibility and hybrid formation between the giant kelp species *Macrocystis pyrifera* and *M. integrifolia* (Laminariales, Phaeophyceae) in Chile. *Journal of Applied Phycology* 19: 215-221.

ZIMMERMANN U, U LEINFELDER, M HILLGARTNER, B MANZ, H ZIMMERMAN, R BRUNNMEIER, M WEBER, JA VASQUEZ, F VOLKE & C HENDRICH (2003) Homogenously cross-linked Scaffolds based on clinical-grade alginates for transplantations and tissue engineering. In: *Tissue Engineering and Immunoisolated Transplantation*. Hoffmann M, Kaplan D, Zimmermann H. (eds). Academic Press: 77-86.

8. ANEXOS.

ANEXO I. TALLER DE PRESENTACIÓN METODOLÓGICA (PRESENTACION POWER POINT EN ARCHIVO DIGITAL ADJUNTO)

ANEXO II. TALLER DE DISCUSIÓN METODOLÓGICA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS (PRESENTACION POWER POINT EN ARCHIVO DIGITAL ADJUNTO)

ANEXO III. COMPOSICION Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO PROFESIONAL Y TECNICO ASIGNADO AL PROYECTO.

NOMBRE	TITULO/GRADO	FUNCIÓN
Julio Vásquez	Dr. Ciencias (Mención Ecología)	Coordinación General. Jefe de Proyecto. Manejo Presupuestario. Análisis de la información y elaboración de informes. Participación en Talleres. Actividades de terreno (prospecciones aéreas)
Alonso Vega	Biólogo Marino Mag. Ciencias del Mar	Recopilación de Información bibliográfica. Actividades de terreno (prospecciones aéreas y costeras). Planificación de actividades de terreno. Digitalización de base de datos. Análisis de la información y elaboración de informes. Talleres.
Fadia Tala	Biólogo Marino Mag. Ciencias del Mar	Ecología reproductiva. Coordinación y Planificación general. Digitalización de base de datos. Análisis de la información y elaboración de informes. Talleres.
Nicole Piaget	Biólogo Mag. Ciencias del Mar	Recopilación de Información bibliográfica. Actividades de terreno (prospecciones aéreas y costeras). Planificación de actividades de terreno. Digitalización de base de datos. Análisis de la información y elaboración de informes. Talleres.
Andrés Bodini	Ingeniero en Acuicultura	Experto SIG. Estimaciones de biomasa usando bases de datos georeferenciadas. Elaboración de mapas temáticos en SIG.
Lorena Jorquera	Licenciada en Ciencias del Mar	Actividades en terreno
Sebastián Morales	Licenciado en Ciencias del Mar	Actividades en terreno
Claudio Sáez	Licenciado en Ciencias Ambientales	Actividades en terreno
Pamela Muñoz	Biólogo Marino	Elaboración de Base de datos.