



INFORME FINAL
Seguimiento Biológico Pesquero y Evaluación Económica, como insumo
para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas. III Región, 2013-2014

Licitación ID N° 4728-132-LE13

EQUIPO DE TRABAJO

J. M. Alonso Vega Reyes
Jefe de Proyecto

Carolina Olivares Felice
Nicole Piaget Ibarra
Lorena Jorquera Vargas
Iver Núñez Parraguez
Manuel Díaz Poblete
Carlos Tapia Jopia

Octubre 2014

Informe Final

Seguimiento Biológico Pesquero y Evaluación Económica, como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas III Región, 2013-2014

Licitación ID N° 4728-132-LE13



EQUIPO DE TRABAJO

J. M. Alonso Vega Reyes
Jefe de Proyecto

Carolina Olivares Felice
Nicole Piaget Ibarra
Lorena Jorquera Vargas
Manuel Díaz Poblete
Iver Núñez Parraguez
Carlos Tapia Jopia

Requirente:



Octubre 2014

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| Resumen Ejecutivo | 1 |
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Objetivos | 5 |
| 2.1 Objetivo general..... | 5 |
| 2.2 Objetivos específicos | 5 |
| 3. Metodología..... | 5 |
| 3.1 Objetivo específico 1..... | 5 |
| 3.1.1 Sitios de estudio | 6 |
| 3.1.2 Estimación de la dinámica de la estructura de talla de la población..... | 7 |
| 3.1.3 Estimación de la dinámica de la densidad de la población..... | 7 |
| 3.1.4 Estimación de la dinámica del reclutamiento..... | 8 |
| 3.1.5 Estimación de la dinámica de la biomasa | 8 |
| 3.1.6 Ecología reproductiva | 9 |
| 3.2 Objetivo específico 2..... | 9 |
| 3.3 Objetivo específico 3..... | 10 |
| 3.3.1 Caracterización morfológica, gravimétrica y reproductiva de plantas provenientes de mortalidad por pesca | 10 |
| 3.3.1.1 Estructura de tallas..... | 11 |
| 3.3.1.2 Caracterización morfológica y gravimétrica de las plantas..... | 11 |
| 3.3.1.3 Relación entre talla y peso de la mortalidad..... | 11 |
| 3.3.1.4 Caracterización reproductiva de las plantas provenientes de la mortalidad por pesca y natural..... | 12 |
| 3.3.2 Estimación de la mortalidad natural en varaderos histórico..... | 12 |
| 3.4 Objetivo específico 4..... | 12 |
| 3.4.1 Propuesta de sectores aptos para la aplicación piloto de los indicadores ecológicos en praderas de huiro negro en la Región de Atacama | 12 |
| 3.5 Antecedentes complementarios obtenidos en el seguimiento | 14 |
| 4. Resultados..... | 16 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1 | Acciones del Plan de Manejo durante el seguimiento biológico pesquero de algas pardas.. | 16 |
| 4.2 | Objetivo específico 1..... | 19 |
| 4.2.1 | Caracterización ambiental de los sitios de estudio..... | 19 |
| 4.2.1.1 | Provincia de Chañaral..... | 20 |
| 4.2.1.2 | Provincia de Copiapó..... | 21 |
| 4.2.1.3 | Provincia de Huasco | 24 |
| 4.2.2 | Estructura de talla de las poblaciones de huiro negro | 30 |
| 4.2.3 | Dinámica de la densidad de huiro negro | 36 |
| 4.2.4 | Dinámica del reclutamiento del huiro negro | 40 |
| 4.2.5 | Dinámica de la biomasa del huiro negro | 42 |
| 4.2.6 | Ecología reproductiva del huiro negro..... | 47 |
| 4.3 | Objetivo específico 2..... | 51 |
| 4.3.1 | Análisis de la información bibliográfica | 51 |
| 4.3.2 | Programa para gestión y administración bibliográfica | 53 |
| 4.3.3 | Breve revisión bibliográfica de los antecedentes disponibles | 54 |
| 4.3.3.1 | Nombre comercial versus nombre científico | 54 |
| 4.3.3.2 | Importancia económica, social y ecológica de las praderas de algas pardas | 56 |
| 4.3.3.3 | Riesgos potenciales asociados a la explotación de algas pardas | 57 |
| 4.4 | Objetivo específico 3..... | 59 |
| 4.4.1 | Caracterización morfológica, gravimétrica y reproductiva de plantas provenientes de mortalidad por pesca y natural en varaderos..... | 63 |
| 4.4.1.1 | Estructura de tallas..... | 64 |
| 4.4.2 | Caracterización morfológica y gravimétrica de las plantas | 77 |
| 4.4.3 | Relación entre talla y peso de la mortalidad | 83 |
| 4.4.4 | Caracterización reproductiva de las plantas provenientes de la mortalidad por pesca y natural..... | 85 |
| 4.4.5 | Estimación de la mortalidad natural en varaderos históricos | 88 |
| 4.5 | Objetivo específico 4..... | 94 |
| 4.5.1 | Indicadores Ecológicos..... | 94 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5.2 | Otros potenciales Indicadores Ecológicos | 101 |
| 4.5.3 | Implementación de un programa piloto..... | 109 |
| 4.6 | Antecedentes complementarios obtenidos en el seguimiento para la pesquería de Algas Pardas en la Región de Atacama..... | 119 |
| 4.6.1 | Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) | 119 |
| 4.6.2 | Precio pagado en playa por kilo de huiro negro | 122 |
| 4.6.3 | Tendencias de precios y del desembarque de huiro negro durante el seguimiento | 123 |
| 5. | Conclusiones | 127 |
| 6. | Reuniones de Coordinación de Proyecto..... | 130 |
| 7. | Informe de Gastos Realizados..... | 133 |
| 8. | Bibliografía | 134 |
| 9. | Anexos..... | 143 |
| 9.1 | Anexo Gestor Bibliográfico: Manual Mendeley para Administradores | 143 |
| 9.2 | Anexo Gestor Bibliográfico: Manual DropBox para Administradores | 150 |
| 9.3 | Anexo Gestor Bibliográfico: Manual Mendeley para Usuarios..... | 156 |
| 9.4 | Anexo Registro de Asistencia | 166 |
| 9.5 | Anexo Presentaciones (Power Point) exhibidas en el Comité de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama | 177 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Escala numérica y verbal de importancia relativa utilizada para el Análisis Multicriterio (Berumen & Llamazares, 2007). | 13 |
| Tabla 2. Índices de consistencia aleatorios en función del número de elementos que se comparan. | 14 |
| Tabla 3. Función y parámetros de la relación longitud y peso de las plantas de huiro negro por sitio de estudio. El mejor ajuste de la relación se obtuvo con la función potencial ($y=ax^b$). Además, se informa entre paréntesis el “n” de cada muestra y el coeficiente de determinación de la regresión (R^2). | 84 |
| Tabla 4. Variación estacional del tamaño y de la biomasa promedio de algas arribadas a la costa durante la marea baja en el varadero próximo a Isla Grande de Atacama. | 90 |
| Tabla 5. Coordenadas geográficas de los varaderos históricos de algas pardas por Provincia en la Región de Atacama. Se indica el recurso algas pardas en Ln: <i>L. nigrescens</i> ; Lt: <i>L. trabeculata</i> y Mi: <i>M. pyrifer</i> morfo <i>integrifolia</i> . El código de extensión representa si el varadero abarca metros de costa (1), si el varadero es un sistema de varaderos distribuidos en cientos de metros de costa (2), o si el varadero es un sistema de varaderos ubicado en varios kilómetros de costa (3). | 91 |
| Tabla 6. Indicadores basados en variables pesqueras para monitorear la cosecha de <i>Lessonia nigrescens</i> en la Región de Atacama. | 99 |
| Tabla 7. Indicadores basados en variables demográficas para monitorear la cosecha de <i>Lessonia nigrescens</i> en la Región de Atacama. | 100 |
| Tabla 8. Criterios de entrada para la selección del sector donde se podría implementar la experiencia piloto. | 109 |
| Tabla 9. Definición de criterios utilizados para la selección del área susceptible de aplicación de la experiencia piloto, indicando la condición ideal del piloto. | 110 |
| Tabla 10. Matriz con resultados del análisis comparado entre pares de criterios. En la última columna se muestra el peso porcentual inicial de cada criterio. | 111 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 11. Resultados de los pesos porcentuales de cada criterio correspondiente a cada iteración realizada, mostrando la diferencia respecto del peso porcentual inmediatamente anterior. | 111 |
| Tabla 12. Resultados análisis de consistencia del análisis comparado de criterios..... | 112 |
| Tabla 13. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de accesibilidad..... | 112 |
| Tabla 14. Análisis de consistencia accesibilidad..... | 113 |
| Tabla 15. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de control/ fiscalización. | 113 |
| Tabla 16. Análisis de consistencia nivel de control/ fiscalización. | 113 |
| Tabla 17. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de nivel de organización de alquileres. | 114 |
| Tabla 18. Análisis de consistencia nivel de organización de alquileres. | 114 |
| Tabla 19. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de número de alquileres. | 115 |
| Tabla 20. Análisis de consistencia a número de alquileres..... | 115 |
| Tabla 21. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de nivel de desembarque..... | 116 |
| Tabla 22. Análisis de consistencia a desembarque. | 116 |
| Tabla 23. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de distancia al sector control..... | 117 |
| Tabla 24. Matriz final resultante de sectores considerados para selección de sector para implementar una experiencia piloto. Los sectores con mayor peso corresponden a Caleta Angosta y Totoral Bajo..... | 118 |
| Tabla 25. Detalle de las reuniones de coordinación u otras realizadas durante la presente etapa de ejecución del proyecto. | 130 |
| Tabla 26. Detalle de ejecución presupuestaria en la presente etapa de ejecución del proyecto. . | 133 |

Índice de Figuras

- Figura 1. Línea de tiempo del desarrollo del proyecto, donde se destacan los hitos importantes del Plan de Manejo y las fechas de los terreno realizadas por el equipo consultor. Los triángulos azules en la línea de tiempo indican los informes de avance del proyecto. 18
- Figura 2. Mapa esquemático de la Región de Atacama donde se indica el nombre y ubicación de los seis sitios de estudio seleccionados para desarrollar el seguimiento de algas pardas. Además, destaca la distribución espacial equidistante entre sitios de estudio. Mapa geopolítico obtenido de <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region3/>..... 19
- Figura 3. Paisaje del área de estudio “Los Toyos” en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*..... 21
- Figura 4. Paisaje del área de estudio en Caldera, Provincia de Copiapó, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*..... 22
- Figura 5. Paisaje del área de estudio “Totoral Bajo” en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*..... 24
- Figura 6. Paisaje del área de estudio “Caleta Angosta” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*..... 26
- Figura 7. Paisaje del área de estudio “Los Bronces” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*..... 28
- Figura 8. Paisaje del área de estudio “Chañaral de Aceituno” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.
..... 29
- Figura 9. Remoción directa de huiro negro. Barreta utilizada para la “cosecha” o “champeo” de plantas de *Lessonia nigrescens* (A). Algueros desprendiendo plantas de la roca en el cinturón de huiro negro con el chuzo (B y C). Discos de adhesión de huiro negro cosechados con barreta (D), donde se distingue el golpe de la barreta en un extremo del borde asimétrico del disco. 31
- Figura 10. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del

disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises a las plantas adultas de *L. nigrescens*. . 32

Figura 11. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro del disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens*. 34

Figura 12. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro del disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens*. 35

Figura 13. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($x \pm ds$). (sd= sin datos) 38

Figura 14. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($x \pm s$)..... 39

Figura 15. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($x \pm s$)..... 40

Figura 16. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Los Toyos, Provincia de Chañaral, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$). ... 43

Figura 17. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Caldera, Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$). ... 44

Figura 18. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Totoral Bajo, Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$). ... 44

Figura 19. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Caleta Angosta, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$). ... 45

Figura 20. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Los Bronces, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$).... 46

Figura 21. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Chañaral de Aceituno, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($x \pm ee$). 46

Figura 22. Variación mensual de los parámetros reproductivos de las plantas de huiro negro en Los Toyos (Provincia de Chañaral), y Caldera y Totoral Bajo (Provincia Copiapó). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 49

Figura 23. Continuación Variación mensual de los parámetros reproductivos de las plantas de huiro negro en Caleta Angosta, Los Bronces y Chañaral de Aceituno (Provincia de Huasco). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 50

Figura 24. Dinámica temporal del número de publicaciones científicas sobre algas pardas en Chile. 51

Figura 25. Porcentaje de representación de las especies que componen la pesquería de algas pardas en las publicaciones científicas relacionadas con algas pardas en Chile..... 52

Figura 26. Imágenes del proceso de tendido de huiro negro champeado con barreta (A), o recolectado en varaderos (B, C y D). La mortalidad natural puede ser recolectada con varas y arpeos (B), buceando pozones submarinos (C), o con vehículos de tracción amarrando la biomasa con una aguja (D). 61

Figura 27. Imágenes de la recolección de huiro negro usando arpeo (A) y vara (B) en varaderos; y desde pozones usando balsas y buceo apnea (C). En algunos los varaderos se utilizan vehículos 4x4 (o tractores) amarrando la biomasa con una aguja y extrayéndolo con un cordel hacia la playa (D)..... 62

Figura 28. Discos de adhesión de plantas de huiro negro cosechadas con barreta en Los Toyos (A) y en Los Bronces (B), recolectada varada en la costa de Totoral Bajo (C) y sacada de pozones en Chañaral de aceituno (D). 63

- Figura 29. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 66
- Figura 30. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 67
- Figura 31. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 68
- Figura 32. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Chañaral (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 72
- Figura 33. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en un varadero dentro de un área de manejo (Torres del Inca) en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 73
- Figura 34. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Copiapó (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 74
- Figura 35. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Huasco (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en

función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 75

Figura 36. Estructura de tallas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Huasco recolectadas en pozones submarinos, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable). 76

Figura 37. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Los Toyos, Provincia de Chañaral. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 78

Figura 38. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Caldera, Provincia de Copiapó. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 79

Figura 39. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Totoral Bajo, Provincia de Copiapó. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 80

Figura 40. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado y de pozones) y por pesca (barreteado) en Caleta Angosta, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. 81

Figura 41. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Los Bronces, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... 82

- Figura 42. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado y de pozones) y por pesca (barreteado) en Chañaral de Aceituno, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética..... 83
- Figura 43. Tamaño mínimo de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) provenientes de la mortalidad por pesca (barretadas) y natural (recolectadas varadas o de pozones). Las barras representan el promedio con una desviación estándar. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno..... 85
- Figura 44. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad natural (varadas). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno. 86
- Figura 45. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad por pesca (barreteadas). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno..... 87
- Figura 46. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad natural (pozones). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética. 87
- Figura 47. Planta en el cinturón de huiro negro (A) y otra varada (B) con gorritos chinos en sus estipes. Individuos de *Scurria scurra* habitando en el estipe de huiro negro (C, foto cortesía E. Macaya), y una típica planta de los sitios de estudio (D, sin gorrito chino). 101
- Figura 48. Estructura de tallas (Izquierda) y densidad (derecha) de *S. scurra* en estipes de huiro negro habitando praderas con distintas medidas de administración pesquera. AMERB: Área de

| | | |
|------------|---|-----|
| | Manejo; AMP: Área Marina Protegida; ALA: Área de Libre Acceso (n: 20 plantas). Modificado de Vega et al. 2014..... | 102 |
| Figura 49. | Relación entre el tamaño de <i>S. scurra</i> y del estipe de <i>Lessonia</i> donde habita (izquierda), y densidad de gorritos chinos en un punto experimental de cosecha (n: 20 plantas). Modificado de Vega et al. 2014. Círculo Azul: Control, círculo celeste claro: 8 meses, círculo celeste: 20 meses, círculo celeste oscuro 32 meses..... | 102 |
| Figura 50. | Índices de diversidad biológica de la biota asociada a discos adhesivos de huiro negro colectados desde praderas con distintos escenarios de cosecha. Áreas Marinas Protegidas (AMP), Áreas de Manejo (AMERB) y Áreas de Libre Acceso (ALA) (Modificado de Vega & Vásquez 2014)..... | 103 |
| Figura 51. | Análisis multivariado de la fauna asociada a discos adhesivos de huiro negro colectados desde praderas con distintos escenarios de cosecha. Áreas Marinas Protegidas (AMP), Áreas de Manejo (AMERB) y Áreas de Libre Acceso (ALA) (Modificado de Vega & Vásquez 2014). | 104 |
| Figura 52. | Discos de adhesión de plantas de huiro negro cosechadas provenientes de áreas de libre acceso en el área de estudio (A y B). Discos adhesivos de huiro negro varado en Isla Chañaral (C, Área Marina Protegida), y cosechado en AMERB Los Bronces (C)..... | 105 |
| Figura 53. | Índice Multivariado El Niño Oscilación del Sur (MEI) durante el período de ejecución del Seguimiento biológico y pesquero 2013-2014. Se indica el periodo cálido (condición El Niño) y frío (condición Las Niña) del océano pacífico ecuatorial (Datos obtenidos desde la pagina web www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/)..... | 106 |
| Figura 54. | Registro de la temperatura del agua de mar (un metro de profundidad) en cuatro sitios de estudio en la Región de Atacama durante el período de ejecución del Seguimiento biológico y pesquero 2013-2014 (gráfico superior). Tendencia estacional de la temperatura del agua de mar en cada sitio de estudio obtenida a través de la media móvil (desfase de 30 días; gráfico inferior)..... | 108 |
| Figura 55. | Comparación entre sitios de estudio de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad por pesca (cosecha con barreta), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la | |

| | |
|--|-----|
| mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno..... | 120 |
| Figura 56. Variación temporal de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad por pesca (cosecha con barreta), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno. | 120 |
| Figura 57. Comparación entre sitios de estudio de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad natural (recolección de algas varadas) en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno..... | 121 |
| Figura 58. Variación temporal de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad natural (recolección de algas varadas), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... | 121 |
| Figura 59. Comparación entre sitios de estudio del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno..... | 122 |
| Figura 60. Variación temporal del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético..... | 123 |
| Figura 61. Variación temporal del desembarque de huiro negro en la Región de Atacama. | 125 |

Figura 62. Variación temporal del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama (arriba), y modelo conceptual explicativo de la alternancia temporal entre la extracción pasiva a través de la recolección de mortalidad natural en varaderos y la extracción activa a través de la cosecha de plantas con barreta. 126

Resumen Ejecutivo

Las algas pardas chilenas son explotadas desde praderas naturales y exportadas a mercados internacionales como materia prima para la producción de alginatos (Vásquez 2008); y en la última década, la demanda internacional ha incrementado sostenidamente su desembarque (Vásquez *et al.* 2012). Varias especies de *Lessonia*, *Durvillaea* y *Macrocystis* integran el recurso algas pardas, sin embargo, la explotación está dirigida principalmente a *L. nigrescens* en el norte de Chile, porque el secado en el desierto costero disminuye los costos productivos (Vásquez 2008).

La explotación de algas pardas tiene importancia social en la Región de Atacama, que incrementa en períodos de crisis económica (Oróstica *et al.* 2010). Actualmente, esta pesquería está asignada sólo a pescadores artesanales registrados en la administración pesquera (Vásquez 2008); pero la pesca ilegal ha sido difícil de fiscalizar por la extensión territorial de las praderas. Por otra parte, las algas pardas son especies bioingenieras de ecosistemas, sensibles a perturbaciones naturales y antrópicas (Camus *et al.* 1994, Martínez *et al.* 2003, Castilla *et al.* 2010), y la remoción activa de plantas es una perturbación que afecta drásticamente a las praderas (González *et al.* 2014).

Considerando la importancia económica, social y ecológica de las algas pardas, el Estado implementó un programa de investigación, basado en pescas de investigación, que prospectó la biomasa disponible, identificó a los usuarios y caracterizó la cadena productiva. Además, estableció recomendaciones prácticas para el manejo de las praderas basadas en antecedentes bio-ecológicos (Vásquez 2008).

En el año 2012 se formalizó la Mesa de Algas Pardas, actual Comité de Manejo para Algas Pardas - Región de Atacama, para unificar los criterios de los distintos actores públicos y privados que participan en la cadena productiva de esta pesquería y establecer un plan de manejo (Tapia *et al.* 2014). Este plan de manejo regional, participativo, y adaptativo, requiere de indicadores que monitoreen las medidas de manejo consensuada por el comité y establecidas para la sostenibilidad de las praderas. Un indicador en el ámbito del manejo con enfoque ecosistémico es una variable, índice o modelo que permite estimar el estado actual y/o las tendencias futuras de una pesquería. Para esto, el indicador debe ser socialmente relevante, simple y entendible por la comunidad, con fundamento científico y legalmente defendible, medible cuantitativamente y económicamente viable (Vega *et al.* 2014).

Recientemente, se planteó el uso de parámetros morfológicos y demográficos para el monitoreo de las recomendaciones de manejo (Vásquez *et al.* 2012), los cuales fueron propuestos en este estudio como indicadores para monitorear la sostenibilidad de las praderas explotadas de *L. nigrescens* en la Región de Atacama (Vega *et al.* 2014). El estudio demográfico de huiro negro fue complementado

con: (1) una base bibliográfica digitalizada, actualizada, sistematizada y de fácil consulta; y (2) la caracterización morfológica y gravimétrica de la mortalidad natural y por pesca.

El proyecto fue realizado entre noviembre de 2013 y agosto de 2014; y se describen los patrones de distribución y abundancia de *L. nigrescens* en seis sitios de estudio distribuidos en forma sistemática en áreas de libre acceso de la Región de Atacama (Objetivo 1): Los Toyos, en la Provincia de Chañaral; Caldera y Totoral Bajo, en la Provincia de Copiapó; y Caleta Angosta, Los Bronces y Chañaral de Aceituno, en la Provincia de Huasco. Además, en cada sitio de estudio se monitoreó el desembarque de huiro negro proveniente de mortalidad por pesca o cosecha de plantas con barreta, y de mortalidad natural o recolección de biomasa varada o desde pozones submarinos (Objetivo 2). También, se propone el uso de un software de gestión y organización de información científica sobre algas pardas en la Región de Atacama disponible gratuitamente en la web (Objetivo 2).

Considerando los parámetros demográficos de *L. nigrescens* (e.g. Estructura de tallas, densidad, reclutamiento, biomasa), como indicadores para monitorear el estado de las praderas, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todos los sitios de estudio. Esta condición se caracteriza por: (A) una reducida fracción de plantas aptas para la cosecha (> 20 cm diámetro disco), (B) una alta representatividad de juveniles y (C) un constante reclutamiento, necesario para la renovación de la pradera. La biomasa disponible de huiro negro sugiere la aplicación diferencial de algunas “recomendaciones de manejo” y “criterios de explotación” incluidas en el Plan de Manejo de algas pardas (e.g. períodos de descanso post-cosecha, entresacar plantas). Sin embargo, para demostrar causalidad entre los indicadores y la remoción activa en las praderas, es necesario disponer de praderas referenciales “sin cosecha”.

La base bibliográfica de algas pardas para la Región de Atacama puede ser usada y/o administrada por los miembros del comité a través del gestor bibliográfico Mendeley y/o con el servicio de almacenamiento Dropbox sincronizados en la web. La revisión bibliográfica sugiere concordar el nombre comercial del huiro negro *Lessonia nigrescens* con su nombre científico aceptado *Lessonia berteriana*. La creciente demanda del mercado internacional, y la importancia económica, social y ecológica que tienen las algas pardas en Atacama sugiere cambiar el enfoque basado en el manejo del recurso a uno más integral basado en el ecosistema, para evitar riesgos potenciales que conlleva su explotación, relacionados con: (1) los ciclos oceanográficos costeros anuales e interanuales; (2) ignorar las recomendaciones de manejo; (3) la introducción de especies invasoras; (4) el desconocimiento de la biología básica del recurso; y (5) los impactos ambientales producidos por la industria en el borde costero.

La pesquería de algas pardas en Atacama está dirigida principalmente a *L. nigrescens*. La mortalidad por pesca se captura utilizando una barreta para desprender las plantas. En cambio, la mortalidad natural se recolecta utilizando diversas modalidades, tales como (a) recolección manual, (b) recolección con varas o (c) recolección con arpeos. También se utilizan vehículos 4x4 para jalar el

alga hacia la costa; y se realiza extracción y/o recolección utilizando embarcaciones artesanales equipadas con buceo hooka, o “balsas” para recolectar la mortalidad natural desde pozones submarinos.

La caracterización morfológica y gravimétrica de la mortalidad natural y por pesca del huiro negro sugiere que las praderas están sujetas a una alta presión de cosecha. En general, las plantas barreteadas y buceadas de pozones son más grandes y pesadas que las varadas.

Los indicadores demográficos del huiro negro sugieren que la renovación post-cosecha de las praderas ocurre durante el ciclo anual y entre estaciones del año, en condiciones oceanográficas neutra o fría. Sin embargo, los indicadores ecológicos sugieren que la renovación post cosecha de la biodiversidad es un proceso más extenso. Así, la pérdida de funciones ecosistémicas de las algas pardas podría tener consecuencias desconocidas en la costa de Atacama. En este sentido, en el presente estudio, con el fin de evaluar el desempeño de los indicadores propuestos, se recomienda la implementación de un Programa Piloto de Seguimiento de la Pesquería de Algas Pardas en Atacama, identificando a Caleta Angosta o Totoral Bajo, como los sitios recomendados los que fueron seleccionados utilizando diversos criterios mediante el proceso de análisis jerárquico, incluyendo además un sitio control referencial.

El registro mensual de la captura por unidad de esfuerzo y del precio pagado en playa muestra que la pesquería del huiro negro en Atacama es atípica y secuencial (González et al. 2002), porque utiliza la biomasa de la remoción pasiva y activa durante el año, pero con una marcada alternancia estacional. En general, la pesquería se sustenta de la recolección de la mortalidad natural durante el año, pero un aumento del precio pagado en playa fomenta instantáneamente la cosecha de huiro negro desde las praderas, mientras que si el precio en playa baja se desincentiva la cosecha. Finalmente, los indicadores ecológicos para praderas de algas pardas en la Región de Atacama fueron divulgados en distintos talleres y reuniones científicas, así como en reuniones del comité de manejo de la Región de Atacama.

1. Introducción

La Ley N° 20.560, publicada en el año 2012, que incorpora modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), insta la administración y manejo de una o más pesquerías de recursos invertebrados bentónicos y algas, posibilitando la conformación de comités de manejo y la elaboración de planes de manejo. En este contexto, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) puede promover el establecimiento de un Plan de Manejo de Recursos Bentónicos aplicable a todo o parte de una Región o Regiones geopolíticas de Chile, incorporando a los usuarios de la cadena productiva en la ordenación y administración del o los recursos seleccionados a través de procesos participativos. En este sentido, el manejo de las pesquerías incorpora un modelo de administración participativo convirtiendo a los usuarios en actores influyentes en la administración de los recursos de importancia comercial y útil para mejorar la comunicación con y entre los usuarios de la cadena productiva, la administración pesquera y las instituciones científicas y/o técnicas.

El Comité de Manejo de Algas Pardas en la Región de Atacama se encuentra constituido formalmente desde el año 2012 (R.Ex. 2684/2012) como una instancia para el diseño, implementación y monitoreo de un Plan de Manejo para la pesquería de las algas pardas constituida por tres especies: *Macrocystis* spp., *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*. De esta forma, a través de diversos talleres regionales, se elaboró un Plan de Manejo para Algas Pardas en la Región de Atacama, actualmente en ejecución desde septiembre 2013 (R.Ex. 2672/2013).

Cabe destacar, que un Plan de Manejo es un conjunto de normas y acciones que permiten administrar una pesquería, basadas en el conocimiento actualizado de los aspectos bio-pesqueros, económicos y sociales que se tengan de esta, permitiendo contribuir al bienestar de la sociedad a través de la explotación sostenible de los recursos (LGPA 2013).

En la Región de Atacama, se han desarrollado importantes esfuerzos por contar con información actualizada respecto al nivel de biomasa de las tres especies de importancia comercial de algas pardas (Vasquez 2008), sin embargo, resulta indispensable apoyar dicha investigación mediante el diseño de un modelo de desempeño del Plan de Manejo, orientado a evaluar la mantención y renovación de las praderas naturales de algas pardas. Es en este contexto que se presenta el informe final del Proyecto “Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica, como insumo para el Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas III Región, 2013-2014”.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Proponer y aplicar una metodología para la evaluación del desempeño del Plan de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama.

2.2 Objetivos específicos

1. Monitorear el estado poblacional de *Lessonia nigrescens* considerando muestreos mensuales en localidades más representativas en desembarque de la región.
2. Generar una base de datos digitalizada bibliográfica de literatura científica, actualizada, sistematizada y relacional con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama, con énfasis en el género *Lessonia* y *Macrocystis*, de fácil consulta para los miembros del Comité de Manejo.
3. Monitorear mensualmente localidades representativas de desembarque en la Región de Atacama, considerando las características morfométricas y gravimétricas de los recursos *Macrocystis integrifolia*, *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, definiendo su procedencia (mortalidad natural o por pesca).
4. De acuerdo a la información disponible y los resultados del proyecto, generar una base de datos y un set de indicadores que permiten evaluar el estado de las praderas en el tiempo.

3. Metodología

3.1 Objetivo específico 1

Monitorear el estado poblacional de Lessonia nigrescens considerando muestreos mensuales en localidades más representativas en desembarque de la región.

El monitoreo estuvo dirigido a evaluar la estructura de tallas, densidad de plantas (reclutas, juveniles y adultas, y adultas con talla mínima legal de cosecha o mayor), el reclutamiento, la biomasa disponible, y la ecología reproductiva del huiro negro (*L. nigrescens*) en cada uno de los sitios de

muestreo. Los muestreos fueron realizados mensualmente entre noviembre de 2013 y agosto de 2014.

3.1.1 Sitios de estudio

El área de estudio para el monitoreo de las poblaciones de *L. nigrescens* corresponde al litoral de la Región de Atacama, que abarca aproximadamente 400 km lineales de costa. Se seleccionaron seis sitios de estudio en relación con: (1) las zonas de mayor desembarque del recurso algas pardas; (2) el diseño de muestreo y (3) su ubicación en Áreas de Libre Acceso (ALA).

Los sitios de estudio fueron distribuidos sistemáticamente a lo largo de la costa, asignando un sitio a la Provincia de Chañaral, dos a la Provincia de Copiapó y tres a la Provincia de Huasco, respectivamente. El monitoreo mensual de los atributos demográficos y de la mortalidad natural y por pesca de *L. nigrescens* en cada sitio de estudio se extendió por 10 meses.

En cada sitio de estudio se realizó una caracterización ambiental y de la distribución de *L. nigrescens* en el área de estudio. En la caracterización ambiental de cada sitio de estudio se describe el perfil de costa (*e.g.* farellón, plataforma, playas), el tipo de sustrato dominante (*e.g.* roca sólida, bolones, arena), y el grado de exposición al oleaje. Este último fue definido cualitativamente en protegido, semi-protegido, expuesto y muy expuesto, considerando la orientación de la costa al frente del oleaje, vientos predominantes del sector y corrientes de fondo (Vega *et al.* 2005).

Para fines del estudio, se definió como un individuo de huiro negro *L. nigrescens* a una planta (esporofito) conformada por un grupo de estipes que se levantan desde una misma estructura de fijación (disco basal adhesivo) (Vásquez *et al.* 2012).

El monitoreo de la biomasa y la densidad de *L. nigrescens* en las costas rocosas de la Región de Atacama consideró muestreos “no destructivos”. En Atacama, el huiro negro forma un cinturón conspicuo sobre el sustrato rocoso del intermareal bajo y submareal somero de ambientes rocosos expuestos al oleaje, donde domina en cobertura y biomasa (Vásquez *et al.* 2008). Para evaluar los patrones espaciales de abundancia del huiro negro, se utilizó un diseño de muestreo jerárquico anidado utilizando cuadrantes de 1 m² distribuidos al azar en tres transectos permanentes de 10 m de largo. Cada transecto fue trazado paralelo a la costa y georreferenciado considerando el rango mareal de distribución o ancho del cinturón de *L. nigrescens*.

Después de establecidos los transectos permanentes en el sitio de estudio, se lanzaron al azar tres unidades de muestreo de 1 m² (cuadrantes de 1 m x 1 m) dentro del transecto. Estos cuadrantes de 1 m² fueron usados para evaluar *in situ* los atributos morfológicos de las plantas (*i.e.* diámetro mayor del disco basal, número de estipes, largo total), el estado reproductivo (% de plantas reproductivas), y la abundancia por m² (densidad y biomasa; Vásquez *et al.* 2012).

3.1.2 Estimación de la dinámica de la estructura de talla de la población

La estructura de talla de la población de huairo negro en cada sitio de estudio fue estimada mensualmente midiendo el diámetro mayor del disco adhesivo de las plantas (Vásquez *et al.* 2012). Las tallas de las plantas fueron obtenidas de las evaluaciones no destructivas realizadas en los cuadrantes de 1 m² (N=9 por sitio y por mes). Para cada clase de talla i se calcula la proporción p_i de individuos por tamaño (al centímetro) con la ecuación (1):

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=\min}^{i=\max} n} \cdot 100 \quad (1)$$

donde n_i es el número de individuos para la talla i , y n es el número total de individuos muestreados en la pradera.

La variación mensual de las clases de tallas fue monitoreada a través de histogramas de frecuencia considerando al menos 12 clases, con una amplitud de clase de 5 cm de diámetro del disco (Vásquez *et al.* 2012). En el histograma, los reclutas están contenidos en la fracción de plantas que tienen una talla menor a 5 cm de diámetro del disco. Los juveniles están contenidos entre las clases de talla que contienen plantas mayores a 5 cm de diámetro del disco y menores a 20 cm de diámetro del disco. Finalmente, las plantas adultas que están contenidas en las clases donde las plantas tienen tallas mayores a 20 cm de diámetro del disco, tamaño que también indica la talla mínima legal de cosecha (Vásquez *et al.* 2012).

3.1.3 Estimación de la dinámica de la densidad de la población

La densidad, expresada en número de plantas por m², fue monitoreada mensualmente en las praderas de los sitios de estudio, utilizando descriptores estadísticos basados en el teorema del límite central (Sokal & Rohlf 1981). La densidad promedio \bar{x}_i es calculada con los valores de densidad x_i obtenidos en los cuadrantes de 1 m² (n=9) con la ecuación 2 para cada pradera (Vásquez *et al.* 2012). También, se calculó la desviación estándar con las ecuación (3), donde n representa el número de unidades muestrales (cuadrantes por sitio de estudio).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i \quad (2)$$

$$d.e. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

3.1.4 Estimación de la dinámica del reclutamiento

Los patrones temporales y espaciales del reclutamiento de *Lessonia nigrescens* fueron estimados a través de las variaciones espaciales y temporales y de la estructura de tallas (sección 3.1.2) y de la densidad de reclutas (sección 3.1.3).

3.1.5 Estimación de la dinámica de la biomasa

La biomasa, expresada en kg de alga húmeda por m², fue estimada calculando el peso de las plantas caracterizadas morfológicamente en los cuadrantes de 1 m², con la función presentada en la siguiente ecuación (4):

$$B_l = a \cdot L_l^b \quad (4)$$

donde a y b son los parámetros obtenidos de la regresión exponencial presentada en la ecuación (4), L_l es el diámetro del disco basal adhesivo de la planta l medida *in situ* y B_l es el peso estimado por la función para dicha planta.

Posteriormente, repitiendo el procedimiento para cada planta, se obtuvo la biomasa total estimada para los individuos contenidos en la unidad de muestreo de 1 m² (5):

$$B_{TOTAL} = \sum_{l=1}^{l=n} a \cdot L_l^b \quad (5)$$

Las estimaciones fueron calculadas mensualmente para la biomasa disponible de *L. nigrescens* considerando todas las plantas medidas en cada cuadrante de 1 m². Los promedios y desviaciones estándar fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones (2) y (3).

Cabe destacar que de acuerdo al Plan de Manejo (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura 2013): un individuo de *L. nigrescens* apto para la cosecha corresponden a una planta que tiene la “talla mínima legal de cosecha” (TMLC), o sea que tiene un tamaño igual o mayor a 20 cm de diámetro de diámetro del disco adhesivo.

3.1.6 Ecología reproductiva

La densidad de plantas reproductivas, expresada como individuos fértiles por m², y su frecuencia (% plantas reproductivas) fue estimada mensualmente durante las evaluaciones no destructivas descritas en los párrafos anteriores. Los promedios y desviaciones estándares fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones (2) y (3).

En cada sitio de muestreo se evaluaron dos estimadores del potencial reproductivo:

- a) Diez plantas fértiles de *L. nigrescens* fueron seleccionadas al azar desde la pradera para registrar el número de frondas con soros por planta (Vásquez *et al.* 2008). Para fines del estudio, se definió como una fronda de huiro negro *L. nigrescens* a un estipe que nace desde el disco de adhesión y se divide dicotómicamente hacia sus extremos libres donde se ubican un conjunto de laminas donde se desarrollan el tejido reproductivo o soro (Vásquez *et al.* 2012).
- b) Un máximo de 10 frondas reproductivas fueron seleccionadas al azar de plantas en la pradera para determinar el porcentaje de tejido reproductivo (o soro) en las láminas de la fronda. El área de los soros y de las laminas fue calculada a través de la digitalización fotográfica de los soros y análisis de imágenes usando el programa Image-Pro versión 4.0, que permite estimar el área total de una superficie determinada (Tala *et al.* 2004). Cabe destacar que *L. nigrescens* tiene soros bi-faciales, por lo que el resultado fue multiplicado por dos, ya que el tejido fértil tiene igual área en ambos lados de la fronda (Tala & Edding 2005).

3.2 Objetivo específico 2

Generar una base de datos digitalizada bibliográfica de literatura científica, actualizada, sistematizada y relacional con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama, con énfasis en el género Lessonia y Macrocystis, de fácil consulta para los miembros del Comité de Manejo.

Para cumplir con este objetivo se realizó una búsqueda de la literatura científica sobre algas pardas en la Región de Atacama y en Chile en las bibliotecas virtuales disponibles en internet (e.g. Scielo, ISI WEB, Google Académico). La base de datos bibliográfica fue actualizada, sistematizada y relacionada con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama. Se enfatizó en las especies de algas pardas de los géneros de *Lessonia* y *Macrocystis*.

Se efectuó un análisis de la producción científica de *Lessonia* y *Macrocystis* publicada en revistas científicas, con una síntesis que consistió en una base de datos sobre las distintas temáticas relacionadas con algas pardas (e.g. cultivo, taxonomía, contaminación). Se revisó diversas opciones

de software, privilegiando software de libre disposición. Además, se elaboraron manuales de uso para administrador y usuario.

La información disponible de algas pardas en la Región de Atacama, se revisó considerando los siguientes aspectos: (1) distribución latitudinal de las poblaciones, (2) distribución intermareal y batimétrica de las poblaciones, (3) composición (biodiversidad) de la biota, (4) estimadores de abundancia (biomasa/densidad), (5) estructura poblacional y (6) estado reproductivo; la cual luego fue sistematizada y organizada.

3.3 Objetivo específico 3

*Monitorear mensualmente localidades representativas de desembarque en la Región de Atacama, considerando las características morfométricas y gravimétricas de los recursos *Macrocystis integrifolia*, *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, definiendo su procedencia (mortalidad natural o por pesca).*

Las características morfométricas y gravimétricas junto con el estado reproductivo de plantas del huiro negro *L. nigrescens* provenientes de la mortalidad por pesca y mortalidad natural, fueron monitoreadas mensualmente en los distintos sitios de estudio distribuidos a lo largo de costa de la Región de Atacama.

3.3.1 Caracterización morfológica, gravimétrica y reproductiva de plantas provenientes de mortalidad por pesca.

La mortalidad por pesca fue definida en este estudio como la acción de desprender del sustrato rocoso plantas completas de huiro negro con un arte de pesca especializado, en este caso el chuzo o barreta. En términos pesqueros, esta forma de cosechar se denomina remoción directa, o activa (González et al. 2002). Así, mensualmente en cada sitio de estudio se recorrió la costa buscando y ubicando cuadrillas de algueros realizado cosecha de plantas de *L. nigrescens* con barreta.

En cambio, la mortalidad natural fue definida como la acción de recolectar con la mano, o con algún arte de pesca especializado, las plantas completas, fragmentos o retazos de huiro negro durante el recorrido de la costa o desde varaderos (González et al. 2002). Un varadero es un área topográfica particular de la costa donde frecuentemente se acopia biomasa de algas pardas desprendida naturalmente del sustrato y arrastrada al lugar por el oleaje, las corrientes de fondo y el movimiento del agua (Vásquez et al. 2008). Así, se ubicaron y recorrieron los varaderos de cada sitio de estudio donde los algueros recolectan la biomasa varada de algas pardas.

Además, se asignó como un nivel distinto de mortalidad natural aquellas plantas completas, fragmentos o retazos de huiro negro recolectados desde pozones submarinos ubicados frente a los varaderos (Vásquez et al. 2008). Según Vásquez et al. (2008), un pozón submarino es un área topografía submarina particular de la costa donde frecuentemente se acopia biomasa de algas pardas desprendida naturalmente del sustrato, arrastrada al lugar por el oleaje, las corrientes de fondo y el movimiento del agua. Así, en las caletas de cada sitio de estudio se monitoreo el desembarque desde los botes artesanales de biomasa de *L. nigrescens* proveniente de pozones submarinos.

3.3.1.1 Estructura de tallas

La estructura de talla en la mortalidad por pesca y mortalidad natural (varada y pozones) de huiro negro en cada sitio de estudio fue monitoreada mensualmente a través del tamaño del disco adhesivo de las plantas (Vásquez *et al.* 2012). Las tallas de las plantas fue estimada de la medición de plantas frescas, recolectadas o cosechadas, durante el día de realización del monitoreo. Para cada clase de talla i se calcula la proporción p_i de individuos por tamaño (al centímetro) con la ecuación (1).

3.3.1.2 Caracterización morfológica y gravimétrica de las plantas

Para el huiro negro se midieron los siguientes atributos morfológicos y gravimétricos de las plantas provenientes de mortalidad por pesca y mortalidad natural:

- 1) Diámetro basal del disco de adhesión,
- 2) Número de estipes,
- 3) Longitud máxima de la planta, y
- 4) Peso total de la planta

En cada sitio de estudio se midieron un número (n) máximo mensual de 50 plantas.

3.3.1.3 Relación entre talla y peso de la mortalidad

Se determinó la relación talla peso de *L. nigrescens* para la mortalidad natural (varadero y pozones) y por pesca, con la función presentada en la ecuación (4). Con fines comparativos, se resumieron en una tabla los parámetros de la función por sitio de estudio y tipo de mortalidad.

3.3.1.4 Caracterización reproductiva de las plantas provenientes de la mortalidad por pesca y natural

Se evaluó mensualmente la condición reproductiva de *L. nigrescens* proveniente de mortalidad natural (varada y pozones) y por pesca en un máximo de 50 plantas por sitio de estudio. La condición reproductiva consistió en verificar a ojo desnudo la presencia/ausencia de estructuras reproductivas (soro) en cada planta. Con la información recopilada se determinó el tamaño mínimo reproductivo y el tamaño promedio de las plantas encontrada en la mortalidad natural y por pesca para cada sitio de estudio. Para la estimación del tamaño se utilizó el diámetro de disco de adhesión de las plantas.

3.3.2 Estimación de la mortalidad natural en varaderos histórico.

Desde abril hasta agosto 2014 se estimó cualitativamente la mortalidad natural en varaderos ubicados en las cercanías de las praderas monitoreadas en cada sitio de estudio del seguimiento.

3.4 Objetivo específico 4

De acuerdo a la información disponible y los resultados del proyecto, generar una base de datos y un set de indicadores que permiten evaluar el estado de las praderas en el tiempo.

Considerando la información bibliográfica recopilada, digitalizada, actualizada y sistematizada durante el proyecto (Objetivo específico 2), junto con los resultados obtenidos del monitoreo demográfico de las praderas (Objetivo específico 1) y de la caracterización de la mortalidad natural y por pesca (Objetivo específico 3) se generó una base de datos y un set de indicadores para evaluar el estado de las praderas de *L. nigrescens*.

Además, durante el período de ejecución del proyecto se evaluaron otros potenciales indicadores de la salud de las praderas, el efecto de la cosecha sobre: (a) la relación entre el huiro negro y el gorrito chino (*L. nigrescens* - *Scurria scurra*), y (b) la fauna asociada al disco basal adhesivo.

3.4.1 Propuesta de sectores aptos para la aplicación piloto de los indicadores ecológicos en praderas de huiro negro en la Región de Atacama

Con los antecedentes recopilados durante la ejecución del proyecto se propone la implementación de un programa piloto de seguimiento de la pesquería de algas pardas con el objetivo de evaluar el

desempeño del Plan de Manejo de Algas Pardas en la Región de Atacama a través de los indicadores propuestos en este estudio para el monitoreo de las praderas de huiro negro.

El objetivo del piloto es implementar una experiencia piloto en un sector de la Región de Atacama, para evaluar el uso práctico de los indicadores ecológicos en la toma de decisiones para la explotación de praderas del huiro negro *Lessonia nigrescens*.

Para la selección del área piloto se ocupó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ, o AHP por su sigla en inglés Analytic Hierarchy Process), cuya escala se presenta en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Escala numérica y verbal de importancia relativa utilizada para el Análisis Multicriterio (Berumen & Llamazares, 2007).

| Escala numérica | Escala verbal |
|-----------------|--|
| 1 | Ambos criterios o elementos son de igual importancia |
| 2 | Entre igualmente y moderadamente preferible |
| 3 | Débil o moderada importancia de uno sobre el otro |
| 4 | Entre moderadamente y fuertemente preferible |
| 5 | Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro |
| 6 | Entre fuertemente y extremadamente preferible |
| 7 | Importancia demostrada de un criterio sobre otro |
| 8 | Entre muy fuertemente y extremadamente preferible |
| 9 | Importancia absoluta de un criterio sobre otro |

A partir de la comparación de pares se construye una matriz, la que una vez completada, debe ser iterada hasta lograr la estabilidad de la misma. Luego, se evalúa la consistencia de la matriz, para lo cual se realizan los siguientes cálculos:

$$\lambda_{\text{máx.}} = \sum_{i=1}^n (a_i * p_i)$$

Donde:

a= suma de la columna de la matriz correspondiente a cada elemento

p = peso de cada elemento correspondiente a la resultante de la última iteración

i = cada uno de los elementos ocupados.

$$IC = \frac{(\lambda_{\text{máx.}} - n)}{(n-1)}$$

Donde:

- **IC** = Índice de consistencia
- **n** = número de elementos que se comparan

$$CR = \frac{IC}{IA}$$

Donde:

- **CR** = Tasa de consistencia
- **IC** = Índice de Consistencia
- **IA** = Índice de Consistencia Aleatoria (ver **Tabla 2**Tabla 2)

El valor de **CR aceptable**, debe ser igual o menor a 0,1 ($\leq 10\%$).

Tabla 2. Índices de consistencia aleatorios en función del número de elementos que se comparan.

| Nº de elementos que se comparan | Indice de Consistencia Aleatoria (IA) |
|--|--|
| 1 | 0,00 |
| 2 | 0,00 |
| 3 | 0,58 |
| 4 | 0,89 |
| 5 | 1,11 |
| 6 | 1,24 |
| 7 | 1,32 |
| 8 | 1,40 |
| 9 | 1,45 |
| 10 | 1,49 |

3.5 Antecedentes complementarios obtenidos en el seguimiento

Se evaluaron dos parámetros socioeconómicos que fueron considerados fundamentales para el seguimiento del desempeño del Plan de Manejo de Algas Pardas en la Región de Atacama: (a) la captura por unidad de esfuerzo de los algueros en la remoción activa y pasiva de huiro negro, y (b) el precio puesto en playa pagado por kilo de alga. La información fue obtenida a través de una

encuesta con dos preguntas abiertas a los algueros que se encontraron trabajando en el sitio de estudio durante cada monitoreo mensual. Las preguntas fueron: ¿Cuánto kilos (o toneladas) de huiro negro saca durante una jornada diaria de trabajo? y ¿Cuánto le pagaron este mes por el kilo de huiro negro aquí en la playa? Se encuestó un máximo de ocho algueros por sitio de estudio en cada mes.

4. Resultados

4.1 Acciones del Plan de Manejo durante el seguimiento biológico pesquero de algas pardas

El período de recolección de información durante la ejecución del proyecto, entre noviembre 2013 y agosto 2014, fue dirigido principalmente a determinar: (1) los patrones de distribución y abundancia del huiro negro *L. nigrescens*, (2) la caracterización morfológica y gravimétrica del desembarque de algas pardas en los sitios de estudio, segregando la mortalidad natural de la mortalidad por pesca a través de remoción directa de plantas con una barreta, denominado “champeo” y (3) algunos parámetros útiles para el seguimiento (e.g. Captura por Unidad de Esfuerzo, Precio en playa).

El proyecto comenzó después de la aprobación del Plan de Manejo, el cual considera distintas medidas de explotación y conservación para las algas pardas en la Región de Atacama, destacando la aplicación de vedas y cuotas de extracción (**Figura 1**).

La veda extractiva prohíbe la remoción directa y/o segado de las especies de algas pardas vedadas, así como la comercialización, procesamiento, apozamiento, elaboración, transformación y almacenamiento de éstas y de sus productos derivados durante un período de tiempo previamente establecido. Los muestreos en noviembre y diciembre 2013 se realizaron durante una veda extractiva para huiro negro (*L. nigrescens*), huiro palo (*L. trabeculata*) y huiro macro (*Macrocystis spp*) (D.E.N°1081/16.10.2013); que posteriormente se extendió hasta el 28 de febrero 2014 para huiro negro y huiro macro (D.E.N°1499/31.12.2013), denominada “veda de verano”. Adicionalmente, entre el 10 y 31 de julio 2014 (D.E. N°370/10.07.14), se estableció otra veda extractiva para huiro negro y huiro macro, denominada “veda de invierno” (**Figura 1**).

La cuota de extracción es un límite anual de la “remoción activa” por cosecha o segado de algas pardas, distribuida trimestralmente entre las tres provincias de la Región de Atacama. En ausencia de cuotas, solo se puede recolectar algas varadas. Además, la cuota no aplica en periodos de veda extractiva. En enero 2014, se estableció una cuota anual de captura para huiro negro, huiro palo y huiro macro fraccionada por estación del año y provincia (D.E N°12/17.01.2014), la cual fue modificada en abril 2014 en una sola cuota regional fraccionada trimestralmente durante el año (D.E.N°199/24.04.2014) (**Figura 1**).

La cuota anual de captura 2014, aplica sólo a pescadores que tienen inscrito el recurso algas pardas en el registro pesquero artesanal en la Región de Atacama. En marzo 2014, se extiende por cinco años, transitoriamente, la suspensión en la inscripción del recurso huiro negro, huiro palo y huiro macro en el registro artesanal de la Región de Atacama (**Figura 1**), porque el recurso algas pardas alcanzo el estado de plena explotación en esta área de pesca. En abril 2014, se cierra la cuota de huiro negro en la Provincia de Copiapó correspondiente al periodo Mayo-Junio 2014 (**Figura 1**).

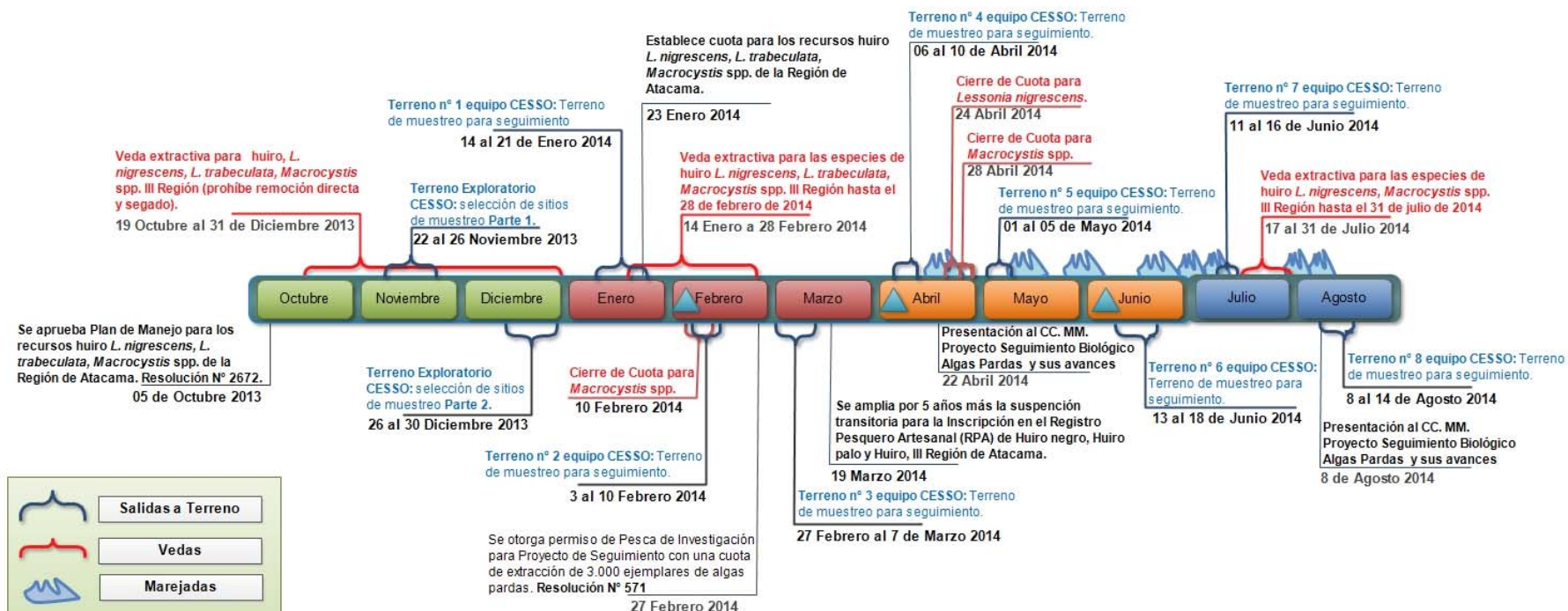


Figura 1. Línea de tiempo del desarrollo del proyecto, donde se destacan los hitos importantes del Plan de Manejo y las fechas de los terreno realizadas por el equipo consultor. Los triángulos azules en la línea de tiempo indican los informes de avance del proyecto.

4.2 Objetivo específico 1

Monitorear el estado poblacional de *Lessonia nigrescens* considerando muestreos mensuales en localidades más representativas en desembarque de la región.

4.2.1 Caracterización ambiental de los sitios de estudio.

Los sitios de estudio, representados en la **Figura 2**, para el monitoreo mensual de las poblaciones de *L. nigrescens* fueron seleccionados en función de: (1) las zonas de mayor desembarque del recurso algas pardas, (2) el diseño de muestreo, y (3) su ubicación en Áreas de Libre Acceso (ALA).



Figura 2. Mapa esquemático de la Región de Atacama donde se indica el nombre y ubicación de los seis sitios de estudio seleccionados para desarrollar el seguimiento de algas pardas. Además, destaca la distribución espacial equidistante entre sitios de estudio. Mapa geopolítico obtenido de <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region3/>

4.2.1.1 Provincia de Chañaral

En la provincia de Chañaral se muestrearon inicialmente dos sitios de estudio: “Los Toyos” y “Punta Salinas”. Adicionalmente, con el objetivo de reemplazar uno de estos sitios por otro ubicado en “Los Bronces” (Provincia de Huasco), se agregó un tercer sitio referencial comparativo denominado “Villa Alegre”. El biotopo de estos tres sitios de estudio es muy semejante porque están muy cerca uno del otro, si se compara las equidistancias entre todos sitios de estudio. Así, previo consentimiento de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el seguimiento de algas pardas en la Provincia de Chañaral se centró en Los Toyos, un área de libre acceso que tiene un sistema de varaderos, y donde existe actividad extractiva de algas pardas durante todo el año. Los muestreos en Punta Salinas y Villa Alegre fueron cesados en marzo 2014. No obstante, la información lograda en estos sitios de estudio fue integrada al análisis global del proyecto.

Los Toyos: El sitio de estudio denominado Los Toyos (26°29'33"S; 70°41'40"O), está ubicado cerca del límite sur de la Provincia de Chañaral. La cercanía de la carretera panamericana o “Ruta 5” hace que el sitio de estudio sea muy accesible y vulnerable a la pesquería de algas pardas.

Los ambientes intermareales en Los Toyos son representativos de la Provincia de Chañaral. La costa rocosa es desmembrada y muy expuesta al oleaje (**Figura 3** Figura 3). Los roqueríos compuestos por plataformas, barras e islotes son interrumpidos por playas de bolones o playas de arena con conchuela que conforman pequeñas caletas, aumentando la heterogeneidad del paisaje costero.

En el intermareal bajo de los roqueríos se observa el típico cinturón de huiro negro constituido por plantas de *L. nigrescens* (**Figura 3**), con una extensión vertical y abundancia relativa que depende del grado de inclinación de las rocas y del grado de exposición del oleaje. En roqueríos, barras y plataformas expuestas al oleaje el ancho del cinturón aumenta notoriamente, mientras que en las playas de bolones y farellones tiende a disminuir, particularmente en sectores protegidos al oleaje.

Cabe destacar que Los Toyos se ubica en una zona de disrupción poblacional de *L. nigrescens* producido por la histórica descarga al mar de residuos líquidos y sólidos de la minería del cobre en las cercanías del puerto de Chañaral (Faugeron et al. 2005). Esta perturbación antropogénica afectó la distribución latitudinal de *L. nigrescens* y de la biota asociada en la Provincia de Chañaral (Vásquez & Vega 2005), produciendo además una diferenciación genética entre las poblaciones de huiro negro (Faugeron et al. 2005).

En Los Toyos, los algueros residentes recolectan la biomasa varada en la costa y en varaderos particulares. A estos algueros residentes se suman otros que viajan periódicamente durante el año desde Chañaral o Caldera. Aunque algunos construyeron un ruco permanente en la costa, sólo lo usan ocasionalmente en primavera y verano.

En general, la cosecha de huiro negro se realiza durante todo el año, pero se intensifica en verano. El número de recolectores y cosechadores también aumenta en épocas estivales, sin embargo en invierno persisten ambas actividades pesqueras.

En el sitio de estudio no hay embarcaciones ni servicios básicos, pero está muy cerca del balneario de Portofino y Villa Alegre.



Figura 3. Paisaje del área de estudio “Los Toyos” en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.

4.2.1.2 Provincia de Copiapó

En la Provincia de Copiapó se seleccionaron dos sitios de estudios denominados “Caldera” y “Totoral Bajo”. El biotopo de las dos localidades es similar, pero desde una perspectiva urbana son distintos. El sitio de estudio en Caldera es parte de la conurbación del Puerto de Caldera, mientras que Totoral Bajo es claramente un área rural. Por lo tanto, las praderas en Caldera son más vulnerables y accesibles que las praderas de Totoral Bajo. Ambos sitios de estudio, representativos de la Provincia de Copiapó, presentan una distribución espacial equidistante en la Región de Atacama y con respecto a los sitios de estudio ubicados en la Provincia de Chañaral y Huasco.

Caldera: El sitio de estudio en las costas del Puerto de Caldera se denomina Caldera (**Figura 4**) y está ubicado en Punta Padrones (27°03'08''S-70°51'02''W). La característica urbana de este sitio de estudio la hace extremadamente accesible y vulnerable a la actividad pesquera de algas pardas.

Punta Padrones es una pequeña península caracterizada por roqueríos desmembrados, islotes, farellones, canalones y plataformas rocosas, interrumpidas por playas de bolones. La punta tiene una orientación geográfica que genera un gradiente de exposición al oleaje a través de la costa. En la cara suroeste de la punta, los ambientes intermareales son muy expuestos al oleaje, pero a medida que se transita hacia la cara noreste los ambientes intermareales son calmos y con poco oleaje.

Un cinturón de huiro negro constituido por plantas de *L. nigrescens* es representativo del intermareal bajo (**Figura 4**), con una extensión vertical y abundancia relativa que depende del grado de inclinación de las rocas y del grado de exposición del oleaje. En roqueríos, barras y plataformas muy expuestas al oleaje el ancho del cinturón aumenta notoriamente, pero se estrecha a medida que disminuye el movimiento del agua y el oleaje. En los roqueríos muy protegidos al oleaje desaparece el cinturón, aunque persisten unas pocas plantas de huiro negro.

Cabe destacar que la conurbación del Puerto de Caldera genera un típico litoral con borde costero de múltiples usos que contempla: actividades recreativas (e.g. turismo), industriales (e.g. puertos, planta desalinizadora), acuícolas (e.g. centros de cultivo), así como pesqueras artesanales (e.g. caleta de pescadores, recolectores de orilla) e industriales.



Figura 4. Paisaje del área de estudio en Caldera, Provincia de Copiapó, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.

Los algueros residentes en Caldera trabajan durante todo el año en Punta Padrones. Más aún, en épocas estivales se instalan rucos a lo largo de la costa. De este modo, la cosecha y recolección de huiro negro se realiza durante todo el año, pero se intensifica en verano. El número de recolectores y cosechadores disminuye en invierno, pero persisten ambas actividades pesqueras.

La Caleta de Caldera que tiene un registro de 1486 pescadores inscritos en distintas categorías y 161 embarcaciones, cuenta con: servicios básicos (e.g. agua, luz, alcanterillado), obras portuarias (e.g. muelle, oficinas, varadero), con proyecciones de mejoramiento.

Total Bajo: El sitio de estudio denominado “Total Bajo” (27°51’32’’S; 71°06’44’’O), se ubica hacia el sur de Caleta Total Bajo. Este sitio de estudio es rural porque está alejado de los principales centros urbanos de Atacama, pero está afecto al tráfico de la ruta costera, lo cual aumenta la vulnerabilidad de las praderas a la pesquería de algas pardas.

El litoral de Total Bajo presenta ambientes intermareales rocosos muy expuestos al oleaje que son representativos de áreas rurales de la Provincia de Copiapó (**Figura 5**). Los roqueríos conformados por plataformas, farellones, barras e islotes describen una costa heterogénea al ser interrumpidos por playas de bolones o de arena con conchuela.

El intermareal bajo de los roqueríos expuestos al oleaje está caracterizado por un cinturón de huiro negro (**Figura 5**). La extensión vertical y la abundancia relativa del cinturón de *L. nigrescens* depende del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. El cinturón de huiro negro se adelgaza en farellones y paredones muy expuestos al oleaje, y se ensancha en plataformas y playas de bolones con menor pendiente. En ambientes protegidos al oleaje, tales como radas y playas de bolones, el cinturón pierde continuidad y es reemplazado por parches de plantas de *Macrocystis pyrifera* morfo *integrifolia* (e.g. El pedregal y varadero del Diablo). En algunos sectores, particularmente en pozas de mareas, las plantas de *Macrocystis* coexisten con plantas de *L. nigrescens* y/o *L. trabeculata*.

El área de estudio, en general, es un varadero natural que continuamente descarga biomasa de algas pardas a las playas rocosas. Sin embargo, es en las radas o “varaderos” donde el acopio de algas aumenta significativamente.

Cabe destacar que los algueros residentes en Total Bajo tienen sectores de trabajo asignados informalmente (Vásquez et al. 2008). La asignación territorial se basa en el tiempo de residencia del alguero y de la disponibilidad de varaderos, aunque no excluye de la extracción a otros algueros que no han conseguido un sector de trabajo fijo en la costa. Esta asignación informal de varaderos permite también al beneficiario efectuar cosechas de huiro negro en los alrededores. Sin embargo, en primavera y verano son frecuentes las cuadrillas de algueros provenientes de Vallenar, Huasco y Caldera que cosechan huiro negro a destajo.

En las proximidades de Totoral Bajo se ubican AMERBs, administradas por el S.T.I. Caleta Totoral de la Provincia de Huasco, que incorpora al recurso algas pardas en el Plan de Manejo. Además, la Caleta de Totoral Bajo tiene un registro de 43 pescadores inscritos en distintas categorías y 4 embarcaciones, pero no con servicios básicos ni obras portuarias, tampoco tiene proyecciones de mejoramiento.



Figura 5. Paisaje del área de estudio “Totoral Bajo” en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.

4.2.1.3 Provincia de Huasco

En la Provincia de Copiapó se seleccionaron los sitios de estudios denominados “Caleta Angosta”, “Los Bronces” y “Chañaral de Aceituno”, que tienen un biotopo semejante, pero que sin embargo difieren en el grado de accesibilidad a la costa. En Los Bronces y Chañaral de Aceituno solo pueden ingresar a la costa del sitio de estudio vehículos con tracción en las cuatro ruedas. En cambio, como Caleta Angosta está conectada a la ruta costera de Atacama es más fácil llegar al sitio de estudio. Así la accesibilidad a la costa puede ser un factor importante para regular la vulnerabilidad de las praderas de algas pardas. En general, los tres sitios de estudio son rurales y representan fidedignamente el litoral de la Provincia de Huasco; además presentan una distribución espacial

equidistante en la Región de Atacama, así como con respecto a los sitios de estudio ubicados en la Provincia de Chañaral y Copiapó.

Caleta Angosta: El sitio de estudio denominado “Caleta Angosta” (27°15'37”S; 71°10'23”O), es una caleta de pescadores ubicada 60 km al norte del Puerto de Huasco. Este sitio de estudio es rural porque está alejado de los principales centros urbanos de Atacama, pero está afecto al tráfico de la ruta costera, aumentando la vulnerabilidad de las praderas a la pesquería de algas pardas.

Los ambientes rocosos intermareales son muy expuestos al oleaje en Caleta Angosta, pero representan las áreas rurales de la zona norte de la Provincia de Huasco y del sur de la Provincia de Copiapó, donde está ubicada Caleta de Totoral Bajo. Los roqueríos desmembrados que dan forma a plataformas, barras e islotes son alternados por playas de bolones o de arena con conchuela en radas y caletas que aumentan más la heterogeneidad del paisaje (**Figura 6**).

El intermareal bajo de los roqueríos expuestos al oleaje está caracterizado por el típico cinturón de huiro negro (**Figura 6**), con una extensión vertical que varía dependiendo del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. En ambientes expuestos al oleaje, el cinturón de huiro negro es estrecho en farellones y paredones, y extenso en plataformas y playas de bolones. En ambientes semi-protegidos al oleaje (i.e. radas, caletas y playas), el cinturón pierde continuidad y es reemplazado por parches de plantas de *M. pyrifera* morfo *integrifolia*. Las plantas de *M. integrifolia* coexisten con plantas de *L. nigrescens* y/o *L. trabeculata* en pozas de marea.

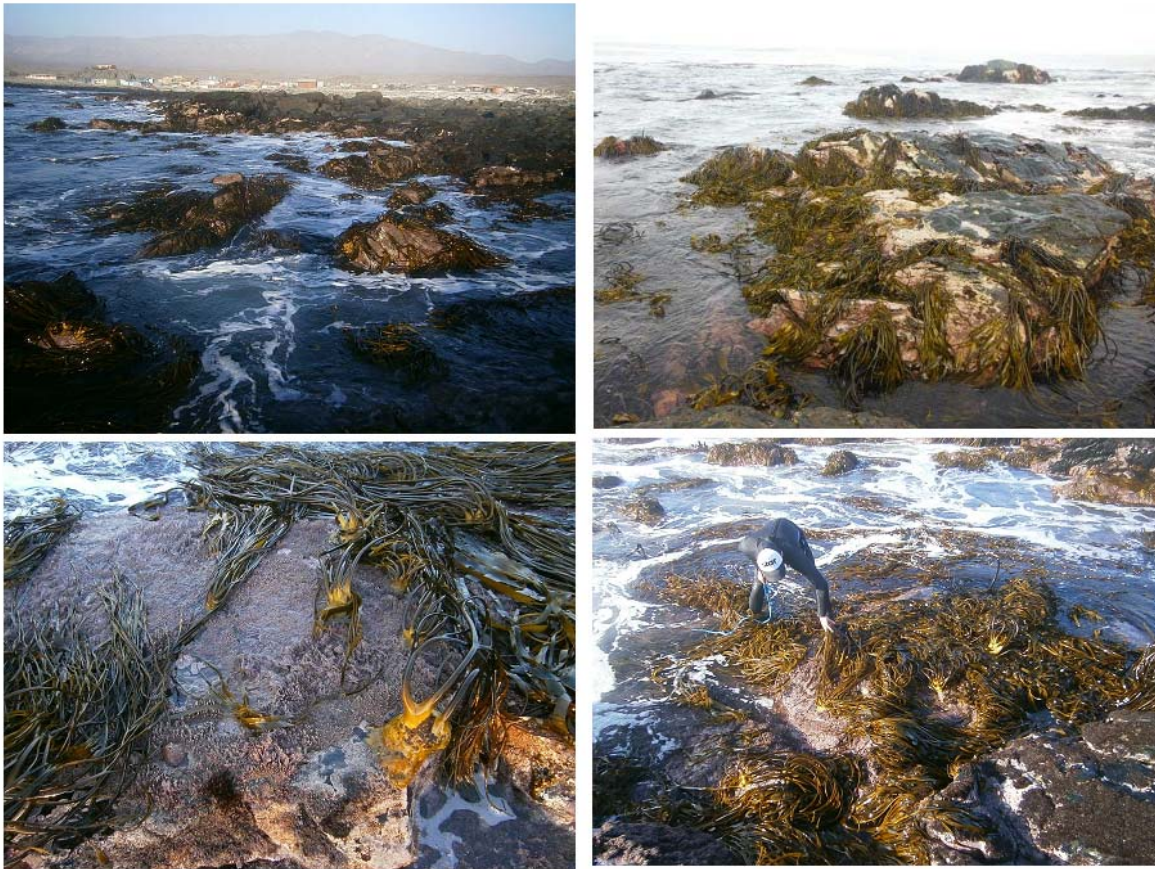


Figura 6. Paisaje del área de estudio “Caleta Angosta” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.

El área de estudio, en general, es un varadero natural que continuamente descarga biomasa de algas pardas a las playas rocosas. Sin embargo, es en las radas o “varaderos” donde el acopio de algas aumenta significativamente.

Cabe destacar que los algueros residentes en Caleta Angosta tienen sectores de trabajo asignados informalmente (Vásquez et al 2008). Al igual que en Totoral Bajo, la asignación territorial se basa en el tiempo de residencia del alguero y de la disponibilidad de varaderos, sin excluir a otros algueros de la recolección de algas varadas. Esta asignación informal también permite cosechar huiro negro en los alrededores. Sin embargo, en primavera y verano aumenta la presión de cosecha de huiro negro debido a que se incorporan de manera provisoria y circunstancial distintas cuadrillas de algueros provenientes de Vallenar, Huasco y Caldera.

En las proximidades de Caleta Angosta se ubican AMERBs administradas por algunos sindicatos que incorpora al recurso algas pardas en el Plan de Manejo (i.e. S.T.I. Ribereños de Carrizal Bajo y Los pozos “Carpoz”). En Caleta Angosta hay un registro de 24 pescadores inscritos en distintas categorías,

además cuentan con 4 embarcaciones pero no disponen de servicios básicos ni obras portuarias, tampoco hay proyecciones de mejoramiento.

Caleta Los Bronces: El sitio de estudio denominado “Los Bronces” (28°41’08’’S; 71°18’15’’O), esta próxima a la Caleta Los Bronces, que se ubica a 70 Km al sur del Puerto de Huasco. Aunque Caleta Los Bronces tiene conectividad con Freirina a través de la ruta costera, al sitio de estudio sólo se accede con vehículos con tracción 4x4. Esta accesibilidad selectiva a la costa disminuye potencialmente la vulnerabilidad de las praderas de huiro negro a la pesquería de algas pardas.

En Los Bronces, los ambientes intermareales rocosos son muy expuestos al oleaje, algo común en las áreas rurales costeras del sur de la Provincia de Huasco. Los roqueríos desmembrados que dan forma a farellones, plataformas, barras e islotes se alternan con playas de bolones, canalones y caletas que aumentan la heterogeneidad del paisaje litoral (**Figura 7**).

El cinturón de huiro negro caracteriza el intermareal bajo de los roqueríos expuestos al oleaje del sitio de estudio (**Figura 7**), con una extensión vertical que varía dependiendo del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. En ambientes expuestos al oleaje, el cinturón de huiro negro es estrecho en farellones y extenso en plataformas y playas de bolones. En ambientes menos expuestos, el cinturón de huiro negro se mezcla con praderas de *M. pyrifera* morfo *integrifolia*. En pozas de mareas, las plantas de *Macrocystis* coexisten con plantas de *L. nigrescens* y/o *L. trabeculata*.

En algunos sectores del área de estudio, la costa conforma un varadero natural que continuamente descarga biomasa de algas pardas a las playas rocosas. Sin embargo, es en las radas o “varaderos” donde el acopio de algas aumenta significativamente.

Cabe destacar que en el área de estudio, los algueros residentes tienen asignados informalmente sectores de trabajo, de manera semejante a lo reportado para Caleta Angosta y Totoral Bajo (Vásquez et al. 2008). Lo anterior permite también efectuar cosechas de huiro negro en los alrededores, sin excluir a otros recolectores. Sin embargo, la presión de cosecha aumenta en épocas estivales por la presencia de cuadrillas de algueros transientes que provienen de Vallenar, Huasco y alrededores.

En Caleta Los Bronces se ubica una AMERBs administradas por S.T.I. de recolectores y comercializadores de algas, Caleta Los Bronces de la Provincia de Huasco que incorpora al recurso algas pardas en el Plan de Manejo.

En Caleta Angosta hay un registro de 70 pescadores inscritos en distintas categorías, además cuentan con 2 embarcaciones pero no disponen de servicios básicos ni obras portuarias. SE proyecta a futuro mejorar el varadero de botes.



Figura 7. Paisaje del área de estudio “Los Bronces” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huir negro y plantas de *Lessonia nigrescens*.

Chañaral de Aceituno: El sitio de estudio denominado “Chañaral de Aceituno” (29°03’05’’S; 71°29’02’’O), está próximo a la Caleta de Chañaral de Aceituno, que demarca el límite sur de la Región de Atacama. Este sitio de estudio es rural porque está alejado de los principales centros urbanos de Atacama. Sin embargo, aunque la Caleta tiene conectividad con Domeyco y la panamericana a través de la ruta costera, al sitio de estudio sólo se accede con vehículos de tracción 4x4. Así, de manera semejante a Los Bronces, la accesibilidad selectiva de vehículos a la costa disminuye potencialmente la vulnerabilidad de las praderas de huir negro a la pesquería de algas pardas.

En Chañaral de Aceituno, los ambientes intermareales rocosos son muy expuestos al oleaje. La costa tiene el paisaje común de Atacama con roqueríos conformados por farellones, plataformas, barras e islotes que alternan el espacio con playas de bolones, playas de arenas y pequeñas caletas.



Figura 8. Paisaje del área de estudio “Chañaral de Aceituno” en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, donde se observa el cinturón de huiro negro y plantas de *Lissonia nigrescens*.

El estrato inferior del intermareal rocoso está dominado por el típico cinturón de huiro negro (Figura 7), con una extensión vertical que varía en función del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. En farellones y paredones rocosos muy expuestos al oleaje el cinturón de *L. nigrescens* es estrecho, mientras que en plataformas rocosas y playas de bolones expuestas y semi-expuestas al oleaje, la distribución vertical y abundancia de *L. nigrescens* es significativamente mayor. En los sectores protegidos al oleaje (e.g. pozas de mareas producidas por islotes y barras rocosas, pequeñas ensenadas), se ubican poblaciones de *M. pyrifera* morfo *integrifolia* en forma de parches. En las pozas de marea, *L. nigrescens* coexiste con *L. trabeculata* y *M. integrifolia*.

El área de estudio conforma un sistema de varaderos que continuamente descarga algas pardas a las playas rocosas. Sin embargo, es en las radas o “varaderos” donde el acopio de algas varadas aumenta significativamente.

Cabe destacar que en el área de estudio, los algueros residentes tienen sectores de trabajo asignados informalmente, de manera muy semejante a lo reportado para Caleta Angosta, Los Bronces y Totoral Bajo. También, de manera similar, los beneficiarios cosechan huiro negro en los alrededores; y como en los otros sitios, la presión de cosecha sobre las praderas y los varaderos aumentan debido al incremento significativo de algueros esporádicos, familias temporeras o cuadrillas de algueros que llegan al lugar, principalmente en primavera y verano.

En la Caleta Chañaral de Aceituno se ubica un AMERBs administradas por S.T.I. de buzos, mariscadores y pescadores en todas sus categorías de caleta Chañaral de Aceituno, comuna de Freirina, Provincia de Huasco que han incorporado el recurso algas pardas en el Plan de Manejo.

La Caleta de Chañaral de Aceituno tiene un registro de 252 pescadores inscritos en distintas categorías y cuentan con 38 embarcaciones. Además, disponen de servicios básicos y un atracadero que a futuro será mejorado y ampliado.

4.2.2 Estructura de talla de las poblaciones de huiro negro

En los sitio de estudio del seguimiento biológico pesquero de huiro negro en la Región de Atacama, las plantas de *L. nigrescens* son cosechadas directamente desde la roca. En términos pesqueros este proceso se denomina “remoción directa” o “remoción activa” (González et al. 2002). La técnica consiste en desprender el disco adhesivo de la planta desde la roca con una barreta de fierro de punta plana con forma de espátula (≈chuzo; **Figura 9**). La “cosecha” o “champeo” de huiro negro corresponde a la mortalidad por pesca.

En general, la cosecha está dirigida a las plantas más grandes de la población de huiro negro por lo tanto puede ser considerada una pesca selectiva (González et al. 2002). Estas plantas también representan la fracción adulta y reproductiva, identificable a través de las estructuras reproductivas en sus frondas visibles al ojo desnudo, denominados “soros” (Vásquez et al. 2008).

Si se considera que la fracción cosechable de las poblaciones de huiro negro está constituida por plantas con diámetro del disco adhesivo mayor a 20 cm (criterio establecido en el Plan de Manejo 2013: talla mínima legal de captura o “TMLC”), entonces es esperable que la estructura de tallas de una población explotada de *L. nigrescens* esté representada principalmente por plantas reclutas y juveniles. Para restablecer la condición pre-cosecha se debe dejar descansar a la pradera por al menos 6 a 8 meses (Vásquez et al. 2008).



Figura 9. Remoción directa de huiro negro. Barreta utilizada para la “cosecha” o “champeo” de plantas de *Lessonia nigrescens* (A). Algueros desprendiendo plantas de la roca en el cinturón de huiro negro con el chuzo (B y C). Discos de adhesión de huiro negro cosechados con barreta (D), donde se distingue el golpe de la barreta en un extremo del borde asimétrico del disco.

Provincia de Chañaral. La estructura de tallas en el cinturón de *L. nigrescens* en Los Toyos esta principalmente representada por plantas juveniles durante todo el período de estudio (**Figura 10**). La fracción de reclutas oscila entre el 25% y 50% desde enero hasta junio, posteriormente en disminuye hasta cerca del 10% en julio y agosto (**Figura 10**). Las plantas por sobre la talla mínima legal de captura (20 cm diámetro disco), o fracción cosechable, esta poco representada en la pradera ($\approx 10\%$ mensual). En los muestreos de verano en Villa alegre y Punta Salinas, la estructura de tallas de las poblaciones de huiro negro también estuvo caracterizada por el predominio de reclutas y juveniles y por una escasa representación de plantas adultas (**Figura 10**).

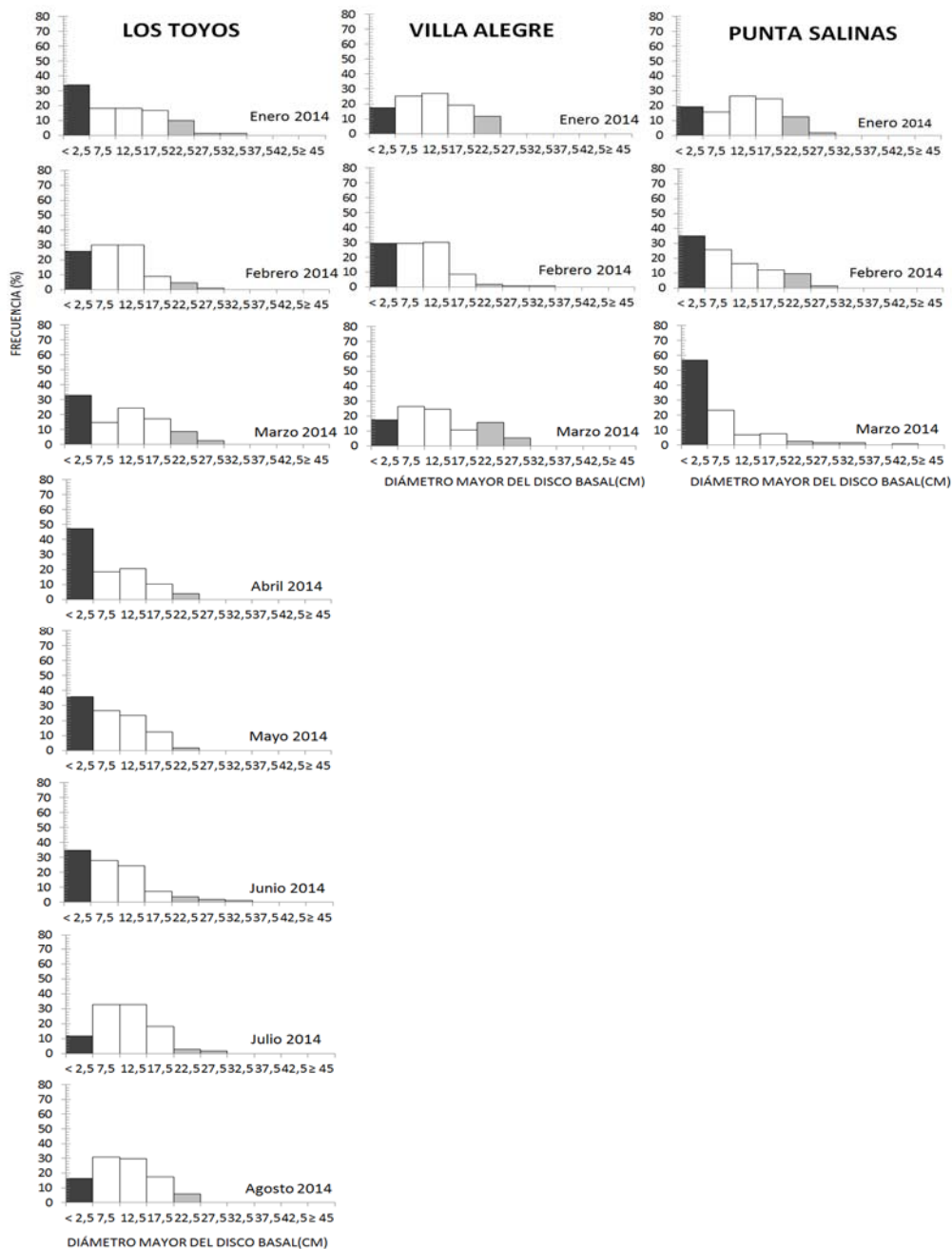


Figura 10. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises a las plantas adultas de *L. nigrescens*.

Provincia de Copiapó. La estructura de tallas de la población de *L. nigrescens* en Caldera durante el período de estudio está constituida principalmente por plantas juveniles (**Figura 11**). Los reclutas representan entre el 20% y 50% de la población durante enero y mayo, pero desde junio hasta agosto sólo cerca del 10% (**Figura 11**). La fracción de plantas cosechables se mantiene poco representada en la pradera, con una frecuencia cercana al 10% (**Figura 11**).

En la pradera de Totoral Bajo, los reclutas son la fracción más representativa de la estructura de tallas de la población; aunque los juveniles que también son importantes presentan una mayor variabilidad mensual, oscilando entre un 30 y 60% (**Figura 11**). La fracción de plantas aptas para la cosecha representa cerca del 10%, mientras que en julio y agosto destaca la presencia de algunas plantas en marcas de clase por sobre 27,5 cm (**Figura 11**).

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta, la estructura de tallas de *L. nigrescens* está representada principalmente por reclutas y juveniles (**Figura 12**). Durante el periodo de estudio, la fracción de la población representada por los reclutas oscila entre un 40 y 80%, excepto en enero 2014 donde fue cercana al 20% (**Figura 12**). En cambio la fracción de plantas aptas para la cosecha representa menos del 10% (**Figura 12**).

En Los Bronces, la estructura de tallas de *L. nigrescens* también está determinada por reclutas y juveniles (**Figura 12**). Al inicio del estudio domina la fracción compuesta por juveniles, pero desde febrero hasta junio la población está representada fundamentalmente por reclutas, oscilando entre un 40 y 70% de la población (**Figura 12**). En julio y agosto vuelven a dominar los juveniles (**Figura 12**). La fracción de plantas aptas para cosecha representa cerca del 10% de la estructura de tallas. En julio y agosto hubo plantas grandes, por sobre la marca de clase 37,5 cm (**Figura 12**).

Como en los otros sitios de estudio de la provincia, la estructura de tallas de *L. nigrescens* en Chañaral de Aceituno está determinada por reclutas y juveniles (**Figura 12**). Entre enero y marzo son más frecuentes los juveniles, mientras que desde abril hasta agosto la pradera está representada principalmente por reclutas (45 a 80%) (**Figura 12**). La fracción de plantas aptas para la cosecha representa cerca del 10% de la estructura de tallas. En junio, julio y agosto se detectan plantas grandes en marcas de clase por sobre 37,5 cm (**Figura 12**).

Considerando la estructura de tallas de *L. nigrescens* como un indicador útil para monitorear el estado de las praderas en la Región de Atacama, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todas las provincias, caracterizada por (1) una reducida fracción de plantas aptas para la cosecha, por sobre el tamaño mínimo legal de cosecha (≥ 20 cm de diámetro del disco de adhesión), (2) una alta representatividad de planta juveniles y (3) la constante presencia de reclutas necesarios para la renovación de la pradera.

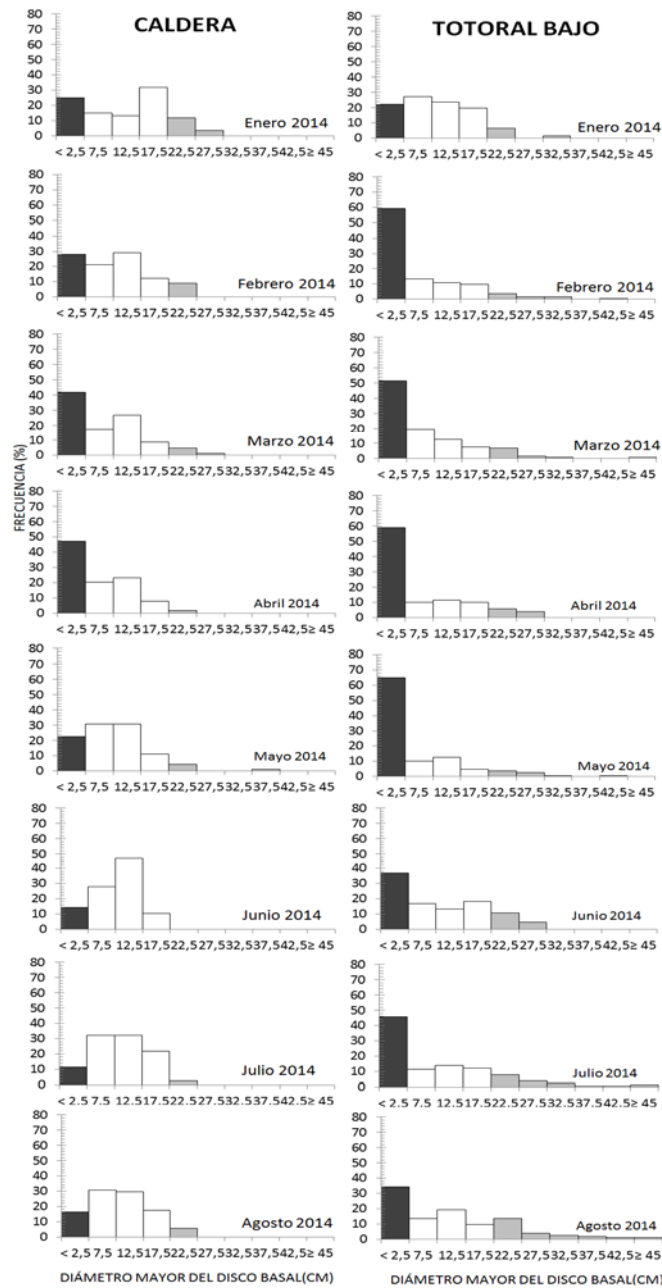


Figura 11. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro del disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens*.

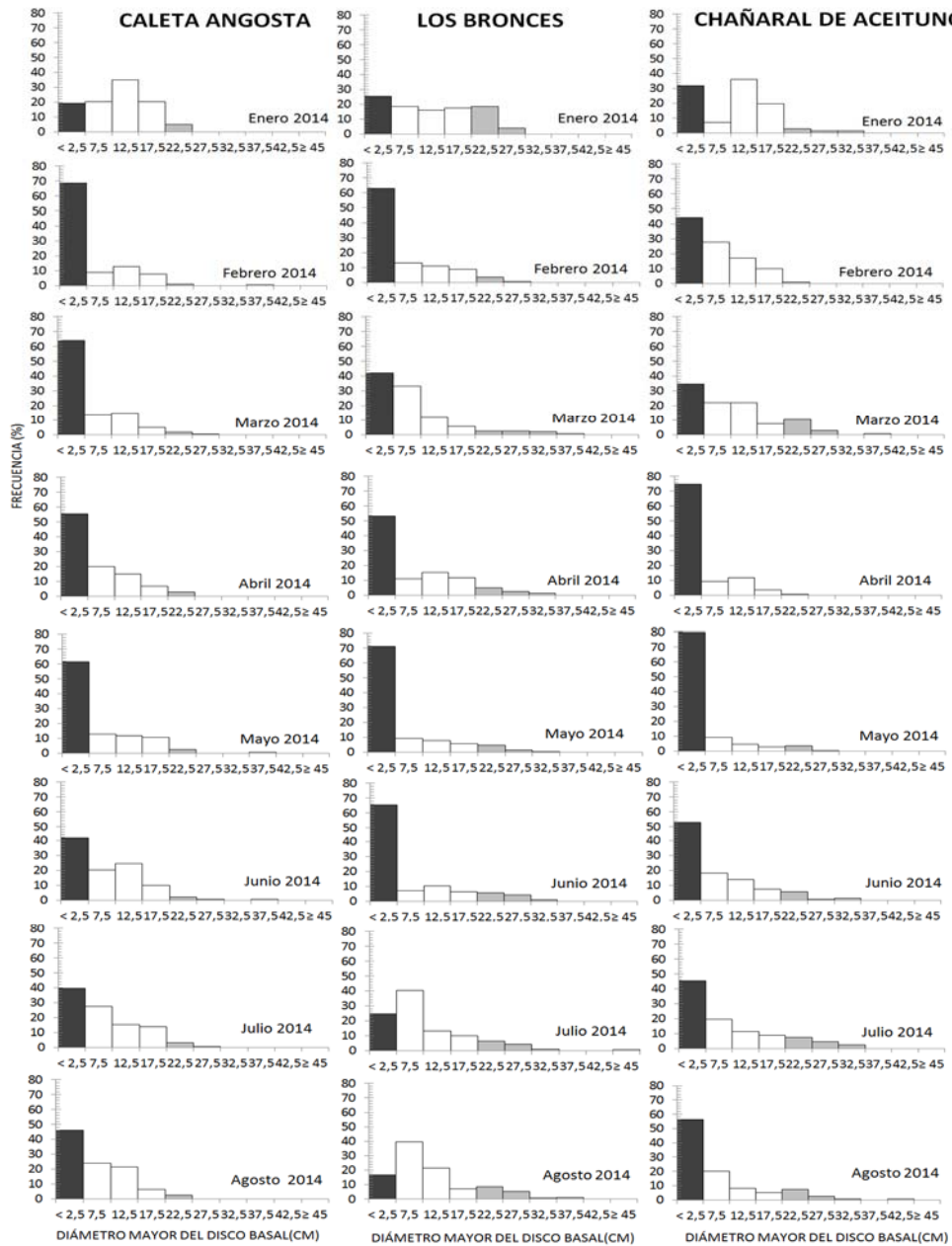


Figura 12. Variación temporal de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro del disco adhesivo de las plantas. Las barras de color gris oscuro representan a los reclutas, las barras blancas a los juveniles, y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens*.

4.2.3 Dinámica de la densidad de huiro negro

La densidad de plantas de *L. nigrescens* en las praderas monitoreadas en la Región de Atacama varía entre sitios de estudio. Esta variabilidad espacial está determinada por la frecuencia de cosecha en la pradera, el biotopo y la capacidad reproductiva de las plantas para renovar la pradera, entre otros factores potenciales propios de cada sitio.

En una pradera sin explotar, las plantas adultas producen una regulación denso-dependiente de la población (Santelices & Ojeda 1984, Vega et al. 2014). Durante el proceso de recolonización del sustrato rocoso, y a medida que los reclutas crecen y alcanzan tamaños juveniles y adultos, la densidad de planta en las praderas disminuye hasta densidades de 3 a 5 plantas por m² (Vásquez et al. 2008). En praderas explotadas en cambio, la remoción directa por cosecha elimina la fracción de plantas adultas liberando sustrato para que ocurran nuevos procesos de reclutamiento y para que los juveniles reproductivamente inmaduros crezcan (Vega et al. 2014). Así, altas densidades de reclutas y juveniles diagnostican una pradera en fase de renovación de biomasa post-cosecha (González et al. 2002, Vásquez et al. 2008).

Considerando estos supuestos, entonces una población de *L. nigrescens* en plena explotación, particularmente bajo una alta presión de cosecha, está representada principalmente por plantas reclutas y juveniles. Sin embargo, para hacer comparaciones relacionales es necesario disponer de praderas de referencia, sin cosecha, muy útiles para diagnosticar la magnitud del efecto de cosecha (Vega et al. 2014).

Provincia de Chañaral. Los reclutas están presentes en el cinturón de *L. nigrescens* en Los Toyos durante todo el año, aunque con un marcado máximo otoñal (**Figura 13**). La densidad de juveniles y adultos reproductivos fue homogénea en el tiempo, con promedios cercanos a 5 ind/m² (**Figura 13**). Durante los muestreos estivales en Villa Alegre y Punta Salinas la tendencia de la densidad de reclutas, juveniles y plantas adultas reproductivas de huiro negro fue semejante al descrito para Los Toyos (**Figura 13**). Aunque en Villa Alegre se detecta un incremento de juveniles en febrero y en Punta Salinas de reclutas y juveniles en marzo (**Figura 13**). La densidad de plantas con tamaño mínimo legal de cosecha se mantuvo siempre por debajo de 1 ind/m² durante todo el período de estudio en Los Toyos, así como en los sitios referenciales (**Figura 13**). Estos antecedentes demográficos sugieren que las praderas están sujetas a una alta presión de cosecha.

Provincia de Copiapó. En Caldera, los reclutas están presentes en el cinturón de *L. nigrescens* durante todo el año, aunque con un marcado máximo otoñal (**Figura 14**). La densidad de juveniles fue homogénea en el tiempo, con densidades promedios que oscilan entre 5 y 10 ind/m² (**Figura 14**). La tendencia temporal de la densidad de plantas adultas reproductivas de huiro negro varía en torno a 5 ind/m² (**Figura 14**). La densidad de plantas con un tamaño mínimo legal de cosecha se mantuvo

por debajo a 1 ind/m² durante todo el período de estudio (**Figura 14**). Estos antecedentes demográficos sugieren que esta pradera está sujeta a una alta presión de cosecha.

Las densidades promedios de reclutas de *L. nigrescens* en Totoral Bajo desde febrero hasta mayo oscilaron en torno a 10 ind/m², mientras que en el resto de los meses del seguimiento se mantuvieron por debajo o cerca de 5 ind/m² (**Figura 14**). La densidad promedio de plantas juveniles y adultas reproductivas fue homogénea en el tiempo, oscilando entre 5 y 10 ind/m² para juveniles y en torno a 5 ind/m² para adultos, respectivamente (**Figura 14**). La densidad promedio de plantas con talla mínima legal de cosecha se mantiene en torno a 1 y 2 ind/m² durante el periodo de estudio (**Figura 14**). Estos antecedentes demográficos sugieren que la pradera está sujeta a una alta presión de cosecha.

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta, las densidades promedios de reclutas de *L. nigrescens* desde febrero hasta mayo oscilaron entre un 10 y 15 ind/m², mientras que en el resto de los meses del seguimiento se mantuvieron cerca o por debajo de 5 ind/m² (**Figura 15**). La densidad promedio de juveniles muestra una marcada estacionalidad con máximos en invierno (cerca de 15 ind/m²), mientras que en los otros meses varió entre 5 y 10 ind/m² (**Figura 15**). La densidad promedio de plantas adultas reproductivas fue homogénea en el tiempo, variando en torno a 5 ind/m² (**Figura 15**). La densidad de plantas con tamaño mínimo legal de cosecha se mantuvo cercana a 1 ind/m² durante el período de estudio (**Figura 15**). Estos antecedentes demográficos sugieren que la pradera está sujeta a una intensa presión de cosecha.

Las densidades promedios de reclutas de *L. nigrescens* en Los Bronces durante otoño varía entre 10 a 15 ind/m², mientras que en los otros meses se mantiene cerca o por debajo de 5 ind/m² (**Figura 15**). La densidad promedio de juveniles muestra una marcada estacionalidad con máximos en febrero, marzo, julio y agosto (≈10-15 ind/m²), en el resto de los meses oscila en torno a 5 ind/m² (**Figura 15**). La densidad de plantas adultas reproductivas fue homogénea en el tiempo, con valores promedios cercanos a 5 ind/m² (**Figura 15**). Durante el período de estudio, la densidad de plantas con talla mínima legal de cosecha oscila entre 1 a 2 ind/m² (**Figura 15**). Estos antecedentes demográficos sugieren que la pradera está sujeta a una intensa presión de cosecha.

En Chañaral de Aceituno, las densidades promedios de reclutas de *L. nigrescens* aumenta en otoño hasta cerca de 20 ind/m², mientras que en los otros meses del seguimiento se mantiene por debajo o cerca de 5 ind/m² (**Figura 15**). La densidad promedio de plantas juveniles y adultas reproductivas fue homogénea en el tiempo, oscilando entre 10 y 15 ind/m² para juveniles y en torno a 5 ind/m² para adultos, respectivamente (**Figura 15**). La densidad de plantas con tamaño mínimo legal de cosecha oscila entre 1 a 2 ind/m² (**Figura 15**). Estos antecedentes demográficos sugieren que la pradera está sujeta a una alta presión de cosecha.

Considerando la densidad de plantas de *L. nigrescens* como un indicador útil para monitorear el estado de las praderas en la Región de Atacama, se detecta una condición de alta presión de cosecha

en todas las provincias, caracterizada por (1) una escasa abundancia de plantas aptas para la cosecha, por sobre el tamaño mínimo legal (≥ 20 cm diámetro disco adhesión), (2) una alta representatividad de planta juveniles y (3) de reclutas necesarios para la renovación de la pradera.

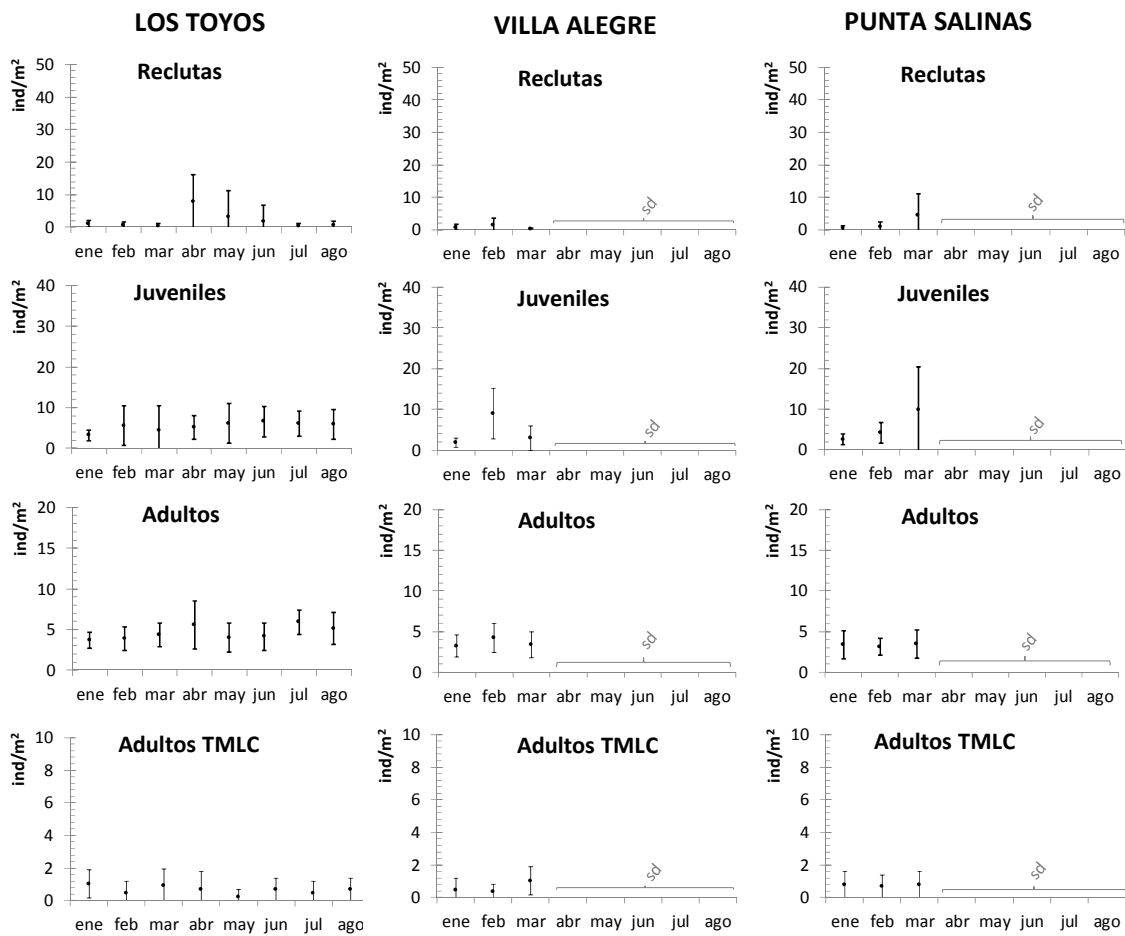


Figura 13. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($\bar{x} \pm ds$). (sd= sin datos)

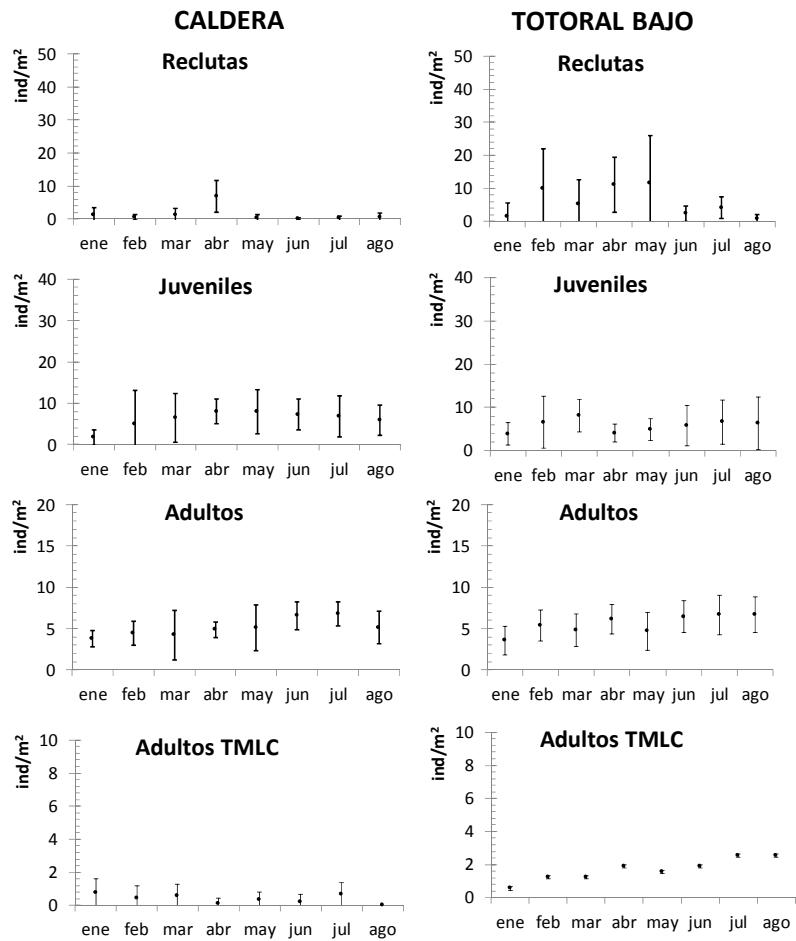


Figura 14. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($\bar{x} \pm s$).

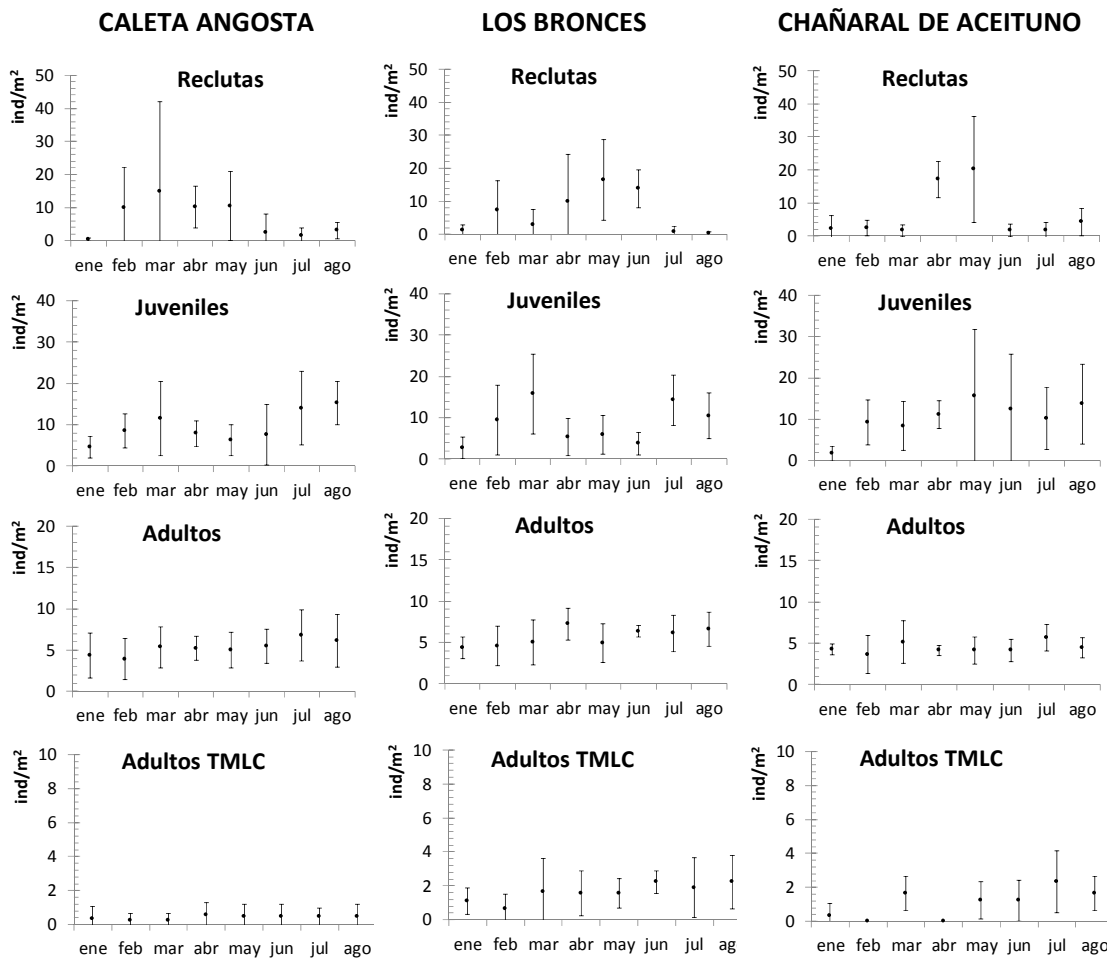


Figura 15. Dinámica temporal de la densidad de reclutas, juveniles y adultos en las poblaciones de *L. nigrescens* monitoreadas en la Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 desviación estándar del promedio ($\bar{x} \pm s$).

4.2.4 Dinámica del reclutamiento del huiro negro

El análisis de la estructura de tallas de las poblaciones de *L. nigrescens* en la Región de Atacama muestra que durante el seguimiento la fracción de reclutas esta siempre bien representada, aunque con variaciones temporales dependientes del sitio de estudio (ver sección 4.2.2. Estructura de tallas de las poblaciones de huiro negro).

Los reclutas en las praderas monitoreadas, aunque están presentes durante todo el año, tienen una marcada estacionalidad con máximas abundancias en los meses de otoño (ver sección 4.2.3. Dinámica de la densidad de las poblaciones de huiro negro).

En praderas naturales de huiro negro no explotadas, el reclutamiento ocurre preferentemente en invierno y primavera, después que las plantas adultas y reproductivas han liberado sus esporas, y la mortalidad natural causadas por las marejadas invernales aumentan la frecuencia de sustrato disponible para colonizar (Santelices et al. 1980; Santelices & Ojeda 1984, Camus 1994, Vásquez et al. 2008).

En la Región de Atacama, la renovación de las praderas de *L. nigrescens* a través del reclutamiento durante el seguimiento ocurrió preferentemente en otoño. Durante el período estival, se intensifica la remoción activa en las praderas, proceso que libera espacio disponible en el cinturón de huiro negro facilitando el reclutamiento de nuevos individuos (González et al. 2002, Vásquez et al. 2008). Pero el ambiente fue más favorable en otoño para el crecimiento y desarrollo de los reclutas. Más estudios ecológicos son requeridos para explicar esta estacionalidad atípica, probablemente en relación a procesos de facilitación ecológica (Oróstica et al. 2014).

Las diferencias en los patrones temporales de reclutamiento entre sitios de muestreo están relacionadas con procesos oceanográficos regionales y locales que producen heterogeneidad espacial a lo largo de la costa del norte de Chile (Camus 1994, Vega 2005). En este contexto, se sugiere que algunos sitios de estudio son ambientalmente más estables durante el año en comparación con otros (Broitman et al. 2001), detectables por ejemplo a través del grado de estacionalidad de la temperatura del mar (ver sección 4.5.1.2 Otros indicadores potenciales: Temperatura del mar).

Las praderas de algas pardas ubicadas en ambientes estables tienen una mayor resiliencia a perturbaciones naturales como el ENOS (El Niño Oscilación del Sur, ver Martínez et al. 2003), o antrópicas como la cosecha (ver Vega et al. 2014), debido a que tienen una mayor tasa de renovación de la pradera. En cambio, praderas ubicadas en sitios con una más marcada estacionalidad ambiental, la renovación de la pradera es más lenta, porque dependen de “ventanas de reclutamiento” (Vega 2005). Una “ventana de reclutamiento” es un período de tiempo en que se manifiestan condiciones ambientales óptimas para el desarrollo y crecimiento de reclutas de algas pardas (Deysner & Dean 1986). Entonces, la variabilidad ambiental en un sitio de estudio parece ser un factor importante para la capacidad de renovación de las praderas bajo régimen de plena explotación en la Región de Atacama, que requiere ser mejor comprendida.

Considerando el reclutamiento de *L. nigrescens* como un indicador útil para monitorear el estado de las praderas en la Región de Atacama, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todas las provincias, caracterizada principalmente por una recurrentemente alta representatividad de reclutas en la pradera.

4.2.5 Dinámica de la biomasa del huiro negro

Los patrones temporales de producción de biomasa por m² en las praderas de *L. nigrescens* varían entre los sitios de estudio en la Región de Atacama. Como fue descrito para la densidad (Sección 4.2.3), la variabilidad de la biomasa está relacionada con la frecuencia de cosecha en las praderas, el biotopo y la capacidad reproductiva de las plantas para renovar la pradera, entre otros factores potenciales propio de cada sitio.

En una pradera de huiro negro sin explotar, el stock de plantas adultas representa casi toda la biomasa disponible, y puede sobrepasar los 80 kg por m² (Vásquez et al. 2008, Vega et al. 2014). En cambio, la remoción activa, o cosecha de plantas, disminuye significativamente la biomasa disponible en las praderas explotadas (González et al. 2002). Esto se debe a que el aporte en peso de los reclutas y juveniles es significativamente menor en comparación con las plantas adultas (Vásquez et al. 2008). Así, es predecible que las praderas que están sujetas a una alta presión de cosecha presenten biomazas disponibles relativamente bajas (González et al. 2002). En la Región de Atacama, la cosecha sistemática de plantas adultas y reproductivas en las praderas puede llegar a reducir la biomasa disponible en un 75%, aunque en casos extremos el nivel puede ser todavía más bajo (Vega et al. 2014).

Considerando estos supuestos, una población de *L. nigrescens* en plena explotación, particularmente en una condición de alta presión de cosecha, se caracteriza por biomazas significativamente más bajas en comparación con praderas referenciales sin explotación (Vásquez et al. 2008). Sin embargo, para hacer comparaciones relacionales es necesario disponer de praderas de referencia, sin cosecha, muy útiles para diagnosticar la magnitud del efecto de cosecha.

Provincia de Chañaral. La biomasa promedio disponible de *L. nigrescens* presentó poca variabilidad temporal en Los Toyos, oscilando entre 14 y 22 kg/m² (**Figura 16**), lo que sugiere que esta pradera está sujeta a una alta presión de cosecha (Vega et al. 2014).

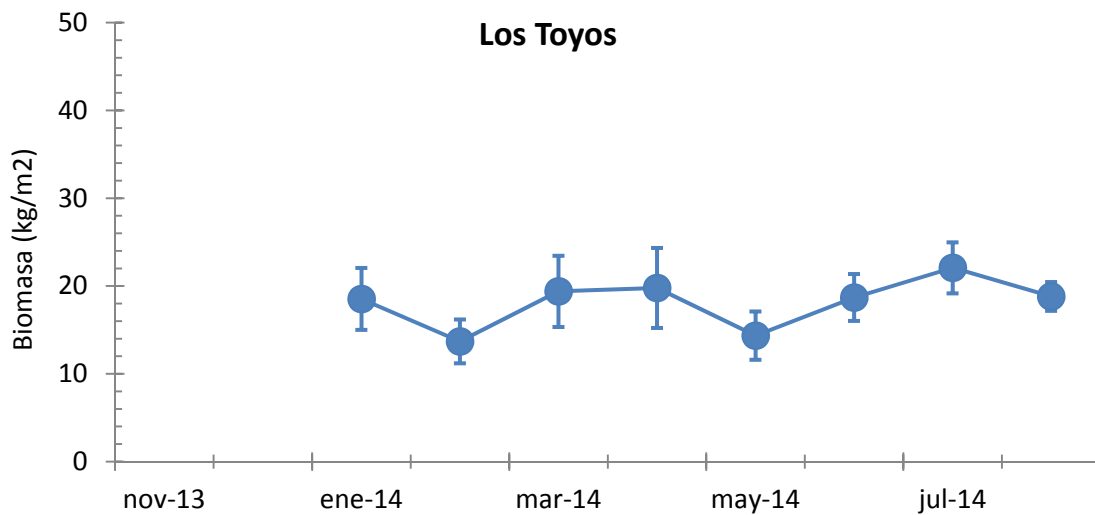


Figura 16. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Los Toyos, Provincia de Chañaral, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

Provincia de Copiapó. En Caldera, la biomasa promedio disponible de *L. nigrescens* presentó poca variabilidad temporal, oscilando entre 10 y 15 kg/m² (Figura 17), lo que sugiere que esta pradera está en una condición de alta presión de cosecha.

En Totoral Bajo, la pradera de *L. nigrescens* en Totoral Bajo presenta tres niveles distintos de producción de biomasa durante el seguimiento. En enero, la biomasa promedio fue cercana a 15 kg/m² (Figura 17), lo cual sugiere una alta presión de cosecha (Figura 17). Entre febrero y abril, la biomasa estimada para la pradera se duplica (Figura 17), posiblemente porque en los transectos de muestreo del sitio de estudio sólo se cosecharon las plantas más grandes (Figura 17). Más aún, al final del seguimiento la biomasa alcanza valores promedios cercanos a 50 kg/m² (Figura 17), sugiriendo ausencia de remoción directa, lo cual fue verificado *in situ*. Estos antecedentes demográficos sugieren que la pradera ubicada en Totoral Bajo pasó desde una condición inicial de alta presión de cosecha a una final donde se cesó la remoción activa. Esta transición temporal de la pradera entre distintas condiciones de cosecha demuestra que bajo un escenario de “buenas prácticas de cosecha” la pradera puede recuperar y mantener niveles sustentables de biomasa disponible cercanos a los encontrados en praderas referenciales descrito en Vega et al (2014).

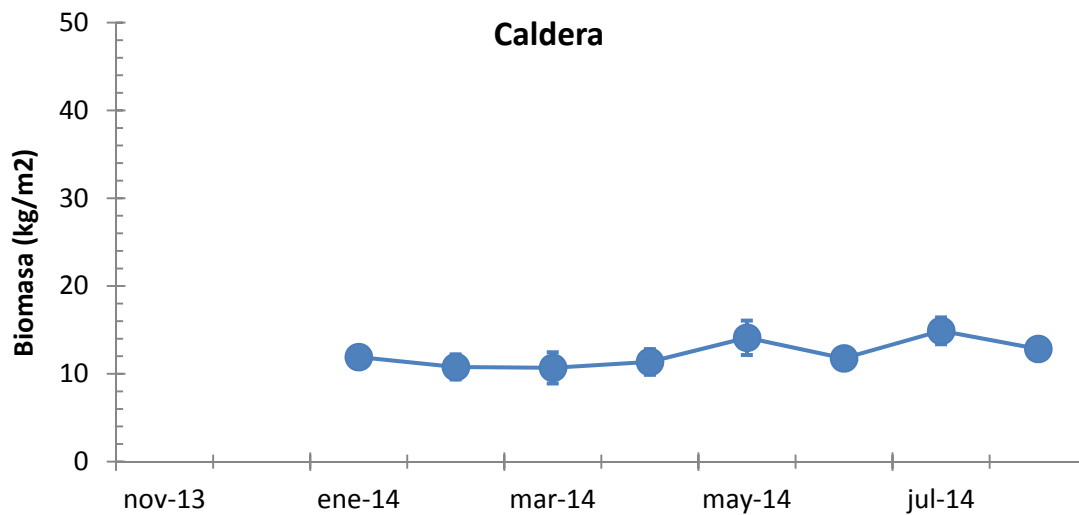


Figura 17. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Caldera, Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

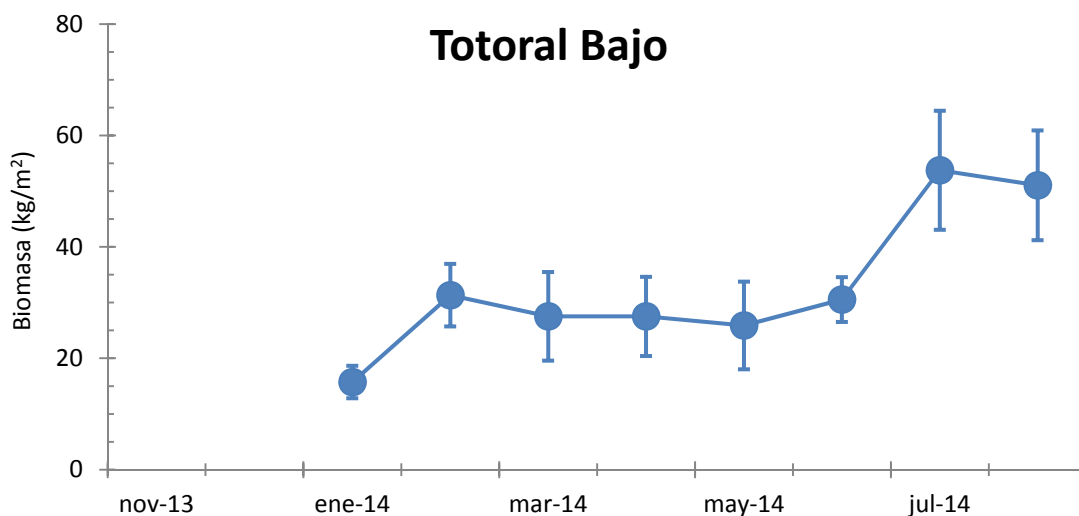


Figura 18. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Tortal Bajo, Provincia de Copiapó, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta, la biomasa promedio disponible de *L. nigrescens* presenta poca variabilidad temporal, oscilando en torno a 21 kg/m² (**Figura 19**), lo que sugiere que esta pradera está en una condición de una alta presión de cosecha.

Las biomasa promedio de *L. nigrescens* en Los Bronces presentó dos períodos distintos de productividad durante el seguimiento. En enero, febrero y mayo la biomasa promedio en el sitio de estudio oscila en torno a 17 kg/m² debido a remoción activa (**Figura 20**). Así, en verano se detecta una alta presión de cosecha. En otoño, la cosecha parece ser trimestral, tiempo suficiente para que se restablezca la biomasa en la pradera y alcance niveles cercanos a 30 kg/m² (**Figura 20**). Estos antecedentes sugieren que la aplicación de períodos de descanso mejora sustancialmente la productividad de las praderas explotadas de huiro negro. Así, bajo un escenario de “buenas prácticas de cosecha” la pradera puede mantener niveles de biomasa aceptables para la sustentabilidad del recurso (Vega et al. 2014).

En Chañaral de Aceituno, la tendencia temporal de la biomasa promedio de *L. nigrescens* es semejante a la descrita para Los Bronces. En enero, febrero, abril y junio la biomasa promedio oscila en torno a 15 kg/m² (**Figura 21**), lo cual sugiere eventos de cosecha. El periodo de descanso permite que la pradera alcance niveles de biomasa post cosecha cercanos a 30 kg/m² (**Figura 21**). Nuevamente, dar un período de descanso mejoró sustancialmente la productividad de la pradera de huiro negro en el sitio de estudio. Esta estrategia de cosecha demuestra que bajo un escenario de “buenas prácticas de cosecha” se pueden mantener niveles de biomasa aceptables para la sustentabilidad del recurso (Vega et al. 2014), pero con una tasa de renovación de la pradera que depende de cada sitio de estudio.

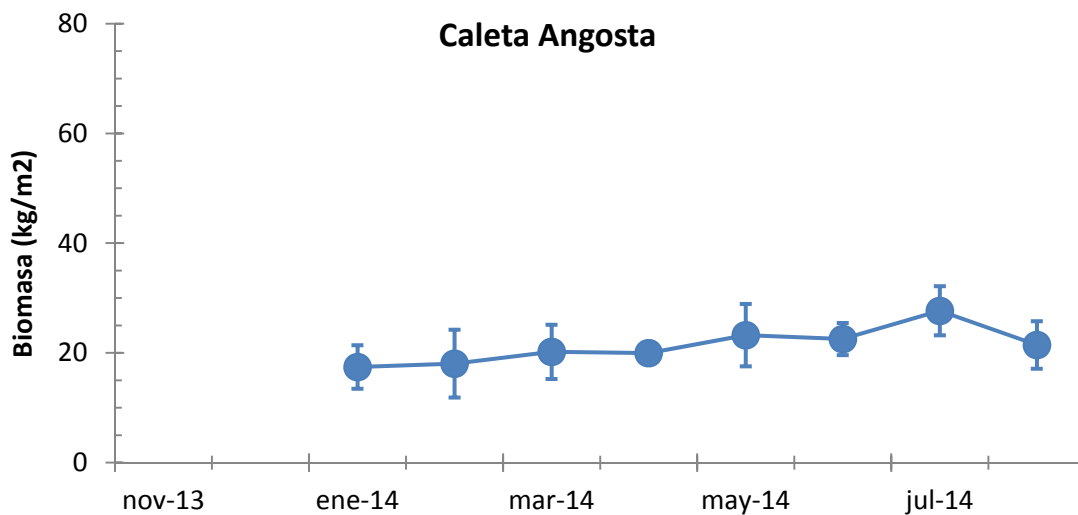


Figura 19. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Caleta Angosta, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

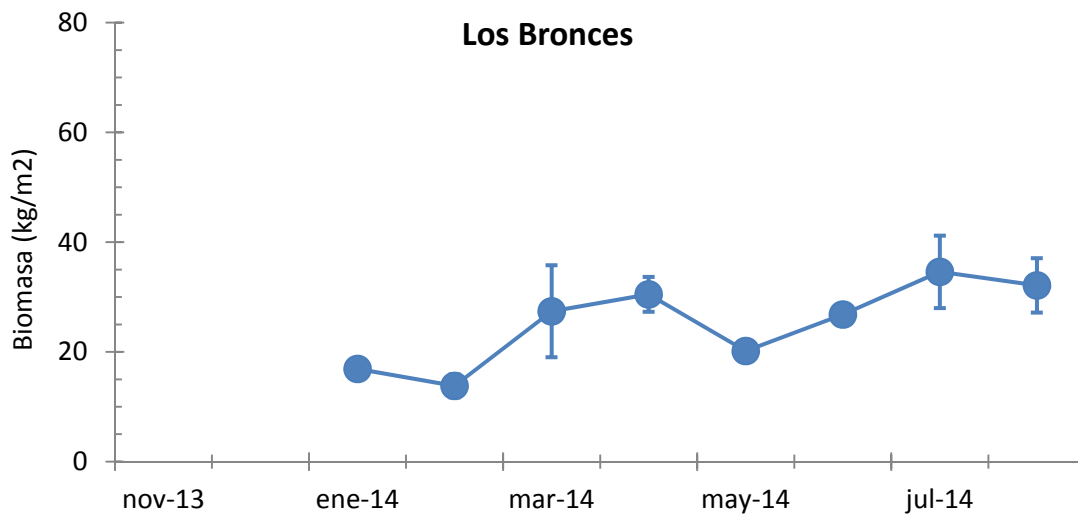


Figura 20. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Los Bronces, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

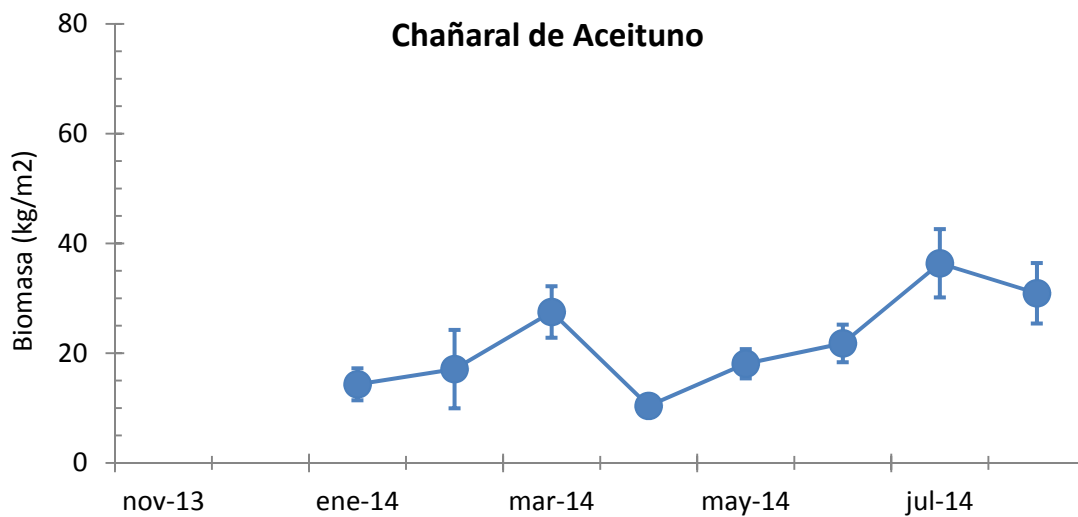


Figura 21. Dinámica temporal de la biomasa de *L. nigrescens* en Chañaral de Aceituno, Provincia de Huasco, Región de Atacama. Las barras representan 1 error estándar del promedio ($\bar{x} \pm ee$).

Considerando la biomasa disponible de *L. nigrescens* como un indicador útil para monitorear el estado de las praderas en la Región de Atacama, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todas las provincias. Más aún, este indicador muestra que en algunos sitios de estudio se ha aplicado diferencialmente las “recomendaciones de manejo” y los “criterios de explotación”

recomendados para algas pardas (e.g. períodos de descanso post-cosecha, entresacar plantas; Vásquez et al. 2012).

4.2.6 Ecología reproductiva del huiro negro

Las praderas de *L. nigrescens* en la Región de Atacama, presentaron plantas fértiles durante el período de estudio, con un porcentaje de representación que varía entre praderas (**Figura 22** y **Figura 23**). El área de soro, un potencial indicador de capacidad reproductiva, sugiere que las plantas de huiro negro en la Región de Atacama están en el proceso reproductivo necesario para la renovación de las praderas post cosecha (**Figura 22** y **Figura 23**). En general, el área del soro promedio en las frondas de las plantas fértiles es similar al comparar entre praderas, oscilando entre el 10 y 40% aproximadamente (**Figura 22** y **Figura 23**).

Provincia de Chañaral. En Los Toyos, entre el 20 y 40% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio (**Figura 22**). En las plantas fértiles, entre el 60 y 70% de los estipes presentan láminas con soros (**Figura 22**). El porcentaje promedio del área del soro oscila entre el 10 y 30%, y tiende a disminuir casi un 10% al final del periodo de estudio (**Figura 22**).

Provincia de Copiapó. En Caldera, entre el 10% y el 50% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio, y entre el 60 y 70% de los estipes en las plantas fértiles presentan láminas con soros (**Figura 22**). Ambos parámetros reproductivos tienden a aumentar hacia los extremos del periodo de estudio. El porcentaje promedio del área del soro oscila entre el 10 y 40%, con promedios que persisten entre mayo y junio, y una disminución en julio y al final del periodo de estudio (**Figura 22**).

En Totoral Bajo, entre el 10% y el 40% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio, y entre el 60 y 80% de los estipes de estas presentan láminas con soros (**Figura 22**). Ambos parámetros reproductivos tienden a disminuir en el periodo de estudio (abril a junio). El porcentaje promedio del área del soro oscila entre el 10 y 30%, con un promedio máximo en junio y tiende a decrecer hacia agosto (**Figura 22**).

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta, entre el 10% y el 50% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio, y entre el 50 y 60% de los estipes en las plantas fértiles presentan láminas con soros (**Figura 23**). Ambos parámetros reproductivos persistieron durante el periodo de estudio. El porcentaje promedio del área del soro oscila entre el 10 y 30% y tiende a disminuir desde mayo a agosto (**Figura 23**).

En Los Bronces, entre el 10% y el 30% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio, y entre el 50 y 60% de los estipes de las plantas fértiles presentan láminas con soros (**Figura 23**). Ambos parámetros reproductivos tienden a aumentar en

el periodo de estudio. El porcentaje promedio del área del soro en las laminas de las frondas oscila entre el 10 y 40%, y tiende a disminuir hacia agosto (**Figura 23**).

En Chañaral de Aceituno, entre el 10% y el 30% del total de las plantas en la pradera de huiro negro están fértiles durante el período de estudio, y entre el 50 y 70% de los estipes de las plantas fértiles presentan láminas con soros (**Figura 23**). Ambos parámetros reproductivos tienden a aumentar en el periodo de estudio. El porcentaje promedio del área del soro en las laminas de las frondas oscila entre el 10 y 40%, y tiende a disminuir hacia agosto (**Figura 23**).

Considerando la ecología reproductiva de *L. nigrescens* como un indicador útil para monitorear el estado de las praderas en la Región de Atacama, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todas las provincias, caracterizada por una baja frecuencia de plantas reproductivas en las praderas, y plantas con una baja capacidad reproductiva. Sin embargo, para hacer comparaciones relacionales es necesario disponer de praderas de referencia, sin cosecha, muy útiles para diagnosticar la magnitud del efecto de cosecha sobre el potencial reproductivo del huiro negro.

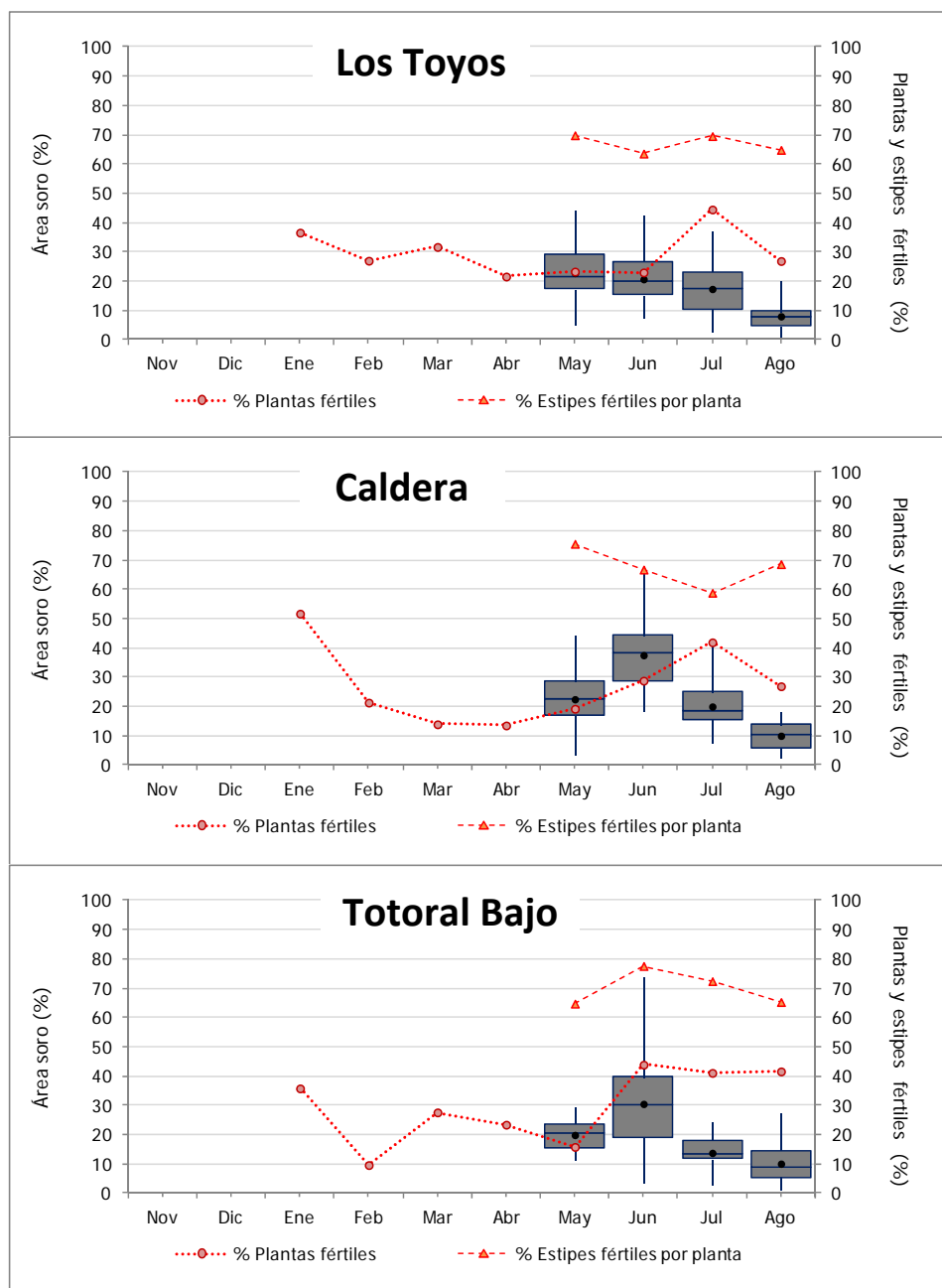


Figura 22. Variación mensual de los parámetros reproductivos de las plantas de huiro negro en Los Toyos (Provincia de Chañaral), y Caldera y Totoral Bajo (Provincia Copiapó). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

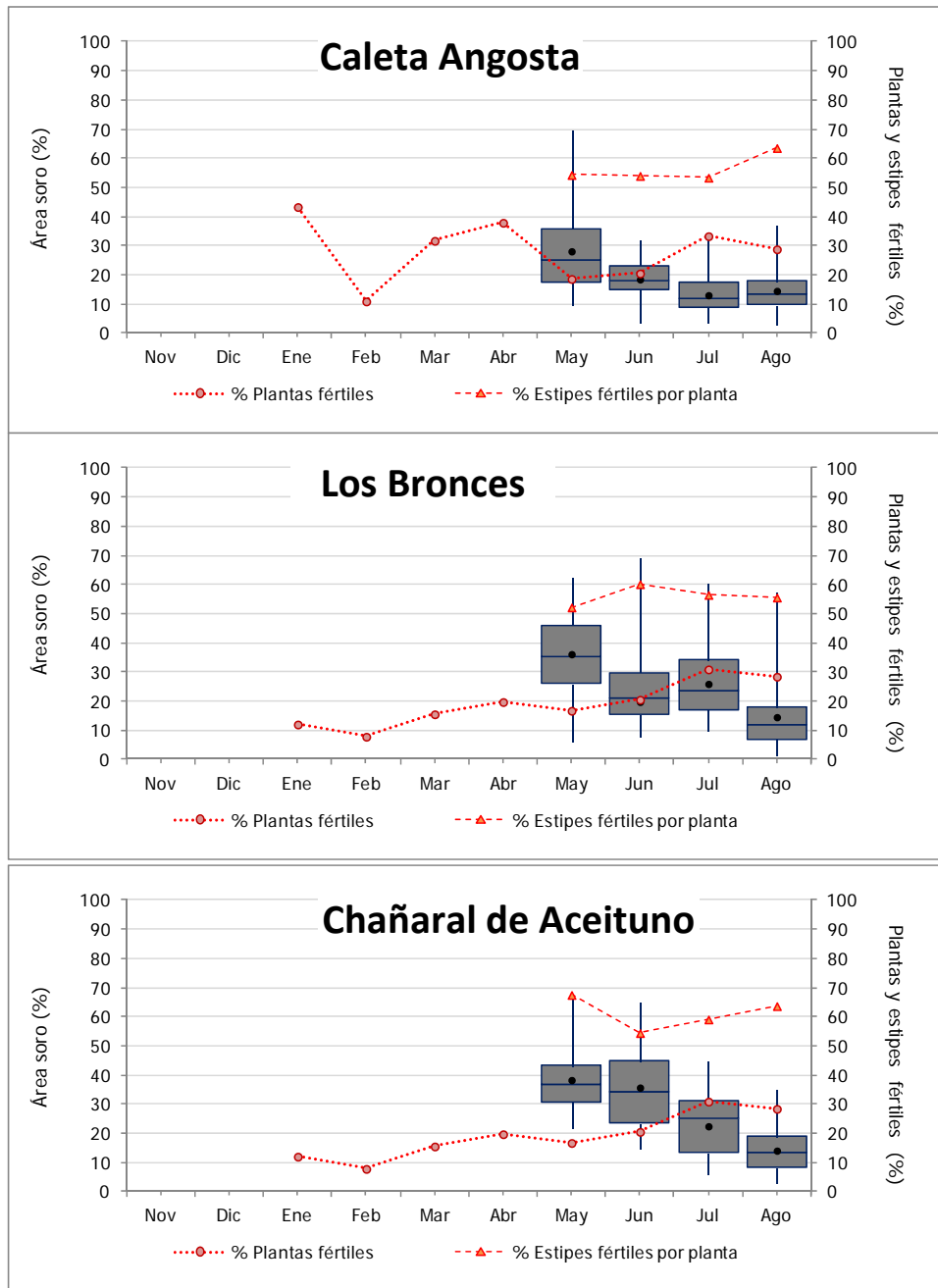


Figura 23. Continuación Variación mensual de los parámetros reproductivos de las plantas de huiro negro en Caleta Angosta, Los Bronces y Chañaral de Aceituno (Provincia de Huasco). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

4.3 Objetivo específico 2

Generar una base de datos digitalizada bibliográfica de literatura científica, actualizada, sistematizada y relacional con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama, con énfasis en el género *Lessonia* y *Macrocystis*, de fácil consulta para los miembros del Comité de Manejo.

Durante el período de estudio se realizó una búsqueda de la literatura científica sobre la biología y ecología de algas pardas en la Región de Atacama en las bibliotecas virtuales disponibles en internet (e.g. Scielo, ISI WEB, Google Académico). La base de datos bibliográfica de la literatura científica actualizada fue sistematizada y relacionada con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama. Se enfatizó en las especies de algas pardas de los géneros de *Lessonia* y *Macrocystis*.

4.3.1 Análisis de la información bibliográfica

Dada la importancia de las algas pardas en Chile, se efectuó un análisis de la producción científica de las especies que componen este recurso. De acuerdo a la “Web of Science”, las publicaciones sobre alguna temática relacionada con *L. nigrescens*, *L. trabeculata* y/o *Macrocystis spp* escrita por científicos chilenos ha aumentado significativamente en los últimos años (**Figura 24**). Esta tendencia temporal de las publicaciones científicas indexadas ha generado nuevo conocimiento sobre la biología y ecología de algas pardas chilenas, así como por su destacada importancia económica como recurso renovable.

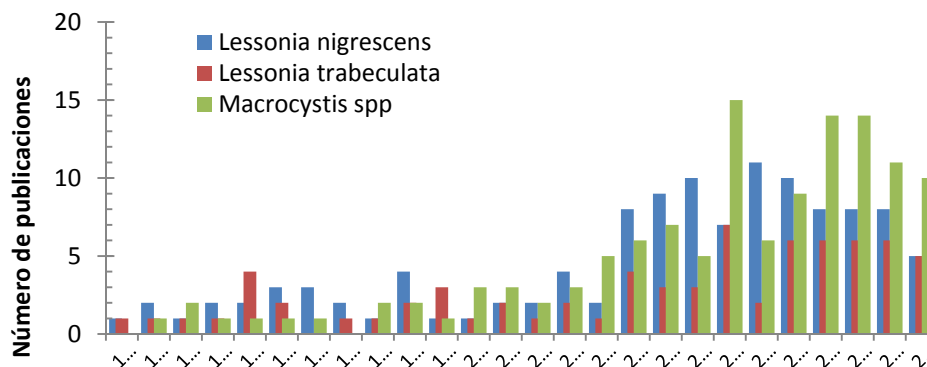


Figura 24. Dinámica temporal del número de publicaciones científicas sobre algas pardas en Chile.

De acuerdo a lo informado en las bases de datos del administrador bibliográfico Web of Science, actualmente existen 117 publicaciones relacionadas con estudios sobre algún aspecto de la biología y ecología sobre *Lessonia nigrescens*; 72 sobre *Lessonia trabeculata*; 125 sobre *Macrocystis spp* en Chile. Sin embargo, el porcentaje de representación en las publicaciones científicas de las especies que componen la pesquería de algas pardas en Chile varía de acuerdo al administrador bibliográfico utilizado (**Figura 25**), o a las palabras claves consideradas. En general, las palabras claves utilizadas con mayor acierto fueron: *Macrocystis*, *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata*, Chile y Atacama.

A pesar de la extensa literatura disponible para las algas pardas en Chile (**Figura 24** y **Figura 25**), esta ha sido desarrollada principalmente en la zona central y sur del país, por lo que existe una gran escasez de publicaciones referentes a la biología y ecología de las poblaciones de algas pardas en la Región de Atacama (Oróstica et al. 2010). No obstante, la inversión para la producción de conocimiento científico sobre las algas pardas en el norte de Chile se ha incrementado significativamente en la última década (Vásquez et al. 2014). Recientemente, distintas fuentes de financiamiento han sido dirigidas a mejorar la productividad de las áreas de manejo o apuntan a establecer recomendaciones de explotación y manejo (e.g. FIP N°2003-18, N°2005-14, N°2005-42).

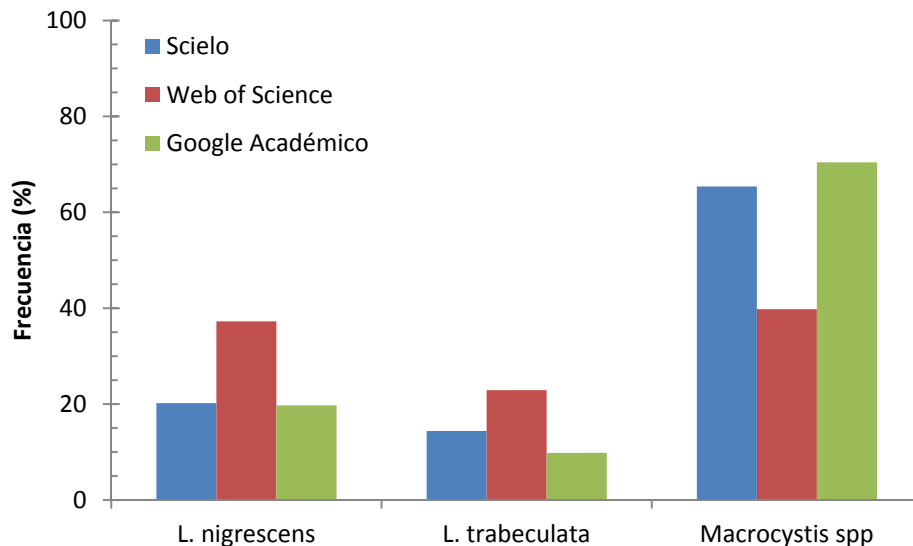


Figura 25. Porcentaje de representación de las especies que componen la pesquería de algas pardas en las publicaciones científicas relacionadas con algas pardas en Chile.

La información publicada en revistas científicas nacionales e internacionales sobre las distintas temáticas que involucran a las especies de *Lessonia* y *Macrocystis*, ha sido sintetizada en una base de datos. La cual puede ser consultada a través de un programa para la gestión de citas bibliográficas

que tiene como meta facilitar a los miembros del Comité de Manejo las consultas sobre las distintas especies de algas pardas.

4.3.2 Programa para gestión y administración bibliográfica

Los gestores bibliográficos son programas que recopilan referencias bibliográficas desde bases de datos, catálogos, o sitios web, almacenando y organizando la información con palabras claves, autores, títulos, años, entre otros. Además, sirven para homogeneizar las citas, importar, exportar, y generar de manera automática listas de documentos y bibliografías. Algunos de estos programas permiten insertar citas automáticamente en un procesador de datos, donde se puede elegir el estilo científico con el que se requiera que aparezcan las referencias. Entre los gestores de citas bibliográficos revisados durante el proyecto destacan: Reference Manager, EndNote, EndNote Web, Refbase, ProCite, Son of Citation Machine, Easybyb, Bibloscape, Bookends, Refworks, Zotero, Mendeley y Dropbox.

A continuación se describen el nombre y las características principales de los dos programas seleccionados para satisfacer los fines de este objetivo:

Mendeley: es un administrador bibliográfico que almacena y gestiona referencias bibliográficas directamente desde archivos en formato “pdf”. Además, es un buscador de documentos científicos y una red social en la que se puede compartir noticias, comentarios y publicaciones. Así, Mendeley funciona con dos herramientas sincronizadas: Mendeley en la web (nube virtual) y Mendeley Desktop (computador). Además, tiene “plugins” para insertar citas mientras se escribe (Cite and Write) y permite elaborar bibliografías y listas de referencias científicas en diversos estilos bibliográficos. Una de las limitaciones de este software de gestión bibliográfica es la capacidad de almacenamiento virtual de información en la web, por lo que requiere de otro software complementario para el almacenamiento de datos en la nube virtual. Por esta razón se seleccionó Dropbox.

Dropbox: es un servicio de almacenamiento de datos en la web y de administración a través de una multiplataforma. El servicio permite almacenar y sincronizar archivos en línea y entre computadores, compartiendo archivos y/o carpetas con otros usuarios. Existe una versión gratuita y otra de pago con distintas opciones de administración y capacidad de almacenamiento de datos. El servicio está disponible para Android, Windows Phone, Blackberry e IOS (Apple).

Dropbox es un software que enlaza distintas computadoras en una misma carpeta, constituyendo una manera fácil de respaldar y sincronizar archivos. Este servicio permite a los usuarios dejar

cualquier archivo en una carpeta asignada, sincronizado en la web y en las demás computadoras establecidas. Entonces, los archivos contenidos en la carpeta de Dropbox pueden ser compartidos con otros usuarios de Dropbox accediendo a la web de Dropbox, o por medio del enlace de descarga directa desde la versión web o desde la ubicación original del archivo en uno de los computadores conectados. Los usuarios pueden grabar archivos manualmente a través de un navegador web (e.g. Google Chrome).

Dropbox es un servicio de almacenamiento que sincroniza y comparte archivos, que además, tiene soporte para historial de revisiones. Así, los archivos borrados de la carpeta de Dropbox pueden ser recuperados desde cualquiera de las computadoras sincronizadas. También existe la posibilidad de seguir el historial de un archivo de trabajo, editando y/o cargando archivos sin perder las versiones previas por un período de 30 días.

Cabe destacar que los usuarios del comité puede acceder y/o administrar la base de datos bibliográfica de algas pardas de la Región de Atacama tanto a través del gestor bibliográfico Mendeley así como a través del servicio de almacenamiento Dropbox, debido a que ambos software están sincronizados. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la adecuada administración de la bibliografía científica en Dropbox y en Mendeley, puede evitar inconsistencias y desincronización de la base de datos entre software. En AnexoS (ver **Anexos 9.1, 9.2 Y 9.3**) se adjuntan los manuales de uso de DropBox y de Mendely para administrador y usuarios, respectivamente.

4.3.3 Breve revisión bibliográfica de los antecedentes disponibles

4.3.3.1 Nombre comercial versus nombre científico

Nombre comercial. De acuerdo al anuario estadístico 2013 del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, el recurso algas pardas está constituido por especies del género *Lessonia* (Laminariales), *Macrocystis* (Laminariales) y *Durvillaea* (Durvilleales).

La pesquería de *Lessonia* está constituida por *Lessonia nigrescens* (Chascón o Huiro negro) y *Lessonia trabeculata* (Huiro palo). *Macrocystis spp* (Huiro) tipifica una pesquería de dos especies: *M. pyriferá* y *M. integrifolia*, mientras que la pesquería del Cochayuyo es mono-específica y está referida a *Durvillaea antártica*.

L. nigrescens forma un cinturón en la zona intermareal baja de ambientes rocosos expuesto y semi expuesto al oleaje a lo largo de toda la costa de Chile, entre Arica (18°S) y Cabo de Hornos (55°S)

(Santelices 1989). En ambientes semi-expuestos, *L. nigrescens* penetra hacia el submareal formando parches aislados sobre bajaríos rocosos.

L. trabeculata domina en cobertura y biomasa los ambientes rocosos expuestos y semi-expuestos formando extensas praderas submareales entre Arica (18°S) y Puerto Montt (41°S) (Edding et al. 1994). *L. trabeculata* también habita pozas intermareales, y conforma praderas mixtas con *Macrocystis spp* en ambientes semi-expuestos al oleaje (Vega et al. 2005). En ambientes expuestos, *L. trabeculata* puede llegar hasta los 30 m de profundidad (Villouta y Santelices 1984).

Macrocystis spp habita ambientes rocosos submareales protegido hasta 40 m de profundidad. En ambientes intermareales, forma de pequeñas praderas sobre plataformas rocosas semi-expuestas al oleaje (Westermeier & Moller 1990, Thiel et al. 2007). *M. pyrifer* se distribuye desde Valparaíso (33°S) hasta el Cabo de Hornos (55°S), mientras que *M. integrifolia* desde Valparaíso hasta Arica (18°S).

D. antarctica se distribuye desde Coquimbo (30°S) hasta el Cabo de Hornos (55°LS), habitando ambientes rocosos intermareales expuestos y semi-expuestos al oleaje, hasta los 15 m de profundidad (Westermeier et al. 1994).

Nombres científicos. Análisis moleculares, morfológicos y filogenéticos de las especies comerciales de algas pardas han redefinidos los binomios reconocidos actualmente (e.g Tellier et al. 2010).

L. nigrescens deja de existir como binomio taxonómico, y es reemplazado por dos especies crípticas (González et al. 2012). Las poblaciones distribuidas desde el sur del Perú (17°S) hasta Coquimbo (29°S) corresponden a *Lessonia berteriana*, mientras que las poblaciones distribuidas entre Coquimbo (29°S) y Puerto Montt (41°S) corresponden a *Lessonia spicata* (Gonzalez et al. 2012).

Macrocystis es un genero mono-específico que junta todas las especies descritas para Chile (*M. pyrifer*, *M. integrifolia* y *M. laevis*) bajo el binomio *Macrocystis pyrifer* (Macaya & Zucarello 2010a, 2010b).

L. trabeculata es una especie que mantiene su binomio taxonómico (Asensi & de Reviers 2009).

D. antártica también tiene especies crípticas, y se han sugerido distintos linajes filogenéticos en Chile y Nueva Zelandia (Fraser et al. 2010a, 2010b).

Cabe destacar la necesidad de establecer una sincronía temporal entre el binomio taxonómico que representa al nombre comercial y científico de la especie. Esta información es relevante para el desarrollo y ejecución de las actuales políticas pesqueras dirigidas a la explotación sustentable de

las algas pardas, tales como: (1) planificación, desarrollo de estrategias y difusión de programas de cultivos, (2) o de repoblamiento, (3) aplicación del plan de manejo en áreas de libre acceso, y (4) diseño de programas de conservación de praderas (Tellier et al. 2011a, 2011b, Vega et al. 2014).

De acuerdo a lo anterior, el seguimiento biológico pesquero como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas en la Región de Atacama está dirigido al huiro negro *Lessonia berteriana*.

4.3.3.2 Importancia económica, social y ecológica de las praderas de algas pardas

Importancia Económica: las algas pardas son explotadas comercialmente a nivel mundial para extraer polímeros naturales (Bixter & Porse 2011). En Chile, las algas pardas son explotadas para: (a) usarlas como materia prima para la industria nacional de polímeros naturales; (b) exportarlas como algas seca molida a mercados internacionales (e.g. China, Japón, Reino Unido, Noruega); y (c) utilizarlas como alimento fresco para invertebrados en cultivo (e.g. abalones) (Vásquez & Fonck 1995, Vásquez 2008).

Importancia Social: las algas pardas son socialmente importantes porque la explotación de las praderas naturales es exclusivamente realizada por alqueros y sus familias, quienes dependen total o parcialmente de este recurso (Vásquez & Westermeir 1993, Varas 2011). La extracción de algas pardas es la base de una compleja cadena productiva implementada en el norte de Chile (Vásquez et al. 2008).

Importancia Ecológica: las algas pardas son ingenieros ecosistémicos biogénicos (Vásquez & Vega 2004), o sea la presencia de las praderas aumenta la complejidad estructural del hábitat, creando zonas de asentamiento larval, de reclutamiento de juveniles y áreas de refugio para invertebrados y peces; además sirve de alimento a una diversidad de especies (Vásquez & Santelices 1984, Vásquez 1992, Vásquez et al. 2001a, 2001b, Vásquez & Vega 2005).

Anualmente nuevos usos o nuevos extractos son obtenidos desde las algas pardas, lo cual sugiere una demanda de continua de materia prima desde las praderas chilenas. Existe una diversidad de nuevas aplicaciones y usos potenciales de producto derivados de algas pardas chilenas, en su mayoría referidas al ámbito médico y farmacológico (Wolf et al. 2005; Zimmermann et al. 2005, 2007). Compuestos noveles extraídos de las algas pardas tienen aplicaciones en la industria de cosméticos, agronómica y alimenticia, entre otros posibilidades (Gutiérrez et al. 2006). Las algas pardas tienen un interesante potencial para utilizarlas en la producción de biocombustibles, en

sistemas de bioremediación acuícola y en regular el calentamiento global (Buschmann et al. 2009, Turan & Neori 2010).

Históricamente, el manejo de recursos marinos en Chile se ha hecho sobre la base del establecimiento de planes de manejo basado en el propio recurso u objeto de conservación. Este enfoque es aplicado en las áreas de manejo de recursos bentónicos para lograr la sustentabilidad del recurso, beneficios económicos para los usuarios y protección de la biodiversidad asociada a las praderas (Marín et al. 2012). Sin embargo, dada la importancia económica, social y ecológica que tienen las algas pardas en Chile es necesario alcanzar una visión holística. Para lograr esto, además de considerar el recurso, también debe involucrar los bienes y servicios que ofrecen y a las personas que participan en la cadena productiva del recurso (Marín et al. 2012, Vásquez et al. 2014). Lo anterior sugiere la urgente necesidad de un cambio de enfoque, de aquel basado en el manejo del recurso hacia uno más integral basado en el ecosistema (Andrade 2007).

La explotación sustentable de algas pardas en la Región de Atacama aplicando el enfoque ecosistémico y precautorio es una oportunidad para demostrar la factibilidad empírica del uso forma eficiente de los recursos marinos, y a la vez para evitar riesgos potenciales que conlleva su explotación.

En este contexto, considerando la importancia económica, social y ecológica de las algas pardas en la Región de Atacama, recientemente se han realizados estudios para establecer las bases científico y técnicas para la explotación sustentable de las praderas de *Macrocystis* (Westermeier et al. 2013, 2014) y de *Lessonia* (Vega et al. 2014, Oróstica et al. 2014). Sin embargo, para que las bases científico-técnicas para el manejo de praderas naturales de algas pardas funcionen correctamente en la Región de Atacama es necesario sincronizar estos aspectos ecológicos con aquellos que son sociales y económicos en un sistema socio-ecológico empírico.

4.3.3.3 Riesgos potenciales asociados a la explotación de algas pardas

Ciclos oceanográficos costeros. La dinámica de las praderas de algas pardas y de su biota asociada responden a ciclos estacionales durante el año (Tala et al. 2004) y a ciclos interanuales asociados a eventos oceanográficos que actúan a gran escala geográfica (Gaymer et al. 2010). Las condiciones oceanográficas alternan períodos cálidos (El Niño), fríos (La Niña) y neutros los cuales modulan la dinámica geográfica a través de procesos de extinción y recolonización de las poblaciones de algas pardas (Camus et al. 1994, Vega et al. 2005, Thiel et al. 2007, Gaymer et al. 2010). Es necesario

monitorear el efecto interactivo de la variabilidad interanual y de las cosechas sobre la dinámica de las poblaciones de algas pardas (Vega et al. 2014).

Prácticas de cosecha. Las buenas prácticas de cosecha permiten la sustentabilidad de las praderas de algas pardas (Vásquez et al. 2012). Si las recomendaciones de manejo no son consideradas o aplicadas correctamente entonces se alteran los atributos biológicos y ecológicos de las praderas, produciendo un efecto ascendente sobre niveles superiores de organización biológica (e.g. comunidades, ecosistemas; Vásquez 1995, 1999; Vásquez & Santelices 1990). Esto impacta a corto plazo las actividades económicas tradicionalmente asociadas a la explotación de algas pardas (e.g. exportación, cultivo), y otras en proyección (e.g. hormonas, biomedicina, nanotecnologías). Es necesario aplicar indicadores ecológicos para monitorear y validar la aplicación correcta de las prácticas de manejo propuestas para la cosecha de algas pardas (Vega et al. 2014).

Especies invasoras. Las praderas de algas pardas son focos de alta diversidad biológica (Vásquez & Vega 2005). Constituyen áreas de reclutamiento y desove de otras especies que conforman pesquerías bentónicas de enorme valor socio-económico (e.g. Loco, erizo, lapa; Gelcich et al. 2012), las que podrían ser irreversiblemente afectadas si el ecosistema es afectado por alguna especie exótica e invasora (Quiroz et al. 2009), como *Codium fragile* en Caldera (Castilla & Niell 2009). Por ejemplo, en Canadá, *C. fragile* excluyó del paisaje a las algas pardas nativas, eliminando y/o modificando distintas funciones ecosistémicas que estas praderas ofrecían (Krumhansl et al. 2012). Así, se desconoce el efecto de la interacción entre la presión de cosecha y la presencia de *C. fragile* en la Región de Atacama, donde esta especie invasora está presente (Rojas-Nazar et al. 2012) y compete con algas de cultivo (e.g. *Gracilaria chilensis*; Niell et al. 2006).

Desconocimiento de la biología básica de los recursos. Los distintos programas de monitoreo de algas pardas en el norte de Chile han permitido descubrir aspectos nuevos sobre la biología de algas pardas. En *L. nigrescens*, por ejemplo, está en discusión el concepto de individuo o de planta, y actualmente al individuo se le reconoce como “unidad algal” (Vega et al. 2014). Las plantas de huiro negro son organismos plurigenéticos (Segovia et al. 2014), que forman quimeras al fusionarse sus discos de adhesión (González et al. 2014), con potenciales consecuencias en el manejo y sustentabilidad de las praderas (Rodríguez et al. 2014) y en las funciones ecológicas cumplen en el ecosistema (Orostica et al. 2014). En *M. pyrifera* destacan algunas cualidades propias del morfo integrifolia útiles para el manejo de praderas, tales como la propagación vegetativa del disco basal (Westermeier et al. 2012). Otras cualidades biológicas útiles para el cultivo es la hibridación entre morfos de *Macrocystis* que permite la selección de cepas de alto rendimiento (Westermeier et al. 2013, 2014). Más y nueva investigación se requiere en los aspectos eco-fisiológicos de algas pardas en la Región de Atacama (Tala & Chow 2014). El conocimiento acabado de los ciclos vitales, de la

fisiología y ecología de algas pardas puede mejorar sustancialmente la aplicación de normativas basadas en el conocimiento científico-técnico en el Plan de Manejo.

Impacto ambiental. Las descargas históricas de desechos líquidos y sólidos de la minería, de las desaladoras y de la urbe al litoral modifican los patrones de distribución y abundancia de las algas pardas (Vásquez et al. 1999, 2000). Un ejemplo histórico es Chañaral, donde la descarga de desechos mineros al mar produjo una disrupción genética en las poblaciones de *L. nigrescens* (Feugeron et al. 2008). Identificar y monitorear los efectos positivos y/o negativos que las actividades humanas producen en el litoral es un desafío para la Región de Atacama, donde la sobre posición de usos del borde costero es un tema de actualidad. Efectos negativos pueden ser compensado con distintas técnicas de repoblamiento para *L. nigrescens* (Vásquez & Tala 1995, Correa et al. 2006) y *M. integrifolia* (Westermeyer et al. 2012) o en general para algas pardas (Avila et al. 2012).

4.4 Objetivo específico 3

*Monitorear mensualmente localidades representativas de desembarque en la Región de Atacama, considerando las características morfológicas y gravimétricas de los recursos *Macrocystis integrifolia*, *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, definiendo su procedencia (mortalidad natural o por pesca).*

La pesquería en los sitios de estudio del seguimiento de algas pardas en la Región de Atacama está dirigida principalmente a *L. nigrescens*. La mortalidad por pesca corresponde a la remoción activa, o cosecha, con barreta de las plantas de huiro negro. La remoción activa considera un equipo compuesto por un barreteador que selecciona y desprende las algas del sustrato rocoso y al menos un ayudante que colabora con el retiro y el tendido de la biomasa en la playa (ver sección 4.2.2; **Figura 26**).

En cambio, la remoción pasiva de la mortalidad natural de huiro negro se realiza usando distintas estrategias de recolección, pero en todos los casos la biomasa se acopia y se seca en tendidos a lo largo de la playa (**Figura 26**). El método más tradicional es recoger las plantas, fragmentos y retazos con la mano, acopiarlas y posteriormente tenderlas en la playa. Sin embargo, actualmente la biomasa es frecuentemente recolectada antes que llegue a la orilla del varadero, con instrumentos denominado “vara” y “arpeo” (**Figura 27**).

El “arpeo” es un instrumento de hierro con garfios, con forma de garabatos o rezón, utilizado para rastrear la biomasa sumergida a la deriva frente al varadero y traerla hacia la playa. El arpeo más

común generalmente tiene forma de rezón y llevan un arganeo por el que se unen al chicote de un cabo. El arpeo se lanza desde la playa al mar para recolectar las algas acopiadas en bolsones sumergidos en fondos someros, ubicados preferentemente frente a caletas y varaderos (**Figura 27**).

La “vara” es un gancho pequeño que va enmangado en una vara de madera para ser manejado a brazo y poder recolectar las plantas, fragmentos y retazos de algas pardas varadas en la orilla, depositadas sobre las rocas, o moviéndose por el oleaje frente al varadero (**Figura 27**).

Otra estrategia de remoción pasiva es el uso de embarcaciones artesanales equipadas con buceo hooka, o embarcaciones informales denominadas “balsas” donde dos buzos a resuello acumulan la biomasa recogida desde pozones submarinos donde el alga se acumula (**Figura 27**). No obstante, la balsa también es ocupada en remoción activa de plantas de huiro negro ubicadas en el submareal somero.

En algunas oportunidades, se observó a los algueros hacer atados de 500 a 1.000 kg de algas (**Figura 26**). El atado se hace zurciendo con una “aguja de acero” y un cabo de 8 o 12 mm de grosor una biomasa agregada de algas pardas varadas. Los extremos del cabo son amarrados a un vehículo para tirar y arrastrar el atado a la orilla frente a varadero para posteriormente proceder a tenderlos (**Figura 27**).

Así, el esfuerzo de muestreo se concentró en la caracterización morfológica de plantas de *L. nigrescens* proveniente de la mortalidad por pesca o cosechadas con barreta; y de la mortalidad natural representada por plantas recolectadas de la biomasa varada en la playa y/o acumulada en pozones submarinos someros frente a los varaderos.



Figura 26. Imágenes del proceso de tendido de huirón negro champeado con barreta (A), o recolectado en varaderos (B, C y D). La mortalidad natural puede ser recolectada con varas y arpeos (B), buceando pozones submarinos (C), o con vehículos de tracción amarrando la biomasa con una aguja (D).



Figura 27. Imágenes de la recolección de huiro negro usando arpeo (A) y vara (B) en varaderos; y desde pozones usando balsas y buceo apnea (C). En algunos los varaderos se utilizan vehículos 4x4 (o tractores) amarrando la biomasa con una aguja y extrayéndolo con un cordel hacia la playa (D).

4.4.1 Caracterización morfológica, gravimétrica y reproductiva de plantas provenientes de mortalidad por pesca y natural en varaderos

La pesquería de algas pardas en los sitios de estudio está representada principalmente por la cosecha y recolección de plantas, fragmentos y retazos de *L. nigrescens*. Es en este contexto que se efectuó una caracterización morfológica de plantas de *L. nigrescens* proveniente tanto de la mortalidad por pesca (cosechadas con barreta) o natural (recolectadas varadas o desde pozos).

En los sitios de estudio, durante algunos muestreos, se observaron cuadrillas cosechando plantas de *L. nigrescens* con barreta, así como huireros recogiendo algas en los varaderos. En general, las plantas barreteadas se distinguen de las plantas varadas por la marca que deja el chuzo al golpear el borde áspero y rugoso del disco de adhesión de la planta (**Figura 28**). El disco adhesivo de una planta varada o proveniente de los pozones submarinos tiene un típico borde "lijado" (**Figura 28**), debido a que la planta deriva en el fondo marino arrastrada por las corrientes y el movimiento del agua.



Figura 28. Discos de adhesión de plantas de huiro negro cosechadas con barreta en Los Toyos (A) y en Los Bronces (B), recolectada varada en la costa de Totoral Bajo (C) y sacada de pozones en Chañaral de acituno (D).

4.4.1.1 Estructura de tallas

Estructura de tallas de la mortalidad por pesca (algas cosechadas).

Provincia de Chañaral. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* cosechadas en Los Toyos está representada por plantas juveniles y adultas (**Figura 29**). Durante el período de estudio, se cosecharon principalmente plantas juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco); aunque también plantas adultas por sobre el tamaño mínimo legal de cosecha ($\approx 22,5$ y $27,5$ cm diámetro disco; **Figura 29**). La estructura de Tallas de las plantas cosechadas en Villa Alegre y Punta Salinas es semejante a la descrita para Los Toyos (**Figura 29**). Unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm de diámetro del disco) fueron cosechadas en Los Toyos en enero, junio y agosto, y durante febrero y marzo en Villa Alegre.

Provincia de Copiapó. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* cosechadas en Caldera y Total Bajo está representada por plantas juveniles y adultas (**Figura 30**). En Caldera durante enero, las plantas adultas por sobre el tamaño mínimo legal de cosecha ($\approx 22,5$ y $27,5$ cm de diámetro disco) constituyeron la fracción más representativa del desembarque. Desde febrero hasta agosto en cambio, predominaron en el desembarque las plantas juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco). Unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm de diámetro del disco) fueron cosechadas en verano, mientras que en invierno se intensificó la cosecha de plantas pequeñas ($\approx 7,5$ cm de diámetro del disco) (**Figura 30**).

El desembarque de plantas cosechadas en Total Bajo durante enero, está caracterizado principalmente por plantas juveniles (marca de clase de $12,5$ y $17,5$ cm de diámetro del disco); aunque también fue cosechada una fracción de plantas adultas representada principalmente por plantas dentro de las marcas de clase de $22,5$ y $27,5$ cm de diámetro del disco (**Figura 30**). En abril y mayo en cambio, las plantas adultas dentro de la talla mínima legal de captura (≥ 20 cm de diámetro del disco) fue la fracción más importante en el desembarque de algas cosechadas, aunque también fue cosechada una fracción de plantas juveniles entre las marcas de clase de $12,5$ y $17,5$ cm de diámetro del disco (**Figura 30**).

Provincia de Huasco. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* cosechadas en los sitios de estudio de la Provincia de Huasco está representada por plantas juveniles y adultas (**Figura 31**). En Caleta Angosta, las plantas juveniles en marcas de clase de $12,5$ y $17,5$ cm de diámetro del disco componen la fracción más representativa del desembarque. Aunque, plantas adulta con la talla mínima legal de captura ($22,5$ cm diámetro disco) también son frecuentes en el desembarque. Unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron cosechadas en verano (**Figura 31**).

El desembarque en Los Bronces durante verano y otoño, se caracteriza por plantas juveniles (12,5 y 17,5 cm diámetro disco); pero también fueron frecuentes las plantas adultas (22,5 y 27,5 cm diámetro disco). En julio y agosto, en cambio, la fracción de plantas adultas que contiene la talla mínima legal de captura (≥ 20 cm diámetro disco) fue más importante en el desembarque, junto con plantas juveniles (17,5 cm diámetro disco; **Figura 31**). Unas cuantas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron cosechadas en enero, mayo y agosto.

El desembarque de plantas cosechadas en Chañaral de Aceituno durante el verano, se caracteriza por plantas adultas en la marca de clase de 22,5 cm diámetro del disco. En cambio, en otoño e invierno, la fracción juvenil (12,5 y 17,5 cm diámetro disco) fue la que determina el desembarque. Aunque, la fracción adulta que contiene la talla mínima legal de captura (22,5 cm de diámetro del disco) también fue frecuente en el desembarque. Unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm de diámetro del disco) fueron cosechadas en verano.

La estructura de tallas del desembarque de la mortalidad por pesca de *L. nigrescens* en áreas de libre acceso de la Región de Atacama muestra que las praderas de huiro negro están bajo una alta presión de cosecha. Durante el estudio, fue frecuente observar el predominio de plantas juveniles en la estructuras de tallas de las capturas, principalmente en torno a la marca de clase 17,5 cm diámetro disco, ubicado bajo la talla mínima legal de cosecha (≥ 20 cm diámetro disco). No obstante, se destaca el esfuerzo por parte de los huiereros por cosechar plantas por sobre la talla legal de cosecha de *L. nigrescens* (> 20 cm de diámetro del disco de la planta), a veces escasas porque la cosecha de plantas desde las praderas se realiza muy frecuentemente, posiblemente una vez al mes y por algueros distintos.

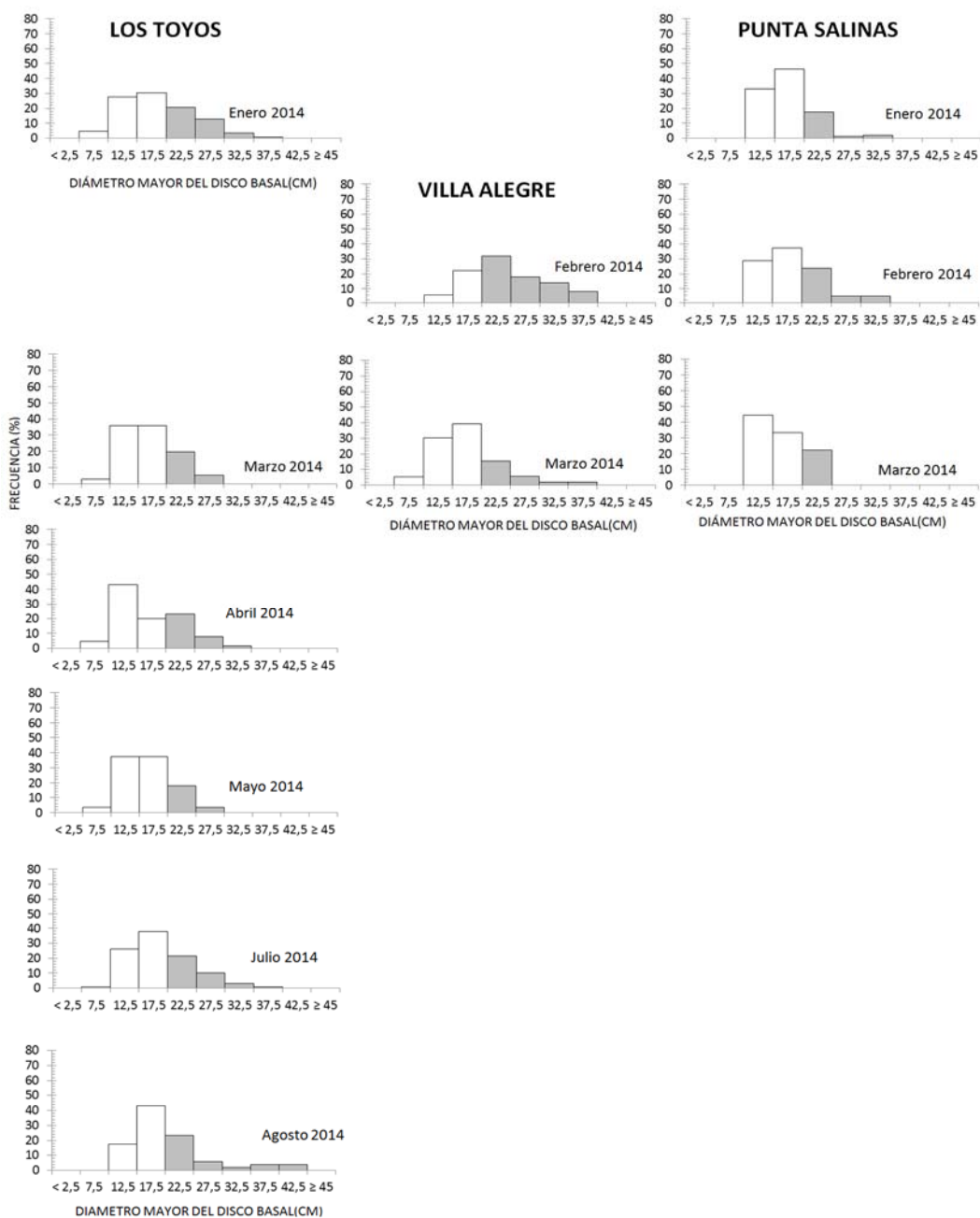


Figura 29. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

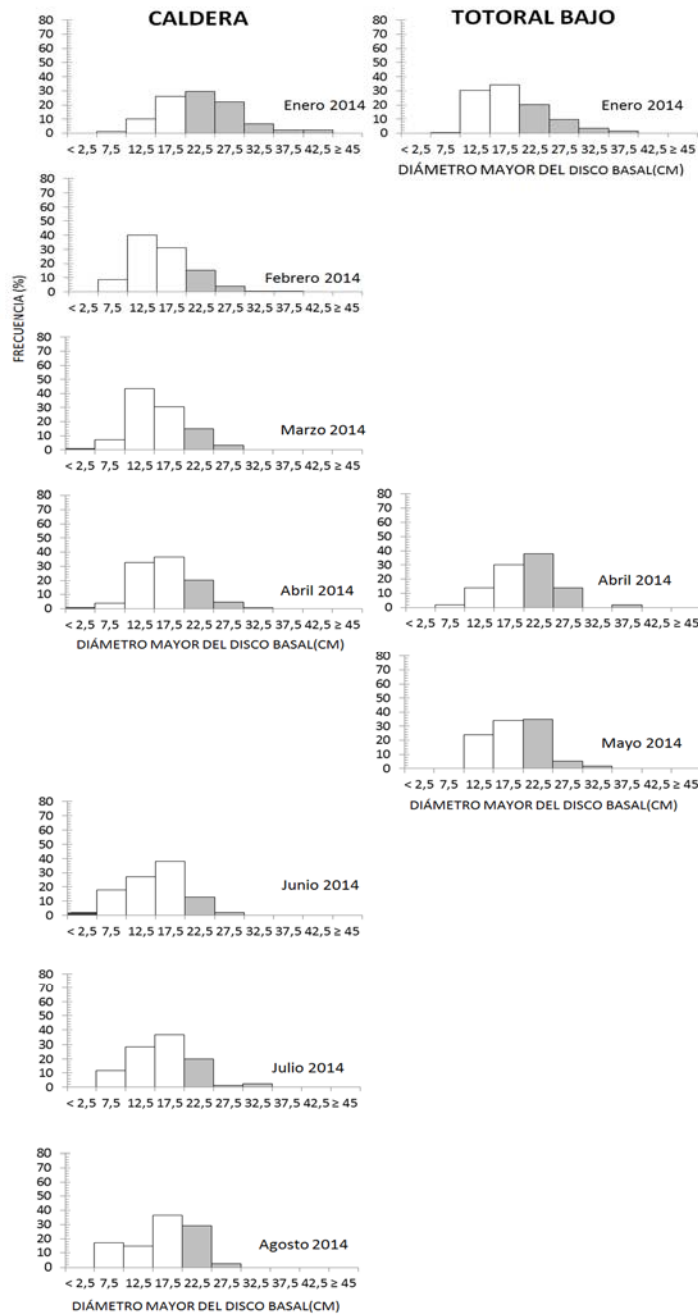


Figura 30. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en la Provincia de Copiapó, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

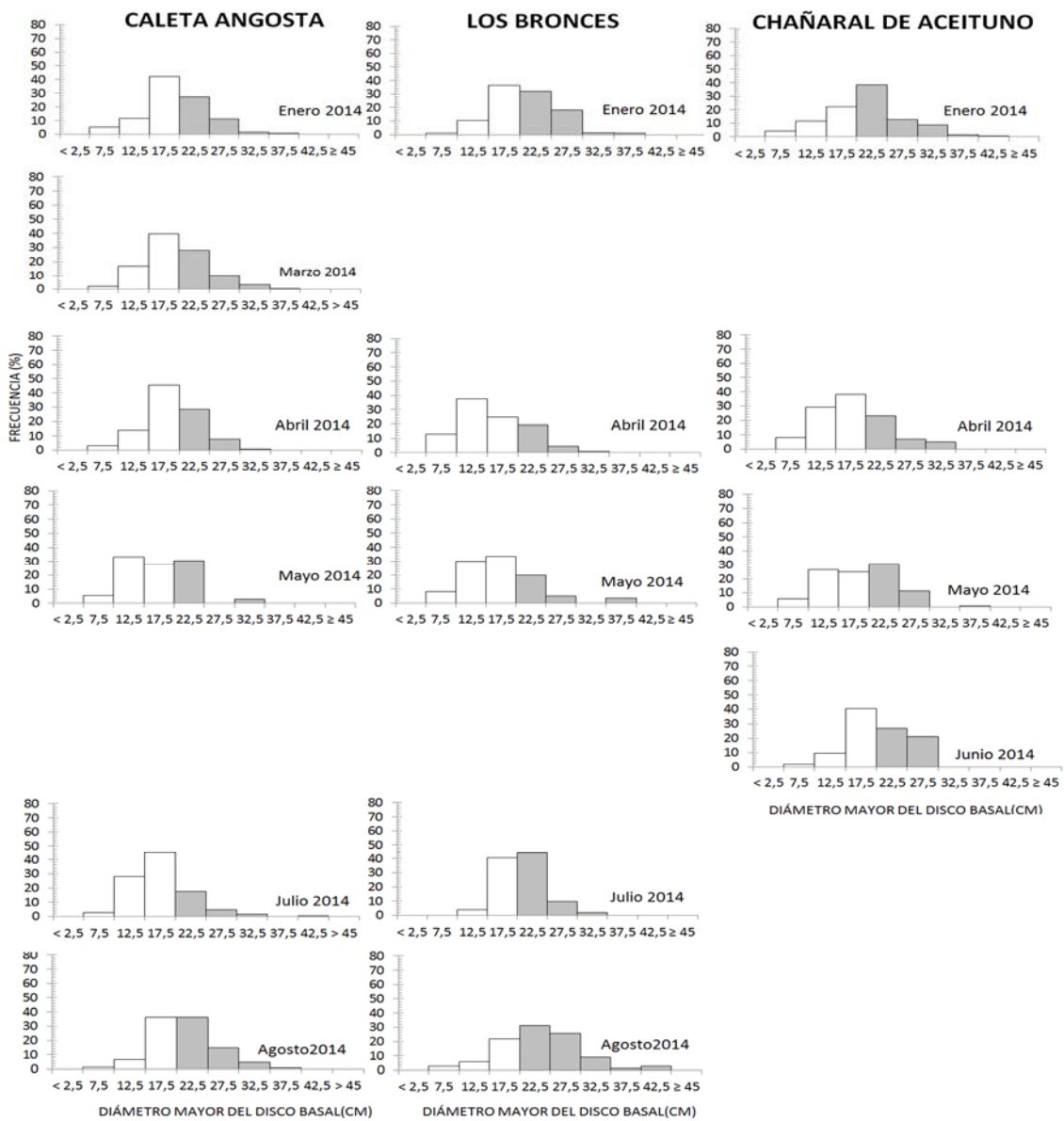


Figura 31. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en la Provincia de Huasco, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

Estructura de tallas de la mortalidad natural (algas varadas).

Provincia de Chañaral. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* en los varaderos de la Provincia de Chañaral está representada por plantas juveniles y adultas (**Figura 32**). En los varaderos de Los Toyos, la mortalidad natural está compuesta principalmente por plantas juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco), y por plantas adultas dentro de la talla mínima legal de cosecha ($\approx 22,5$ cm diámetro disco; **Figura 32**). En marzo, la mortalidad natural está representada sólo por reclutas y juveniles, mientras que en febrero y durante los meses de invierno se recolectaron unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm de diámetro del disco).

En Punta Salinas, la mortalidad natural de verano está representada por plantas adultas, principalmente dentro de la talla legal de captura ($\approx 22,5$ cm diámetro disco) y por juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco). En cambio en marzo predominan las plantas juveniles (**Figura 32**). Unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm de diámetro del disco) fueron recolectadas en enero y febrero.

Con un fin comparativo, se monitoreo la mortalidad natural de *L. nigrescens* dentro de un área de manejo (Torres del Inca) en verano. La estructura de tallas está caracterizada principalmente por plantas adultas en enero, mientras que en febrero predomina la fracción juvenil (**Figura 33**).

Provincia de Copiapó. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* recolectadas en los varaderos de la Provincia de Copiapó está representada por juveniles y adultos (**Figura 34**). Las tallas más frecuentes en la mortalidad natural de varaderos en Caldera fueron juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco). Aunque una fracción menor de planta adultas dentro de la talla legal de captura ($\approx 22,5$ cm diámetro disco) fue encontrada en los meses de verano e invierno (**Figura 34**). En junio y julio, una pequeña porción de la mortalidad natural fueron reclutas.

En los varaderos de Totoral Bajo, la mortalidad natural estuvo determinada preferentemente por juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco) y por una fracción menor de plantas adultas ($\approx 22,5$ y $27,5$ cm diámetro disco) (**Figura 34**). En febrero, marzo, junio y julio se detecta una pequeña fracción de reclutas en la mortalidad natural ($< 2,5$ cm de diámetro disco). Además, unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron recolectadas en febrero (**Figura 34**).

Provincia de Huasco. La estructura de tallas de plantas de *L. nigrescens* en los varaderos de la provincia de Huasco está representada por plantas juveniles y adultas (**Figura 35**). En los varaderos de Caleta Angosta, la mortalidad natural está representada principalmente por juveniles ($\approx 12,5$ - $17,5$ cm diámetro disco). Una fracción menor de plantas adultas ($22,5$ y $27,5$ cm diámetro disco), también forman parte de la mortalidad natural (**Figura 35**). En los meses de invierno, los reclutas conforman una pequeña parte de la mortalidad natural de Caleta Angosta.

En Los Bronces, las tallas más frecuentes en la mortalidad natural provinieron de los juveniles ($\approx 7,5$ y $17,5$ cm diámetro disco). Una fracción menor de plantas adultas dentro de la talla legal de captura ($\approx 22,5$ cm diámetro disco) fue encontrada en los meses de verano e invierno (**Figura 35**). En marzo, los reclutas conforman una fracción de la mortalidad natural, mientras que unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron encontradas en los meses de verano e invierno.

En los varaderos de Chañaral de Aceituno, la mortalidad natural estuvo determinada preferentemente por juveniles ($\approx 7,5$ y $17,5$ cm diámetro disco) y por una fracción menor de plantas adultas ($\approx 22,5$ y $27,5$ cm diámetro disco) (**Figura 35**). En febrero, marzo y junio se detectó una pequeña fracción de reclutas ($< 2,5$ cm de diámetro disco), mientras que unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron detectadas en febrero, abril y mayo (**Figura 35**).

Estructura de tallas de la mortalidad natural (algas recolectadas de pozones).

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta y Chañaral de Aceituno se extrae mortalidad natural desde pozos submarinos ubicados frente a los varaderos. La estructura de tallas de esta mortalidad natural está representada por principalmente por juveniles y adultos (**Figura 36**).

La mortalidad natural de plantas de *L. nigrescens* recolectadas desde pozos submarinos de Caleta Angosta presentan una estructura de tallas caracterizada principalmente por plantas adultas ($\approx 22,5$ y $32,5$ cm diámetro disco), la mayoría dentro o sobre la talla mínima legal de captura, aunque también se registran plantas juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco) (**Figura 36**).

En Chañaral de Aceituno, la mortalidad natural de plantas de *L. nigrescens* en pozos submarinos en enero y julio estuvo dominada principalmente por plantas adultas ($\approx 22,5$ y $32,5$ cm diámetro disco), y por una fracción menor de plantas juveniles ($\approx 12,5$ y $17,5$ cm diámetro disco) (**Figura 36**). En los otros meses, la mortalidad natural en pozos submarinos está dominada principalmente por plantas juveniles ($\approx 7,5$ y $17,5$ cm diámetro disco), y por una fracción menor de plantas adultas ($\approx 22,5$ y $27,5$ cm diámetro disco) (**Figura 36**). En junio se detecta una pequeña fracción de reclutas ($< 2,5$ cm de diámetro disco), mientras que unas pocas plantas grandes ($\geq 37,5$ cm diámetro disco) fueron registradas en enero, marzo, julio y agosto.

La recolección de huiro negro desde pozones submarinos es un fenómeno pesquero que actualmente interfiere con los procesos de varazón de algas en la costa. El retiro de la mortalidad natural de los pozones tiene efectos potenciales en la cantidad y el tamaño de las plantas que arriban a los sistemas de varaderos de la Región de Atacama (Vásquez et al. 2008).

En general, la remoción pasiva de la mortalidad natural de *L. nigrescens* en áreas de libre acceso de la Región de Atacama refleja el efecto de la cosecha continua y sistemática sobre la dinámica natural de las praderas. Entre los efectos de esta alta presión de cosecha destaca el predominio de juveniles en la estructura de tallas de las plantas varadas de huiro negro ($\approx 7,5$ a $17,5$ cm diámetro disco). Aunque todavía varan plantas con talla mínima legal de cosecha o más grandes (≥ 20 cm diámetro disco), la frecuencia de ocurrencia sigue disminuyendo con el tiempo. Actualmente, una parte importante de la biomasa que arriba a los varaderos corresponde a fragmentos y retazos.

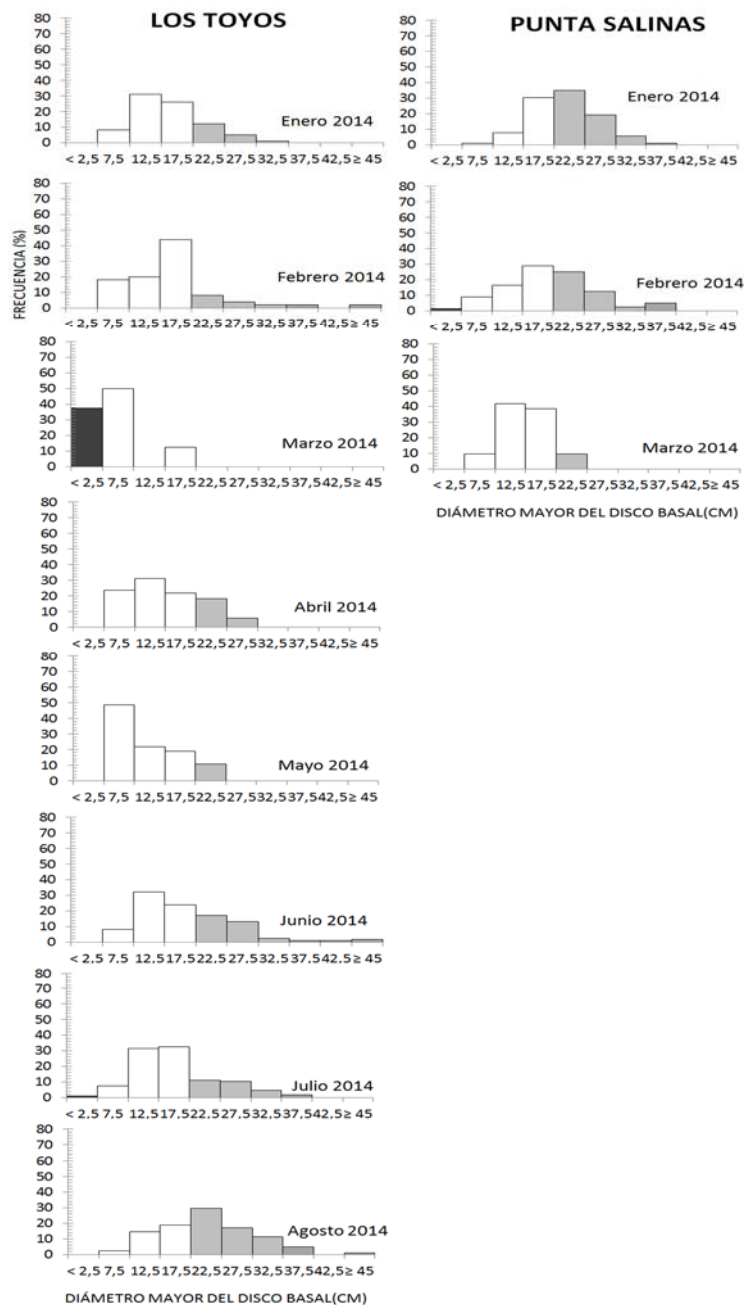


Figura 32. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Chañaral (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

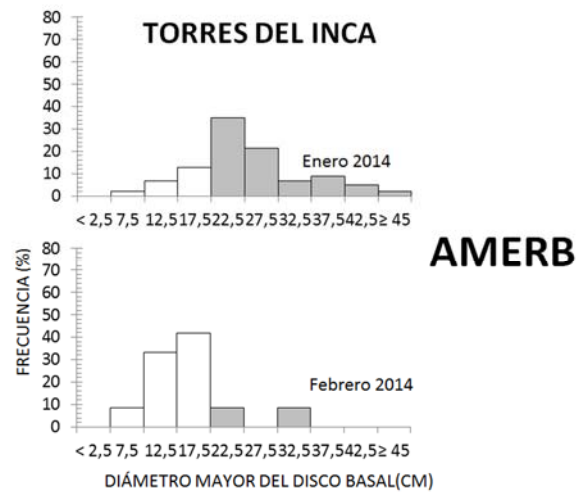


Figura 33. Estructura de tallas de las capturas de *L. nigrescens* en un varadero dentro de un área de manejo (Torres del Inca) en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

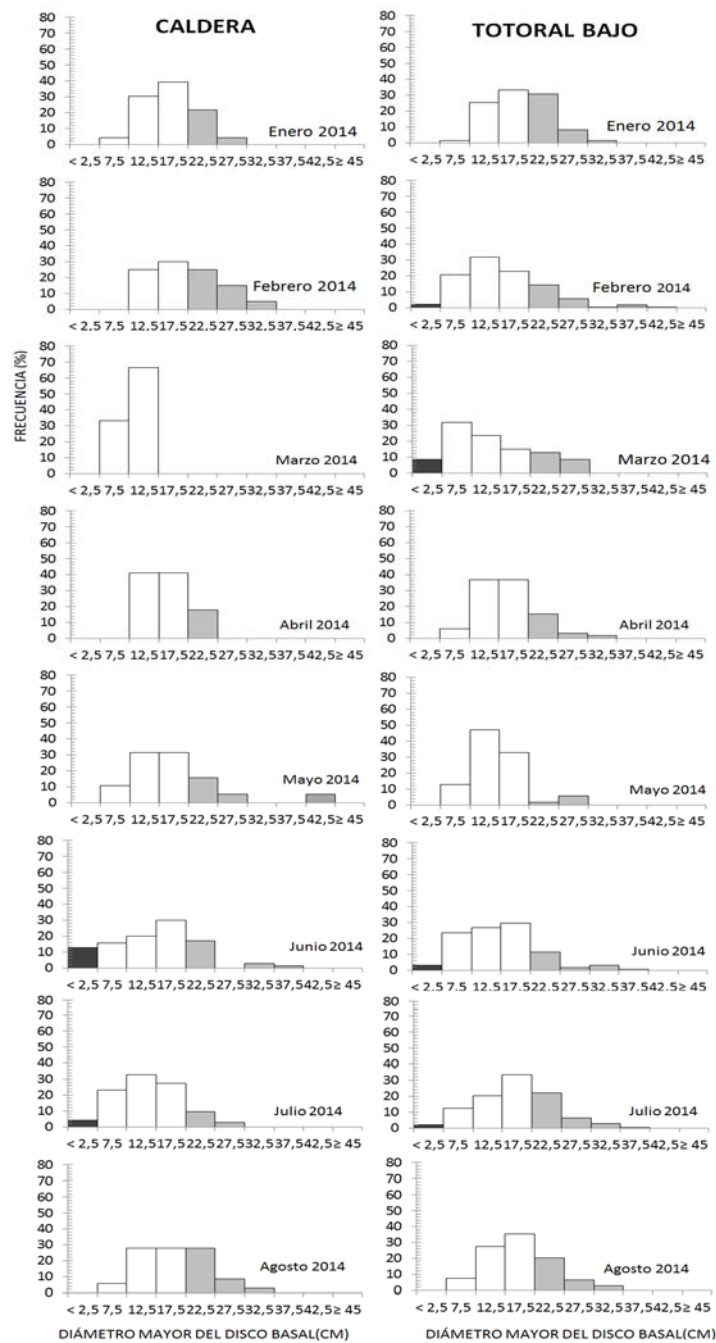


Figura 34. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Copiapó (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

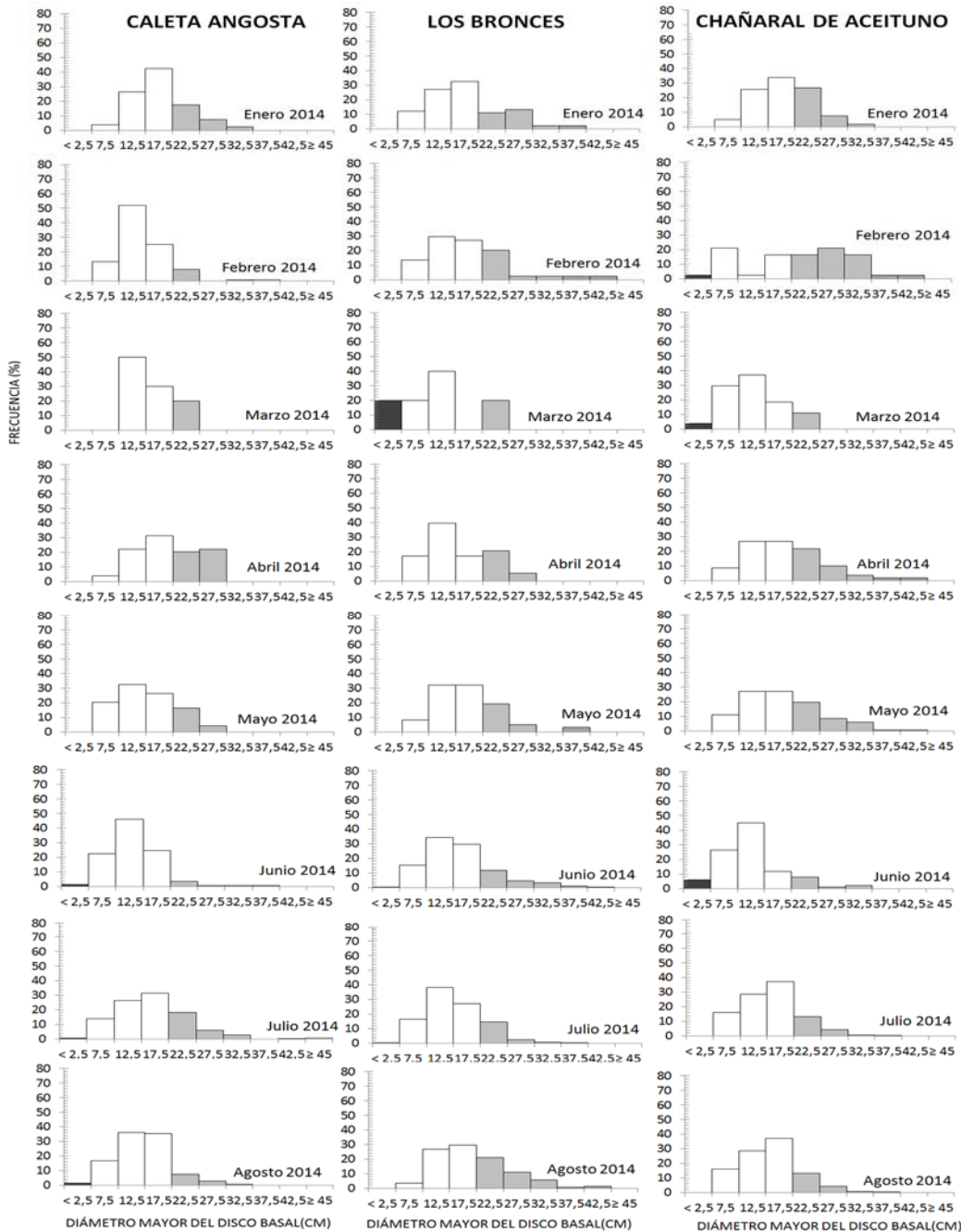


Figura 35. Estructura de tallas de algas varadas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Huasco (recolección y varadero), Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

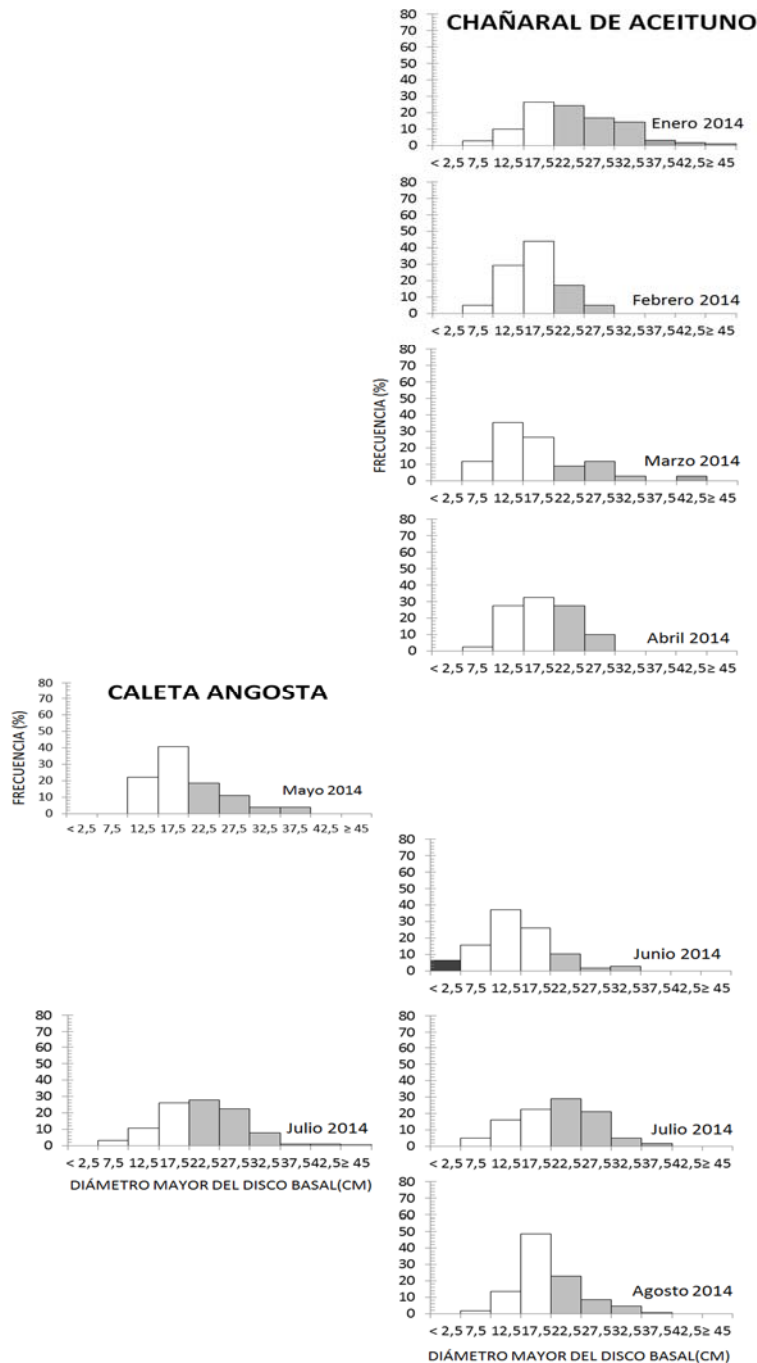


Figura 36. Estructura de tallas de la especie *L. nigrescens* en área de libre acceso en la Provincia de Huasco recolectadas en pozones submarinos, Región de Atacama, obtenidas en función del diámetro mayor del disco basal adhesivo de las plantas. Las barras de color blanco representan a plantas juveniles y las barras grises claras a las plantas adultas de *L. nigrescens* (fracción cosechable).

4.4.2 Caracterización morfológica y gravimétrica de las plantas

Las características morfométricas y gravimétricas de plantas de *L. nigrescens* provenientes del desembarque por pesca y por mortalidad natural desde varaderos naturales en los sitios de muestreo de la Región de Atacama fueron monitoreados mensualmente. En las plantas de huiro negro se midió: (1) diámetro basal del disco de adhesión, (2) número de estipes, (3) longitud máxima de la planta, (4) Peso total de la planta y (5) Presencia/ausencia de estructuras reproductivas por planta (soros).

Para el análisis, los datos morfométricos y gravimétricos fueron agrupados en función de la variable respectiva en varado, barreteado o de pozones por sitio de estudio, según corresponda. Sólo en Caleta Angosta y Chañaral de Aceituno se observó recolección de algas desde pozones ubicados frente a varaderos.

De acuerdo a Vega et al. (2014), las características morfométricas y gravimétricas del desembarque pueden ser un potencial indicador del estado de la pradera, debido a que pueden ser modificadas, por ejemplo, por la presión de cosecha u otro impacto antrópico local.

Provincia de Chañaral. La caracterización morfológica de huiro negro en Los Toyos difiere entre plantas provenientes de mortalidad por pesca y natural (**Figura 37**). En promedio, las plantas barreteadas tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, presentan más estipes, y son más largas y pesadas que las recolectadas varadas en la playa.

Provincia de Copiapó. En Caldera, la caracterización morfológica de huiro negro proveniente de mortalidad por pesca difiere de la que viene de la mortalidad natural (**Figura 38**). En promedio, las plantas barreteadas tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, presentan más estipes, y son más largas y pesadas que las recolectadas varadas en la playa.

La caracterización morfológica de huiro negro en Total Bajo también difiere entre plantas provenientes de mortalidad por pesca y natural (**Figura 39**). En promedio, las plantas barreteadas tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, más estipes y son más pesadas que las recolectadas varadas en la playa, aunque presentan un número de estipes más similar.

Provincia de Huasco. En Caleta Angosta, la morfología del huiro negro proveniente de la mortalidad natural varada o recolectadas desde pozones con buceo hooka es distinta al que proviene de mortalidad por pesca (**Figura 40**). En promedio, las plantas recolectadas de pozones tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, tienen más estipes y son más pesadas que las plantas varadas. Sin embargo, las plantas provenientes de mortalidad natural o por pesca tienen una longitud promedio similar.

En Los Bronces, la caracterización morfológica de huiro negro también difiere entre plantas provenientes de mortalidad por pesca y natural (**Figura 41**). En promedio, las plantas barreteadas tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, más estipes y son más largas y pesadas que las recolectadas varadas en la playa.

En Chañaral de Aceituno, la morfología del huiro negro proveniente de la mortalidad natural varada es distinta de la que proviene de mortalidad por pesca o natural recolectada a través de buceo hooka desde pozones submareales (**Figura 42**). En promedio, las plantas recolectadas de pozones o que fueron barreteadas tienen un mayor diámetro del disco adhesivo, más estipes y son más largas y pesadas que las plantas varadas.

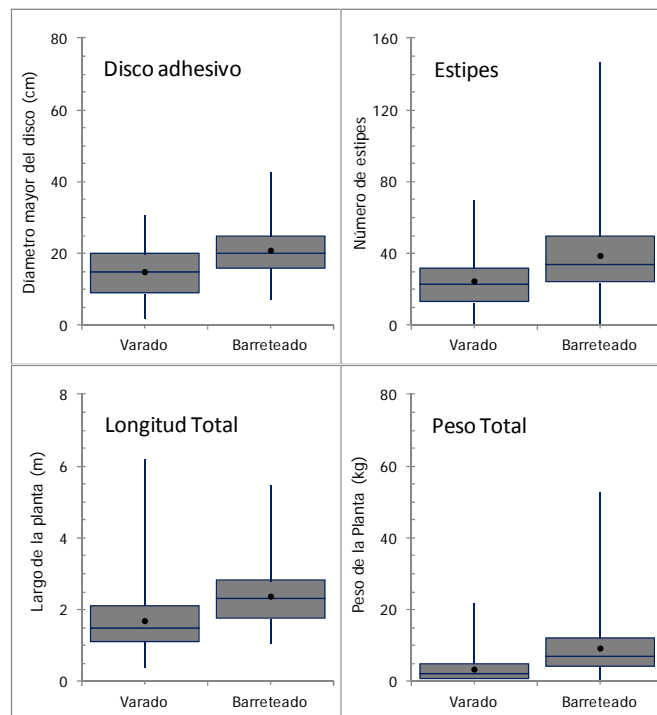


Figura 37. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Los Toyos, Provincia de Chañaral. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

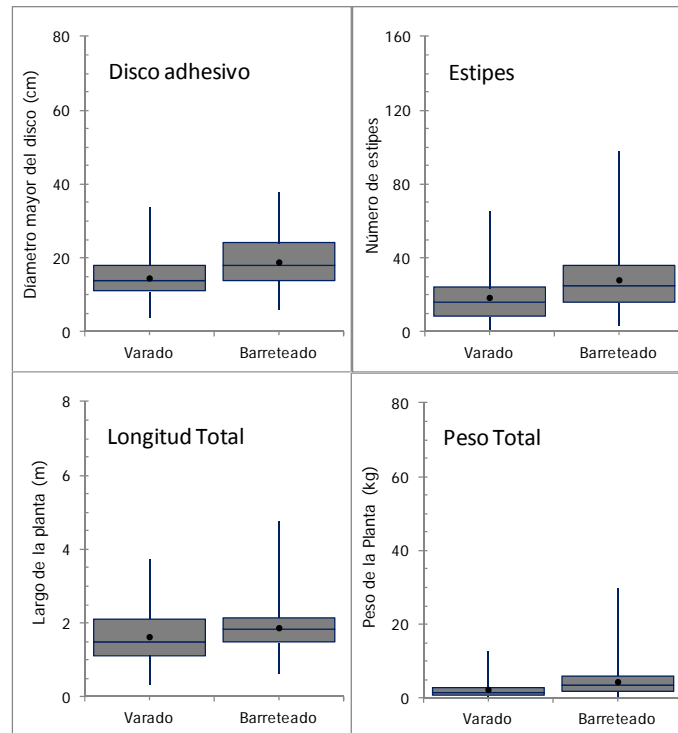


Figura 38. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Caldera, Provincia de Copiapó. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

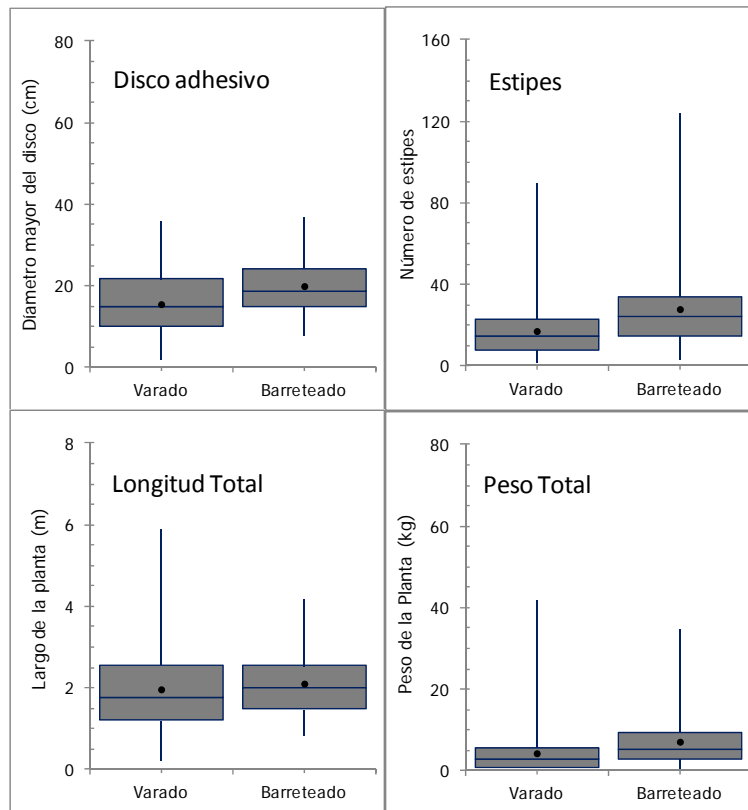


Figura 39. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Totoral Bajo, Provincia de Copiapó. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

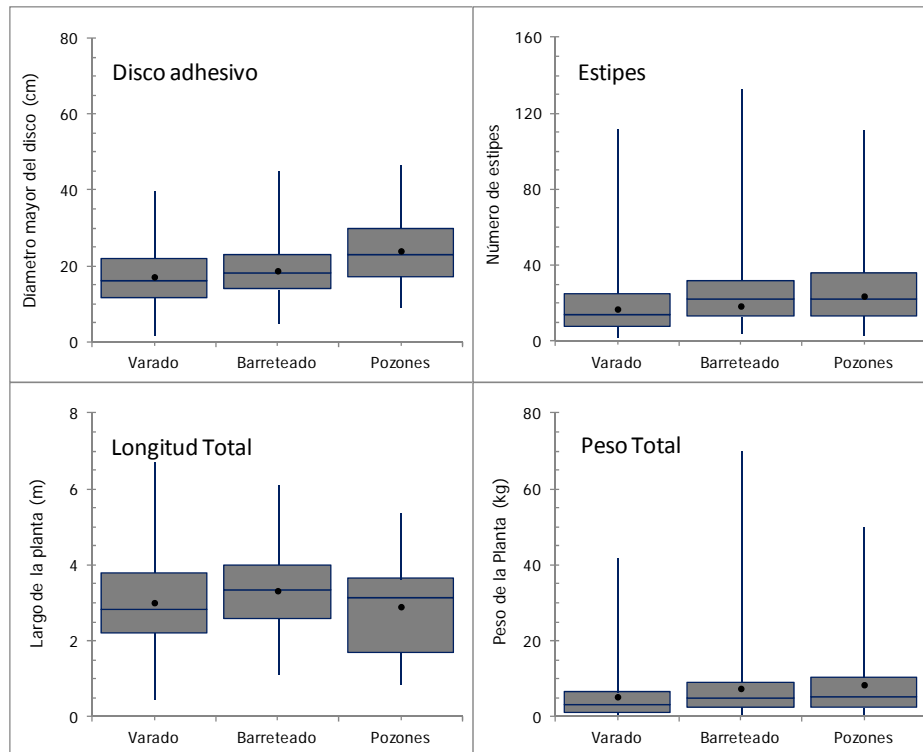


Figura 40. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado y de pozones) y por pesca (barreteado) en Caleta Angosta, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

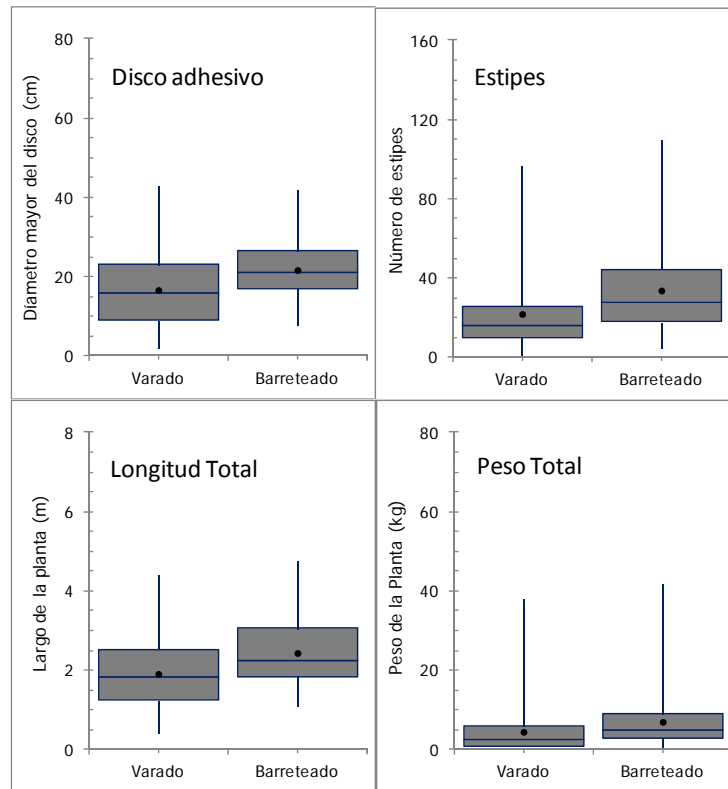


Figura 41. Caracterización morfológica de las plantas de huirón negro proveniente de mortalidad natural (varado) y por pesca (barreteado) en Los Bronces, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

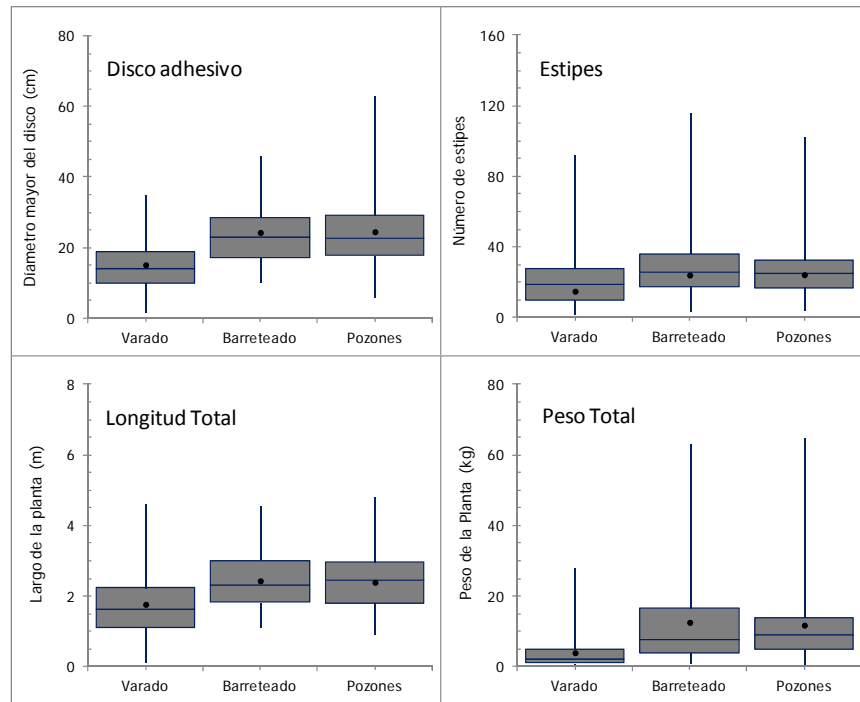


Figura 42. Caracterización morfológica de las plantas de huiro negro proveniente de mortalidad natural (varado y de pozones) y por pesca (barreteado) en Chañaral de Aceituno, Provincia de Huasco. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética.

4.4.3 Relación entre talla y peso de la mortalidad

El mejor ajuste de la relación entre la longitud total y el peso total húmedo de las plantas de huiro negro en los sitios de muestreo se obtuvo a través de una regresión potencial ($y=ax^b$) (**Tabla 3**).

En general, los parámetros que describen la relación talla y peso varían de acuerdo al tipo de mortalidad y sitio de estudio (**Tabla 3**). Esta variabilidad detectada en el mejor ajuste de la función está relacionada con la ausencia de reclutas en las mediciones. Entonces a medida que se incorporan datos de la fracción recluta de la población a la función, el coeficiente de determinación de la relación talla y peso mejora sustancialmente, logrando valores cercano a 0,9.

Tabla 3. Función y parámetros de la relación longitud y peso de las plantas de huiro negro por sitio de estudio. El mejor ajuste de la relación se obtuvo con la función potencial ($y=ax^b$). Además, se informa entre paréntesis el “n” de cada muestra y el coeficiente de determinación de la regresión (R^2).

| Sitio de estudio | Varado | | Barreteado | | Pozones | |
|-------------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|------------|
| | $y= ax^b$ | (n) R^2 | $y= ax^b$ | (n) R^2 | $y= ax^b$ | (n) R^2 |
| 1. Los Toyos | $0,0042x^{2,3091}$ | (186) 0,719 | $0,0173x^{1,9927}$ | (169) 0,719 | | |
| 2. Caldera | $0,0074x^{2,0419}$ | (122) 0,669 | $0,0207x^{1,7569}$ | (230) 0,606 | | |
| 3. Totoral Bajo | $0,0052x^{2,2831}$ | (170) 0,801 | $0,0098x^{2,1351}$ | (112) 0,715 | | |
| 4. Caleta Angosta | $0,0037x^{2,3940}$ | (211) 0,725 | $0,0448x^{1,6728}$ | (195) 0,629 | $0,0036x^{2,3612}$ | (98) 0,826 |
| 5. Los Bronces | $0,0029x^{2,4082}$ | (143) 0,813 | $0,0109x^{2,0333}$ | (243) 0,698 | | |
| 6. Chañaral de Aceituno | $0,0057x^{2,2646}$ | (179) 0,755 | $0,0027x^{2,5589}$ | (99) 0,862 | $0,0205x^{1,9193}$ | (88) 0,664 |

4.4.4 Caracterización reproductiva de las plantas provenientes de la mortalidad por pesca y natural

El tamaño mínimo de las plantas reproductivas varió según el tipo de mortalidad y el sitio de muestreo (**Figura 43**). Considerando todos los datos obtenidos durante el seguimiento, el tamaño mínimo reproductivo de huiro negro fue de 5 cm de diámetro del disco adhesivo, valor obtenido desde algunas plantas varadas. Sin embargo, el tamaño promedio agrupado de todas las plantas muestreadas fue de $10,2 \pm 2,7$ cm diámetro del disco.

Las plantas varadas contienen las plantas reproductivas más pequeñas ($8,3 \pm 1,4$ cm de diámetro disco). El tamaño promedio de las plantas reproductivas más pequeña provenientes de mortalidad por pesca fue de $11,2 \pm 2,1$ cm diámetro del disco, mientras que las plantas reproductivas más pequeñas en los pozones tienen un promedio de $13,1 \pm 2,8$ cm diámetro del disco.

Entre sitios de estudio, el tamaño promedio mínimo de las plantas reproductivas varadas se detectó en Los Toyos, Los Bronces y Chañaral de Aceituno (**Figura 43**). De las plantas reproductivas cosechadas, las más pequeñas provinieron de Caldera y Caleta Angosta (**Figura 43**).

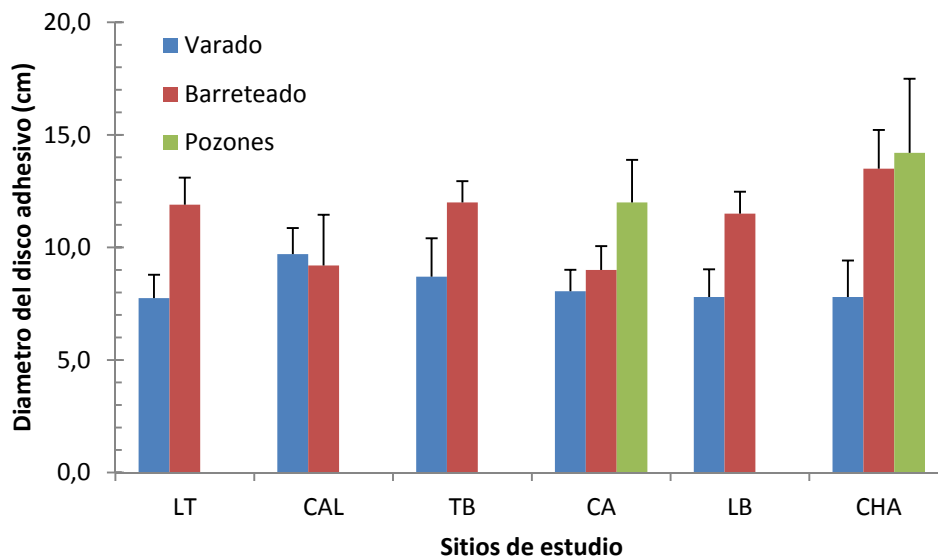


Figura 43. Tamaño mínimo de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) provenientes de la mortalidad por pesca (barretadas) y natural (recolectadas varadas o de pozones). Las barras representan el promedio con una desviación estándar. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

El tamaño promedio de las plantas reproductivas provenientes de la mortalidad natural varada fue de $18,6 \pm 6,7$ cm de diámetro del disco para la Región de Atacama (**Figura 44**). El tamaño promedio de las plantas reproductivas en los sitios de estudio está cercano al promedio regional, aunque en Caldera fue relativamente más bajo (**Figura 44**).

El tamaño promedio de las plantas reproductivas provenientes de la mortalidad por pesca fue de $21,8 \pm 6,9$ cm de diámetro del disco para la Región de Atacama (**Figura 45**). El tamaño promedio de las plantas reproductivas en los sitios de estudio está cercano al promedio regional, aunque Chañaral de Aceituno fue relativamente más alto (**Figura 45**).

El tamaño promedio de las plantas reproductivas provenientes de la mortalidad natural recolectada de pozones fue de $25,2 \pm 8,7$ cm de diámetro del disco para la Región de Atacama (**Figura 46**). El tamaño promedio de las plantas reproductivas en los sitios de estudio está muy próximo al promedio regional.

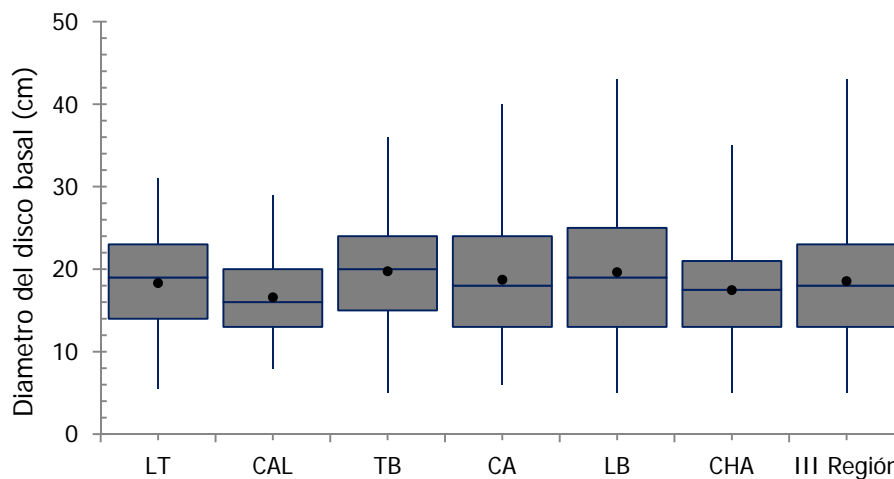


Figura 44. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad natural (varadas). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

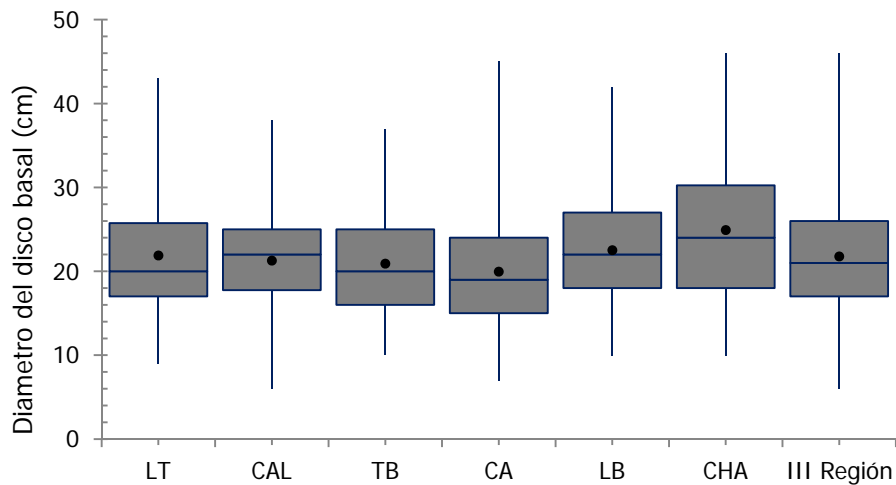


Figura 45. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad por pesca (barreteadas). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

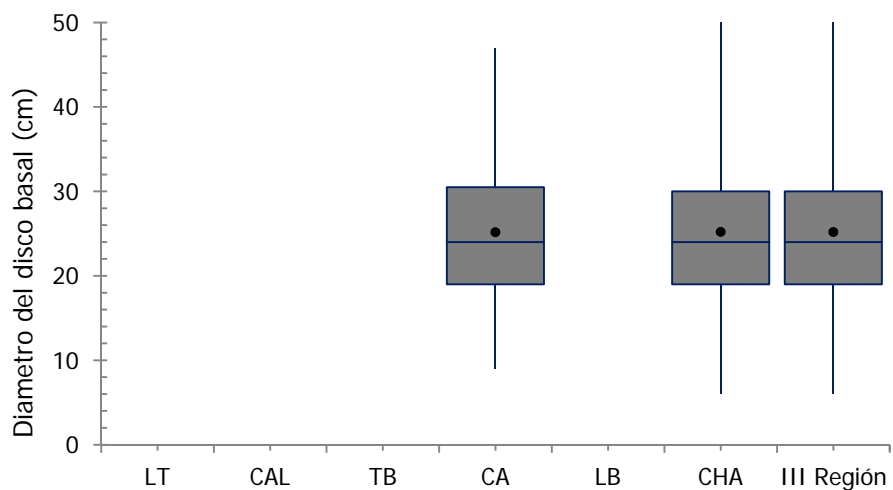


Figura 46. Tamaño de plantas reproductivas de huiro negro (expresado en tamaño del disco adhesivo) proveniente de mortalidad natural (pozones). En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa la media aritmética.

4.4.5 Estimación de la mortalidad natural en varaderos históricos

Las varazones de algas pardas ocurrieron durante todo el período de estudio en el litoral de Atacama. Sin embargo, la magnitud y frecuencia de las varazones aumenta significativamente durante otoño e invierno (Vásquez et al. 2008). Estas varazones afectan diferencialmente a las poblaciones de *Lessonia* y *Macrocyctis* (Edding & Tala 1998), dando cuenta de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la biomasa total disponible (Vásquez 1999).

Los varaderos seleccionados en los sitios de estudio fueron evaluados siguiendo el protocolo metodológico propuesto por Vásquez (2004). El día de muestreo se estimó el área cubierta por la biomasa de algas pardas contenida en el varadero durante la marea baja, tomando pequeñas muestras de la biomasa varada ($\approx 1 \text{ m}^2$). Asumiendo que esta biomasa proviene de praderas cercanas, evaluadas simultáneamente el mismo día, se estimó la tasa de mortalidad natural por día (Vásquez et al. 2008). Sin embargo, los resultados informados en este estudio deben ser tratados cuidadosamente, porque durante el día de evaluación los algueros continuaron trabajando en el varadero, antes y después de nuestra llegada.

La biomasa de algas pardas en los varaderos está compuesta principalmente por retazos y hojas de huiro negro y huiro palo, frecuentemente en descomposición. Durante el seguimiento fue común observar que las plantas, retazos y fragmentos frescos de huiro negro y palo son recogidos por los algueros antes de que arriben al varadero. Los instrumentos más utilizados son la vara y el arpeo. En algunos casos, cuando la varazón fue grande, se utilizaron vehículos 4x4 para arrastrar uno tras otro, grandes atados de algas desde el varadero a la costa, equivalentes a tres toneladas secas.

Para compensar este sesgo, se contabilizaron el número de fardos y tendidos de huiro negro en el varadero, los cuales posteriormente fueron extrapolados a fardos elaborados por una semana. Un fardo de huiro negro pesa entre 50 y 80 kilos secos, con una humedad que varía entre 30 y 50%, dependiendo de la estación del año. En verano, un tendido de huiro negro en la playa demora entre 2 a 3 días en secarse y estar preparado para hacer fardos, mientras que en invierno puede demorar 5 o más días, dependiendo de la humedad ambiental.

La dinámica espacial y temporal del arribo de algas en un sistema de varaderos es compleja de evaluar (Vásquez et al. 2008). Por ejemplo, en Totoral bajo un varadero acumula mucha biomasa con el mar calmo mientras que el varadero contiguo lo hace con mar gruesa y en marejadas, movilizándolo a los algueros entre uno y otro en función del volumen de alga varada. Además, dentro de un mismo varadero la biomasa se desplaza constantemente de acuerdo a la marea y el estado del oleaje. También, hay una relación directa entre el tamaño de las plantas varadas y el grado de intervención de las praderas cercanas al varadero (Vásquez et al. 2008). Finalmente, casi todos los varaderos en la Región de Atacama tienen derechos territoriales asignados informalmente en

función del tiempo de residencia del alguero y su familia, biomasa disponible en el varadero y accesibilidad al lugar.

La biomasa disponible varía entre los varaderos seleccionados en cada sitio de estudio (**Tabla 4**).

En Caldera no hubo un varadero como tal, y la biomasa varada disponible fue mínima confirmando esta apreciación. En general, la biomasa varada así como la cosechada es recogida e inmediatamente subida a una camioneta durante el tránsito en la costa, por lo que no hubo registros de tendidos ni conteo de fardos.

En Los Toyos y Chañaral de Aceituno, los varaderos son pequeños y la tasa de varazón fue menor a 1 kg/m² por día, sin embargo pueden llegar a armar un máximo de 60 a 70 fardos por semana. En el varadero de Chañaral de Aceituno, administrado informalmente por una familia, fue frecuente ver botes con buzos sacando algas de pozones frente al varadero durante la evaluación, lo cual podría estar interfiriendo en la tasa de varazón estimada para este varadero.

En Totoral Bajo, Caleta Angosta y Los Bronces, los varaderos están divididos en sitios administrados por diferentes usuarios. El arribo de algas en los varaderos ocurre durante todo el año, con un volumen de biomasa varada que oscila entre 1,07 y 1,75 kilos m² por día. El número máximo de fardos recolectados en una semana oscila entre 214 y 334 (**Tabla 4**).

La variabilidad de la biomasa varada correlaciona directamente con la variabilidad del clima oceánico costero y la abundancia de algas (Vásquez et al. 2008). En este estudio se detectó un aumento en la biomasa varada en otoño e invierno cuando hubo una mayor frecuencia e intensidad de marejadas; que contrasta con el periodo de verano donde disminuyeron los niveles de biomasa varada para recolectar en la costa.

Tabla 4. Variación estacional del tamaño y de la biomasa promedio de algas arribadas a la costa durante la marea baja en el varadero próximo a Isla Grande de Atacama.

| Sitio de estudio | kg/m ² /día | Fardos/varadero/semana | |
|----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| | media ± DS | mínimo | máximo |
| Los Toyos | 0,56 ± 0,34 | 37 | 73 |
| Caldera | 0,01 ± 0,01 | sin registro | sin registro |
| Totalal Bajo | 1,75 ± 0,63 | 184 | 334 |
| Caleta Angosta | 1,52 ± 0,74 | 133 | 214 |
| Los Bronces | 1,07 ± 0,63 | 112 | 246 |
| Chañaral de Aceituno | 0,28 ± 0,19 | 30 | 65 |

En la **Tabla 5**, se presentan los varaderos históricos consensuados con algueros encontrados en cada lugar durante los recorridos prospectivos y validados con los funcionarios provinciales del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en la Región de Atacama.

Tabla 5. Coordenadas geográficas de los varaderos históricos de algas pardas por Provincia en la Región de Atacama. Se indica el recurso algas pardas en Ln: *L. nigrescens*; Lt: *L. trabeculata* y Mi: *M. pyrifer* morfo *integrifolia*. El código de extensión representa si el varadero abarca metros de costa (1), si el varadero es un sistema de varaderos distribuidos en cientos de metros de costa (2), o si el varadero es un sistema de varaderos ubicado en varios kilómetros de costa (3).

| Provincia | Localidad | Latitud (S) | Longitud (O) | Recurso | Extensión |
|-----------|----------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|
| Chañaral | Los Médanos | 26°28'53" | 70°41'31" | Lt | 1 |
| Chañaral | Los Toyos | 26°29'40" | 70°41'42" | Ln | 1 |
| Chañaral | Torres del Inca | 26°36'10" | 70°42'05" | Ln, Lt | 3 |
| Chañaral | Punta Salinas | 26°38'38" | 70°43'23" | Ln, Lt | 2 |
| Copiapó | Las Lisas | 26°39'34" | 70°40'13" | Ln, Lt | 2 |
| Copiapó | Punta Obispo | 26°42'11" | 70°45'12" | Ln | 2 |
| Copiapó | Punta Obispito | 26°43'33" | 70°45'04" | Ln | 2 |
| Copiapó | El Morado | 26°47'25" | 70°46'47" | Ln | 2 |
| Copiapó | Punta Zenteno | 26°49'05" | 70°47'36" | Ln | 3 |
| Copiapó | Zenteno | 26°50'39" | 70°48'22" | Ln | 1 |
| Copiapó | Punta Cabeza de Vaca | 26°53'16" | 70°49'23" | Ln | 3 |
| Copiapó | La Zapatilla | 26°53'56" | 70°48'49" | Ln | 1 |
| Copiapó | La Pilla | 26°54'24" | 70°48'33" | Ln | 1 |
| Copiapó | Punta Frodden | 26°57'01" | 70°47'57" | Ln | 1 |
| Copiapó | Punta Morro | 26°09'20" | 70°57'29" | Ln, Lt | 2 |
| Copiapó | Chata Chica | 27°15'18" | 70°57'10" | Ln | 1 |
| Copiapó | Barranquilla | 27°29'59" | 70°53'17" | Ln,Lt | 1 |
| Copiapó | Cueva de Pérez | 27°22'03" | 70°57'48" | Ln | 1 |
| Copiapó | Barranquilla Sur | 27°31'39" | 70°53'47" | Ln | 1 |
| Copiapó | Piedras Bayas | 27°32'05" | 70°53'47" | Ln | 1 |
| Copiapó | Bahía Palmilla | 27°32'42" | 70°54'10" | Ln | 2 |
| Copiapó | Caleta Guanillo | 27°35'58" | 70°54'12" | Ln | 1 |
| Copiapó | Caleta Pajonales | 27°45'06" | 71°03'52" | Ln,Lt, Mi | 3 |

| | | | | | |
|---------|-------------------|-----------|-----------|------------|---|
| Copiapó | Las Ventanas | 27°46'47" | 71°04'44" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Copiapó | Total Bajo | 27°48'15" | 71°05'08" | Ln,Lt,Mi | 3 |
| Copiapó | Total Bajo Sur | 27°51'56" | 71°06'14" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Copiapó | Las Gaviotas | 27°53'48" | 71°06'36" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Copiapó | Caleta Los Burros | 27°54'29" | 71°07'19" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Caleta Matamoros | 27°58'24" | 71°08'34" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Corrales | 27°59'21" | 71°08'34" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Lobo Seco | 27°59'28" | 71°08'45" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Piedra Azul | 28°00'10" | 71°08'48" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | La Corvina | 28°01'25" | 71°08'25" | Ln, Lt | 3 |
| Huasco | Quebrada Onda | 28°02'23" | 71°08'42" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Carriza Bajo | 28°04'23" | 71°08'39" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Punta Requena | 28°06'30" | 71°10'58" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Playa Brava | 28°08'53" | 71°09'51" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Los Pozos | 28°10'04" | 71°10'12" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | Playa Blanca | 28°10'59" | 71°09'47" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | La Monja | 28°14'25" | 71°09'25" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | Hualtata | 28°15'19" | 71°09'52" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | Caleta Angosta | 28°16'47" | 71°10'35" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | Punta Lobos | 28°17'55" | 71°11'19" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | Tres Playitas | 28°23'12" | 71°11'18" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Punta Negra | 28°25'02" | 71°12'09" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Guacolda | 28°27'53" | 71°15'36" | Ln, Lt | 1 |
| Huasco | Chapaco | 28°29'24" | 71°15'34" | Ln, Lt | 1 |
| Huasco | Playa Brava | 28°31'27" | 71°15'31" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Punta Alcalde | 28°33'52" | 71°18'39" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Los Piures | 28°36'30" | 71°17'33" | Ln, Lt, Mi | 1 |
| Huasco | Los Lachos | 28°37'34" | 71°16'53" | Ln, Lt, Mi | 1 |
| Huasco | Los Bronces | 28°39'22" | 71°17'22" | Ln, Lt, Mi | 3 |

| | | | | | |
|--------|--------------------|-----------|-----------|------------|---|
| Huasco | La Peña | 28°41'47" | 71°18'39" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | La Chepica | 28°45'40" | 71°22'17" | Ln, Lt | 3 |
| Huasco | El Mojado | 28°46'23" | 71°22'27" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | El Romero | 28°46'54" | 71°22'32" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | Las Bandurrias | 28°47'58" | 71°23'10" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | Quebrada Onda | 28°48'55" | 71°24'25" | Ln, Lt, Mi | 2 |
| Huasco | El Sarco | 28°49'09" | 71°25'35" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | El Ermitaño | 28°50'49" | 71°27'32" | Ln, Lt | 3 |
| Huasco | Bascuñan | 28°53'07" | 71°30'17" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Agua de la Zorra | 28°53'45" | 71°30'21" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | La Reina | 28°54'17" | 71°30'45" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Los Burros sur | 28°54'45" | 71°30'52" | Ln, Lt | 3 |
| Huasco | Agua de la Zorra | 28°56'56" | 71°30'14" | Ln, Lt | 2 |
| Huasco | Las Tetillas | 28°58'56" | 71°31'10" | Ln, Lt | 3 |
| Huasco | Playa Roja | 28°59'56" | 71°29'41" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | Palo Gordo | 29°02'43" | 71°29'09" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | La Tifuca | 29°03'19" | 71°28'46" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | Playa Carrizalillo | 29°05'30" | 71°28'06" | Ln, Lt, Mi | 3 |
| Huasco | Caleta Mamani | 29°06'48" | 71°27'59" | Ln, Lt, Mi | 3 |

La información recopilada durante las salidas a terreno respecto a las actividades de desembarque ocurridas durante el día correspondiente al muestreo y registradas hasta la hora de visita del sector son cualitativas para *Lessonia trabeculata* y para *Macrocystis spp.*

En Los Toyos, Provincia de Chañaral, durante los muestreos de verano y otoño 2014, se observó la recolección de huiro palo en los varaderos. En Chañaral de Aceituno, Provincia de Huasco, se registro extracción directa de huiro palo desde el sector de Bahía Tifuca y Bahía Sarco. En Caleta Angosta, Provincia de Copiapó, se registro recolección de huiro flotador varado.

4.5 Objetivo específico 4

De acuerdo a la información disponible y los resultados del proyecto, generar una base de datos y un set de indicadores que permiten evaluar el estado de las praderas en el tiempo.

Para cumplir con este objetivo se integró la información bibliográfica recopilada (Objetivo específico 2), con los resultados obtenidos del monitoreo demográficos de las praderas (Objetivo específico 1) y de la caracterización de la mortalidad natural y por pesca (Objetivo específico 3).

4.5.1 Indicadores Ecológicos

Difusión técnica de los indicadores ecológicos al comité de manejo: El set de indicadores desarrollados en este proyecto fue comunicado a través de exposiciones. El documento digital de las presentaciones quedó registrado en las actas de la sesión N°11 y N°13 del Comité de Manejo de Algas Pardas – Región de Atacama – año 2014.

Los indicadores y la temática del proyecto fueron expuestos a los pescadores de la Región de O'Higgins en un Seminario Taller denominado "Manejo y Explotación de Praderas de Macroalgas, Navidad, VI Región", realizado en la Ciudad de Navidad, entre el 9 al 10 de mayo 2014. Los indicadores también fueron presentados en el Taller de Algas Pardas "Diagnostico y manejo sustentable de la Península de Mejillones, Región de Antofagasta", el 9 de Septiembre del 2014, en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Católica del Norte en Coquimbo.

Difusión Científica de los indicadores ecológicos: El set de indicadores desarrollados en este proyecto fue comunicado a la comunidad científica nacional a través de la exposición "Evaluando indicadores ecológicos para monitorear la sustentabilidad de praderas explotadas de huiro negro *Lessonia* spp en el norte de Chile" presentado en el Simposio Temático de Ecología del IX Congreso Nacional de Micro y Macroalgas (7 a 10 de abril, 2014). En la presentación se explicó como el monitoreo de algunos parámetros poblacionales pueden ser utilizados como indicadores ecológicos (Vega & Vásquez 2014). También se mostró en la presentación los efectos que la presión de cosecha tiene en la fauna asociada a los discos de adhesión de *Lessonia*, otro potencial indicador ecológico de la praderas de algas pardas (Vega & Vásquez 2014). Además, se presentó un estudio donde se describen algunos efectos de la cosecha sobre la relación ecológica que existe entre el herbívoro "gorrito chino" (*Scurria scurra*) y las plantas de *Lessonia nigrescens*, otro potencial indicador de integridad ecológica complementario a la fauna asociada al disco adhesivo (Vega et al. 2014).

También, con el set de indicadores propuestos en este proyecto, se elaboró un manuscrito para difusión científica internacional titulado "Monitoring the sustainability of *Lessonia nigrescens*

(Laminariales, Phaeophyceae) in northern Chile under strong harvest pressure” (Vega et al. 2014). En este estudio se indican los límites, las reglas de decisión y los requerimientos adicionales para utilizar los parámetros demográficos como indicadores ecológicos para monitorear el impacto de la cosecha en praderas naturales de algas pardas declaradas en plena explotación, como por ejemplo *L. nigrescens* en la Región de Atacama.

Bases científico-técnicas para construir los indicadores ecológicos: Los resultados del seguimiento biológico-pesquero 2013-2014 demuestran que la cosecha de plantas adultas afecta la dinámica natural de las poblaciones de *L. nigrescens*. Sin embargo, el Plan de Manejo para Algas Pardas en la Región de Atacama contempla el uso de criterios de extracción que sí son correctamente aplicados pueden asegurar la sostenibilidad y conservación de las praderas explotadas de huiro negro (Subpesca 2013). La eficiencia de los criterios de extracción ha sido demostrada en áreas de manejo de recursos bentónicos (AMERB) donde las praderas son cuidadas con particular recelo y la cosecha de algas pardas es ejecutada de acuerdo a un estricto plan de manejo (Vega et al. 2014). Es en este contexto que la utilización de indicadores ecológicos basados en distintos parámetros demográficos del huiro negro puede ser una herramienta para regular la explotación de las praderas naturales.

La adecuada aplicación del plan de manejo permite la sostenibilidad de las praderas de huiro negro en AMERBs debido a que la fracción adulta y reproductiva de la población es renovada anualmente por reclutamiento, con una producción de biomasa que representa un buen indicador del límite permisible para una explotación sostenible (Vega et al. 2014). En contraste, las praderas en Áreas de Libre Acceso se caracterizan por el predominio de juveniles y reclutas en la estructura de tallas de la población indicando un estado de sobrexplotación, asociado a malas prácticas de cosecha (Vega et al. 2014). En algas pardas, es sabido que cuando las praderas pierde la capacidad de renovar la fracción adulta de la población se pone en riesgo algunas funciones ecosistémicas asociadas a la productividad de la pradera, entre las que destaca la explotación comercial y su rol como hábitat (Omeregíe et al. 2005, Thompson et al. 2010, Frangoudes 2011, Vásquez et al. 2014).

Una forma eficiente de evitar efectos ecosistémicos no deseados es rotando áreas y estableciendo periodos de receso de las cosechas o descanso de las praderas (Vásquez 1995, 2008). En este contexto, el monitoreo estacional de los parámetros demográficos entrega criterios para saber cuándo comenzar a cosechar y cuándo terminar de hacerlo. A la vez, informa de la extensión del período de descanso o “sin cosecha”, necesario para el crecimiento de plantas juveniles, el reclutamiento, la renovación de la fracción de la población bajo cosecha, y del inicio de las actividades productivas.

Como las características del hábitat para el establecimiento de poblaciones intermareales de huiro negro, varían latitudinalmente (Broitman et al. 2001), es esperable que también varíe la tasa de

crecimiento, renovación, reclutamiento y de descanso de las praderas explotadas y probablemente sea necesario la zonificación del territorio.

Los algueros en la Región de Atacama aplican los criterios de extracción indicados para *Lessonia* en el Plan de Manejo, bajo la consigna "como cosechar es más importante que cuanto cosechar" (Vásquez et al. 2012). La divulgación de los criterios de extracción fue realizada a través del comité de algas pardas, en un proceso de difusión donde los algueros aceptaron voluntariamente los criterios de extracción como una estrategia complementaria al enfoque precautorio tradicional impuesto por la autoridad pesquera en forma de una cuota de captura y vedas extractivas (Tapia et al. 2014). La divulgación de los distintos aspectos del plan de manejo desde el comité hacia las organizaciones y algueros independientes aprovecha el capital social que tienen los pescadores artesanales en Chile (Marín et al. 2012). Sin embargo, los indicadores muestran que ninguna de estas medidas ha sido eficiente para frenar la presión de cosecha generada por la demanda internacional de materia prima para la producción de alginatos, ni tampoco ha evitado que la fuerza laboral cesante migre hacia la costa a cosechar algas. Particularmente en la actualidad, cuando la actividad minera regional está a la baja y el precio en playa del alga parda esta al alza. Ambos fenómenos, entre otros, fueron identificados desde hace tres décadas atrás como factores conductores que regulan la pesquería de algas en Chile (Vásquez & Westermeier 1993, González et al. 2002, Vásquez et al. 2008).

Entonces para cumplir cabalmente con la consigna de "buenas prácticas" no solo es necesario monitorear el estado de salud de las praderas, también se debe supervisar toda la cadena productiva del recurso algas pardas (ver Pesca de Investigación 2010 CRIDESAT). Si se aplica sólo en los algueros, el concepto pierde sentido en las áreas de libre acceso porque la actividad extractiva es individual y muy difícil de fiscalizar (Vásquez 2008). La extensión del litoral y las restricciones de acceso aumentan el costo de fiscalización y disminuyen la eficacia del control pesquero (Frangoudes 2011, Vásquez et al. 2012). Por lo tanto, la construcción de una conciencia participativa es un factor clave para la conservación de las poblaciones naturales de algas pardas y la sostenibilidad de esta pesquería en la Región de Atacama (Tapia et al. 2014). En este contexto, el comité de algas pardas debe lograr acuerdos en: perfeccionar las capacidades de gestión comercial a través del capital social, (b) optimizar los mecanismos de control y fiscalización considerando la idiosincrasia de los pescadores artesanales, (c) mejorar los flujos de información entre los diferentes actores de la cadena productiva y la autoridad pesquera, y (d) establecer una extracción controlada de las algas pardas a través de planes de manejo bajo una mirada territorial (Vega et al. 2014).

Indicadores ecológicos: Un plan de manejo participativo, adaptativo y multidisciplinario, requiere de indicadores ecológicos que monitoreen las medidas administrativas consensuada en el comité de algas pardas de la Región de Atacama. Considerando que los indicadores requieren ser validados

(García & Cochrane 2005), estos pueden ser obtenidos de las medidas administrativas propias de la pesquería de algas pardas, tales como el volumen desembarcado, la captura por unidad de esfuerzo y la talla mínima legal (**Tabla 6**).

El desembarque es un indicador pesquero fácil de monitorear y de verificar pero requiere de un sistema de registro eficiente, participativo en tiempo real, y que permita usar la información en el momento adecuado (**Tabla 6**). Recientemente, se ha implementado un sistema piloto de auto-atención electrónica para la acreditación de origen de recursos pesqueros denominados “visamáticos” o “huiromáticos” en la Región de Coquimbo, generando entre otros avances la obtención de estadísticas de desembarque en tiempo real. La captura por unidad de esfuerzo y la talla mínima legal son indicadores pesqueros comparativamente más complejos de monitorear y fiscalizar, dado que requieren de la implementación de observadores científicos y del interés de los algueros en construir este tipo de registros (**Tabla 6**). Estos indicadores constituyen herramientas útiles para asignar cuotas de cosecha y establecer vedas extractivas o biológicas sectorizadas en la Región de Atacama.

Aplicar el plan de manejo en áreas de libre acceso considerando el enfoque ecosistémicos y precautorio es complejo y con resultados inciertos, especialmente cuando la demanda de materia prima por los mercados internacionales es alta (Vásquez et al. 2012). Lo anterior incrementa el precio en playa del alga e incentiva la remoción activa en las praderas (Gonzalez et al. 2002). En la actualidad, según los propios algueros de la Región de Atacama así como los expertos de la academia, la sobrexplotación de praderas de algas en Chile se debe principalmente a la falta de fiscalización (Vásquez and Westermeier 1993, Thiel et al. 2007, Vásquez 2008, Frangoudes 2011). Es en este contexto que el plan de manejo requiere de indicadores ecológicos sensibles a la presión de cosecha, y que permitan establecer criterios de decisión fáciles de observar, comunicar y de medir por observadores científicos o por los propios pescadores artesanales (Vega et al. 2014). Atributos demográficos como densidad de plantas adultas, biomasa por unidad área, reclutamiento y estructura de tallas son indicadores fáciles de medir y pueden ser evaluados en gradientes espaciales y temporales por los propios usuarios (**Tabla 7**).

La regla de decisión en base a los indicadores demográficos establece que la cosecha en las áreas de libre acceso debe comenzar cuando la abundancia y la biomasa por m² de la población objetivo es cercana a los niveles de biomasa o demográficos detectados en una población no intervenida (por ejemplo: en un área marina protegida; Vega et al. 2014): densidad mínima de reclutas, fracción de plantas adultas por sobre el 40% de la población total, porcentaje de plantas adultas remanentes en el área en número suficiente para generar reclutamientos post-cosecha (**Tabla 7**). Posteriormente, una vez que la abundancia y la biomasa por m² en la población alcanzan niveles semejantes a los encontrados en una población bajo cosecha intensa (por ejemplo: en áreas de libre

acceso; Vega et al. 2014), la sustentabilidad de la población dependerá de la estabilidad en la frecuencia de reclutas, de la capacidad para mantener un stock de adultos reproductivos, y de no intensificar la frecuencia de la cosecha. Sobrepasando el nivel crítico de estos indicadores, obtenido de los niveles de cosechas en AMERBs, entonces termina el período de cosecha, y comienza la época de descanso implementadas a través de vedas y cuotas, hasta alcanzar nuevamente los niveles pre-cosecha (**Tabla 7**). En este contexto, la instauración de un programa de monitoreo permanente de poblaciones de *L. nigrescens* en áreas de libre acceso utilizando estos indicadores demográficos, permite: (a) validar la aplicación del plan de manejo, (b) detectar efectos deletéreos en la dinámica de la población producidos por perturbaciones exógenas a la cosecha, (c) respetar el período necesario para renovar la pradera a niveles óptimos de cosecha, y si es necesario (d) determinar cuotas de extracción sectorial, y/o (e) establecer vedas extractivas de manera justificada, participativa y zonificada.

Tabla 6. Indicadores basados en variables pesqueras para monitorear la cosecha de *Lessonia nigrescens* en la Región de Atacama.

| VARIABLE PESQUERA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DE DECISIÓN | FUENTE DE VERIFICACION | REQUERIMIENTOS ADICIONALES | COSTOS DE INVERSION |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|---|--|--|---|
| Desembarque (Kg) | Cuota de pesca por área de cosecha | Permanente (Captura diaria) | Cuando la cuota de pesca es alcanzada se detiene la cosecha | Formulario de pesca artesanal (DA) | Implementación de un sistema electrónico de registro de desembarque pesquero | Implementación y mantenimiento de equipamiento electrónico, entrenamiento |
| Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) | Captura por unidad de esfuerzo (Kg/pescador/hora) por pradera o área. Arte de pesca: "barreta" | Permanente (Mensual) | Cuando la CPUE es < 150 kg/pescador/hora (prohibir la pesca, rotar área de extracción, cambiar arte de pesca) | Investigación científica, registro de desembarque, estadísticas de desembarque | Implementación de un sistema de registro de CPUE por área | Monitores para registrar la información de desembarque, entrenamiento |
| Talla mínima legal de captura (TML) | Variable morfológica: diámetro del disco TML=20 cm | Permanente (Estacional) | Cuando la TML diámetro disco es \leq 20 cm. (rotar área, cambiar arte, prohibir pesca) | Investigación científica, registro de desembarque, estadísticas de desembarque | Implementación de un sistema de registro de TML por área | Monitores para registrar la información de desembarque, entrenamiento |

Tabla 7. Indicadores basados en variables demográficas para monitorear la cosecha de *Lessonia nigrescens* en la Región de Atacama.

| VARIABLE DEMOGRAFICA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DESICION (CRITERIO) | | FUENTE DE VERIFICACIÓN | REQUERIMIENTO ADICIONAL | COSTOS DEL ITEM |
|--|--|-------------------------|--|--|---|--|---|
| | | | COSECHAR | NO COSECHAR | | | |
| Densidad de plantas adultas de talla mínima de cosecha | Número de individuos por m ⁻² | Permanente y estacional | Cuando la densidad es $\geq 2,0$ plantas por m ⁻² | Cuando la densidad es $\leq 1,5$ plantas por m ⁻² | Desembarque de los pescadores, estudios científicos | Implementación de un sistema de registro por área de cosecha, zona y región. | Estudios científicos, capacitación para el sistema de registro. |
| Biomasa | Kilogramos Por m ⁻² | | Cuando la biomasa es ≥ 25 kg por m ⁻² . | Cuando la biomasa es < 20 kg por m ⁻² | | | |
| Reclutamiento | Numero de reclutas por m ⁻² (≤ 1 cm DD) | | Cuando la densidad es ≤ 5 reclutas por m ⁻² | Cuando la densidad es > 40 reclutas por m ⁻² | | | |

4.5.2 Otros potenciales Indicadores Ecológicos

El gorrito chino (*Scurria scurra*). *S. scurra* es un gasterópodo de la familia Lottiidae que habita exclusivamente en cavidades horadadas sobre los estipes o dentro de discos adhesivos del huiro negro (**Figura 47**). Es una especie sensible a la presión de cosecha de huiro negro y a eventos EL Niño Oscilación del Sur en el norte de Chile (Espoz et al. 2009). Entonces, considerando el importante rol ecológico de las algas pardas, el gorrito chino es un potencial indicador para monitorear el efecto de la explotación en las praderas de huiro negro (Vega et al. 2014).



Figura 47. Planta en el cinturón de huiro negro (A) y otra varada (B) con gorritos chinos en sus estipes. Individuos de *Scurria scurra* habitando en el estipe de huiro negro (C, foto cortesía E. Macaya), y una típica planta de los sitios de estudio (D, sin gorrito chino).

Un estudio preliminar desarrollado durante la ejecución del proyecto demostró que en áreas de libre acceso, los individuos de *S. scurra* tienen una composición de tallas comparativamente menor a la detectada en AMERBs o en áreas marinas protegidas (**Figura 48**). Las mayores tallas de *S. scurra* están en plantas de huiro negro de áreas marinas protegidas (**Figura 48A**), mientras que en área de libre acceso son menos abundantes y más pequeños (**Figura 48B**). Un experimento demostró que el tamaño de *S. scurra* tiene una correlación positiva y significativa con el tamaño de la planta, y sólo después de dos años y medio algunos individuos logran tamaños y abundancias similares al control (**Figura 49**).

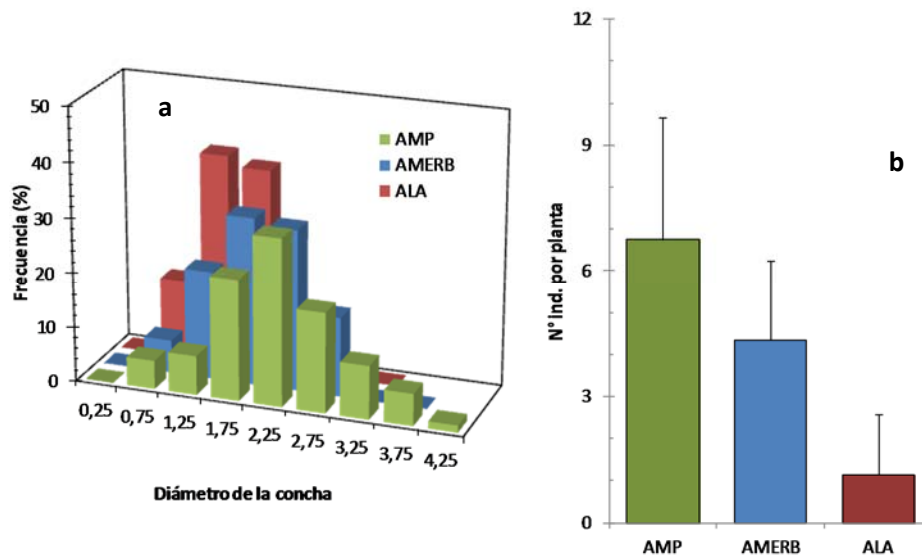


Figura 48. Estructura de tallas (Izquierda) y densidad (derecha) de *S. scurra* en estipes de huiro negro habitando praderas con distintas medidas de administración pesquera. AMERB: Área de Manejo; AMP: Área Marina Protegida; ALA: Área de Libre Acceso (n: 20 plantas). Modificado de Vega et al. 2014.

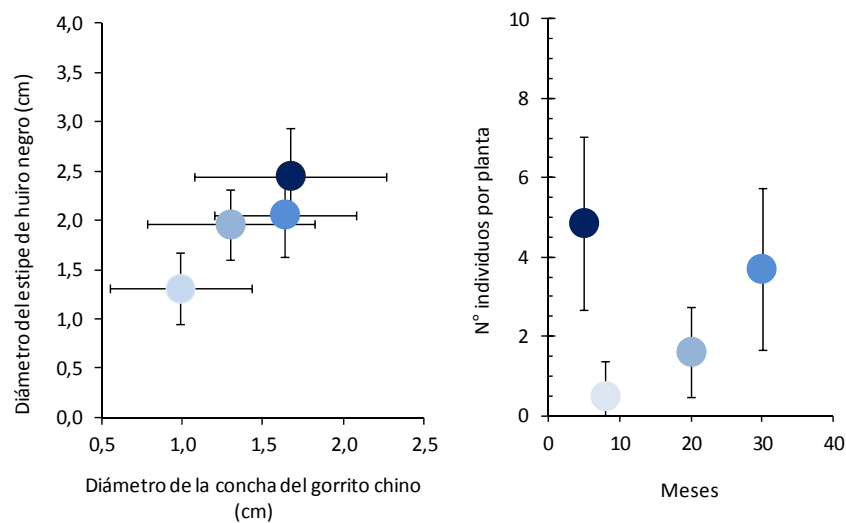


Figura 49. Relación entre el tamaño de *S. scurra* y del estipe de *Lessonia* donde habita (izquierda), y densidad de gorritos chinos en un punto experimental de cosecha (n: 20 plantas). Modificado de Vega et al. 2014. Círculo Azul: Control, círculo celeste claro: 8 meses, círculo celeste: 20 meses, círculo celeste oscuro 32 meses.

Fauna asociada a discos adhesivos de huiro negro. Los discos adhesivos de algas pardas contienen comunidades de macroinvertebrados biológicamente delimitadas (Santelices 1989). Estas comunidades pueden ser utilizadas como unidades de muestreo discretas fácilmente replicables (Vásquez & Vega 2005), para detectar cambios espacio-temporales en composición, estructura y organización, causadas por perturbaciones, tales como la presión de cosecha o ENOS (Vásquez et al. 2006, Vega & Vásquez 2014). La colonización de los discos de adhesión se basa en un proceso de agregación de especies que se traduce en que los discos grandes contienen comunidades altamente diversas que alberga tanto a especies pioneras como tardías (Cancino & Santelices 1984, Vásquez & Santelices 1984). Estas comunidades han sido utilizadas para evaluar perturbaciones antrópicas en muchas partes del mundo (Vásquez et al. 2001). En este contexto, si las comunidades de macroinvertebrados asociadas a discos adhesivos de huiro negro son sensibles a la cosecha, entonces esta biota asociada pueden ser un potencial indicador para detectar y cuantificar los efectos ecológicos que causa esta perturbación en las praderas.

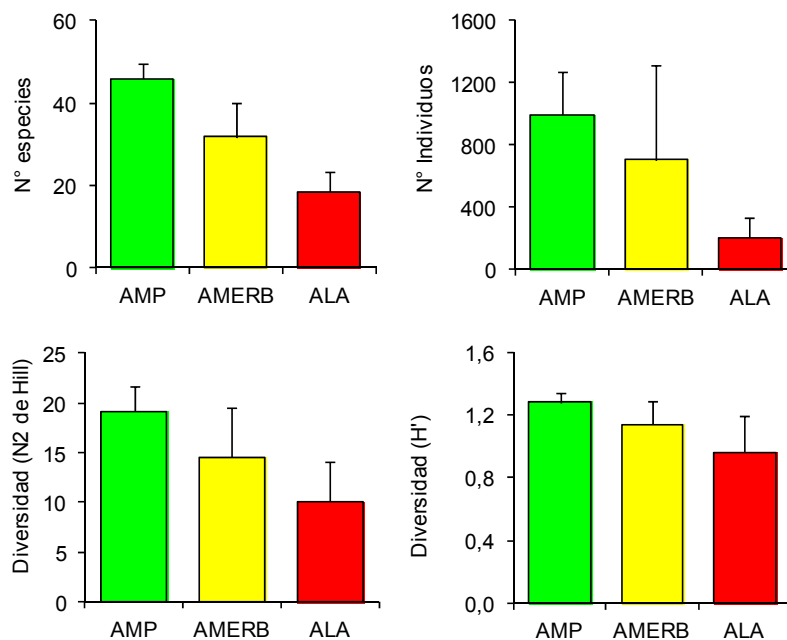


Figura 50. Índices de diversidad biológica de la biota asociada a discos adhesivos de huiro negro colectados desde praderas con distintos escenarios de cosecha. Áreas Marinas Protegidas (AMP), Áreas de Manejo (AMERB) y Áreas de Libre Acceso (ALA) (Modificado de Vega & Vásquez 2014).

Un estudio preliminar desarrollado durante la ejecución del proyecto demostró que la composición y estructura de la biota asociada a discos adhesivos de huiro negro recolectados en áreas de libre acceso es distinta a la encontrada en AMERB o en áreas marinas protegidas (**Figura 50**). Las comunidades más semejantes entre discos adhesivos se detectan en áreas marinas protegidas donde no se ha efectuado cosecha de huiro negro. En cambio, en AMERB con praderas cosechadas

anualmente y en áreas de libre acceso la biota asociada a discos de huiro negro varía en composición y abundancia (**Figura 51**).

Este estudio comprobó que la fauna asociada a discos adhesivos de huiro negro en áreas de libre acceso es significativamente distinta en comparación con AMERB y áreas marinas protegidas, y las comunidades están caracterizadas por una menor composición y abundancia de especies, y biodiversidad. Es en este contexto que aunque las plantas en los sitios de estudio del seguimiento alcanzan tallas de cosecha, es común que la alta presión de cosecha sobre las praderas afecta negativamente la diversidad de la fauna asociada a los discos adhesivos de huiro negro. En general, los discos basales de plantas en áreas de libre acceso son macizos, mientras que los discos basales en áreas marinas protegidas tienen túneles y cavernas (**Figura 52**).

Los indicadores demográficos de huiro negro, dan cuenta del tiempo necesario para la renovación de la praderas post cosecha, que puede durar entre seis meses y un año (Vásquez et al. 2008). Sin embargo, los indicadores basados en la biota asociada al huiro negro sugieren que la renovación de la biodiversidad en la pradera es un proceso que requiere más tiempo, al menos dos años.

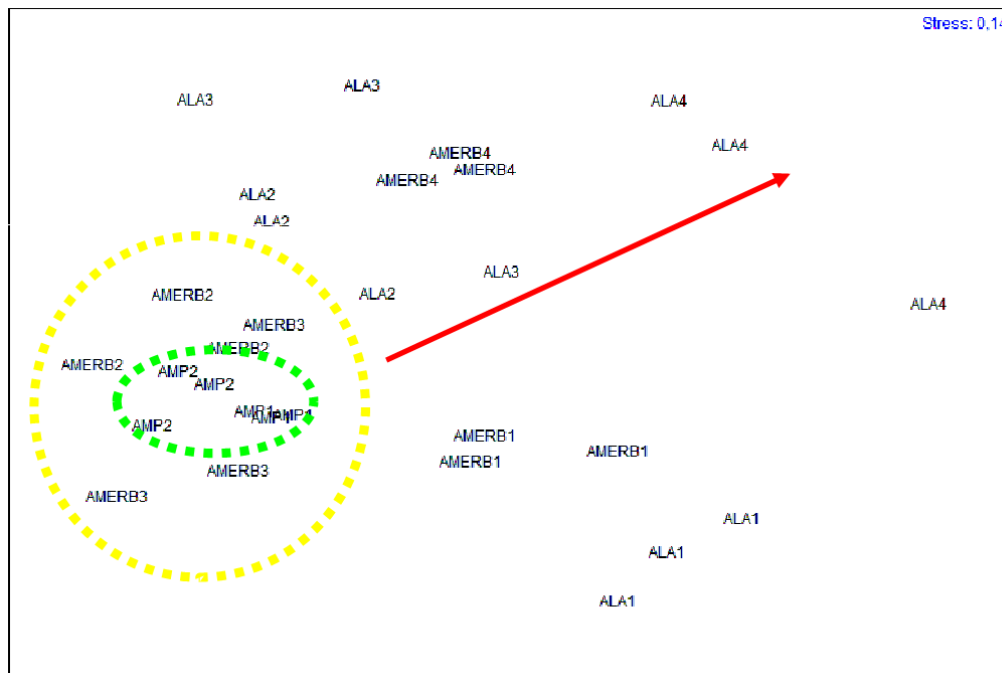


Figura 51. Análisis multivariado de la fauna asociada a discos adhesivos de huiro negro colectados desde praderas con distintos escenarios de cosecha. Áreas Marinas Protegidas (AMP), Áreas de Manejo (AMERB) y Áreas de Libre Acceso (ALA) (Modificado de Vega & Vásquez 2014).



Figura 52. Discos de adhesión de plantas de huiro negro cosechadas provenientes de áreas de libre acceso en el área de estudio (A y B). Discos adhesivos de huiro negro varado en Isla Chañaral (C, Área Marina Protegida), y cosechado en AMERB Los Bronces (C).

Temperatura del Mar. La temperatura del agua del mar es un parámetro ambiental relevante para el establecimiento, persistencia y/o recolonización de las praderas de algas pardas en el norte de Chile (Martínez et al. 2003, Vega et al. 2005, Vega 2005). Tiene una relación inversa con la disponibilidad de nutrientes en el mar (Broitman et al. 2001), los cuales son determinantes para el crecimiento de las plantas, la historia de vida de las algas pardas y la biota asociada a sus praderas (Vásquez et al. 2008). El uso de sensores de registro continuo de temperatura *in situ* permite separar el efecto de un evento ENOS (El Niño – Oscilación del Sur), que afecta la dinámica geográfica de las poblaciones de *L. nigrescens* en el norte de Chile (Camus et al. 1994, Martínez et al. 2003), de perturbaciones antrópicas locales, tales como la cosecha de plantas (Vásquez et al. 2012).

La interacción producida entre evento ENOS y la cosecha de plantas tiene un efecto diferencial, espacialmente jerarquizado, en las praderas de algas pardas (Camus et al. 1994, Vega et al. 2005). A escala regional, la persistencia de las praderas de algas pardas y los procesos de extinción y recolonización tiende a modificar las estrategias extractivas de los algueros (González et al. 2002).

En algunos casos, cambian de cosecha directa a recolección de mortalidad natural o viceversa, y en otros migran a sectores de la costa más productivos (Vásquez et al. 2008). En cambio, a escala local se modifican los atributos demográficos de las praderas, aunque en casos más extremos de ENOS, los paisajes costeros se asemejan a cuando ocurre sobre-explotación de las praderas de algas pardas (Vega 2005).

Durante el período de estudio, el Índice Multivariado El Niño (MEI) presentó una transición oceanográfica desde una condición neutra fría a una débilmente cálida, lo cual sugiere la manifestación de un evento El Niño de baja intensidad (**Figura 53**), que actualmente está en desarrollo (Boletín climático CEAZA noviembre 2013 a septiembre 2014). Sin embargo, la temperatura superficial del mar (TSM) promedio para el norte chico de Chile (Región de Atacama y Región de Coquimbo) ha presentado para el período una anomalía térmica del agua de mar que oscila entre 0 y -1°C, indicando para la región aguas ligeramente más frías en contraste con el promedio climatológico (1971-2000; Boletín climático CEAZA noviembre 2013 a septiembre 2014).

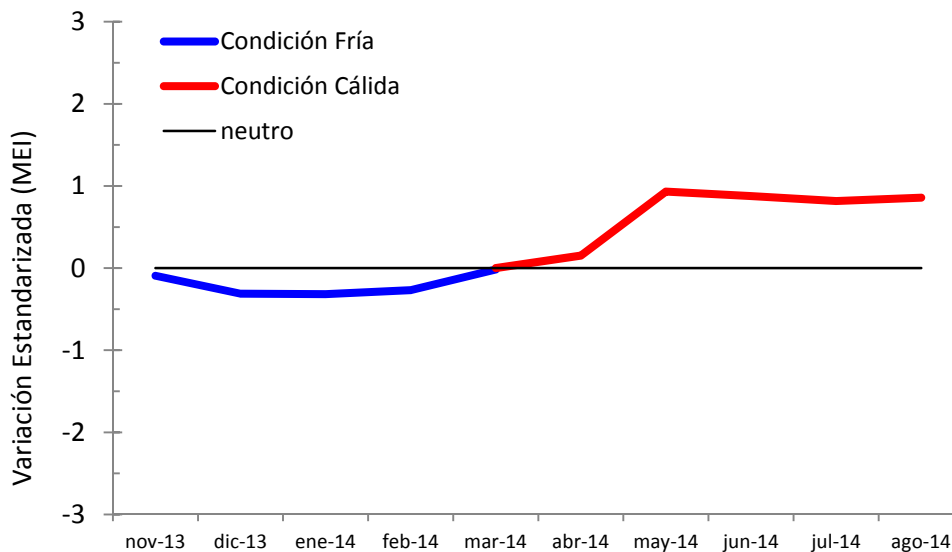


Figura 53. Índice Multivariado El Niño Oscilación del Sur (MEI) durante el período de ejecución del Seguimiento biológico y pesquero 2013-2014. Se indica el periodo cálido (condición El Niño) y frío (condición Las Niña) del océano pacífico ecuatorial (Datos obtenidos desde la pagina web www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/)

Los registros diarios, cada una hora, de la temperatura del agua de mar durante el seguimiento biológico y pesquero muestran tendencias estacionales dependientes del sitio de estudio (**Figura 54**). Aunque, distintos análisis oceanográficos de la franja costera del norte de Chile sugieren un

gradiente térmico del agua superficial del mar, la variabilidad entre sitios está determinada por su cercanía a focos de surgencia costera permanente (Aravena et al. 2014). Así, en sitios ubicados en zonas con aguas más frías se detectan praderas con mayores coberturas de algas pardas (Broitman et al. 2001), y más persistentes en el tiempo (Vega et al. 2005).

En los sitios de estudio monitoreados se detecta una marcada estacionalidad durante el período de seguimiento con máximas temperaturas del agua de mar en verano (enero y febrero) y mínimas en invierno (julio y agosto) (**Figura 54**). Sin embargo, la variabilidad térmica del agua de mar es menor en algunos sitios de estudio en comparación con otros (**Figura 54**), sugiriendo la influencia de algún foco de surgencia cercano (e.g. Los Bronces).

Las interacciones entre ENOS, los procesos oceanográficos locales, y la explotación de algas pardas nunca han sido evaluadas en la Región de Atacama. Entonces, el monitoreo de la temperatura en algunas praderas seleccionadas podría corroborar el efecto real (regional y local) de evento ENOS predichos preliminarmente por los sistemas de alerta regional (e.g. CIIFEN, CEAZAMET), y de manera acoplada también sirve para evaluar si las medidas de administración pesqueras aplicadas durante la emergencia son efectivas para salvaguardar las propiedades demográficas de la pradera. Por el momento, parece ser que la persistencia de las anomalías térmicas frías en las costas de la Región de Atacama ha facilitado la renovación de las praderas de huiro negro en áreas de libre acceso.

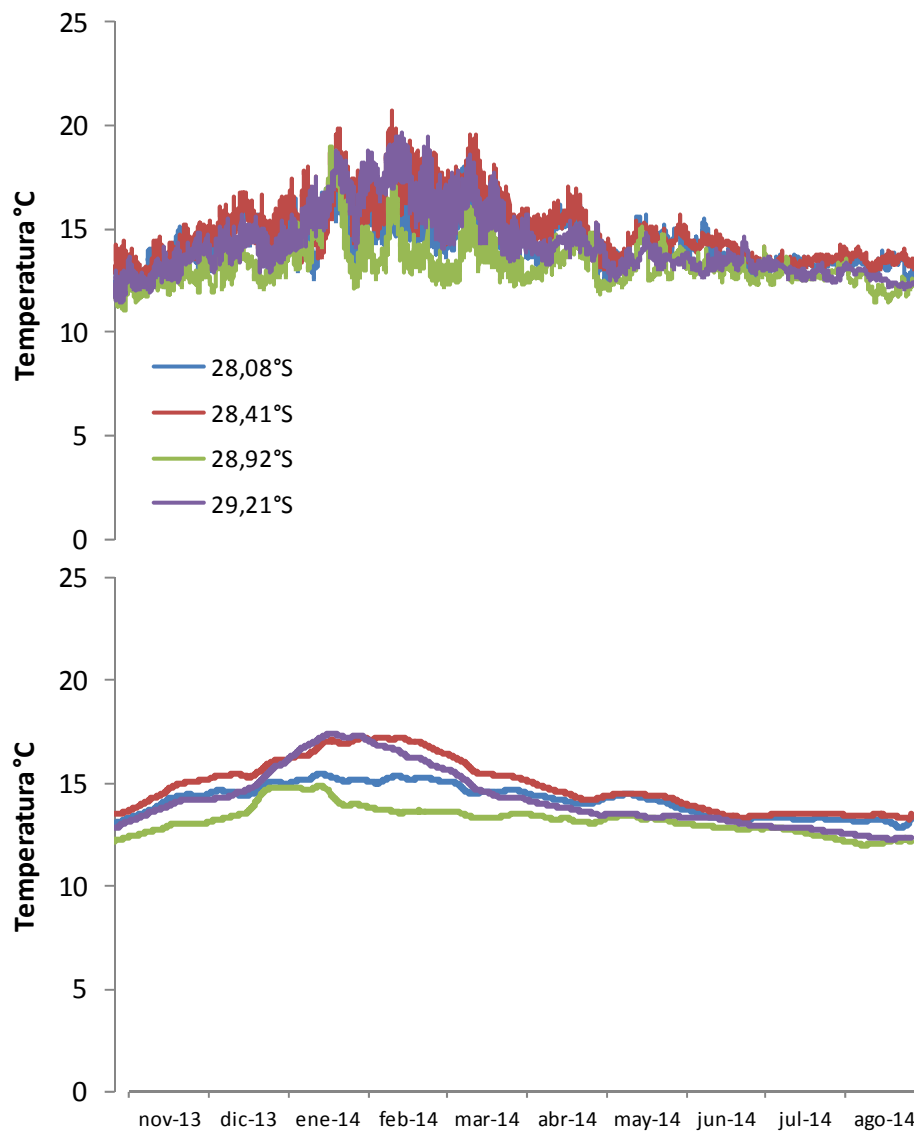


Figura 54. Registro de la temperatura del agua de mar (un metro de profundidad) en cuatro sitios de estudio en la Región de Atacama durante el período de ejecución del Seguimiento biológico y pesquero 2013-2014 (gráfico superior). Tendencia estacional de la temperatura del agua de mar en cada sitio de estudio obtenida a través de la media móvil (desfase de 30 días; gráfico inferior).

4.5.3 Implementación de un programa piloto

Con los antecedentes recopilados durante la ejecución del proyecto y con el objetivo de implementar una experiencia piloto en un sector de la Región de Atacama, para evaluar el uso práctico de los indicadores ecológicos en la toma de decisiones para la explotación de praderas de huiro negro *Lessonia nigrescens*, se propone la implementación de un programa piloto de seguimiento de la pesquería de las praderas de huiro negro.

El control propuesto, es la Reserva Marina Isla de Chañaral ya que, es la única reserva Marina de la Región de Atacama donde existen cinturones de *Lessonia nigrescens* no intervenidos por acciones antropogénicas.

Para la implementación del área piloto se recomiendan las siguientes condiciones habilitantes necesarias para facilitar la puesta en práctica de una experiencia piloto: (a) que exista una resolución legal para el sector que se defina como piloto, de tal forma de dar viabilidad a la aplicación piloto, y (b) que existan recursos para compensación de usuarios en caso de limitar o tener que prohibir la extracción.

Los criterios de entrada seleccionados para identificar los sectores que serían sometidos a la evaluación multicriterio fueron los siguientes (**Tabla 8**).

Tabla 8. Criterios de entrada para la selección del sector donde se podría implementar la experiencia piloto.

| Criterio | Descripción | Piloto ideal |
|---|---|---|
| Presencia de Huiro Negro, Huiro palo y Huiro pato. | Existencia de las 3 macroalgas (independiente de que se extraiga o no Huiro Palo o Huiro Pato) en el área del piloto. Es importante la competencia natural por el sustrato. | Que las algas estén compitiendo por el sustrato. |
| Existencia de varadero y remoción activa de Huiro Negro. | Que exista extracción de algas varadas y arrancadas del sustrato. | Que el alguero utilice las dos formas de explotación. |

Los criterios para la aplicación del análisis multicriterio fueron los siguientes (**Tabla 9**):

Tabla 9. Definición de criterios utilizados para la selección del área susceptible de aplicación de la experiencia piloto, indicando la condición ideal del piloto.

| Criterio | Descripción | Piloto ideal |
|--|---|---------------------|
| Accesibilidad | Dificultad de acceso a las praderas de huiro (condición del camino, tiempo de llegada y otros). | La mejor |
| Nivel de control/fiscalización | El área debe ser fiscalizable, tanto con un control interno entre algueros (autofiscalización) como externo (Sernapesca). | Medio |
| Nivel de organización de algueros | Existencia de organización entre los algueros, y consideración de atributos que den cuenta de un buen nivel organizacional. | El mejor |
| Número de algueros | Cantidad de pescadores artesanales que extraen algas en el sector. | 80 o más individuos |
| Desembarque | Toneladas desembarcadas de algas pardas, con énfasis en huiro negro, a nivel anual. | 260 toneladas o más |
| Distancia al control | Distancia lineal en kilómetros al lugar del control. | La menor |

Los sectores que fueron analizados para seleccionar el piloto fueron: Totoral Norte, Caleta angosta, Pajonales, Carrizal Bajo, Los Pozos, Agua de la Zorra, Los Burros Sur, Los Bronces y Chañaral de Aceituno. Es relevante destacar que para la ejecución del piloto se usarán áreas de libre acceso (ALA) y no las caletas propiamente tales, por ende serán sectores acotados, cercanos a estas caletas.

En las siguientes Tablas se muestran las matrices resultantes al analizar los criterios considerados y el peso obtenido para cada uno de ellos (eigenvector) una vez alcanzada la estabilidad de las matrices (**Tablas 10, 11 y 12**).

Tabla 10. Matriz con resultados del análisis comparado entre pares de criterios. En la última columna se muestra el peso porcentual inicial de cada criterio.

| Criterios | Accesibilidad | Nivel de control/fiscalización | Nivel de organización | Número de alqueros | Distancia al control | Desembarque | Suma | Peso Inicial |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|
| Accesibilidad | 1 | 0,14 | 0,11 | 0,13 | 3 | 0,13 | 4,5 | 5,10% |
| Nivel de control/fiscalización | 7 | 1 | 0,33 | 0,5 | 6 | 0,33 | 15,17 | 17,30% |
| Nivel de organización | 9 | 3 | 1 | 2 | 7 | 3 | 25 | 28,40% |
| Número de alqueros | 8 | 2 | 0,5 | 1 | 8 | 2 | 21,5 | 24,50% |
| Distancia al control | 0,33 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 1 | 0,14 | 1,91 | 2,20% |
| Desembarque | 8 | 3 | 0,33 | 0,5 | 7 | 1 | 19,83 | 22,60% |
| Suma | 33,33 | 9,31 | 2,42 | 4,25 | 32 | 6,6 | 87,91 | 100% |

Tabla 11. Resultados de los pesos porcentuales de cada criterio correspondiente a cada iteración realizada, mostrando la diferencia respecto del peso porcentual inmediatamente anterior.

| Criterios | Peso Inicial (PI) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-PI) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|--------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Accesibilidad | 5% | 3% | -2% | 4% | 0% |
| Nivel de control/fiscalización | 17% | 13% | -4% | 13% | 0% |
| Nivel de organización | 28% | 36% | 7% | 36% | 1% |
| Número de alqueros | 24% | 24% | 0% | 24% | 0% |
| Distancia al control | 2% | 2% | 0% | 3% | 0% |
| Desembarque | 23% | 21% | -1% | 20% | -1% |

Tabla 12. Resultados análisis de consistencia del análisis comparado de criterios.

| | |
|---------------------------------|------|
| máx λ | 6,48 |
| n | 6,00 |
| IC | 0,10 |
| IA | 1,24 |
| CR | 0,08 |

En las siguientes Tablas se muestran las matrices resultantes al analizar los sectores para cada uno de los criterios considerados y el peso obtenido (eigenvector) una vez alcanzada la estabilidad de las matrices (**Tablas 13 a 23**).

Tabla 13. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de accesibilidad.

| Accesibilidad | Peso Inicial (PI) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-PI) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Totoral Bajo | 17,05% | 17,42% | 0,36% | 17,39% | -0,02% |
| Caleta Angosta | 17,05% | 17,42% | 0,36% | 17,39% | -0,02% |
| Pajonales | 17,05% | 17,42% | 0,36% | 17,39% | -0,02% |
| Carrizal Bajo | 17,05% | 17,42% | 0,36% | 17,39% | -0,02% |
| Los Pozos | 17,05% | 17,42% | 0,36% | 17,39% | -0,02% |
| Agua de la Zorra | 4,26% | 3,64% | -0,63% | 3,68% | 0,05% |
| Los Burros Sur | 1,50% | 1,63% | 0,13% | 1,66% | 0,03% |
| Los Bronces | 2,58% | 2,34% | -0,24% | 2,39% | 0,05% |
| Chañaral de Aceituno | 6,39% | 5,32% | -1,08% | 5,30% | -0,02% |

Tabla 14. Análisis de consistencia accesibilidad.

| | |
|--------------|------|
| λ máx | 9,10 |
| n | 9,00 |
| IC | 0,01 |
| IA | 1,45 |
| CR | 0,01 |

Tabla 15. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de control/ fiscalización.

| Nivel de control/Fiscalización | Peso Inicial (P1) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-P1) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Totoral Bajo | 22,22% | 24,97% | 2,75% | 24,98% | 0,01% |
| Caleta Angosta | 22,22% | 24,97% | 2,75% | 24,98% | 0,01% |
| Pajonales | 15,55% | 15,67% | 0,12% | 15,55% | -0,12% |
| Carrizal Bajo | 12,31% | 10,70% | -1,62% | 10,62% | -0,07% |
| Los Pozos | 1,92% | 1,91% | -0,01% | 1,98% | 0,07% |
| Agua de la Zorra | 3,57% | 3,03% | -0,55% | 3,12% | 0,09% |
| Los Burros Sur | 6,29% | 4,94% | -1,34% | 5,07% | 0,13% |
| Los Bronces | 1,95% | 1,93% | -0,02% | 1,99% | 0,07% |
| Chañaral de Aceituno | 13,98% | 11,90% | -2,08% | 11,72% | -0,18% |

Tabla 16. Análisis de consistencia nivel de control/ fiscalización.

| | |
|--------------|------|
| λ máx | 9,25 |
| n | 9,00 |
| IC | 0,03 |
| IA | 1,45 |
| CR | 0,02 |

Tabla 17. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de nivel de organización de algueros.

| Nivel de organización de Algueros | Peso Inicial (PI) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-PI) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Totoral Bajo | 22,82% | 27,68% | 4,87% | 27,59% | -0,10% |
| Caleta Angosta | 22,82% | 27,68% | 4,87% | 27,59% | -0,10% |
| Pajonales | 15,04% | 14,92% | -0,12% | 14,38% | -0,55% |
| Carrizal Bajo | 13,18% | 10,88% | -2,30% | 10,65% | -0,24% |
| Los Pozos | 7,82% | 5,13% | -2,69% | 5,38% | 0,26% |
| Agua de la Zorra | 3,15% | 2,48% | -0,67% | 2,73% | 0,25% |
| Los Burros Sur | 1,70% | 1,59% | -0,11% | 1,76% | 0,18% |
| Los Bronces | 1,70% | 1,59% | -0,11% | 1,76% | 0,18% |
| Chañaral de Aceituno | 11,78% | 8,04% | -3,74% | 8,16% | 0,12% |

Tabla 18. Análisis de consistencia nivel de organización de algueros.

| | |
|---------------|------|
| λ máx | 9,60 |
| n | 9,00 |
| IC | 0,08 |
| IA | 1,45 |
| CR | 0,05 |

Tabla 19. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de número de algueros.

| Número de algueros | Peso Inicial (PI) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-PI) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|----------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Total Bajo | 19,58% | 20,60% | 1,02% | 20,48% | -0,12% |
| Caleta Angosta | 19,58% | 20,60% | 1,02% | 20,48% | -0,12% |
| Pajonales | 2,77% | 2,49% | -0,28% | 2,60% | 0,11% |
| Carrizal Bajo | 2,77% | 2,49% | -0,28% | 2,60% | 0,11% |
| Los Pozos | 19,58% | 20,60% | 1,02% | 20,48% | -0,12% |
| Agua de la Zorra | 1,51% | 1,61% | 0,10% | 1,69% | 0,08% |
| Los Burros Sur | 7,30% | 5,50% | -1,80% | 5,59% | 0,08% |
| Los Bronces | 7,30% | 5,50% | -1,80% | 5,59% | 0,08% |
| Chañaral de Aceituno | 19,58% | 20,60% | 1,02% | 20,48% | -0,12% |

Tabla 20. Análisis de consistencia a número de algueros.

| | |
|---------------|------|
| λ máx | 9,25 |
| n | 9,00 |
| IC | 0,03 |
| IA | 1,45 |
| CR | 0,02 |

Tabla 21. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de nivel de desembarque.

| Nivel de desembarque | Peso Inicial (PI) | Primera iteración (I1) | Diferencia (I1-PI) | Segunda iteración (I2) | Diferencia (I2-I1) |
|----------------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Totoral Bajo | 11,56% | 9,33% | -2,23% | 9,30% | -0,03% |
| Caleta Angosta | 19,57% | 21,16% | 1,59% | 21,14% | -0,02% |
| Pajonales | 2,76% | 2,48% | -0,29% | 2,56% | 0,08% |
| Carrizal Bajo | 19,57% | 21,16% | 1,59% | 21,14% | -0,02% |
| Los Pozos | 13,94% | 13,43% | -0,51% | 13,24% | -0,19% |
| Agua de la Zorra | 1,60% | 1,69% | 0,09% | 1,75% | 0,06% |
| Los Burros Sur | 4,56% | 3,86% | -0,70% | 3,95% | 0,09% |
| Los Bronces | 6,87% | 5,75% | -1,12% | 5,79% | 0,05% |
| Chañaral de Aceituno | 19,57% | 21,16% | 1,59% | 21,14% | -0,02% |

Tabla 22. Análisis de consistencia a desembarque.

| | |
|---------------|------|
| λ máx | 9,20 |
| n | 9,00 |
| IC | 0,02 |
| IA | 1,45 |
| CR | 0,02 |

Tabla 23. Matriz correspondiente a comparación de sectores según criterio de distancia al sector control.

| Distancia a control | distancia (km) | Peso relativo | (Peso relativo)-1 | Peso Final |
|----------------------|----------------|---------------|-------------------|------------|
| Total Bajo | 145,29 | 0,95 | 1,06 | 2% |
| Caleta Angosta | 96,19 | 0,63 | 1,60 | 3% |
| Pajonales | 153,73 | 1,00 | 1,00 | 2% |
| Carrizal Bajo | 116,51 | 0,76 | 1,32 | 3% |
| Los Pozos | 104,52 | 0,68 | 1,47 | 3% |
| Agua de la Zorra | 12,46 | 0,08 | 12,34 | 26% |
| Los Burros Sur | 16,9 | 0,11 | 9,10 | 19% |
| Los Bronces | 57,27 | 0,37 | 2,68 | 6% |
| Chañaral de Aceituno | 8,91 | 0,06 | 17,25 | 36% |

A partir de los resultados obtenidos al aplicar el PAJ, los sectores recomendados para implementar un piloto corresponden a Caleta Angosta, seguido por Total Bajo (**Tabla 24**).

Tabla 24. Matriz final resultante de sectores considerados para selección de sector para implementar una experiencia piloto. Los sectores con mayor peso corresponden a Caleta Angosta y Totoral Bajo.

| SECTORES/CRITERIOS | Accesibilidad | Nivel de control / fiscalización | Nivel de organización | Número de algueros | Distancia al control | Desembarque | Peso Final |
|----------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------|------------|
| | 4% | 13% | 36% | 24% | 3% | 20% | |
| Totoral Bajo | 17% | 25% | 28% | 20% | 2% | 9% | 21% |
| Caleta Angosta | 17% | 25% | 28% | 20% | 3% | 21% | 23% |
| Pajonales | 17% | 16% | 14% | 3% | 2% | 3% | 9% |
| Carrizal Bajo | 17% | 11% | 11% | 3% | 3% | 21% | 11% |
| Los Pozos | 17% | 2% | 5% | 20% | 3% | 13% | 11% |
| Agua de la Zorra | 4% | 3% | 3% | 2% | 26% | 2% | 3% |
| Los Burros Sur | 2% | 5% | 2% | 6% | 19% | 4% | 4% |
| Los Bronces | 2% | 2% | 2% | 6% | 6% | 6% | 4% |
| Chañaral de Aceituno | 5% | 12% | 8% | 20% | 36% | 21% | 15% |

4.6 Antecedentes complementarios obtenidos en el seguimiento para la pesquería de Algas Pardas en la Región de Atacama

Desde una perspectiva socio-económica se realizó el seguimiento de la captura por unidad de esfuerzo de los algueros al realizar remoción activa y pasiva de huiro negro. Además, se determinó el precio puesto en playa para el huiro negro. La información fue obtenida a través de encuestas abiertas a los algueros durante las evaluaciones directas de algas pardas en la Región de Atacama.

4.6.1 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Remoción activa o mortalidad por pesca. La captura por unidad de esfuerzo para la cosecha de huiro negro fue estimada en $0,84 \pm 0,42$ ton/día, para la Región de Atacama (**Figura 55**). La captura por unidad de esfuerzo estimada para los sitios de estudio oscila en torno al promedio regional (**Figura 55**). En Los Bronces fue donde se detectó la mayor CPUE promedio, mientras que la menor CPUE fue registrada en Chañaral de Aceituno (**Figura 55**).

La captura por unidad de esfuerzo para la cosecha de huiro negro en la Región de Atacama tiene una marcada estacionalidad (**Figura 56**). En primavera y verano, la CPUE estimada tiene un valor promedio cercano a una tonelada al día (**Figura 56**). En cambio, en otoño e invierno, la capacidad por unidad de esfuerzo promedio estimada para la cosecha de huiro negro disminuye a la mitad (**Figura 56**).

Remoción pasiva o mortalidad natural. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para la recolección de biomasa varada de huiro negro en la Región de Atacama fue estimada en $0,76 \pm 0,48$ ton/día (**Figura 57**). Sin embargo, la CPUE varía entre sitios de estudio (**Figura 57**). Por ejemplo, en Caldera no fue detectado un varadero formal donde se acumule biomasa, por lo que recolección se realiza a lo largo de toda la costa, disminuyendo significativamente la CPUE (**Figura 57**). Los demás sitios contienen varaderos históricos, sin embargo, la CPUE de cada sitio se ve fuertemente afectada por el volumen de la biomasa varada, la estacionalidad de las varazones, el arte de recolección usado (e.g. arpeo, vara, camioneta 4x4), y el número de recolectores trabajando. Durante el período de estudio, las mayores CPUE se detectaron en Totoral Bajo y Caleta Angosta, con valores promedio cercanos a 1 ton/día (**Figura 57**).

La captura por unidad de esfuerzo de la recolección de biomasa varada de huiro negro en la Región de Atacama muestra una marcada estacionalidad (**Figura 58**). En primavera y verano, la CPUE oscila entre un valor estimado de 0,5 a 0,6 ton/día (**Figura 58**). En los meses de otoño la CPUE incrementa progresivamente hasta alcanzar en julio el máximo valor estimado para el período (1,1 ton/día; **Figura 58**).

La captura por unidad de esfuerzo en la recolección de biomasa apozada de huiro negro en la Región de Atacama depende de la capacidad del bote artesanal utilizado. En Chañaral de Aceituno y Caleta

Angosta, la CPUE de un material artesanal, que considera un bote, un tele y un buzo hooka sacando biomasa de huiro negro desde pozones oscila entre 1,5 a 2,5 ton/día.

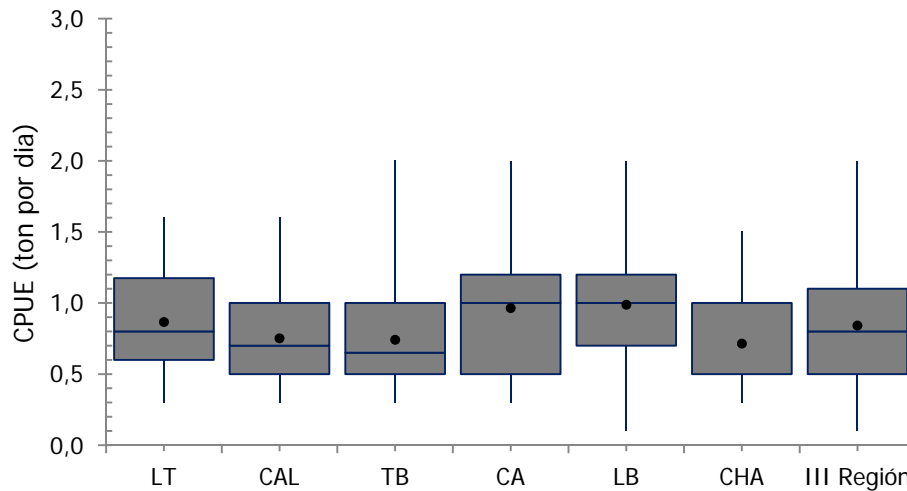


Figura 55. Comparación entre sitios de estudio de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad por pesca (cosecha con barreta), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

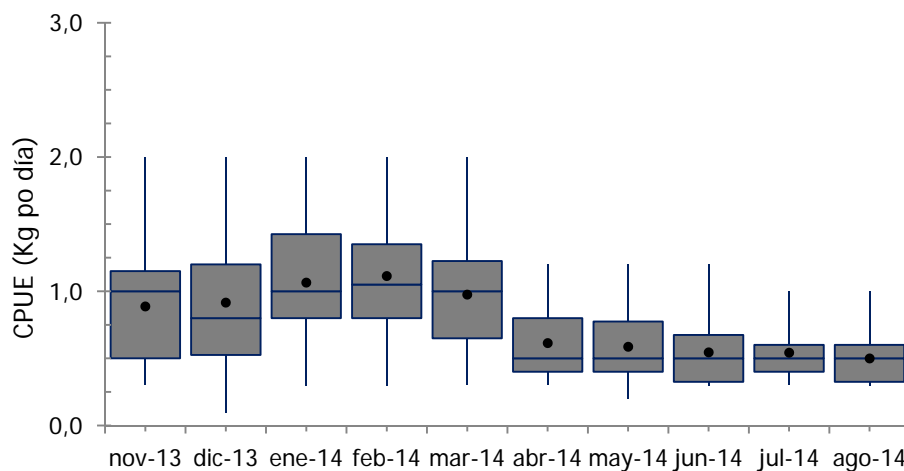


Figura 56. Variación temporal de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad por pesca (cosecha con barreta), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

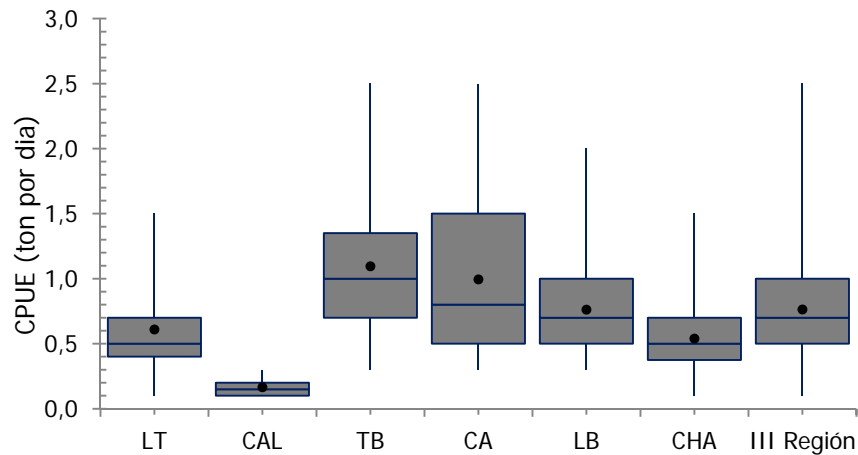


Figura 57. Comparación entre sitios de estudio de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad natural (recolección de algas varadas) en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

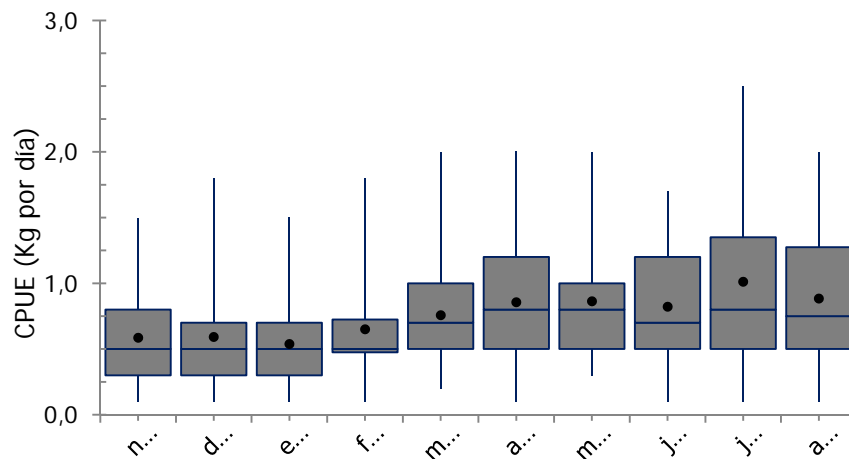


Figura 58. Variación temporal de la capacidad por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada para la mortalidad natural (recolección de algas varadas), en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

4.6.2 Precio pagado en playa por kilo de huiro negro

El precio pagado en playa por huiro negro para la Región de Atacama tiene un promedio de $\$277 \pm 59$ pesos por kg para la Región de Atacama, aunque varía de acuerdo al sitios de estudio (**Figura 59**). En Los Toyos se obtuvo el mayor precio promedio y en Caleta Angosta el menor, con una diferencia de precios de casi $\$50$ pesos por kilo (**Figura 59**).

El precio pagado en playa por huiro negro en la Región de Atacama tiene una marcada estacionalidad (**Figura 60**). En primavera y verano, el huiro negro alcanza el mayor precio, variando entre $\$300$ y $\$320$ pesos el kilo, aproximadamente (**Figura 60**). En otoño, el huiro negro pierde progresivamente valor hasta que en invierno, alcanza el menor precio en playa, variando entre $\$190$ y $\$200$ pesos el kilo (**Figura 60**).

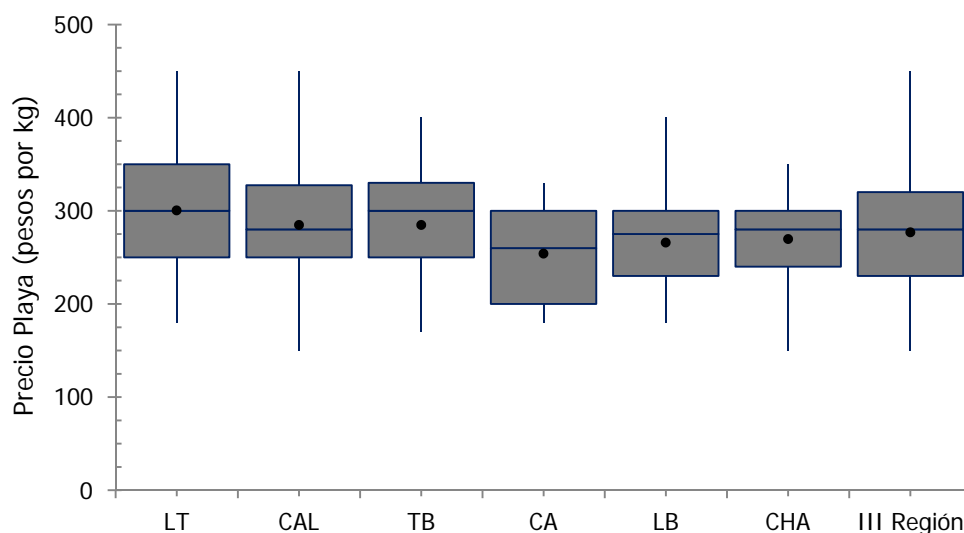


Figura 59. Comparación entre sitios de estudio del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético. LT: Los Toyos, CAL: Caldera, TB: Totoral Bajo, CA: Caleta Angosta, LB: Los Bronces, CHA: Chañaral de Aceituno.

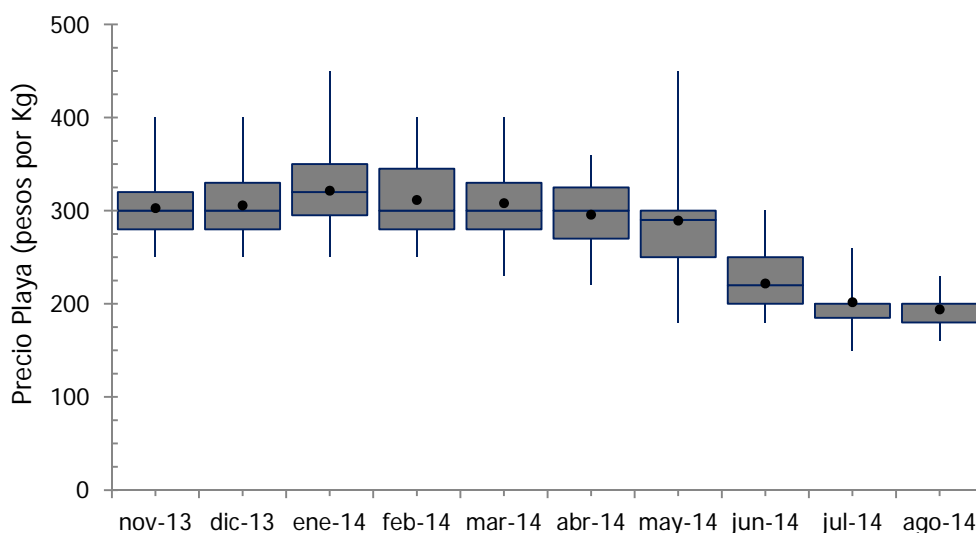


Figura 60. Variación temporal del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama. En el gráfico de cajas y bigotes se presenta el rango de la variable, 1er y 3er cuartil y la mediana, mientras que el punto dentro de la caja representa el promedio aritmético.

4.6.3 Tendencias de precios y del desembarque de huiro negro durante el seguimiento

En la Región de Atacama, el desembarque de huiro negro fue fuertemente afectado por la implementación y la puesta en marcha del Plan de Manejo para algas pardas. Por ejemplo, en el período 2005-2008, el desembarque regional de huiro negro tuvo una marcada estacionalidad (**Figura 61**), aumentando durante el verano y disminuyendo hacia el invierno. Esta tendencia histórica en la explotación de algas pardas en el norte de Chile (González et al. 2002), tiene distintas razones. La primera, quizás la más importante, es que el secado de las algas durante la época estival es más rápido y el tendido requiere de menos trabajo. También importante, es el incremento en el número de algueros recolectores y cosechadores en esta época (González et al. 2002). Lo cual se suma a que el precio del alga tiende a subir en verano, porque aumenta significativamente el rendimiento del alga seca, incentivando la cosecha con barreta además de la recolección de biomasa varada (González et al. 2002, Vásquez et al. 2008).

En contraparte, la manera más frecuente de compensar la pérdida de rendimiento de huiro negro durante épocas frías y húmedas es disminuyendo el precio puesto en playa. Lo anterior, junto con la extensión del período de secado desincentiva la cosecha y la permanencia en la costa de muchos algueros, disminuyendo también el volumen de alga desembarcado durante el periodo invernal. Adicionalmente, en invierno son más frecuentes las marejadas en la costa aumentando el riesgo de accidentes de los algueros en lo roqueríos.

La historia ha demostrado que la demanda del mercado internacional por materia prima responde a ciclos temporales distintos a los descritos para el recurso alga parda a escala local o nacional (Vásquez 2008). Esto produce incertidumbre en las expectativas económicas de los algueros, que son la base de la cadena productiva de esta pesquería, forzándolos a responder inmediatamente a las demandas del mercado, particularmente si se paga un mejor precio por el recurso. Un ejemplo clásico de este fenómeno en pesquerías bentónicas chilenas es “el loco” *Concholepas concholepas*, que tras distintas fiebres y crisis económicas se impulsó su regulación (Castilla et al. 2007, Castilla & Gelcich 2008). Posteriormente, las distintas estrategias de regulación pesquera implementadas para este recurso fueron gradualmente aplicadas a otras pesquerías bentónicas, como las algas pardas (Vásquez 2008). El éxito de estas medidas aún son fuertemente discutidas (Melzoff et al. 2010, Aburto et al. 2014), porque todavía existe mucha incertidumbre en la fortaleza de la unión que existe entre dichas regulaciones, el mercado, los pescadores y el recurso natural (Aburto & Stotz 2014). Quizás, por el hecho de que todavía siguen siendo tratados como fenómenos independientes de un sistema socio-ecológico único e integral (Hauck & Gallardo-Fernández 2013).

Así, la respuesta de los algueros y pescadores a la aplicación del Plan de Manejo para algas pardas en la Región de Atacama ha sido visualizada como una “crisis” (Hauck & Gallardo-Fernández 2013), que vulnera los intereses socio-económicos de los usuarios dentro de la cadena productiva. Sin embargo, dicha condición no considera la otra parte del sistema socio-ecológico único e integral: el estado de explotación de las praderas naturales, por ejemplo, del huiro negro o Chascón (Vega et al. 2014).

El establecimiento de cuotas y vedas como una medida precautoria para la explotación de huiro negro en el año 2012 y 2013, refleja el efecto de esta crisis en dos aspectos. Primero, porque transformó el tradicional desembarque estacional en uno nuevo, que se caracteriza por un volumen de explotación mensual estándar y continuo durante el año (**Figura 61**); y segundo, porque está incrementando los volúmenes desembarcados a una tasa cercana al 50% anual (**Figura 61**). En consecuencia, ambos aspectos diagnostican que las praderas de *L. nigrescens* en la Región de Atacama están sometidas a una alta presión de cosecha extractiva (Vega et al. 2014).

En la Región de Atacama, la explotación de algas pardas es una pesquería atípica y secuencial que combina dos formas de extracción, una pasiva a través de la recolección de alga varada y otra activa a través del barroteo de las plantas (González et al. 2002). Desde una perspectiva histórica, la explotación tradicional de los algueros es pasiva, depende de la mortalidad natural que llega a la costa y que se acopia en varaderos, y no interfiere en las dinámicas poblacionales de las praderas naturales de algas pardas (Vásquez 2008). Pero, la extracción de los algueros pasa a ser activa cuando el precio en playa sube sustancialmente, aumenta la demanda por alga seca, y hay más interesados en comercializar el desembarque (Vásquez et al. 2008). Esta mortalidad por pesca, estimulada por el dinero, interviene fuertemente las praderas interfiriendo en las dinámicas poblacionales del huiro negro (González et al. 2002).

Durante el seguimiento, la pesquería de algas pardas en la Región de Atacama mostró un comportamiento de tipo secuencial, caracterizado por un ciclo anual, tal como lo interpreta González et al. (2002). Durante el año, se alterna la extracción pasiva, que aumenta preferentemente en invierno; con la extracción activa, que aumenta sustancialmente en verano (Figura 62). La extracción activa está regulada de manera perversa por el precio pagado en playa, mientras que la extracción pasiva está regulada naturalmente por las condiciones climáticas y oceanográficas de la costa, asociadas a las marejadas (Figura 62).

Considerando lo anterior, se pronostica que un aumento progresivo y/o un nuevo precio histórico en playa por huiro negro, o otra alga parda, incentivara la extracción activa en áreas de libre acceso. Por el contrario, una pérdida del valor comercial del alga en la playa produce que los algueros retornen a la extracción pasiva, o dejen de participar en la pesquería hasta que en el futuro vuelva a mejorar el precio.

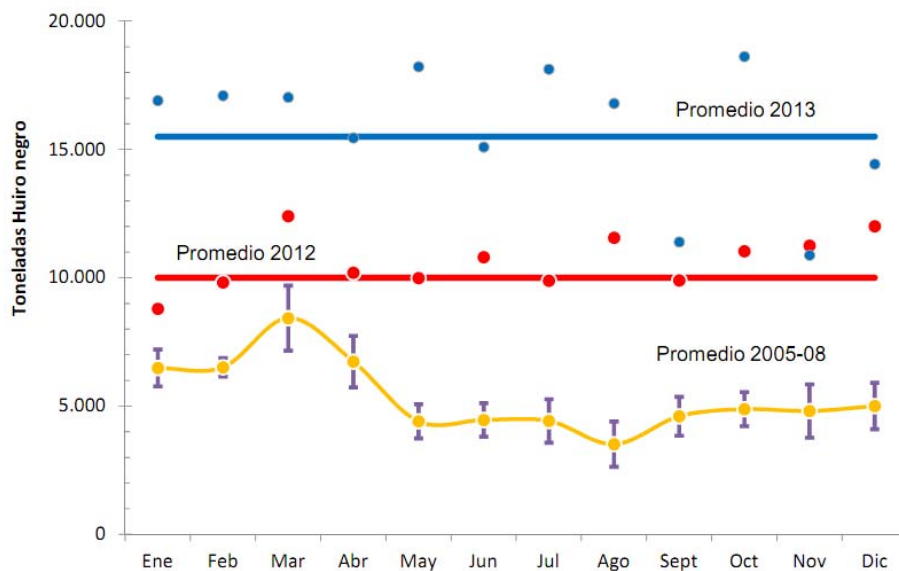


Figura 61. Variación temporal del desembarque de huiro negro en la Región de Atacama.

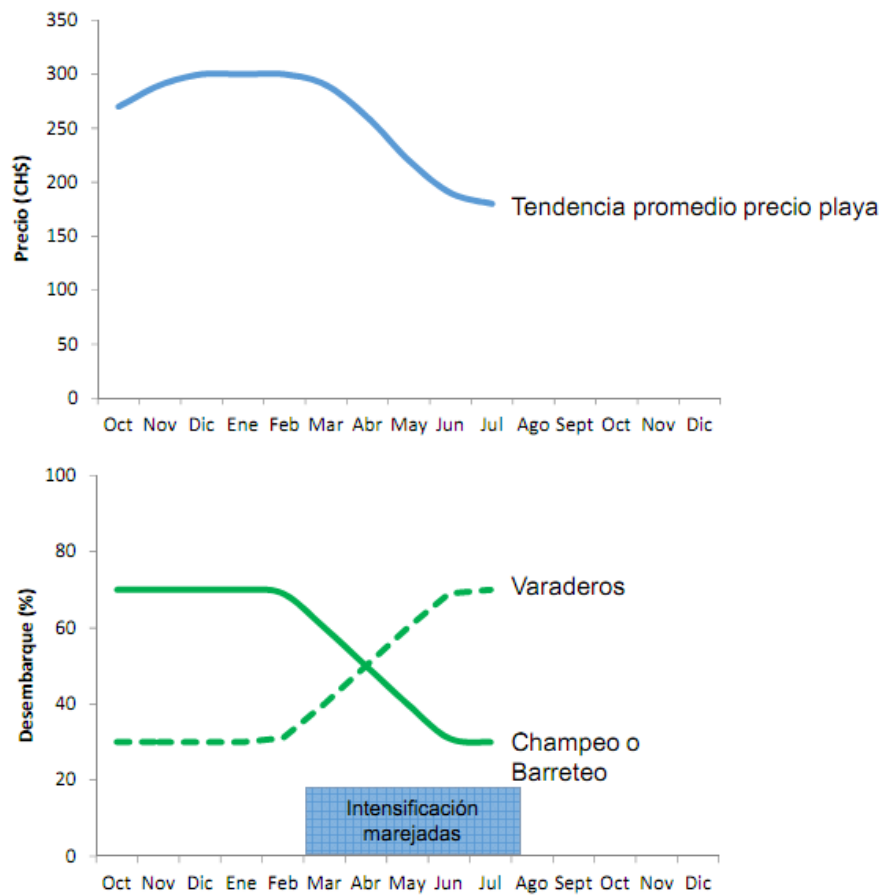


Figura 62. Variación temporal del precio pagado en playa por kilo de huiro negro en la Región de Atacama (arriba), y modelo conceptual explicativo de la alternancia temporal entre la extracción pasiva a través de la recolección de mortalidad natural en varaderos y la extracción activa a través de la cosecha de plantas con barreta.

5. Conclusiones

1. El seguimiento biológico pesquero y evaluación económica, como insumo para el Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas en la Región de Atacama fue realizado en áreas de libre acceso a la pesquería bentónica. El diseño de muestreo consideró la distribución geográfica equidistante de seis sitios de estudio, diferenciados entre sí por el grado de urbanización y de accesibilidad al lugar. Los sitios de estudio seleccionados para el seguimiento de las praderas de *L. nigrescens* fueron: Los Toyos en la Provincia de Chañaral, Caldera y Totoral Bajo en la Provincia de Copiapó, y Caleta Angosta, Los Bronces y Chañaral de Aceituno en la Provincia de Huasco.
2. En general, el intermareal de los sitios de estudio son representativos de la costa rocosa de Atacama, muy expuesta al oleaje y con roqueríos topográficamente heterogéneos (e.g. plataformas, barras, islotes, playas de bolones). En los roqueríos se observa el típico cinturón de huiro negro constituido por plantas de *L. nigrescens*, con una extensión vertical y abundancia relativa que depende del grado de inclinación de las rocas y exposición al oleaje. En algunos sitios de estudio, *L. trabeculata* y *M. pyrifer* morfo *integrifolia* coexiste con *L. nigrescens* en pozas y canalones.
3. Considerando los parámetros demográficos de *L. nigrescens* (e.g. Estructura de tallas, densidad, reclutamiento, biomasa, potencial reproductivo), como indicadores para monitorear el estado de las praderas durante el periodo de muestreo, se detecta una condición de alta presión de cosecha en todos los sitios de estudio. Esta condición se caracteriza por: (A) una reducida fracción de plantas aptas para la cosecha (≥ 20 cm diámetro disco), (B) una alta representatividad de juveniles y (C) un constante reclutamiento necesario para la renovación de la pradera post cosecha. El nivel de urbanización y la accesibilidad al sitio de estudio no representan barreras restrictivas a la pesquería de algas pardas.
4. La biomasa disponible en las praderas de *L. nigrescens* es sensible a la presión de cosecha, pero en algunos sitios de estudio este indicador detecta la aplicación diferencial de algunas “recomendaciones de manejo” y “criterios de explotación” sugeridos para algas pardas (e.g. períodos de descanso post-cosecha, entresacar plantas).
5. Para demostrar la causalidad entre los indicadores y la remoción activa en las praderas, es necesario disponer de praderas referenciales “sin cosecha”. Estos sitios referenciales son útiles para diagnosticar la magnitud del efecto de la cosecha sobre las praderas, y separarlos del efecto producido por otras perturbaciones antrópicas y naturales. Sitios de estudio

referenciales pueden ser: la Reserva Marina “Isla Chañaral”, y/o el Área Marina Protegida de Múltiples Usos “Isla Grande de Atacama”.

6. La base bibliográfica de algas pardas para la Región de Atacama pueden ser usada y/o administrada por los miembros del comité a través del gestor bibliográfico Mendeley o del servicio de almacenamiento Dropbox, ambos están sincronizados en la web.
7. La revisión bibliográfica sobre algas pardas en Atacama sugiere concordar el nombre comercial y el nombre científico de las especies. Por ejemplo, el nombre comercial del huiro negro en Atacama es *Lessonia nigrescens*, mientras que el nombre científico aceptado es *Lessonia berteroana*. De acuerdo a lo anterior, el seguimiento biológico pesquero en la Región de Atacama fue dirigido al huiro negro *L. berteroana*.
8. La revisión bibliográfica indica que la diversificación de las aplicaciones y usos de las algas pardas chilenas prevé una mantención de la demanda de biomasa por el mercado internacional. Esto, sumado a la importancia económica, social y ecológica que tienen las algas pardas en Atacama sugiere la urgente necesidad de un cambio del enfoque basado en el manejo del recurso hacia uno más integral basado en el ecosistema. La explotación sustentable de algas pardas en Atacama a través del enfoque ecosistémico y precautorio es una oportunidad para demostrar la factibilidad empírica del uso más eficiente de los recursos marinos. Su aplicación evitará potenciales riesgos que conlleva su explotación, relacionados con: (1) los ciclos oceanográficos costeros anuales e interanuales (e.g. evento EL Niño); (2) ignorar las recomendaciones de manejo; (3) la introducción de especies exóticas e invasoras; (4) el desconocimiento de la biología básica del recurso; y (5) los impactos ambientales producidos por la industria en el borde costero.
9. La pesquería de algas pardas en los sitios de estudio está dirigida principalmente a *L. nigrescens*. La mortalidad por pesca, denominada remoción activa o cosecha, se realiza desprendiendo las plantas de la roca con una barreta. En cambio, la mortalidad natural denominada remoción pasiva, se efectúa recolectando la biomasa varada en forma (a) manual; o utilizando artefactos como (b) varas, y (c) arpeos; aunque también se utilizan (d) vehículos 4x4. También se usan embarcaciones artesanales equipadas con buceo hooka, o “balsas” para recolectar la mortalidad natural desde pozones submarinos. En general, el esfuerzo de muestreo fue dirigido a caracterizar morfológica y gravimétricamente la mortalidad natural (varada o de pozones) y por pesca del huiro negro.
10. La mortalidad natural y por pesca de *L. nigrescens* en áreas de libre acceso en la Región de Atacama muestra que las praderas están sujetas a una alta presión de cosecha. La intensidad se refleja en que las estructuras de tallas de las capturas de huiro negro están

caracterizadas principalmente por plantas juveniles. No obstante, la mortalidad natural y por pesca también contiene una fracción de plantas adultas con tamaños iguales o por sobre la talla mínima legal de cosecha (≥ 20 cm diámetro disco).

11. Los descriptores morfológicos y la relación talla/peso del huiro negro varían de acuerdo al tipo mortalidad y sitio de estudio. En general, las plantas barreteadas son más grandes y pesadas que las varadas, pero similares a las buceadas. La variabilidad en la relación talla/peso disminuye a medida que la fracción recluta es incluida en la función.
12. El tamaño mínimo y promedio de las plantas reproductivas de huiro negro depende del tipo de mortalidad. El tamaño mínimo reproductivo fue de 5 cm diámetro disco en plantas varadas, pero de 10 ± 3 cm diámetro disco en promedio general. El tamaño promedio de las plantas reproductivas provenientes de la mortalidad natural varada fue menor que la mortalidad por pesca o natural proveniente de pozones.
13. Los indicadores demográficos de huiro negro sugieren que la renovación post-cosecha de las praderas ocurre durante el ciclo anual y entre estaciones del año en condiciones oceanográficas neutra o frías. Sin embargo, los indicadores basados en la biota asociada al huiro negro sugieren que la renovación de la biodiversidad post cosecha es un proceso temporalmente más extenso. Más investigación se requiere sobre la funciones ecosistémicas que cumplen las algas pardas. Por el momento, la pérdida de algunas de estas funciones podría tener consecuencias desconocidas en los ecosistemas costeros de la Región de Atacama.
14. Una manera práctica de evaluar el desempeño del Plan de Manejo de Algas Pardas en Atacama a través de los indicadores propuestos en este estudio es implementando un “Programa Piloto de Seguimiento de la Pesquería de Algas Pardas en Atacama”. El análisis multicriterio sugiere que el área óptima para su implementación es Caleta Angosta o Totoral Bajo. Cabe destacar que el programa piloto debe tener un sitio referencial “control” para determinar la magnitud y dirección de los efectos producidos por las medidas administrativas establecidas para el recurso algas pardas en el área seleccionada.
15. El registro mensual de la captura por unidad de esfuerzo y del precio pagado en playa muestra que la pesquería del huiro negro en Atacama es atípica y secuencial, porque utiliza la biomasa de la remoción pasiva y activa durante el año, pero con una marcada alternancia estacional. En general, la pesquería se sustenta de la recolección de la mortalidad natural durante el año, pero un aumento del precio pagado en playa fomenta instantáneamente la cosecha de huiro negro desde las praderas. En cambio una disminución del precio pagado en playa desincentiva súbitamente la remoción activa.

6. Reuniones de Coordinación de Proyecto

El detalle de las reuniones de coordinación desde el inicio del proyecto se muestra en la **Tabla 25**, separada por fecha (ver listas de asistencia en **Anexo 9.4**).

Tabla 25. Detalle de las reuniones de coordinación u otras realizadas durante la presente etapa de ejecución del proyecto.

| REUNIONES DE COORDINACIÓN | | | | |
|---------------------------|------------|--|---|---|
| N° | Fecha | Participantes | Propósito | Lugar |
| 1* | 04-11-2013 | Manuel Andrade, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión de Coordinación preliminar para establecer los criterios para la selección de los sitios de estudio del seguimiento. Se acuerda coordinar una nueva reunión entre la Consultora, la Dirección Zonal y la Unidad de Recursos Bentónicos (URB; Javier Rivera) para definir los sitios de estudio. | Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Región de Coquimbo |
| 2 | 02-01-2014 | Manuel Andrade, Carlos Tapia, Carolina Olivares. | Reunión de coordinación sobre la ejecución del Plan de Manejo de Algas Pardas en la Región de Atacama y en Bahía Chasco. Se informa sobre el estado del proyecto considerando el reclamo interpuesto por la consultora ABIMAR. | CESSO |
| 3 | 10-01-2014 | Andrés Hoyl, Manuel Andrade, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión de coordinación para informar el estado de avance del proyecto considerando: (1) los eventos que retrasaron la iniciación de los muestreos, (2) el estado de avance de la tramitación de la "Pesca de Investigación de Algas Pardas 2013-2014 para la Región de Atacama", (3) las observaciones recogidas durante pre-selección <i>in situ</i> de los sitios de muestreo, y (4) discutir temas anexos (i.e. precisiones metodológicas del muestreo, incorporación de nuevos parámetros de monitoreo). Se define fecha de la próxima reunión con la URB. | Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Región de Coquimbo |

| | | | | |
|---|------------|---|---|---|
| 4 | 22-01-2014 | Javier Rivera, Manuel Andrade, Javier Chávez, Eduardo Pérez, Alonso Vega, Carlos Tapia, Carolina Olivares, Gonzalo Araya. | Reunión de coordinación inter-consultoras con la SSPA y el académico Eduardo Pérez, en el marco de la ejecución del Plan de Manejo de Algas Pardas (III Región, IV Región y Bahía Chascos). Se discute la necesidad de revisar y/o proponer nuevos parámetros en el Seguimiento biológico-pesquero para optimizar un nuevo modelo predictivo para la pesquería de algas pardas en las regiones de Coquimbo y Atacama. | Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Región de Coquimbo |
| 5 | 26-03-2014 | Manuel Andrade, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión de presentación de avance del Proyecto y coordinación para la ejecución operativa de la Pesca de Investigación; Además, se informó a la Dirección Zonal los resultados obtenidos hasta la fecha, las limitantes para la ejecución de algunos objetivos del Proyecto y los alcances metodológicos propuestos. | Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Región de Coquimbo |
| 6 | 22-04-2014 | Comité de Manejo de Algas Pardas Atacama, Javier Rivera, Nicole Maturana, Iván Miranda, Carolina Olivares. | Presentación de los resultados y estado de avance del seguimiento a los miembros del Comité de Manejo de Algas Pardas Atacama (ver presentación exhibida en sesión y enviada a los miembros del Comité, en Anexo 9.5.) | Universidad de Atacama, sede Caldera |
| 7 | 05-05-2014 | Manuel Martínez, Iván Miranda, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión de coordinación entre CESSO y SERNAPESCA de la Región de Atacama, con el fin resolver dudas y operativizar la Pesca de Investigación que permite la recolección de muestras de algas pardas en la Región de Atacama para análisis de laboratorio, en el contexto del presente estudio. | SERNAPESCA, sede Caldera |
| 8 | 09-06-2014 | Javier Rivera, Manuel Andrade, Javier Chávez, Carlos Tapia, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión de presentación del estado de avance del Proyecto y cumplimiento de los objetivos. | Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Región de Coquimbo |
| 9 | 15-07-2014 | Manuel Martínez, Iván Miranda, Alonso Vega, Carolina Olivares. | Reunión técnica de profesionales de CESSO y de SERNAPESCA de la Región de Atacama, para la identificación de los principales varaderos de la Región de Atacama. | SERNAPESCA, sede Caldera |

| | | | |
|----|------------|--|---|
| 10 | 08-08-2014 | Comité de Manejo de Algas Pardas Atacama, Javier Rivera, Nicole Maturana, Alonso Vega, Carolina Olivares, Iver Núñez, y profesionales de la consultora ECOS. | Presentación de los resultados y estado de avance del seguimiento en sesión del Comité de Manejo de Algas Pardas Atacama, Universidad de Atacama, sede Caldera (ver presentación exhibida en sesión y enviada a los miembros del Comité, en Anexo 9.5.) |
|----|------------|--|---|

* No se dispone de registro de asistencia

Adicionalmente, está comprometida una presentación de los resultados finales ante el Comité de Manejo, en la sesión prevista para el mes de noviembre de 2014, donde se analizará la información en conjunto con lo registrado por el estudio de evaluación directa FIP N° 2014-17 "Evaluación directa de macroalgas/impacto de la extracción sobre la comunidad bentónica, III Región".

Cabe señalar que el seguimiento del Plan de Manejo tendrá continuidad, dada la participación del investigador y jefe de proyecto, Dr. (c) Alonso Vega, como asesor experto del "Programa Operación y Asesoría al Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas III Región, 2013 – 2014" (Licitación ID N° 4728-25-LE13), cuya ejecución se extiende hasta diciembre de 2014.

7. Informe de Gastos Realizados

El detalle de ejecución presupuestaria para el período informado se muestra en la **Tabla 26**, separado por ítem.

Tabla 26. Detalle de ejecución presupuestaria en la presente etapa de ejecución del proyecto.

| ITEM | PRESUPUESTO | GASTADO | % DEL ITEM |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| PERSONAL | | | |
| Honorarios | 15.644.000 | 16.844.000 | 107,67% |
| OPERACIÓN | | | |
| Combustible | 1.424.000 | 1.706.600 | 119,85% |
| Materiales varios | 2.500.000 | 4.888.000 | 195,52% |
| Alimentación | 4.800.000 | 2.697.000 | 56,19% |
| Alojamiento | 4.800.000 | 3.047.000 | 63,48% |
| Arriendo vehículo | 4.800.000 | 4.800.000 | 100,00% |
| ADMINISTRACIÓN | | | |
| Gastos generales (incl. Impues) | 4.632.000 | 4.632.000 | 100,00% |
| TOTAL | 38.600.000 | 38.614.600 | 100,04% |

8. Bibliografía

- Aburto JA, WB Stotz & G Cundill (2014) Social-Ecological Collapse: TURF Governance in the Context of Highly Variable Resources in Chile. *Ecology and Society*, 19(1): 2.
- Andrade ÁP (2007). Aplicación del enfoque ecosistémico en Latinoamérica. IUCN.
- Asensi A & B de Reviere (2009) Illustrated catalogue of types of species historically assigned to *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyceae) preserved at PC, including a taxonomic study of three South-American species with a description of *L. searlesiana* sp. nov. and a new lectotypification of *L. flavicans*. *Cryptogamie. Algologie*, 30(3): 209-249.
- Avila M, C Merino, K Guissen & MI Piel (2012) Manual de cultivo de macroalgas pardas: Desde el laboratorio al océano. Universidad Arturo Prat 36 pp.
- Berumen S & F Llamazares (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, julio-diciembre, año/vol. 20, número 034. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, pp. 65-87.
- Bixler HJ & Porse H (2011) A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J Appl Phycol* 23:321–335
- Broitman BR, SA Navarrete, F Smith & SD Gaines (2001) Geographic variation of southeastern Pacific intertidal communities. *Marine Ecology Progress Series* 224: 21-34.an
- Buschmann AH, F Cabello, K Young, J Carvajal, D Varela & L Henríquez (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5): 243-249.
- Camus PA (1994) Recruitment of the intertidal kelp *Lessonia nigrescens* Bory in northern Chile: successional constraints and opportunities. *J Exp Mar Biol Ecol* 184:171–181
- Camus PA, EO Vásquez, EO González & 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 y recolonización post El Niño 82/83. *Medio Ambiente (Chile)* 12: 57-68.
- Cancino J & B Satelices (1984) Importancia ecológica de los discos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 57: 23-33.
- Castilla JC & E Gelcich (2008) The management of the loco (*Concholepas concholepas*) as a driver for self-governance of small-scale benthic fisheries in Chile. In Townsend, R.; Shotton, R.; Uchida, H. (eds). *Case studies in fisheries self-governance*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 504. Rome, FAO.

- Castilla JC & PE Neill (2009). Marine bioinvasions in the southeastern Pacific: status, ecology, economic impacts, conservation and management. In *Biological invasions in marine ecosystems* (pp. 439-457). Springer Berlin Heidelberg.
- Castilla JC, PH Manríquez & A Camaño (2010). Effects of rocky shore coseismic uplift and the 2010 Chilean mega-earthquake on intertidal biomarker species. *Mar Ecol Prog Ser* 418: 17–23.
- Castilla JC, S Gelcich & O Defeo (2007) Successes, lessons, and projections from experience in marine benthic invertebrate artisanal fisheries in Chile. In: McClanahan T, Castilla JC (eds) *Fisheries management: progress toward sustainability*. Blackwell, London, pp 25–42
- Correa JA, N Lagos, M Medina, JC Castilla, M Cerda, M Ramírez, E Martínez, S Faugeton, S Andrade, R Pinto & L Contreras (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. *J Exp Mar Biol Ecol* 335:13–18
- CRIDESAT (2010) Informe Final Seguimiento Regional de la pesquería de Algas Pardas en la Región de atacama. Informe Final. 66 pp.
- Deysher LE & TA Dean (1986). In situ recruitment of sporophytes of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera* (L.) CA Agardh: Effects of physical factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 103(1), 41-63.
- Edding M, E Fonck & J Machiavello (1994) *Lessonia*. En I. Akatsuka (ed.). *Biology of Economic Algae*. SPB Academic Publishing. The Hague , The Netherlands. pp: 407-446.
- Espoz C, DR Lindberg, JC Castilla & WB Simison (2004). Los patelogastrópodos intermareales de Chile y Perú. *Revista chilena de historia natural*, 77(2), 257-283.
- Faugeron S, EA Martínez, JA Correa & C Billot (2005). Long-term copper mine waste disposal in northern Chile associated with gene flow disruption of the intertidal kelp *Lessonia nigrescens*. *Marine Ecology Progress Series* 288: 129-140.
- Frangoudes 2011 Frangoudes K (2011) Seaweeds fisheries management in France, Japan, Chile and Norway. *Cah Biol Mar* 52:517–525
- Collins CJ, CI Fraser, A Ashcroft & JM Waters (2010). Asymmetric dispersal of southern bull - kelp (*Durvillaea antarctica*) adults in coastal New Zealand: testing an oceanographic hypothesis. *Molecular ecology*, 19(20), 4572-4580.
- Fraser CI, DJ Winter, HG Spencer & JM Waters (2010). Multigene phylogeny of the southern bull-kelp genus *Durvillaea* (Phaeophyceae: Fucales). *Molecular phylogenetics and evolution*, 57(3), 1301-1311.

- García SM & KL Cochrane (2005). Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 62(3), 311-318.
- Gaymer CF, AT Palma, JMA Vega, CJ Monaco & LA Henríquez (2010). Effects of La Niña on recruitment and abundance of juveniles and adults of benthic community-structuring species in northern Chile. *Marine and Freshwater Research*, 61(10), 1185-1196.
- Gelcich S, M Fernández M, N Godoy, A Canepa, L Prado & JC Castilla (2012) Territorial User Rights for Fisheries as Ancillary Instruments for Marine Coastal Conservation in Chile. *Conservation Biology* doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01928.x.
- González J, C Tapia, A Wilson, J Garrido y M Avila (2002). Estrategias de explotación sustentable de algas pardas en la zona norte de Chile. Pre-Informe Final, fondo de Investigación Pesquera FIP N°2000-19. 224 pp. + Anexos.
- González A, J Beltrán, L Hiriart-Bertrand, V Flores, B de Reviers, JA Correa & B Santelices (2012). Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales). *Journal of Phycology* 48(5): 1153-1165.
- Gutiérrez A, T Correa, V Muñoz, A Santibáñez, R Marcos, C Cáceres & AH Buschmann (2006) Farming of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* in southern Chile for development of novel food products. *Journal of Applied Phycology* 18: 259-267
- Hauck M & GL Gallardo-Fernández (2013). Crises in the South African abalone and Chilean loco fisheries: shared challenges and prospects. *Maritime Studies*, 12(1): 1-20.
- Macaya EC & GC Zucarello (2010)a. DNA barcoding and genetic divergence in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales) 1. *Journal of Phycology* 46(4): 736-742.
- Macaya EC, & GC Zucarello (2010)b. Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the southeastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 420: 103-112.
- Marín A, S Gelcich, JC Castilla, F Berkes F (2012) Exploring social capital in Chile's coastal benthic co-management system using a network approach. *Ecol Soc* 17:13
- Martínez EA, L Cárdenas & R Pinto (2003). Recovery and genetic diversity of the intertidal kelp *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) 20 years after El Niño 1982/831. *Journal of Phycology*, 39(3), 504-508.
- Melzoff SK, YG Lichtensztajn & W Stotz (2010) Competing visions for marine tenure and co-management: génesis of a marine management area system in Chile. *Coastal Management* 30(1): 85-99.

- Omoregie E, Tjipute M, Murangi J (2010) Effects of harvesting of the Namibian kelp (*Laminaria pallida*) on the re-growth rate and recruitment. *Afri J Food Agric Nutr Dev* 10:2542–2555
- Oróstica MH, Faúndez I & Espinoza-Fuenzalida N. (2010) Algas Pardas en Atacama: Pesquería v/s Investigación. Simposio “Programa Censo Marino y la contribución de Chile a una década de descubrimientos”, Santiago, Chile. Poster presentation.
- Oróstica MH, I Faúndez & AC Galáz (2011) Current status of the kelp fishery in Atacama, Chile. IX Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe, La Plata, Argentina. Poster presentation.
- Oróstica MH, MA Aguilera, GA Donoso, JA Vásquez & BR Broitman (2014) The effect of grazing on distribution and recovery of harvested kelp stands of *Lessonia berteroana* in northern Chile. *Marine Ecology Progress Series* DOI 10.3354/meps10931
- Quiroz CL, A Pauchard, LA Cavieres & CB Anderson (2009) Análisis cuantitativo de la investigación en invasiones biológicas en Chile: tendencias y desafíos. *Revista chilena de historia natural*, 82(4), 497-505.
- Rodríguez D, MH Oróstica & JA Vásquez (2014). Coalescence in wild organisms of the intertidal population of *Lessonia berteroana* in northern Chile: management and sustainability effects. *Journal of Applied Phycology* 26(2): 1115-1122.
- Santelices B (1982). Bases biológicas para el manejo de *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile central. *Monografías biológicas* 2:131-154.
- Santelices B & FP Ojeda (1984) Recruitment, growth and survival of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) at various levels in exposed habitats of central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 19: 73-82.
- Santelices B, JC Castilla, J Cancino & P Schmiede (1980). Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in Central Chile. *Mar Biol* 59:119–132
- Santelices B (1982). Bases biológicas para el manejo de *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile central. *Monografías biológicas* 2:131-154.
- Santelices B (1989) *Algas Marinas de Chile, Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 399 pp.
- Segovia NI, Vásquez JA, Faugeton S, Haye PA. (2014) On the advantage of sharing a holdfast: effects of density and occurrence of kin aggregation in the kelp *Lessonia berteroana*. *Marine Ecology* (in press)

- Sokal RR & FJ Rohlf (1981) *Biometry: principles and practice of statistical in biological research*. Freeman, San Francisco, 776 pp.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (2012) *Propuesta Plan de Manejo Algas Pardas Región de Atacama*. Mesa de algas Pardas. 73 pp.
- Tala F & M Edding (2005) Growth and tissue loss in blades of *Lessonia nigrescens* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in northern Chile. *Aquatic Botany* 82: 39-54.
- Tala F, M Edding & J Vásquez (2004) Aspects of the reproductive phenology of *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) from three populations in northern Chile. *New Zealand Marine and Freshwater Research* 38: 255-266.
- Tapia C, C Olivares, I Núñez, R Hiriart & J.M.A. Vega. 2014. *Contribución del Enfoque de Trabajo Colaborativo (ETC) para el Manejo de Algas Pardas en la Región de Atacama*. IX Congreso Nacional de Micro y Macro Algas Universidad Andrés Bello, Viña del Mar. Chile
- 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.
- Tellier F, J Tapia, S Faugeron, C Destombe & M Valero (2011)a The *Lessonia nigrescens* species complex (Laminariales, Phaeophyceae) shows strict parapatry and complete reproductive isolation in a secondary contact zone. *Journal of Phycology*. 47:894-903.
- Tellier F, Vega JMA, Broitman B, Vásquez JA, Valero M, Faugeron S (2011)b The importance of having two species instead of one in kelp management: the *Lessonia nigrescens* species complex. *Cah Biol Mar* 52:455-465
- Thiel M, EC Macaya, E Acuña, W Arntz, H Bastias, K Brokordt, P Camus, JC Castilla, L Castro, M Cortés, C Dumont, R Escribano, M Fernández, DA Lancellotti, JA Gajardo, CF Gaymer, I Gómez, AE González, HE Gonzalez, P Haye, JE Illanes, JL Iriarte, G Luna-Jorquera, C Luxoro, PH Manríquez, V Marín, P Muñoz, SA Navarrete, E Pérez, E Poulin, J Sellanes, A Sepúlveda, W Stotz, F Tala, A Thomas, CA Vargas, JA Vásquez & JMA Vega. 2007.T (2007) The Humboldt current system of northern and central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanogr Mar Biol* 45:195-344
- Thompson SA, Knoll H, Blanchette CA, Nielsen KJ (2010) Population consequences of biomass loss due to commercial collection of the wild seaweed *Postelsia palmaeformis*. *Mar Ecol Prog Ser* 413:17-31

- Turan G & A Neori (2010) Intensive seaweed aquaculture: a potent solution against global warming. In: Israel A., Einav R., Seckbach J., editors. *Seaweeds and Their Role in Globally Changing Environments*. Springer, Dordrecht; p. 359-372.
- 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*. Academic, San Diego, pp 77–89.
- Vásquez JA (1995) Ecological effects of brown seaweed harvesting. *Bot Mar* 38:251–257
- Vásquez JA (1999) The effect of harvesting of brown seaweeds: a social, ecological and economical important resource. *World Aquaculture* 30: 19-22.
- Vásquez JA (2008) Production, use and fate of Chilean brown seaweeds: re-sources for a sustainable fishery. *J Appl Phycol* 20:457–467
- Vásquez JA & B Santelices (1984) Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Rev Chil Hist Nat* 57:131–154
- Vásquez JA, & R Westermeier (1993). Limiting factors in optimizing seaweed yield in Chile. En *Fourteenth International Seaweed Symposium*. Springer Netherlands, 1993. p. 313-320.
- Vásquez JA & E Fonck (1994) Algas productoras de ácido algínico en Sudamérica: diagnóstico y proyecciones. In: Documento de Campo Nº 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 & F Tala (1995) Experimental repopulation of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta, Laminariales) in intertidal areas of northern Chile. *J Appl Phycol* 7:347–349
- Vásquez JA & JMA Vega (2004) 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, Carrasco J, Rutland J, Yañez E (eds) *El Niño–La Niña 1997–2000 sus efectos en Chile*. Valparaíso, CONA, pp 119–135
- Vásquez JA & JMA Vega (2005). Macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de algas pardas: biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala. Cuarta parte. Capítulo XII. En. In: Figueroa E (ed) *Biodiversidad Marina: Valoración, uso y perspectivas. ¿Hacia dónde va Chile?* Editorial Universitaria, Santiago, pp 429–450
- Vásquez, JMA Vega, B Matsuhira & C Urzua (1999) The effects of mining discharges on subtidal habitats in northern Chile: population and community levels. *Hydrobiologia* 398/399: 217-229.

- Vásquez JA, Piaget N & JMA Vega (2012). Chilean *Lessonia nigrescens* fishery in northern Chile: How do you harvest is more important than how much do you harvest. *J Appl Phycol* 24: 417-426
- Vásquez JC, JMA Vega, A Pérez, C Olivares & N Piaget (2006). Distribución y abundancia de algas pardas en el área marina y costera protegida Isla Grande de Atacama; III Región. Informe final Proyecto GEF-PNUD. 58 pp
- Vásquez J, F Tala, A Vega, S Zuñiga, M Edding & N Piaget (2008). Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la II y IV Regiones. Informe Final Proyecto FIP Nº 2005-22, Subsecretaría de Pesca, Chile.
- Fernández M, E Jaramillo, P Marquet, S Navarrete, M George-Nascimento, FP Ojeda, C Valdovinos & JA Vásquez (2000) An overview of the diversity, biogeography and dynamics of nearshore ecosystems in Chile: foundation for marine conservation ecology. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 797-830.
- Vásquez JA, E Fonck & JMA Vega (2001) Comunidades submareales rocosas dominadas por macroalgas en el norte de Chile: diversidad, abundancia y variabilidad temporal. En: *Sustentabilidad de la biodiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas.* K. Alveal & T. Antezana (eds.): 351-366. Universidad de Concepción-Concepción.
- Vásquez JA, D Véliz & LM Pardo (2001) Biodiversidad bajo las grandes algas. En: *Sustentabilidad de la biodiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas.* K. Alveal & T. Antezana (eds.): 293-308. Universidad de Concepción-Concepción.
- Vásquez JA, S Zuñiga, F Tala, N Piaget, DC Rodríguez & JMA Vega (2014). Economic valuation of kelp forests in northern Chile: values of goods and services of the ecosystem. *Journal of Applied Phycology*, 26(2): 1081-1088.
- Vega JMA (2005) Dinámica poblacional de *Macrocystis integrifolia* (Laminariales, Phaeophyta) en el norte de Chile. Tesis Universidad Católica Norte. Facultad de Ciencias del Mar. 211 pp.
- Vega JMA & JA Vasquez (2014) Evaluando indicadores ecológicos para monitorear la sustentabilidad de praderas explotadas de huiro negro *Lessonia* spp en el norte de Chile. Libro de resúmenes del IX Congreso Nacional de Micro y Macro algas, Viña del Mar, 7 al 10 de abril 2014.
- Vega JMA, C. Asorey & N Piaget (2014) La asociación *Lessonia-Scurra* como indicador de integridad ecológica en praderas sometidas a una alta presión de cosecha en el norte de Chile. Libro de resúmenes del IX Congreso Nacional de Micro y Macro algas, Viña del Mar, 7 al 10 de abril 2014.

- Vega JMA, Vásquez JA, Buschmann AH (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. *Rev Chil Hist Nat* 78:33–50.
- Vásquez JA, Tala F, Vega A, Zuñiga S, Edding M, Piaget N (2008) Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la III y IV Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2005–32 160 pp.
- Vega JMA, N Piaget, E Manzano, A Pacheco & J Vásquez (2014) Evaluación de las poblaciones de macroalgas (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia*) existentes en las Reservas Marinas Chañaral, Comuna de Freirina, Región de Atacama, e Islas Choros y Damas, Comuna de La Higuera, Región de Coquimbo. Informe Final 76 pp.
- Villouta E & B Santelices Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57:111-122.
- Westermeier R & P Möller (1990) Population dynamics of *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh in the rocky intertidal of southern Chile. *Bot Mar* 33:363–367.
- Westermeier R, Muller DG, Gómez I, Rivera P, Wenzel H (1994) Population biology of *Durvillaea antarctica* and *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) on the rocky shores of southern Chile. *Mar Ecol Prog Ser* 110:187–194.
- Westermeier R, Patiño D, Murúa P, Muñoz L, Ruiz A, Müller DG (2012) Variations of chemical composition and energy content in natural and genetically defined cultivars of *Macrocystis* from Chile. *J Appl Phycol* 24:1191–1201.
- Westermeier R, P Murúa, DJ Patiño, L Muñoz & DG Müller (2014). Giant kelp (*Macrocystis*) fishery in Atacama (Northern Chile): biological basis for management of the *integrifolia* morph. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), 1071-1079.
- Westermeier R, Murúa P, Patiño D, Muñoz L, Ruiz A, Atero C & DG Müller (2013) Utilization of holdfast fragments for vegetative propagation of *Macrocystis integrifolia* in Atacama, Northern Chile. *J Appl Phycol* 25:639–642.
- Wolff R, Zimmermann D, Weber M, Feilen P, Ehrhart F, Salinas-Jungjohann M, Katsen A, Behringer M, Geßner P, Plieb L, Steinbach A, Spitz VJA, Schneider S, Bamberg E, Weber MM, Zimmermann U, Zimmermann H (2005) Real-time 3-D dark-field microscopy for the validation of the cross-linking process of alginate microcapsules. *Biomaterials* 26:6386–6393.
- Zimmermann H, Zimmermann D, Reuss R, Feilen PJ, Manz B, Katsen A, Weber M, Ihmig FR, Ehrhart F, Gessner P, Behringer M, Steinbach A, Wegner L, Sukhorukor VL, Vasquez JA, Schneider

S, Weber M, Volke F, Wolf R, Zimmermann U (2005) Towards a medically approved technology for alginate-based microcapsules allowing long-term immunoisolated transplantation. *J Mater Sci Mater Med* 16:491–501.

Zimmermann H, Wahlisch F, Baier C, Westhoff M, Reuss R, Zimmermann D, Behringer M, Ehrhart F, Katsen-Globa A, Giese C, Marx U, Sukhorukov VL, Vásquez JA, Jakob P, Shirley SG, Zimmermann U (2007) Physical and biological properties of barium cross-linked alginate membranes. *Biomaterials* 28:1327–1345.

9. Anexos

9.1 Anexo Gestor Bibliográfico: Manual Mendeley para Administradores

MANUAL MENDELEY

ACCESO BIBLIOGRÁFICO ASOCIADA A LA PESQUERÍA
DE ALGAS PARDAS PARA ADMINISTRADORES

¿Qué es Mendeley?

Mendeley es un gestor de referencias bibliográficas gratuito que permite organizarlas de forma fácil y rápida. Algunas de las posibilidades más interesantes que ofrece son:

- La generación de citas y listados bibliografías en Microsoft Word y OpenOffice,
- Flexibilidad en los formatos y estilos de las citas y referencias,
- Incorporación y organización a partir de citas de otros gestores bibliográficos tales como EndNote, Papers o Zotero,
- Lectura de PDFs, posibilidad de incluir marcas y generar notas,
- Acceso desde cualquier lugar con conexión a la red,
- Colaboración en red para la creación de una biblioteca digital.

¿Cómo ingresar?

Se debe acceder a la página <http://www.mendeley.com/> en la barra de direcciones de nuestro navegador (Explorer, Mozilla Firefox o Chrome) o escribiendo “Mendeley” (**Figura 1**) en un buscador, y elegimos “Overview”. En la parte derecha de la página electrónica, aparecerán los encasillados para escribir el usuario (plandemanejopesqueras@gmail.com) y clave (algapardas), posteriormente para lograr el acceso a tu cuenta presiona iniciar sesión (**Figura 2**).

Una vez que hemos ingresado a **Mendeley Web**, aparecerá una página que nos guía hacia los primeros pasos para incorporarnos a Mendeley (**Figura 3**), si queremos acceder a nuestros documentos debemos seleccionar la opción “My library”, de esta manera puedo acceder a los diferentes carpetas existentes dentro de la biblioteca (**Figura 4**).

¿Cómo agregar documentos en Mendeley?

En nuestra biblioteca, se pueden importar documentos dando click en “**Add Documents**” ingresando su url directamente. En este caso se nos piden los autores, el nombre de la revista, el volumen, etc. La literatura puede subirse de acuerdo al tipo de documentos, libros, revistas, filmes, tesis, periódicos, etc (**Figura 5**).

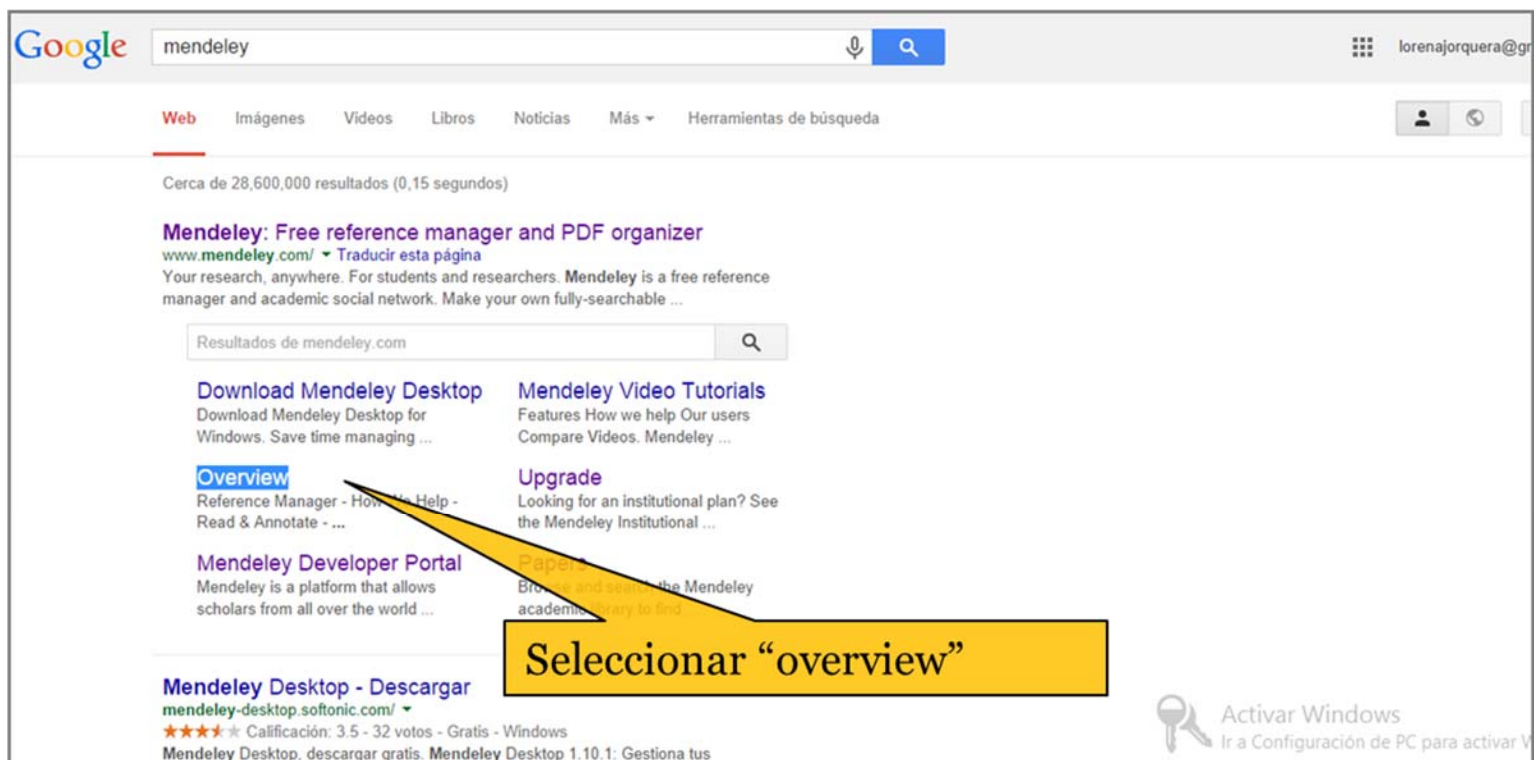


Figura 1. Pasos para acceder a Mendeley a través de la página electrónica.



Figura 2. Encasillados para lograr acceso a la cuenta de usuario.

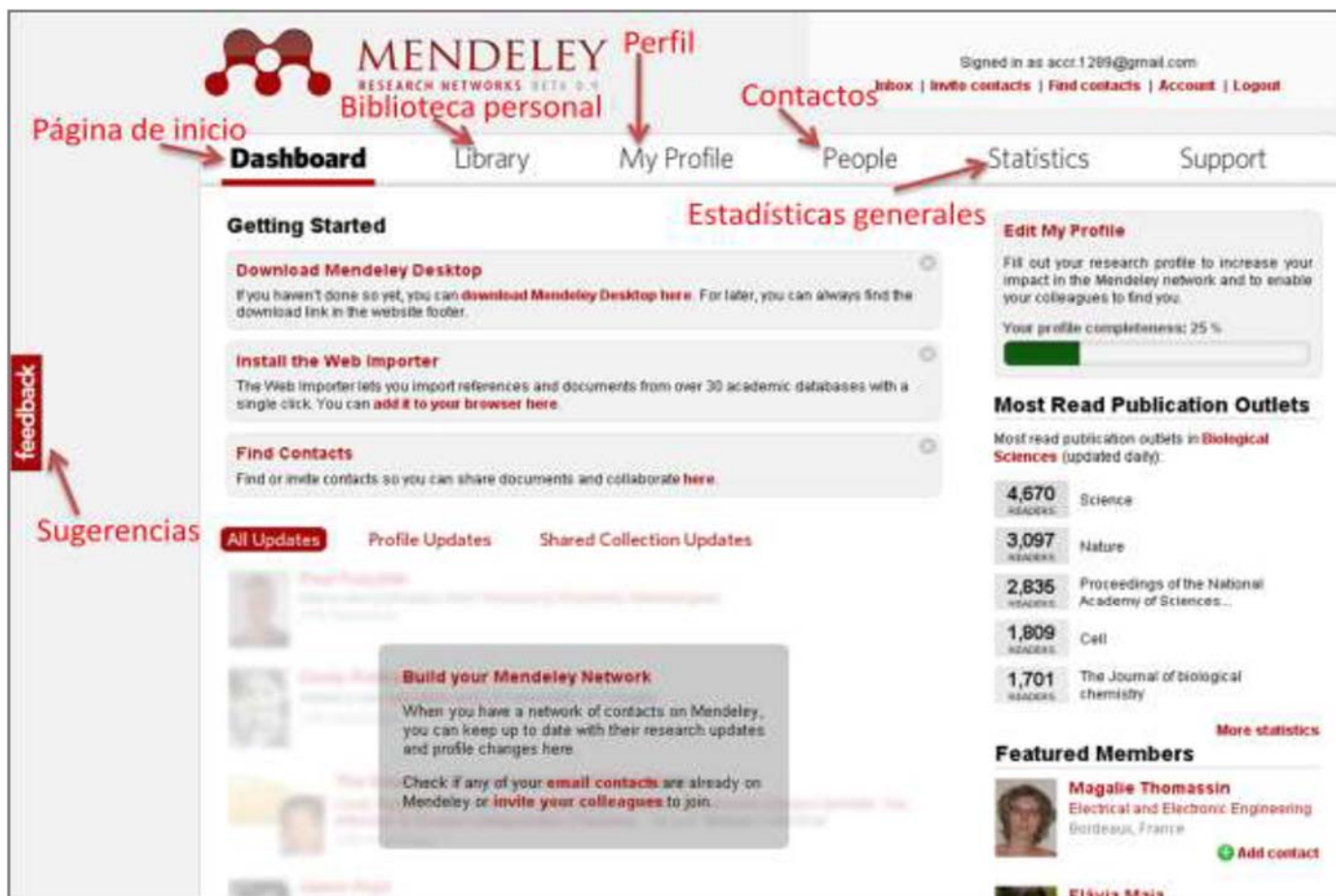


Figura 3. Página de inicio del programa.



Figura 4. Cómo acceder a nuestros documentos.

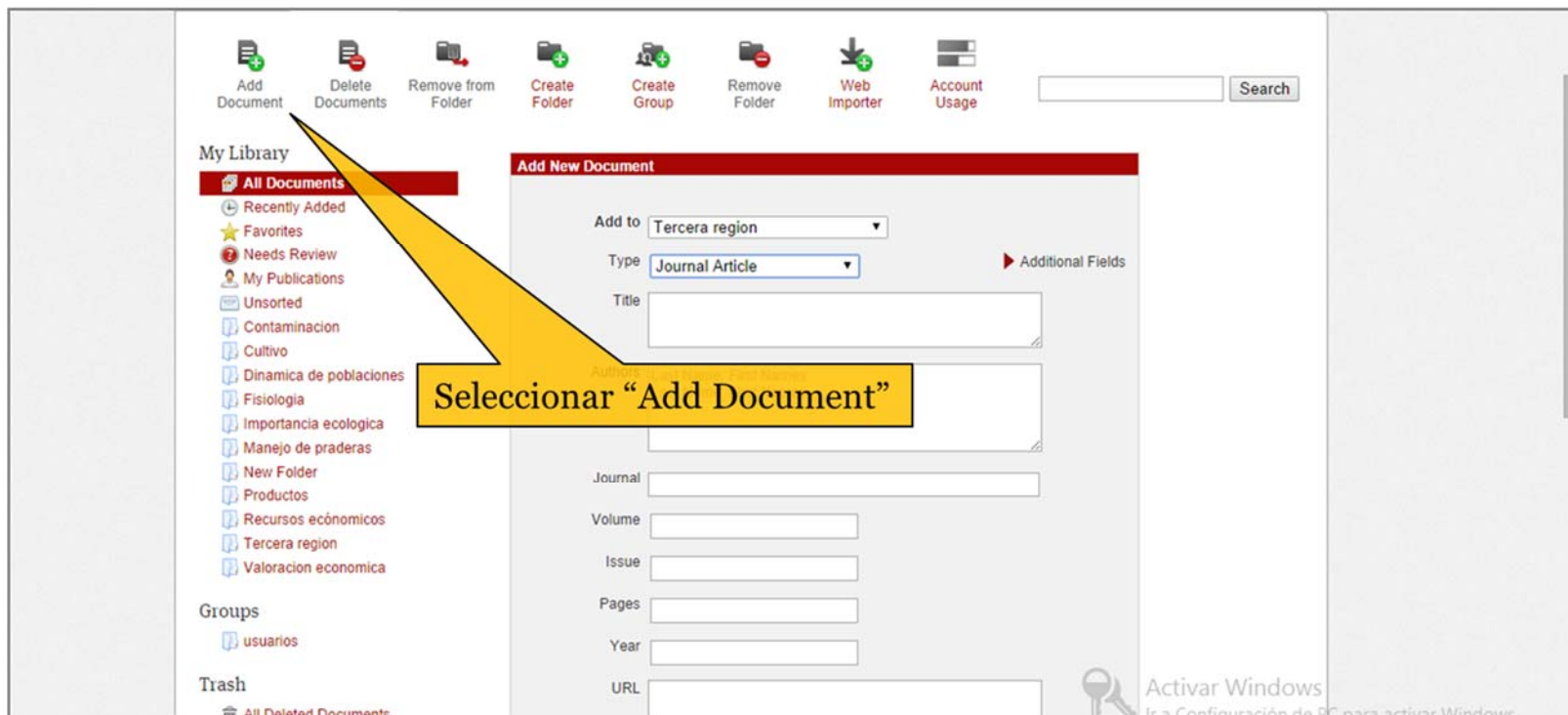


Figura 5. Como agregar documentos a Mendeley.

9.2 Anexo Gestor Bibliográfico: Manual DropBox para Administradores

MANUAL DROPBOX

ACCESO BIBLIOGRÁFICO ASOCIADA A LA PESQUERÍA
DE ALGAS PARDAS PARA ADMINISTRADORES

¿Qué es Dropbox?

Es un programa para almacenar archivos en Internet de una manera privada y muy segura (en este caso publicaciones científicas relacionadas con las algas pardas). El servicio permite a los usuarios almacenar y sincronizar archivos en línea y entre computadoras, además de compartir archivos y carpetas con otras personas. Es un servicio que puede usarse tanto desde un computador personal como también desde otros computadores conectados a internet, a través de la página web de Dropbox (www.Dropbox.com).

Por lo tanto, esto nos permite disponer de un disco duro o carpeta virtual accesible desde cualquier computador en el mundo. Es lo mismo que tener un Pendrive USB pero alojado en Internet de tal forma que nos permite tener toda la información que deseemos en la web y con ello siempre disponible desde cualquier computador.

¿Cómo ingresar?

Se debe acceder a la página <http://www.dropbox.com> en la barra de direcciones de nuestro navegador (Explorer, Mozilla Firefox o Chrome) o escribiendo 'dropbox' (**Figura 1**) en un buscador, y elegimos iniciar sesión.

En la parte derecha de la página electrónica, aparecerán los encasillados para escribir el usuario (plandemanejopesquerias@gmail.com) y clave (algaspardas), posteriormente para lograr el acceso a tu cuenta presiona iniciar sesión (**Figura 2**).

¿Cómo compartir una carpeta en Dropbox?

Luego de lograr acceso, aparecerá la página de inicio en donde emergerán carpetas y documentos contenidos en Dropbox, en donde debes seleccionar "carpeta plan de manejo" y luego "compartir enlace" en el menú de Dropbox (**Figura 3**).

A continuación, podrás enviar el enlace a usuarios interesados por correo electrónico. Se abrirá una página de Internet en donde aparecerá un encasillado para escribir la/s dirección/es electrónica/s de la/s persona/s con la/s que quieres compartir la carpeta y su contenido. Las direcciones de email deben estar separadas por coma (,). Presiona el botón de "enviar" para finalizar (**Figura 4**).

La/s otra persona/s recibirá un email con la confirmación. Sólo tienen que pinchar en el enlace y listo. Al hacer clic en el enlace, los usuarios accederán a una vista previa instantánea del archivo o la carpeta en el navegador.

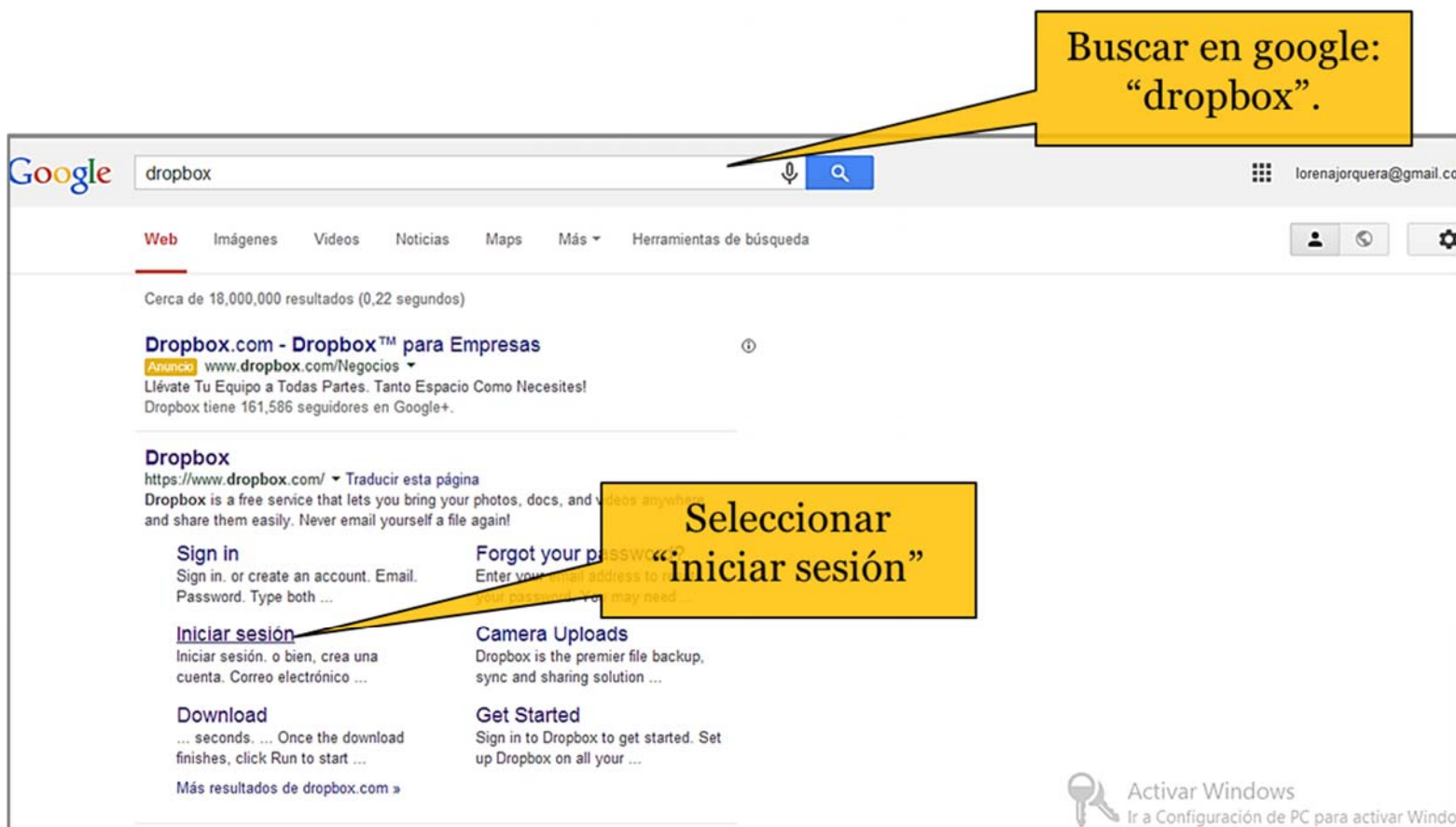


Figura 1. Pasos para acceder a Dropbox a través de la página electrónica.

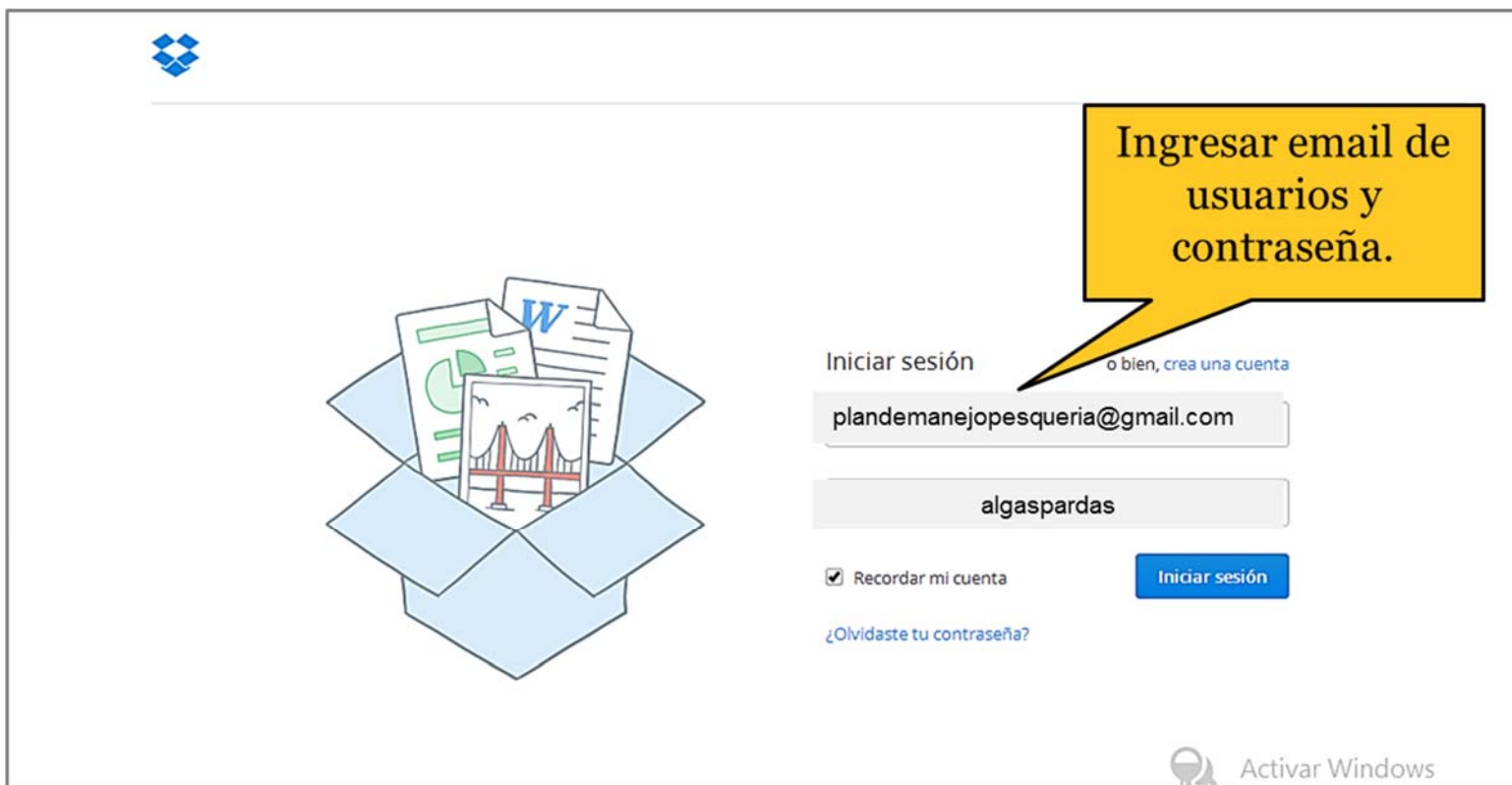


Figura 2. Encasillados para lograr acceso a la cuenta de usuario.

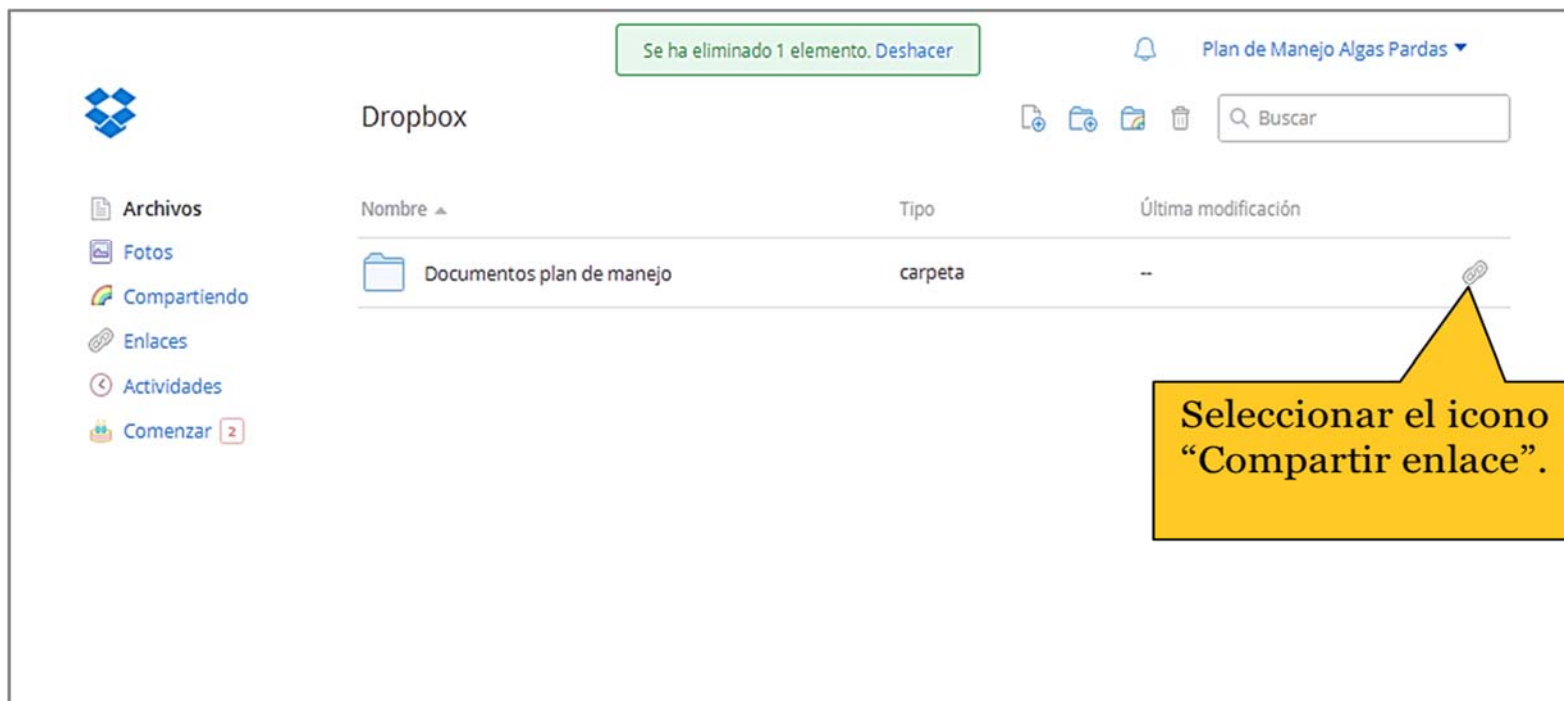


Figura 3. Página de inicio del programa.

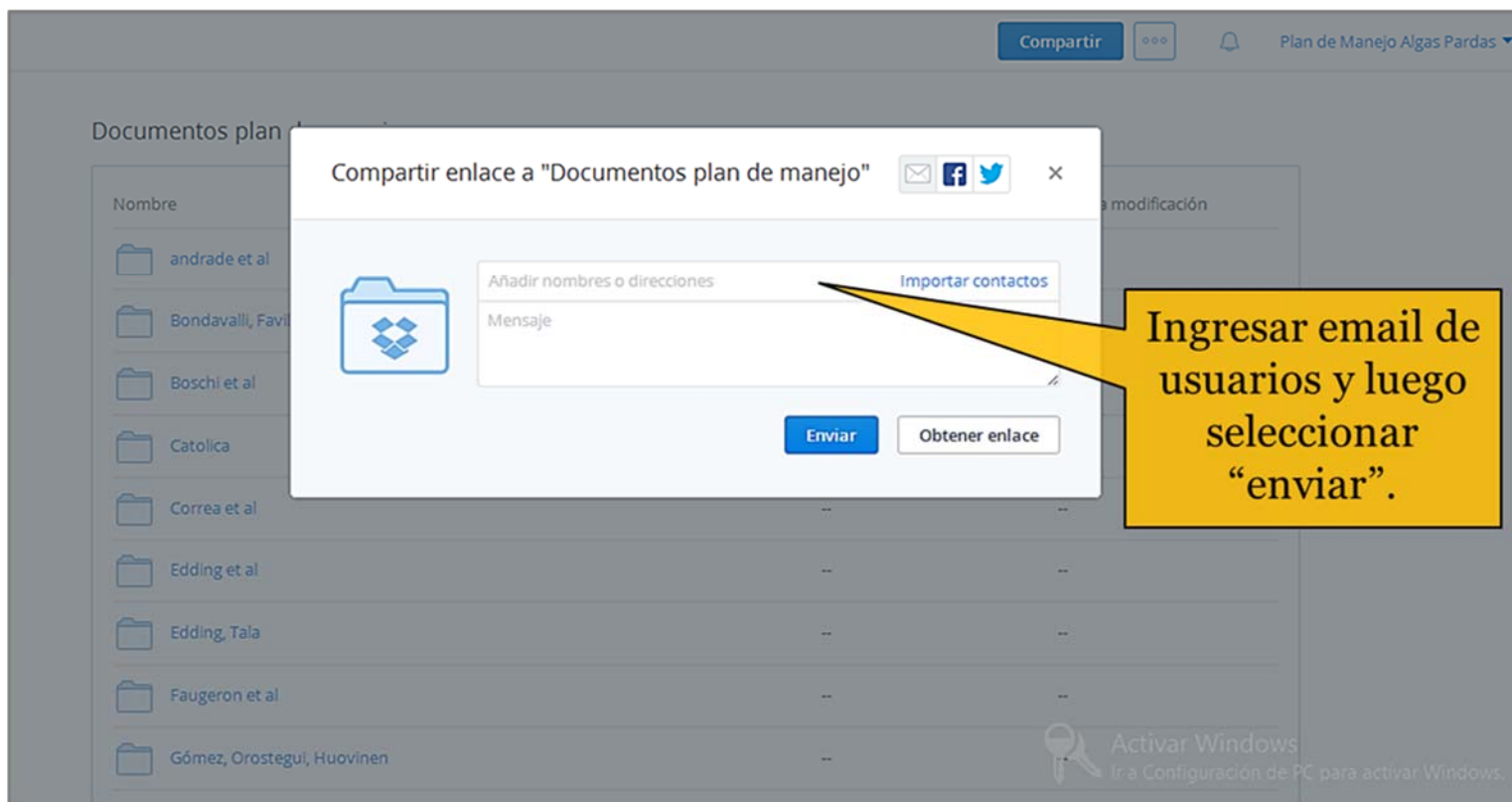


Figura 63. Encasillado para ingresar correos electrónicos de usuarios interesados en documentos.

9.3 Anexo Gestor Bibliográfico: Manual Mendeley para Usuarios

MANUAL MENDELEY

ACCESO BIBLIOGRÁFICO ASOCIADA A LA PESQUERÍA
DE ALGAS PARDAS PARA USUARIOS

¿Qué es Dropbox?

Es un programa para almacenar archivos en Internet de una manera privada y muy segura (en este caso publicaciones científicas relacionadas con las algas pardas). El servicio permite a los usuarios almacenar y sincronizar archivos en línea y entre computadoras, además de compartir archivos y carpetas con otras personas. Es un servicio que puede usarse tanto desde un computador personal como también desde otros computadores conectados a internet, a través de la página web de Dropbox (www.Dropbox.com).

Por lo tanto, esto nos permite disponer de un disco duro o carpeta virtual accesible desde cualquier computador en el mundo. Es lo mismo que tener un Pendrive USB pero alojado en Internet de tal forma que nos permite tener toda la información que deseemos en la web y con ello siempre disponible desde cualquier computador.

¿Cómo acceder al almacenamiento bibliográfico asociado a la pesquería de algas pardas a través de Dropbox?

Los documentos científicos (texto completo o resumen) se encuentran recopilados en el programa de almacenamiento Dropbox, el cual a través de una invitación (enlace vía correo electrónico) por parte del administrador (presidente del plan de manejo) se puede acceder a esta información.

¿Cómo descargar o visualizar un enlace recibido?

Luego de que el “Plan de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama” a través del administrador (presidente del comité de manejo) comparta un enlace en Dropbox, usted recibirá un correo electrónico que dirá en el encabezado o sujeto “documentos de plan de manejo”.

Abra el correo electrónico que fue enviado desde **Dropbox**, éste le dirá que una carpeta ha sido compartida con usted, y para poder acceder a esa carpeta que le han compartido deberá hacer clic con la flecha (puntero) del mouse o ratón en “Click here to view documentos de plan de manejo” como se muestra en la **(Figura 1)**.

¿Qué verá después de hacer click en el enlace?

Después de hacer clic en el enlace, usted accederá a una vista previa instantánea de la carpeta **“documentos plan de manejo”** en el navegador. Ahora, podrá descargar todos los archivos de la carpeta en su computador **(Figura 2)** o seleccionar algún documento de

interés mediante la elección entre documentos de la Región de Atacama o de otras Regiones (**Figura 3**), además cada una está organizada por área de interés (ej. Cultivo, ecología, contaminación, recursos económicos, etc.) tal como se muestra en la (**Figura 4**).

¿Cómo puedo tener acceso a un documento de interés?

Debe ingresar a la carpeta, en donde aparece el nombre del autor, sobre el cual se debe hacer un click (**Figura 5**). Posteriormente, verá el nombre del documento el cual debe ser presionado (**Figura 6**) y el programa le entregará acceso inmediato para visualizar o descargar el archivo tal como se muestra en la (**Figura 7**).

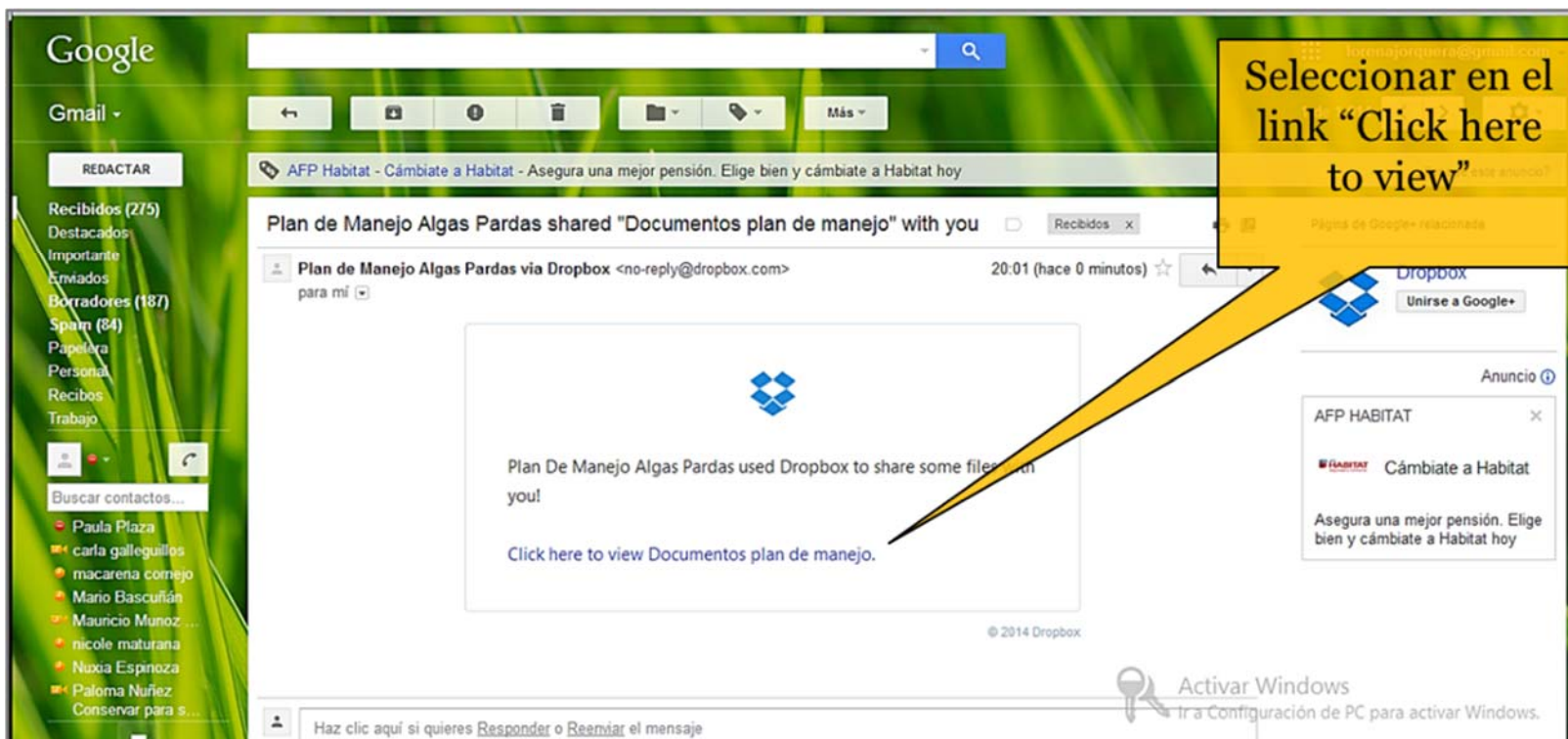


Figura 1. De esta forma se verá en su correo electrónico el mensaje.

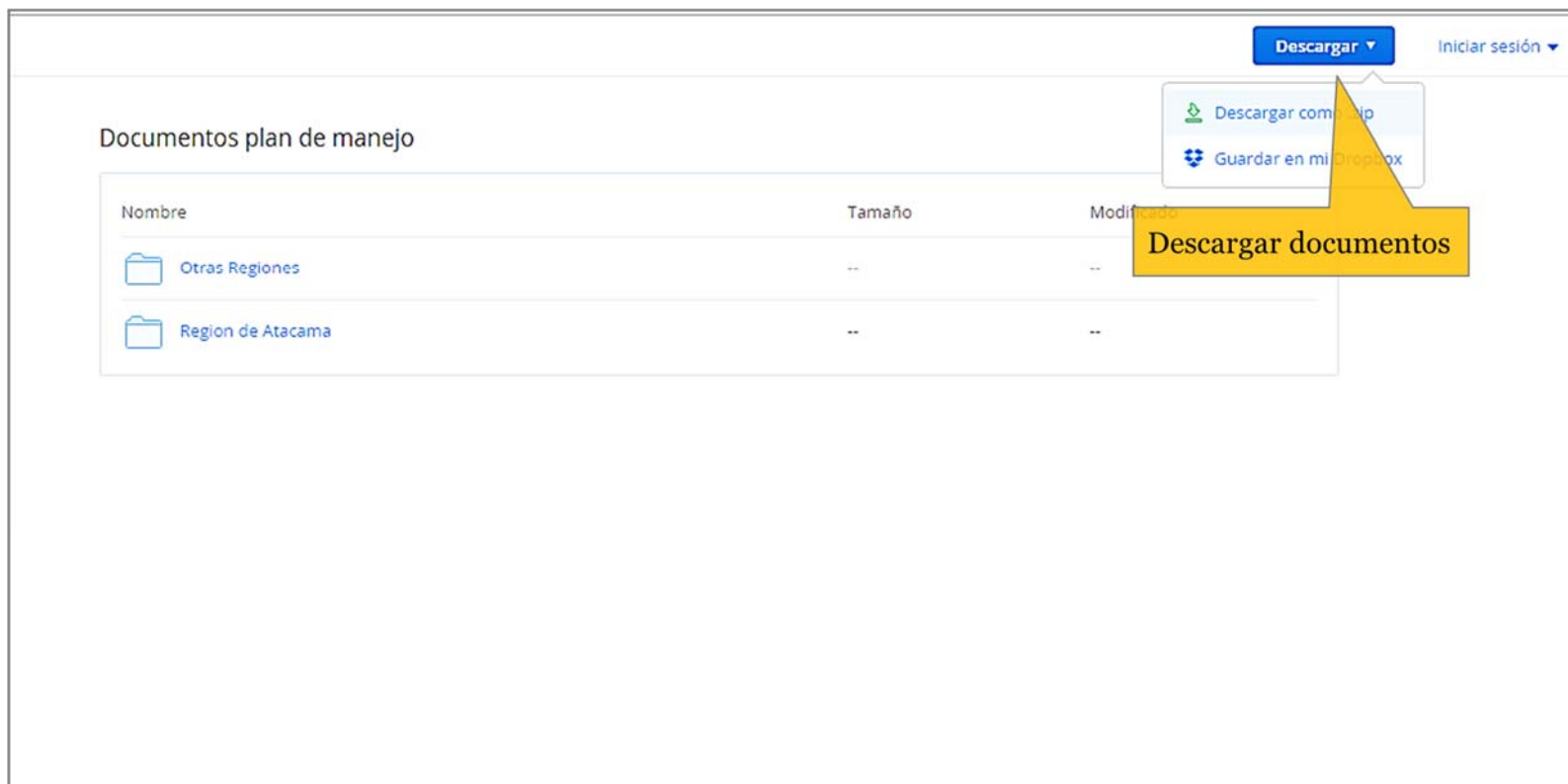


Figura 2. Muestra opción de descarga de todos los documentos.

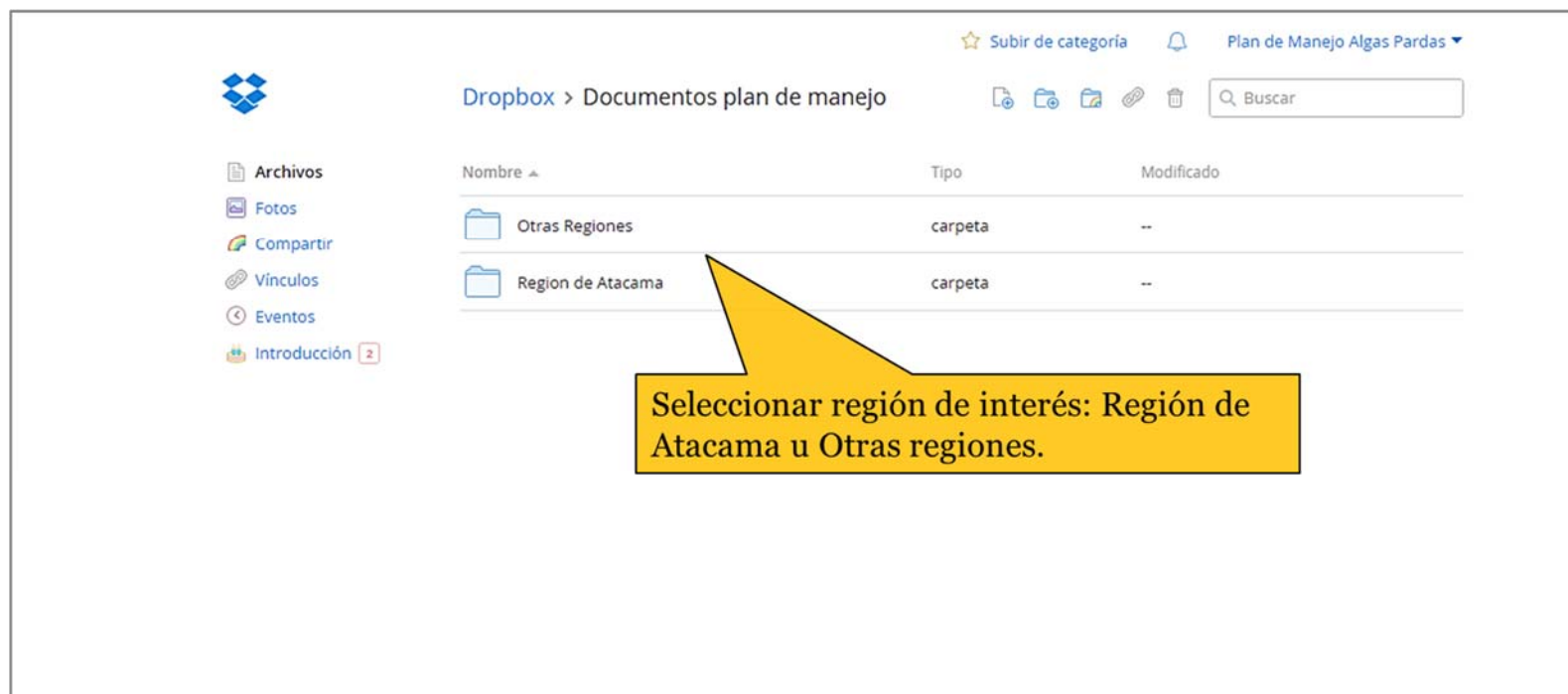


Figura 3. Muestra los documentos organizados en dos carpetas: Región de Atacama y otras regiones (seleccionar la carpeta de interés).

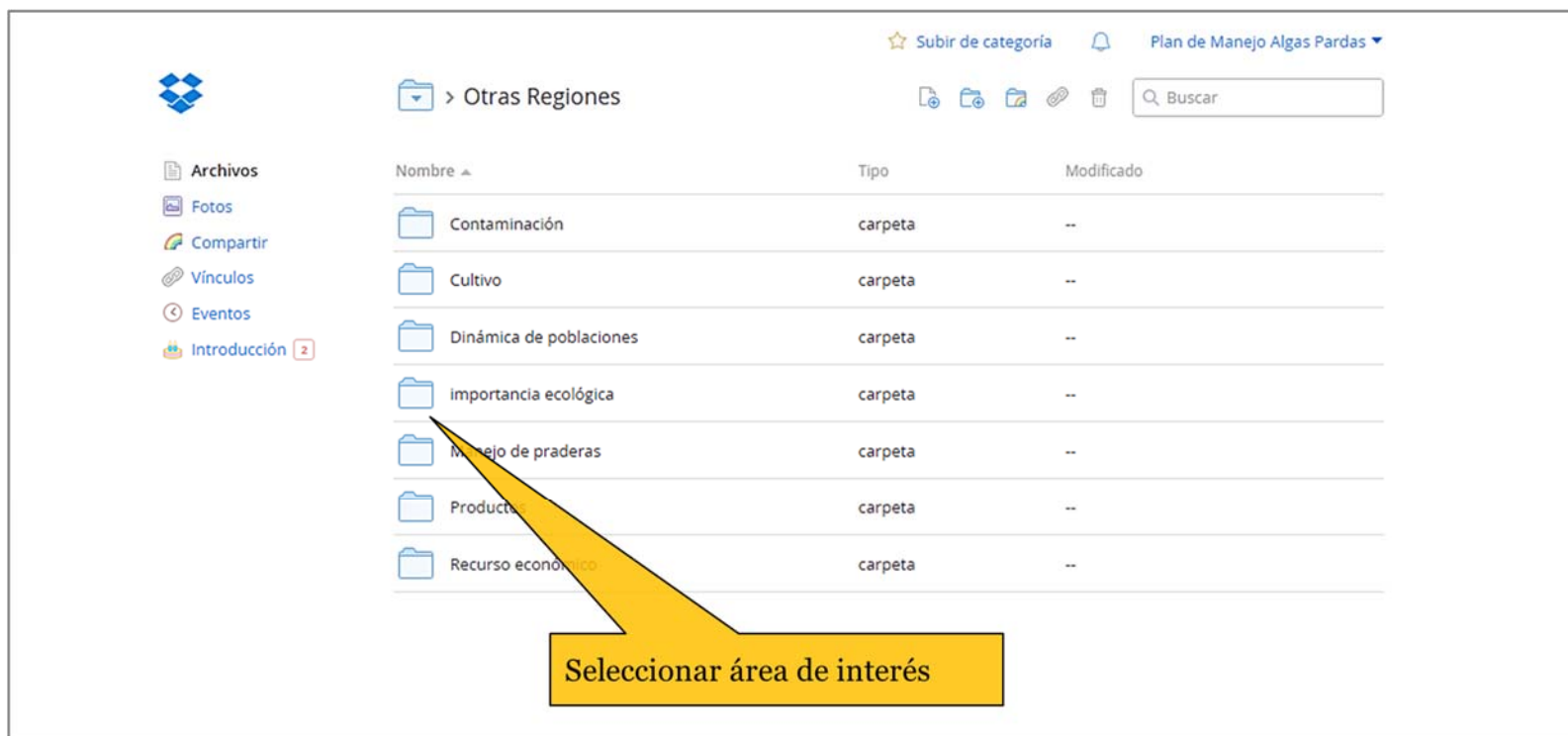


Figura 4. Muestra documentos organizados en carpetas según el área de interés del usuario.

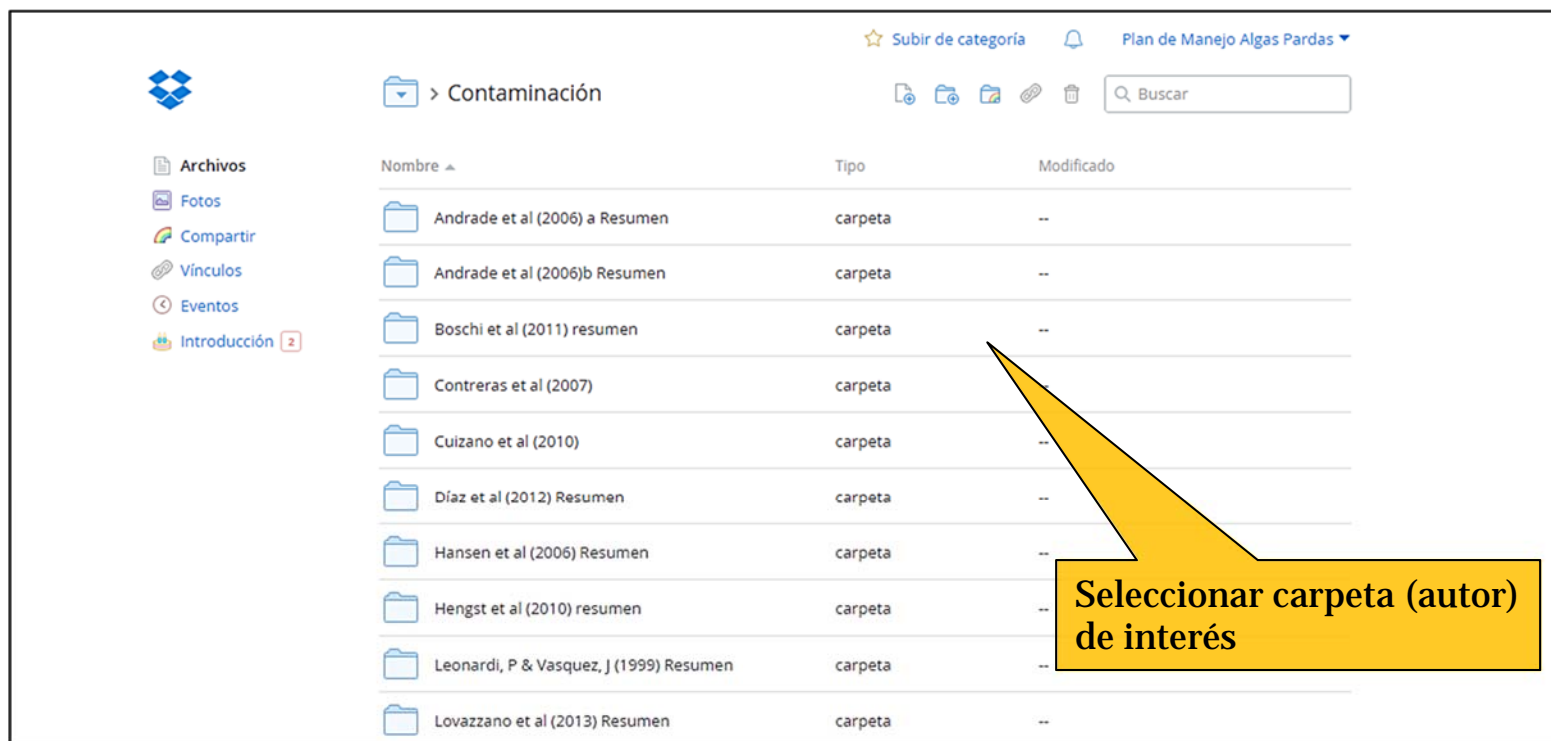


Figura 5. Muestra las carpetas organizadas por autor, además se puede visualizar si el documento es un texto completo o resumen.



Figura 6. Muestra título del documento de interés.

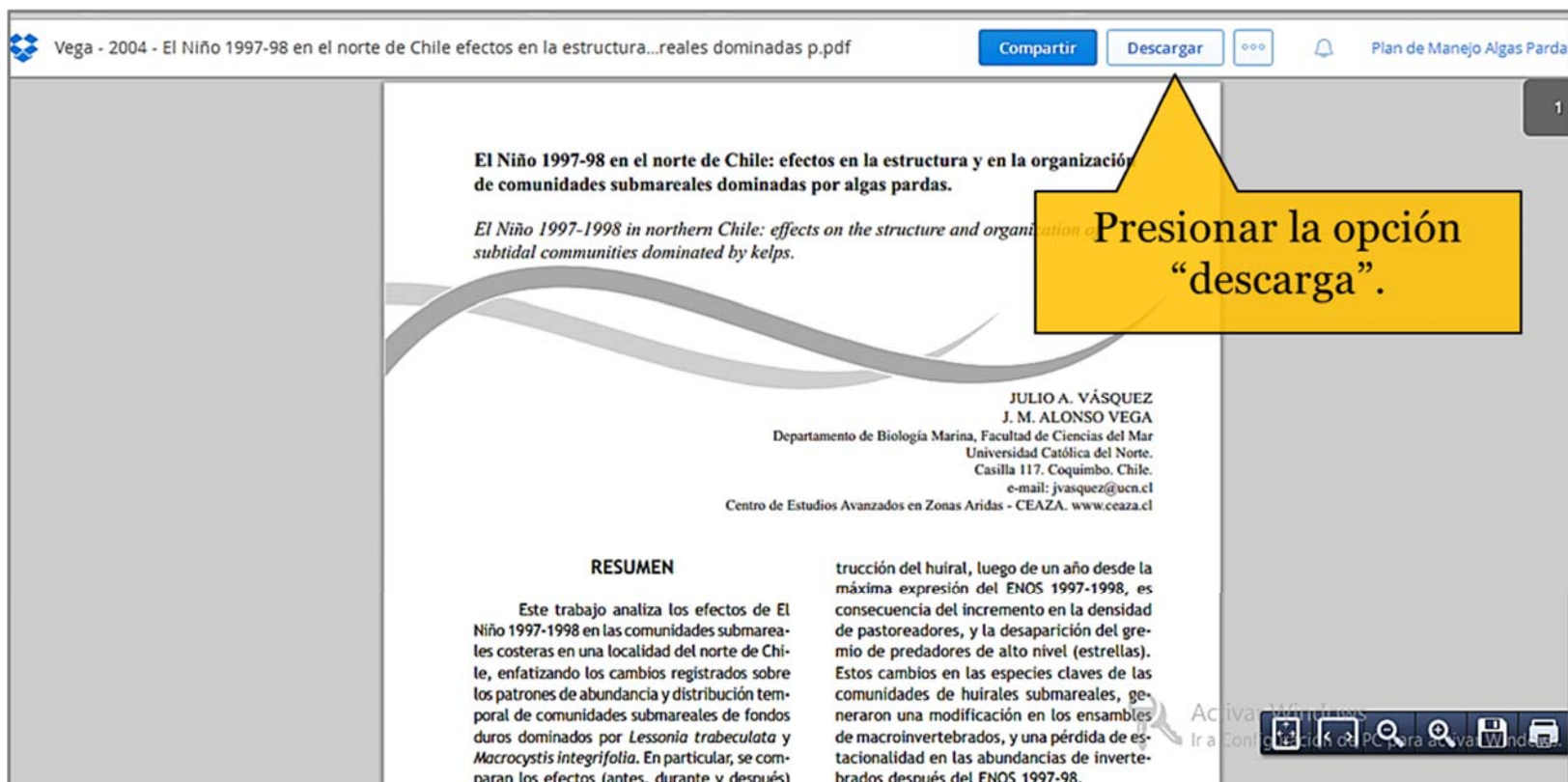





Figura 7. Muestra la opción de descarga del documento.

9.4 Anexo Registro de Asistencia






Programa Operación y Asesoría a los planes de Manejo de la
Pesquería de Algas Pardas III Región, 2013-2014, y de Bahía Chasco

Objetivo: REUNION COORDINACIÓN COMITES

Lugar: CESSO, BUEN PASTOR 765 COQUIMBO Fecha: 2 /ENE/ 2014

| ASISTENTES | | |
|-------------------|-----------------------|--|
| NOMBRE | INSTITUCION / UNIDAD | FIRMA |
| CAROLINA OLIVARES | CESSO |  |
| Manuel Andrade | Prof. D.2-P. II COMUS |  |
| Cristófer Fagnano | CESSO |  |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica,
como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas
Pardas. III Región, 2013-2014



Objetivo: REUNIÓN DE COORDINACIÓN

Lugar: DIRECCIÓN ZONAL COQUIMBO Fecha: 10/Ene/2014

| ASISTENTES | | |
|---------------------|----------------------|-------|
| NOMBRE | INSTITUCION / UNIDAD | FIRMA |
| CAROLINA OLIVARES F | CESSO | |
| Alonso Upea P. | CESSO | |
| Monvel Andrade | Profesional. D-2P. | |
| Andrés Hurtado | Subprocura | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |




Programa Operación y Asesoría a los planes de Manejo de la
Pesquería de Algas Pardas III Región, 2013-2014, y de Bahía Chasco




| | |
|------------------------------------|----------------------|
| Objetivo: REUNION DE COORDINACION | |
| Lugar: Direccion Zonal IV COQUIMBO | Fecha: 22 Enero 2014 |

| ASISTENTES | | |
|---------------------|-------------------------|-------|
| NOMBRE | INSTITUCION / UNIDAD | FIRMA |
| Manuel Andrade | Profesional DZP II ZONA | |
| José Rivera V. | URB - SSPA | |
| Edwardo P. Pérez | UCV | |
| Alamp Upe | CESSO - ECOS Arcton | |
| Gonzalo Araya | ECOS | |
| Javier Chaza | DZP. (Subzona) | |
| Carolina Olivares F | CESSO | |
| Carlos Toro Jm. | CESSO | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



**Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica,
como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas
Pardas. III Región, 2013-2014**



| | |
|---|--------------------------|
| Objetivo: <i>Reunión de coordinación y avance</i> | |
| Lugar: <i>DE</i> | Fecha: <i>26-03-2014</i> |

| ASISTENTES | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| NOMBRE | INSTITUCION / UNIDAD | FIRMA |
| <i>Carolina Olivares</i> | <i>CESSO</i> | <i>[Signature]</i> |
| <i>Alonso Urra</i> | <i>Cesfo - UCN</i> | <i>[Signature]</i> |
| <i>Gonucel Andrade</i> | <i>Profesionales D.P.</i> | <i>[Signature]</i> |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

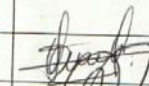

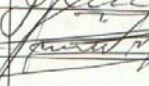



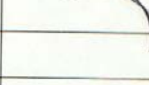

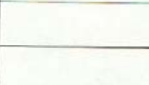
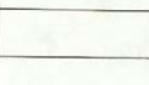
1




Programa Operación y Asesoría al plan de Manejo de Algas Pardas
III Región, 2013-2014





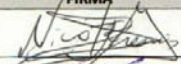


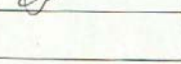
Objetivo: SESION ORDINARIA
 Lugar: UDA CALDERA Fecha: 22/04/2014

| ASISTENTES MIEMBROS DEL COMITÉ | | |
|--------------------------------|---|---|
| NOMBRE | CALIDAD DEL REPRESENTANTE | FIRMA |
| | Presidente del Comité – Dirección Zonal III-IV Regiones | |
| Manuel Andrade | Subrogante del Presidente – Dirección Zonal III-IV Regiones |  |
| Tomás Fredes | Titular Provincia de Chañaral |  |
| Jorge Grenett | Suplente Provincia de Chañaral |  |
| Roberto Ramírez | Titular Provincia de Copiapó |  |
| Jorge Morales | Suplente Provincia de Copiapó |  |
| Héctor Zuleta | Titular Provincia de Huasco |  |
| René Álvarez | Suplente Provincia de Huasco |  |
| René Salinas | Titular ASIPEC |  |
| Sergio Ubillo | Suplente ASIPEC |  |
| Roberto Cabezas | Titular COPRAM |  |
| Eduardo Bustos | Suplente COPRAM | |
| Jaime Viñales | Titular COPRAM | |
| Gustavo Blas | Suplente COPRAM | |
| Manuel Martínez | Titular SERNAPESCA III Región | |
| Ricardo Catalán | Subrogante SERNAPESCA III Región | |
| Mario Silva | Titular Secretaría Regional Economía | |
| | Subrogante Secretaría Regional Economía | |



Programa Operación y Asesoría al plan de Manejo de Algas Pardas
III Región, 2013-2014



| OTROS ASISTENTES | | |
|-------------------|---------------------|---|
| NOMBRE | INSTITUCIÓN / CARGO | FIRMA |
| Nicole Matveza | DZP VI y IV |  |
| Ivan Miranda L. | Servicio Pesca |  |
| Javier Rivera | SSPA-URB |  |
| Carolina Olivares | CESSO |  |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |


2



Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica,
como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas
Pardas, III Región, 2013-2014


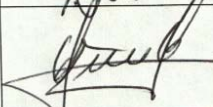
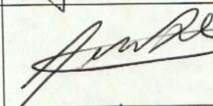

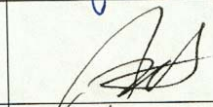



| | |
|--|--------------------|
| Objetivo: COORDINACIÓN APLICACIÓN PESCA DE INVESTIGACIÓN | |
| Lugar: SERNARESCA | Fecha: 5 Mayo 2014 |

| ASISTENTES | | |
|-------------------|----------------------|---|
| NOMBRE | INSTITUCION / UNIDAD | FIRMA |
| Ivón Miranda L | Ser ma Pesca |  |
| Carolina Olivares | CESSO | |
| Alonso Ugeux | CESSO | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |


Registro de Asistencia

Reunión Seguimiento CESSO- DIRECCIÓN ZONAL 9-06-2014


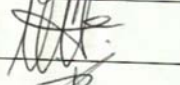

| NOMBRE | ORGANIZACIÓN / INSTITUCIÓN | UNIDAD / CARGO | FIRMA |
|-------------------|----------------------------|----------------|---|
| Alonso Urrutia | Cesso | Investigador |  |
| Monuel Andrade | D.Z.P. | Profesional |  |
| Javier Rivera V. | D.Z.P. | Director |  |
| Javier Chavez U. | D.Z.P. | Referend |  |
| Carlos Espinoza | D.Z. | Cesso |  |
| Caroline Olivares | Cesso | |  |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |




Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica,
como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas
Pardas. III Región, 2013-2014




| | |
|---------------------------|----------------------|
| Objetivo: REUNIÓN TÉCNICA | |
| Lugar: SERNAPESCA CALDERA | Fecha: 15 Julio 2014 |

| ASISTENTES | | |
|-------------------|----------------------|--|
| NOMBRE | INSTITUCIÓN / UNIDAD | FIRMA |
| Carolina Olivares | CESSO |  |
| Alonso Upe | CESSO |  |
| Ivan Yrrenda G. | Ser na Pesca |  |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |




Programa Operación y Asesoría al plan de Manejo de Algas Pardas
III Región, 2013-2014



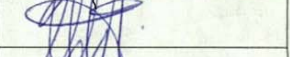
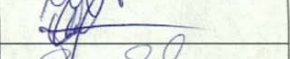
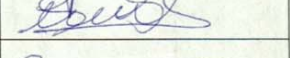





| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Objetivo: <i>SESION ORDINARIA</i> | |
| Lugar: <i>UDA CALDERA</i> | Fecha: <i>8 Agosto 2014</i> |

| ASISTENTES MIEMBROS DEL COMITÉ | | |
|---|---|--------------------|
| NOMBRE | CALIDAD DEL REPRESENTANTE | FIRMA |
| Javier Rivera | Presidente del Comité – Dirección Zonal III-IV Regiones | <i>[Signature]</i> |
| Manuel Andrade | Subrogante del Presidente – Dirección Zonal III-IV Regiones | <i>[Signature]</i> |
| Tomás Fredes | Titular Provincia de Chañaral | <i>[Signature]</i> |
| Jorge Grenett | Suplente Provincia de Chañaral | <i>[Signature]</i> |
| Roberto Ramírez | Titular Provincia de Copiapó | <i>[Signature]</i> |
| Jorge Morales | Suplente Provincia de Copiapó | <i>[Signature]</i> |
| Héctor Zuleta | Titular Provincia de Huasco | <i>[Signature]</i> |
| René Álvarez | Suplente Provincia de Huasco | <i>[Signature]</i> |
| René Salinas | Titular ASIPEC | <i>[Signature]</i> |
| Sergio Ubillo | Suplente ASIPEC | <i>[Signature]</i> |
| Roberto Cabezas | Titular COPRAM | <i>[Signature]</i> |
| Eduardo Bustos | Suplente COPRAM | <i>[Signature]</i> |
| Jaime Viñales | Titular COPRAM | <i>[Signature]</i> |
| Gustavo Blas | Suplente COPRAM | <i>[Signature]</i> |
| Manuel Martínez | Titular SERNAPESCA III Región | <i>[Signature]</i> |
| <i>En la vida de</i> (Ricardo Catalán) | Subrogante SERNAPESCA III Región | <i>[Signature]</i> |
| Mario Silva | Titular Secretaría Regional Economía | |
| | Subrogante Secretaría Regional Economía | |


1


Programa Operación y Asesoría al plan de Manejo de Algas Pardas
 III Región, 2013-2014

| OTROS ASISTENTES | | |
|-------------------|---------------------|--|
| NOMBRE | INSTITUCIÓN / CARGO | FIRMA |
| Nicolás Espinoza | ECOS |  |
| GONZALO OLEA | ECOS |  |
| Alonso Vega | CESSO |  |
| Carolina Olivares | CESSO |  |
| Ivete Núñez | CESSO |  |
| Gabriel Rojas | ECOS |  |
| FELIPE THOMAS | ECOS |  |
| Nicole Maldonado | DZPA |  |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

9.5 Anexo Presentaciones (Power Point) exhibidas en el Comité de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama

PRESENTACIÓN EXHIBIDA EN SESIÓN EL 22-04-2014


 **CESSO**


Centro de Estudios de Sistemas Sociales
COLABORACIÓN INNOVACIÓN DESARROLLO

Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica, como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas. III Región, 2013-2014

Proyecto financiado por la Subsecretaría de Pesca y
Acuicultura.

Autores
Alonso Vega
Carolina Olivares
Lorena Jorquera
Sebastián Morales
Nicole Piaget
Carlos Tapia
Iver Núñez





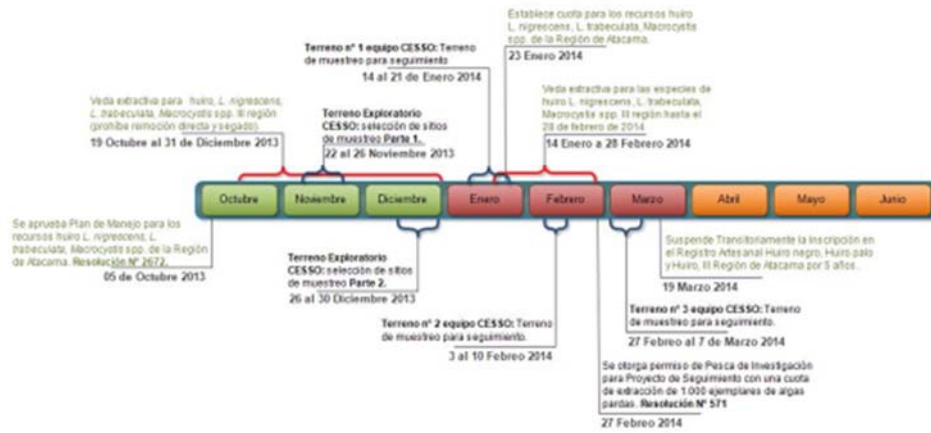
Objetivos del Seguimiento

Objetivo general
Proponer y aplicar una metodología para la evaluación del desempeño de Plan de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama.

Objetivos específicos

1. Monitorear el **estado poblacional de *Lessonia nigrescens*** considerando muestreos mensuales en localidades más representativas en desembarque de la región
2. Generar una base de datos digitalizada **bibliográfica de literatura científica**, actualizada, sistematizada y relacional con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama, con énfasis en el género *Lessonia* y *Macrocystis*, de fácil consulta para los miembros del Comité de Manejo.
3. Monitorear mensualmente localidades representativas de **desembarque en la Región de Atacama**, considerando las **características morfométricas y gravimétricas** de los recursos *Macrocystis integrifolia*, *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, definiendo su procedencia (mortalidad natural o por pesca).
4. De acuerdo a la información disponible y los resultados del proyecto, generar una base de datos y **un set de indicadores** que permitan evaluar el estado de las praderas en el tiempo.

Avances en la ejecución del Seguimiento del Plan de Manejo – Línea de tiempo



PROVINCIA DE CHAÑARAL

1. Los Toyos

PROVINCIA DE COPIAPO

2. Caldera

3. Totoral Bajo

PROVINCIA DE HUASCO

4. Caleta Angosta

5. Los Bronces

6. Chañaral de Aceituno





1. Los Toyos



2. Caldera





3. Total Bajo



4. Caleta Angosta





5. Los Bronces



6. Chañaral de Aceituno



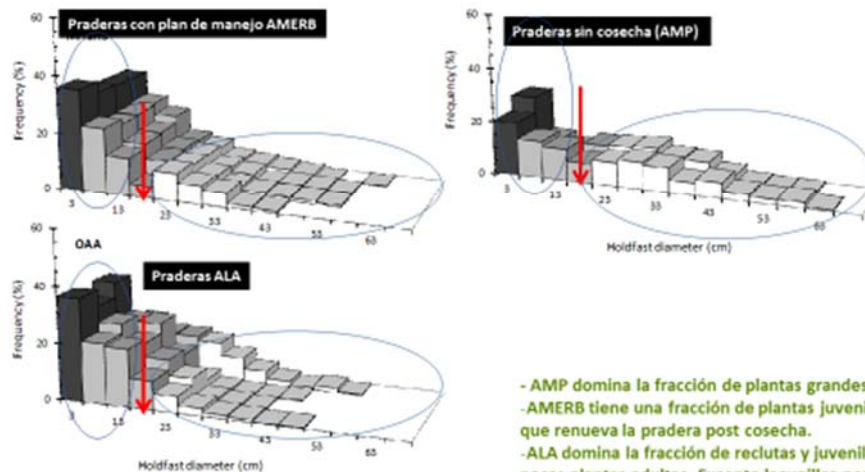
Indicadores ecológicos

o Los indicadores ecológicos son características medibles de la composición, estructura y/o función del ecosistema.

| | INDICADORES | | | |
|----------------------|--|--------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Composición | Estructura | Función | Método |
| Regional/Paisaje | Distribución de especies | Heterogeneidad/Conectividad | Procesos de Disturbios | Censos Remotos/GIS |
| | TiPos de hábitats | Fragmentación/Configuración | Tasa ciclo de nutrientes | Estadística espacial |
| | Identidad/Diversidad | Patrones Distribución hábitats | Persistencia de parches | Serie de Tiempo |
| Comunidad/Ecosistema | Composición/Riqueza | Complejidad de Hábitat | Productividad | Censos Remotos |
| | Abundancia/Cobertura | Disponibilidad de nutrientes | Colonización/Extinción | Métodos de muestreo |
| | Diversidad/Uniformidad | Distribución de nutrientes | Ciclo de nutrientes | Índices matemáticos |
| | Gremios | Características físicas | Dinámica de Parches | Serie de tiempo |
| Especie/Población | Estructura poblacional Atributos demográficos | | | Censos directos |
| | | | | Censos indirectos |
| Gen/individuo | | | | Marcaje y Recaptura |
| | Diversidad alélica | Heterocigocidad | Tasa de deriva genica | Secuenciación DNA |
| | Nutrientes (P,L,C) | Caracterización química | Relación C:N | Análisis Bromatológico |
| | Aminoácidos/Complejos | Proteínas/Enzimas | Actividad enzimática | Electroforesis |

o Fácil de identificar y de medir, de interés público y de bajo costo.

Estructura de tallas de huiro negro (Ø del disco) en áreas con distintos escenarios de cosecha



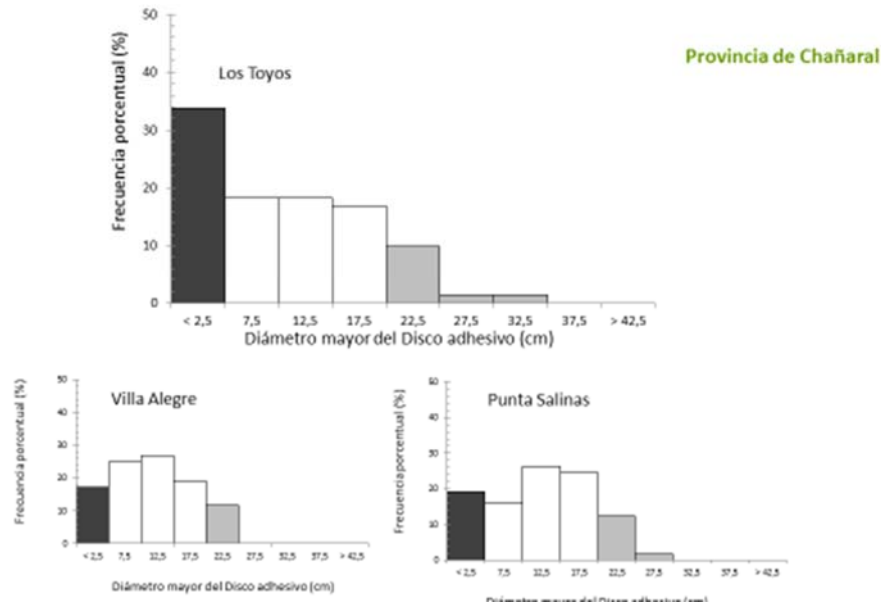
- AMP domina la fracción de plantas grandes.
- AMERB tiene una fracción de plantas juveniles que renueva la pradera post cosecha.
- ALA domina la fracción de reclutas y juveniles, pocas plantas adultas. Excepto lagunillas por accesibilidad (se comporta como AMERB).

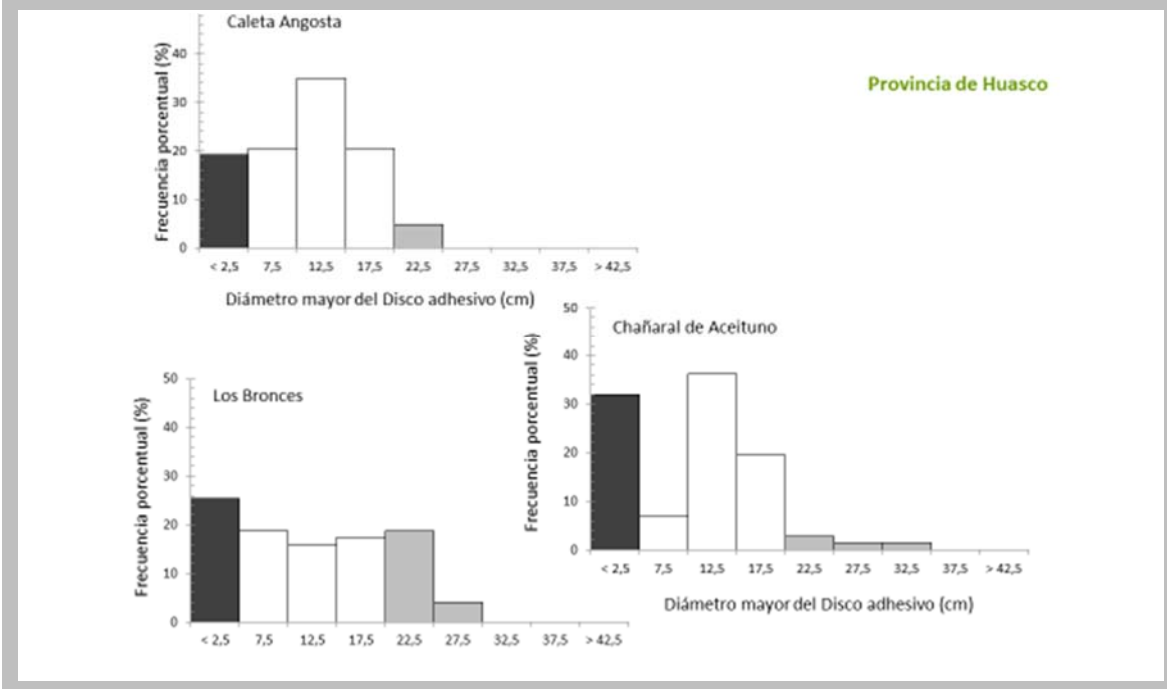
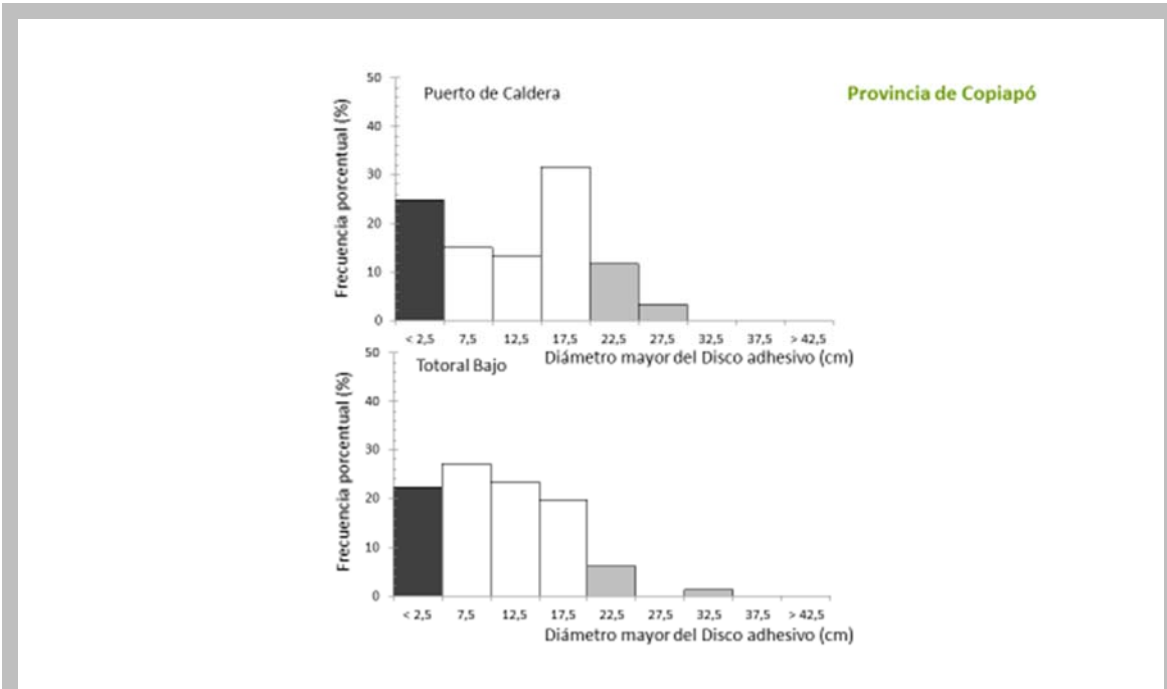


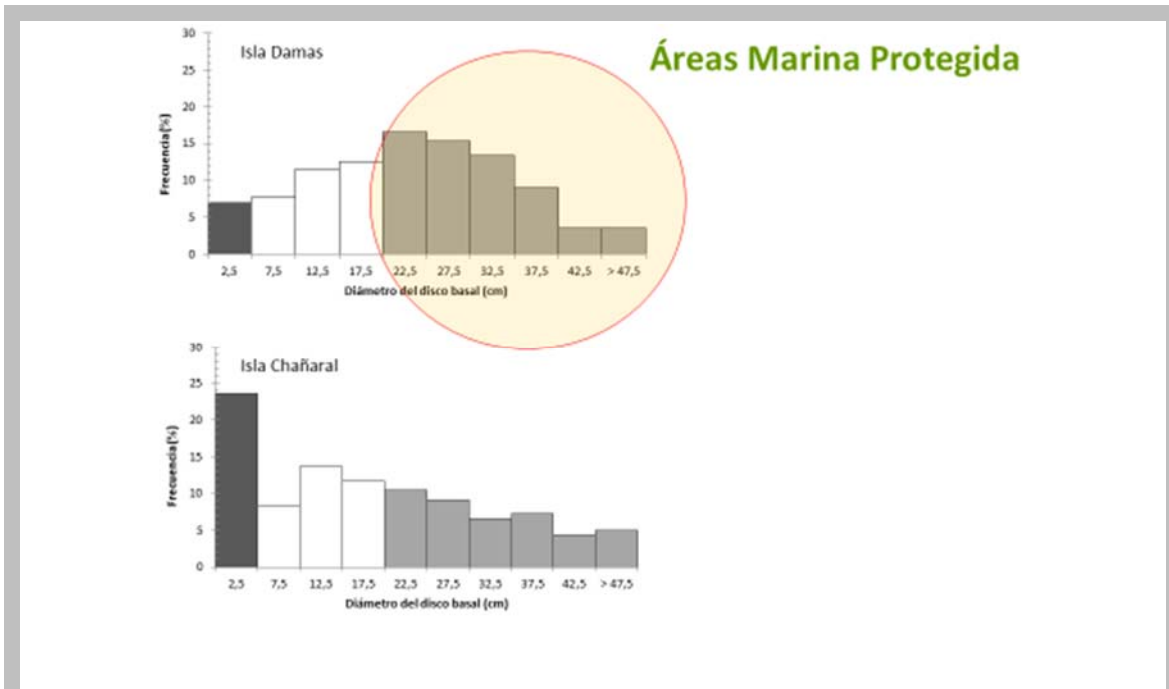
Indicadores ecológicos para monitorear en praderas de *L. nigrescens*

| VARIABLE DEMOGRAFICA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DECISION (CRITERIO) | | FUENTE DE VERIFICACIÓN | REQUERIMIENTO ADICIONAL | COSTOS DEL ITEM |
|--|---|-------------------------|---|---|---|--|---|
| | | | COSECHAR | NO COSECHAR | | | |
| Densidad de plantas adultas de talla mínima de cosecha | Numero de individuos por m ² | Permanente y estacional | Cuando la densidad es $\geq 2,0$ plantas por m ² | Cuando la densidad es $\leq 1,5$ plantas por m ² | Desembarque de los pescadores, estudios científicos | Implementación de un sistema de registro por área de cosecha, zona y región. | Estudios científicos, capacitación para el sistema de registro. |
| Biomasa | Kilogramos por m ² | | Cuando la biomasa es ≥ 25 kg por m ² | Cuando la biomasa es < 20 kg por m ² | | | |
| Reclutamiento | Numero de reclutas por m ² (≤ 1 cm DD) | | Cuando la densidad es ≤ 5 reclutas por m ² | Cuando la densidad es > 40 reclutas por m ² | | | |
| Estructura de tallas de la pradera | Estructura poblacional usando diámetro disco | | Cuando la biomasa cosechable es $\geq 30\%$ de la biomasa | Cuando la biomasa cosechable es $\leq 20\%$ de la biomasa | | | |

Estructura de tallas de las praderas







Poblaciones de Areas Marinas Protegidas



PRESENTACIÓN EXHIBIDA EN SESIÓN EL 08-08-2014


The slide features the CESSO logo and name in the top left, and the full name 'Centro de Estudios de Sistemas Sociales' with the tagline 'COLABORACIÓN INNOVACIÓN DESARROLLO' in the top right. The main title is 'Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica, como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de Algas Pardas. III Región, 2013-2014'. Below the title, it states the project is funded by the Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. A list of authors is provided on the right. At the bottom, there are five small images showing various stages of seaweed cultivation and processing, followed by the website 'www.cesso.cl' and the slogan 'por una participación real, activa y responsable' with the date 'Agosto 2014'.

CESSO Centro de Estudios de Sistemas Sociales
COLABORACIÓN INNOVACIÓN DESARROLLO

**Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica,
como insumo para Plan de Manejo de la Pesquería de
Algas Pardas. III Región, 2013-2014**

Proyecto financiado por la Subsecretaría de Pesca y
Acuicultura.

Autores
Alonso Vega
Carolina Olivares
Lorena Jorquera
Manuel Díaz
Nicole Piaget
Carlos Tapia
Iver Núñez



www.cesso.cl por una participación real, activa y responsable Agosto 2014

**Objetivo General del Seguimiento**

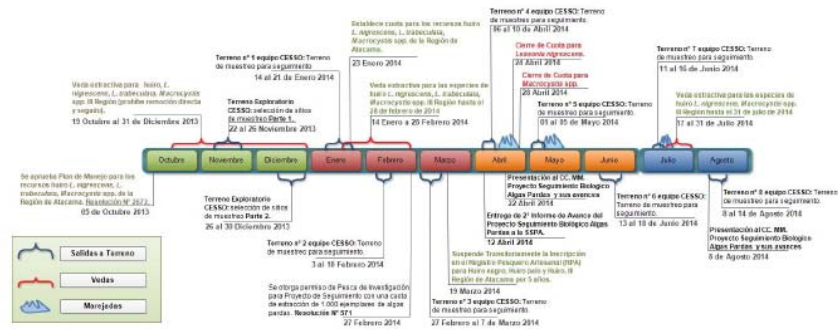
Proponer y aplicar una metodología para la evaluación del desempeño de Plan de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama.

Objetivos Específicos del Seguimiento

1. Monitorear el **estado poblacional de *Lessonia nigrescens*** considerando muestreos mensuales en localidades más representativas en desembarque de la región
2. Generar una base de datos digitalizada **bibliográfica de literatura científica**, actualizada, sistematizada y relacional con los antecedentes disponibles para la pesquería en la Región de Atacama, con énfasis en el género *Lessonia* y *Macrocyctis*, de fácil consulta para los miembros del Comité de Manejo.
3. Monitorear mensualmente localidades representativas de **desembarque en la Región de Atacama**, considerando las **características morfométricas y gravimétricas** de los recursos *Macrocyctis integrifolia*, *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*, definiendo su procedencia (mortalidad natural o por pesca).
4. De acuerdo a la información disponible y los resultados del proyecto, generar una base de datos y un **set de indicadores** que permitan evaluar el estado de las praderas en el tiempo.



Período de ejecución del Seguimiento del Plan de Manejo – Línea de tiempo



Indicadores ecológicos

o Los indicadores ecológicos son características medibles de la composición, estructura y/o función del ecosistema.

| INDICADORES | | | | |
|----------------------|---|---|---|--|
| | Composición | Estructura | Función | Método |
| Regional/Paisaje | Distribución de especies Tipos de hábitats Identidad/Diversidad | Heterogeneidad/Conectividad Fragmentación/Configuración Patrones Distribución hábitats | Procesos de Disturbios Tasa ciclo de nutrientes Persistencia de parches | Censos Remotos/GIS Estadística espacial Series de Tiempo |
| Comunidad/Ecosistema | Composición/Riqueza Abundancia/Cobertura Diversidad/Uniformidad | Complejidad de Hábitat Disponibilidad de nutrientes Distribución de nutrientes Gremios | Productividad Colonización/Extinción Ciclo de nutrientes Dinámica de Parches | Censos Remotos Métodos de muestreo Indices matemáticos Series de tiempo |
| Especie/Población | Estructura poblacional Atributos demográficos | | | Censos directos Censos indirectos Marcaje y Recaptura |
| Gen/individuo | Diversidad alélica Nutrientes (P,L,C) Aminoácidos/Complejos | Heterozigocidad Caracterización química Proteínas/Enzimas | Tasa de deriva genica Relación C:N Actividad enzimática | Sequenciación DNA Análisis Bromatológico Electroforesis |

o Fácil de identificar y de medir, de interés público y de bajo costo.

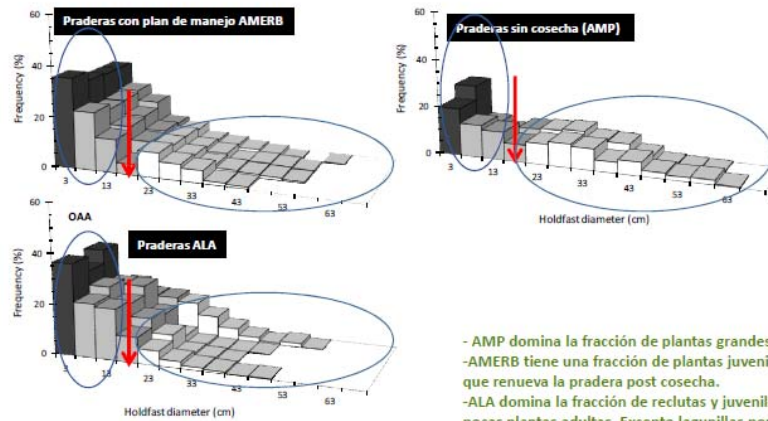
Indicadores pesqueros para monitorear el desembarque de *L. nigrescens* (Vega et al. 2014)

| VARIABLE PESQUERA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DE DECISIÓN | FUENTE DE VERIFICACION | REQUERIMIENTOS ADICIONALES | COSTOS DE INVERSION |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|---|--|--|---|
| Desembarque (Kg) | Cuota de pesca por área de cosecha | Permanente (Captura diaria) | Cuando la cuota de pesca es alcanzada se detiene la cosecha | Formulario de pesca artesanal (DA) | Implementación de un sistema electrónico de registro de desembarque pesquero | Implementación y mantenimiento de equipamiento electrónico, entrenamiento |
| Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) | Captura por unidad de esfuerzo [Kg/pescador/hora] por pradera o área. Arte de pesca: "barreta" | Permanente (Mensual) | Cuando la CPUE es < 150 kg/pescador/hora (prohibir la pesca, rotar área de extracción, cambiar arte de pesca) | Investigación científica, registro de desembarque, estadísticas de desembarque | Implementación de un sistema de registro de CPUE por área | Monitores para registrar la información de desembarque, entrenamiento |
| Talla mínima legal de captura (TML) | Variable morfológica: diámetro del disco TML=20 cm | Permanente (Estacional) | Cuando la TML diámetro disco es ≤ 20 cm. [rotar área, cambiar arte, prohibir pesca] | Investigación científica, registro de desembarque, estadísticas de desembarque | Implementación de un sistema de registro de TML por área | Monitores para registrar la información de desembarque, entrenamiento |

Indicadores ecológicos para monitorear praderas de *L. nigrescens* (Vega et al. 2014)

| VARIABLE DEMOGRAFICA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DESICION (CRITERIO) | | FUENTE DE VERIFICACIÓN | REQUERIMIENTO ADICIONAL | COSTOS DEL ITEM |
|--|---|-------------------------|--|--|---|--|---|
| | | | COSECHAR | NO COSECHAR | | | |
| Densidad de plantas adultas de talla mínima de cosecha | Numero de individuos por m ² | Permanente y estacional | Cuando la densidad es $\geq 2,0$ plantas por m ² | Cuando la densidad es $\leq 1,5$ plantas por m ² | Desembarque de los pescadores, estudios científicos | Implementación de un sistema de registro por área de cosecha, zona y región. | Estudios científicos, capacitación para el sistema de registro. |
| Biomasa | Kilogramos por m ² | | Cuando la biomasa es ≥ 25 kg por m ² . | Cuando la biomasa es < 20 kg por m ² . | | | |
| Reclutamiento | Numero de reclutas por m ² (≤ 1 cm DD) | | Cuando la densidad es ≤ 5 reclutas por m ² | Cuando la densidad es > 40 reclutas por m ² | | | |
| Estructura de tallas de la pradera | Estructura poblacional usando diámetro disco adhesivo | | Cuando la biomasa cosechable es $\geq 30\%$ de la biomasa disponible | Cuando la biomasa cosechable es $\leq 20\%$ de la biomasa disponible | | | |

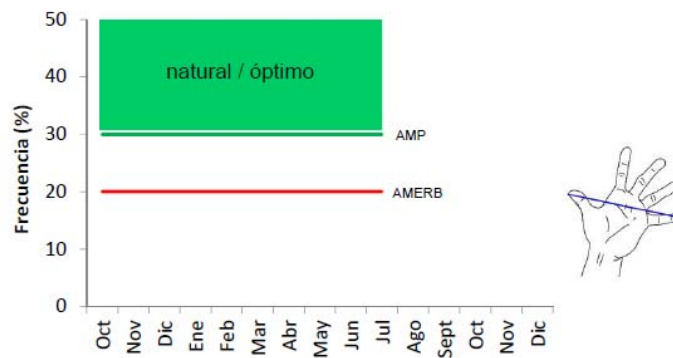
Estructura de tallas de huiro negro (Ø del disco) en áreas con distintos escenarios de cosecha



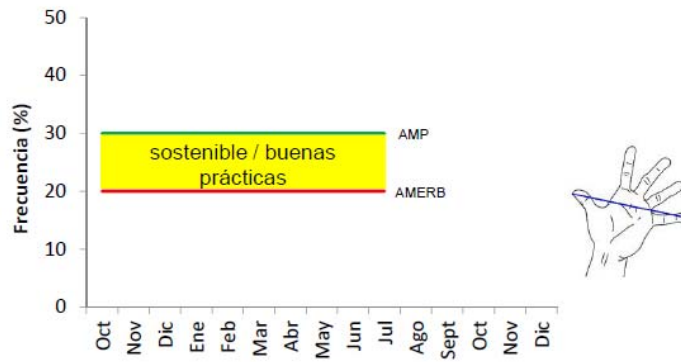
Indicadores ecológicos para monitorear praderas de *L. nigrescens* (Vega et al. 2014)

| VARIABLE DEMOGRAFICA | DESCRIPCION | PERIODO DE TIEMPO | REGLA DESECCION (CRITERIO) | | FUENTE DE VERIFICACIÓN | REQUERIMIENTO ADICIONAL | COSTOS DEL ITEM |
|------------------------------------|---|-------------------|--|--|------------------------|-------------------------|-----------------|
| | | | COSECHAR | NO COSECHAR | | | |
| Estructura de tallas de la pradera | Estructura poblacional usando diámetro disco adhesivo | | Cuando la biomasa cosechable es $\geq 30\%$ de la biomasa disponible | Cuando la biomasa cosechable es $\leq 20\%$ de la biomasa disponible | | | |

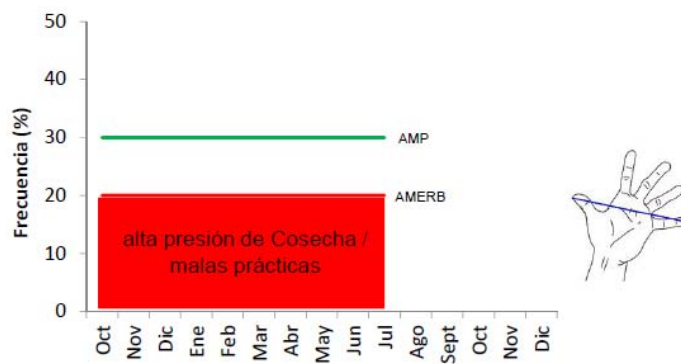
Aplicando un indicador ecológico de *Lessonia nigrescens*: la fracción cosechable



Aplicando un indicador ecológico de *Lessonia nigrescens*:
la fracción cosechable

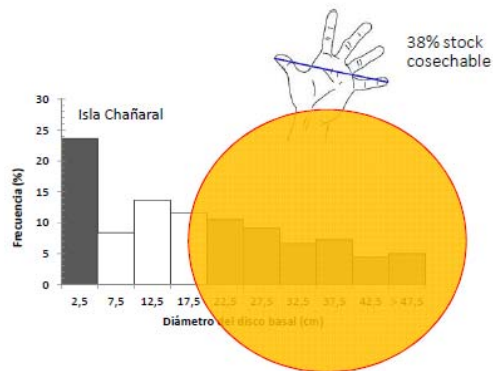


Aplicando un indicador ecológico de *Lessonia nigrescens*:
la fracción cosechable



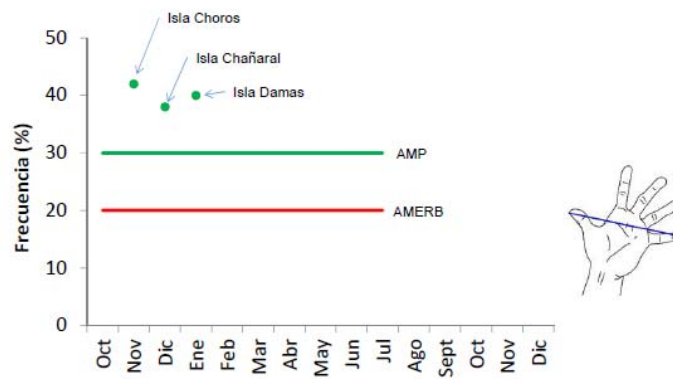


Área Marina Protegida



Vega et al. (2014) Informe final Reservas Marinas – Isla Región de Coquimbo y Atacama.

Aplicando un indicador ecológico de *Lessonia nigrescens*: la fracción cosechable



Sitios de Estudio

PROVINCIA DE CHAÑARAL

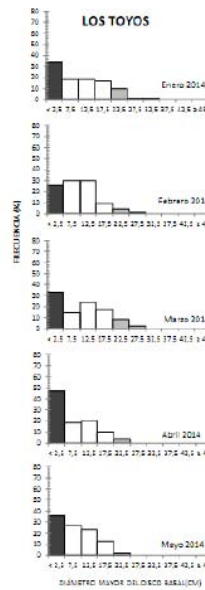
1. Los Toyos

PROVINCIA DE COPIAPO

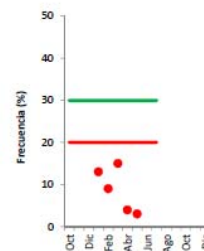
2. Caldera
3. Total Bajo

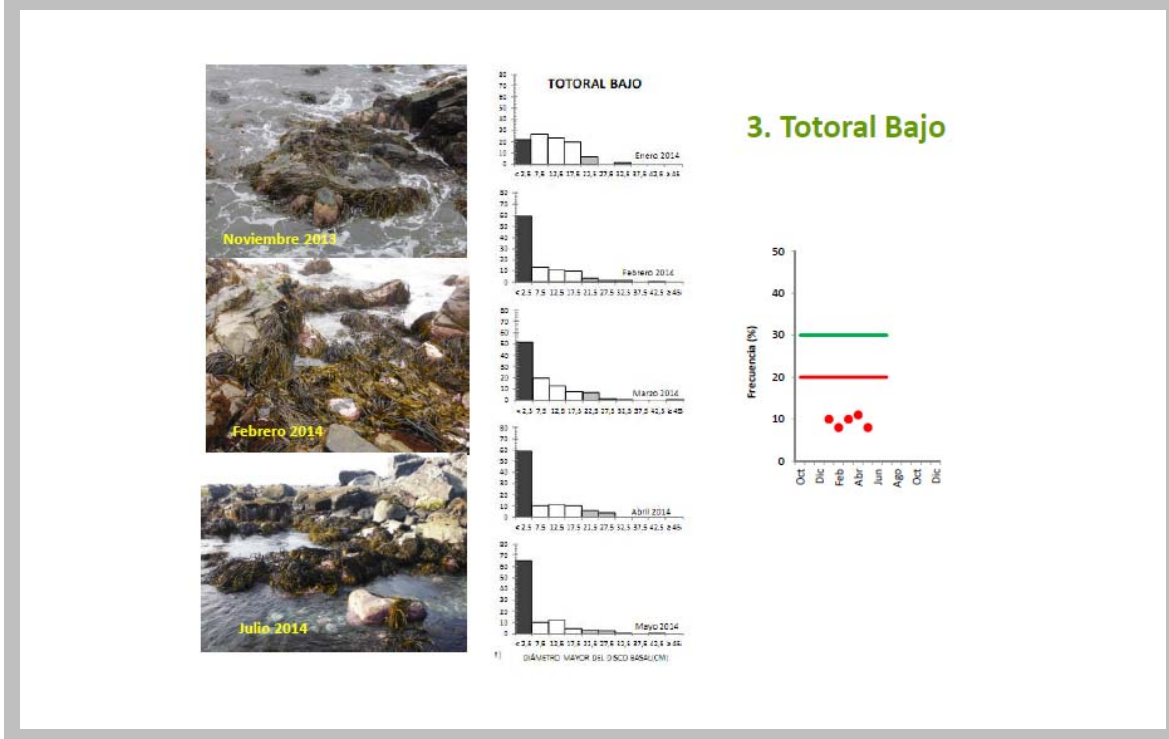
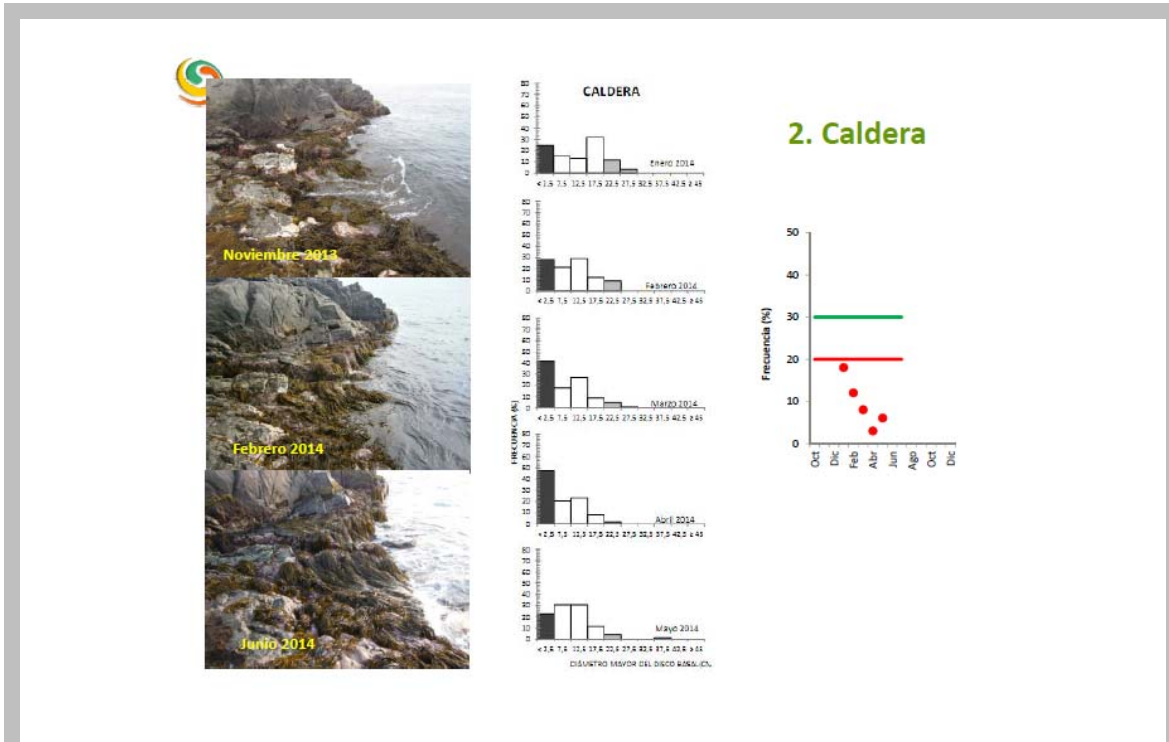
PROVINCIA DE HUASCO

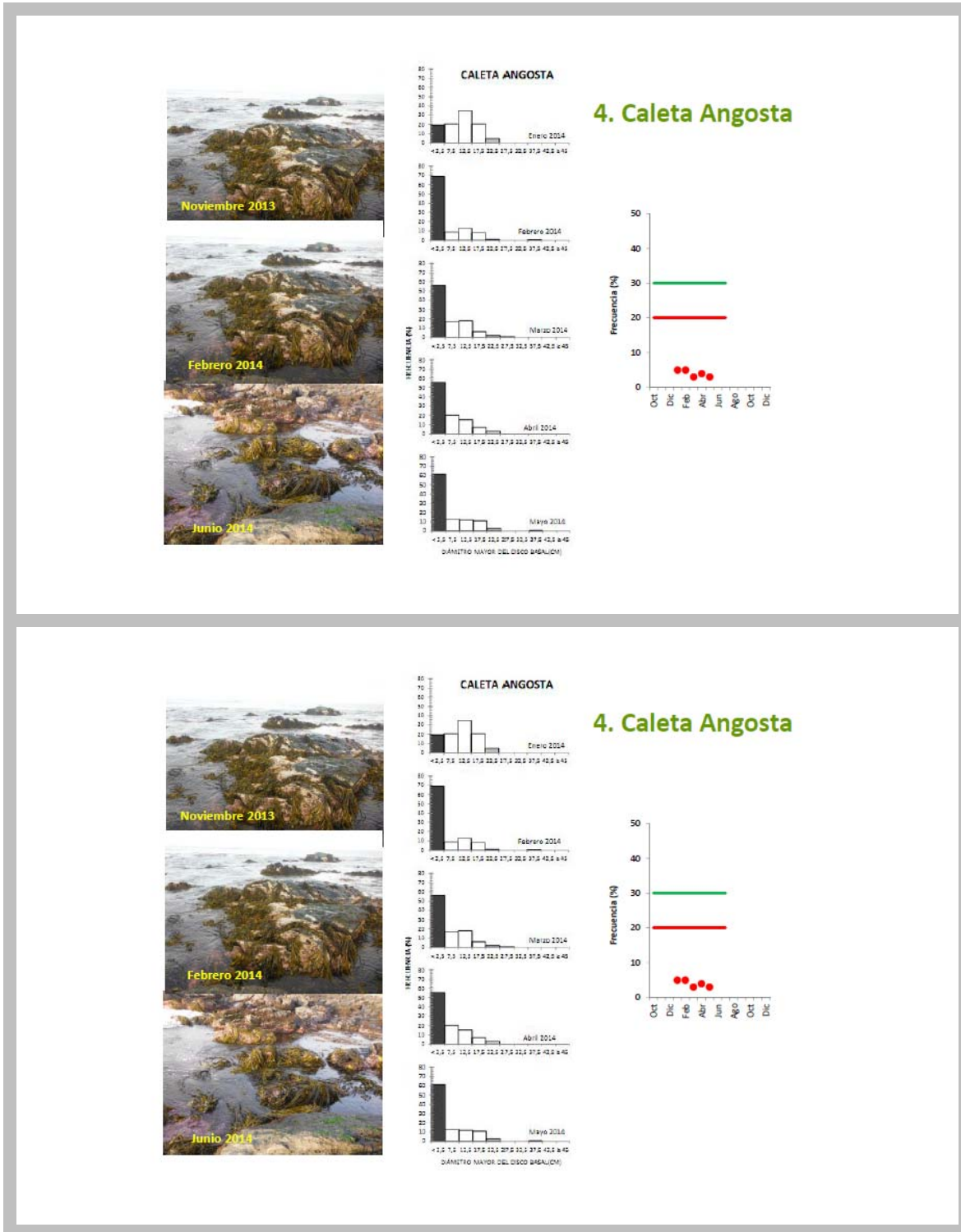
4. Caleta Angosta
5. Los Bronces
6. Chañaral de Aceituno

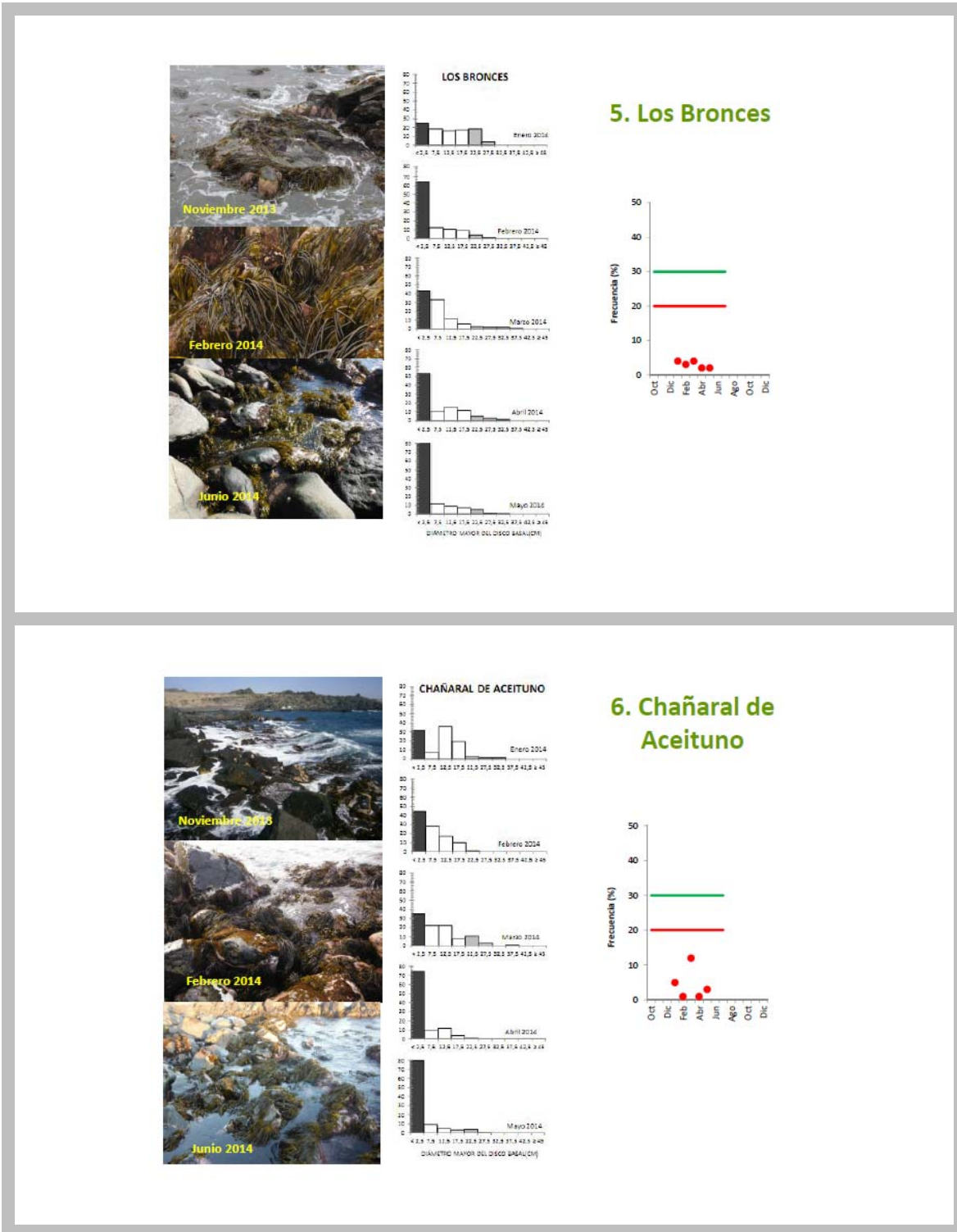


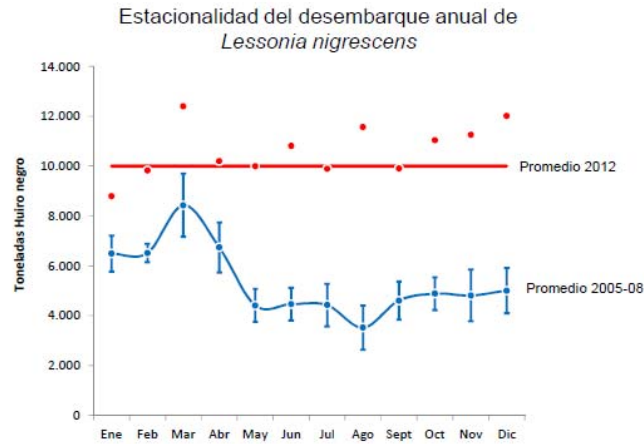
1. Los Toyos



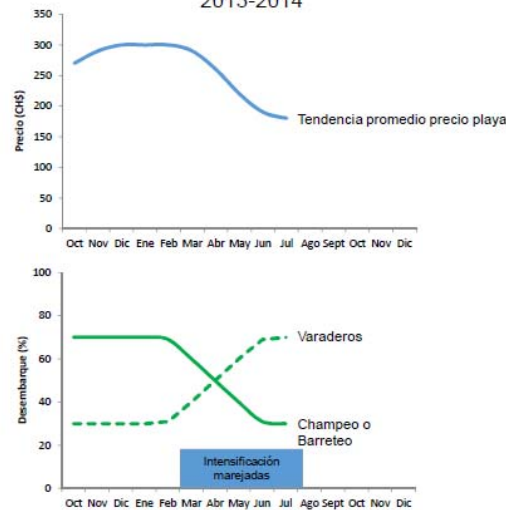








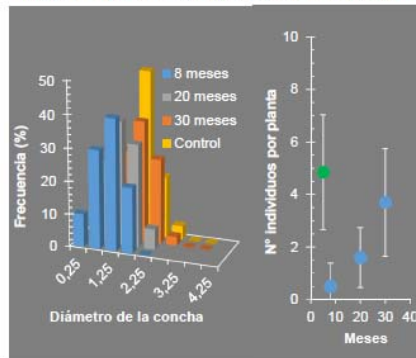
Tendencia de precios y desembarques mensual de *Lessonia nigrescens* durante el periodo del seguimiento 2013-2014



El gorrito chino (*Scurria scurra*) como indicador de impacto ecosistémico en praderas de *Lessonia nigrescens* bajo alta presión de cosecha



- 1) Luego de dos años y medio post cosecha, la densidad promedio de *Scurria* en las plantas alcanza un nivel semejante al encontrado al inicio del experimento.
- 2) La población de *Scurria* muestran una correlación positiva y significativa con el tamaño de la planta, particularmente con el diámetro de sus estipes. Sin embargo, muy pocos individuos de *Scurria* logran tamaños pre-cosecha.



La fauna asociada a los discos de adhesión de *Lessonia nigrescens* como indicadores de alta presión de cosecha en praderas ubicadas en áreas de libre acceso.

- (1) La biota o fauna asociada al disco de adhesión disminuye significativamente en áreas de libre acceso.
- (2) Aunque las plantas de praderas explotadas alcanzan tallas de cosecha, la presión de cosecha afecta la composición y abundancia de la fauna asociada al disco.
- (3) Los discos de adhesión en áreas de libre acceso son macizos, mientras que los discos basales en AMP tienen túneles y cavernas que albergan la fauna asociada.





Centro de Estudios de Sistemas Sociales

CESSO[®] es un Centro de Estudios creado para promover la colaboración entre los diversos grupos de interés.

CESSO es proveedor autorizado por SAS[®] International para dictar cursos introductorios y avanzados de Sistemas de Análisis Social - SAS[®].



Talleres de Capacitación



Manejo Participativo



Desarrollo Productivo

Te invitamos a visitarnos en: www.cesso.cl

Buen Pastor 765, El Llano - Coquimbo, Chile - Fono (51) 498346