



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Programa de Magíster en Ciencias mención Botánica

**Flora marina de Isla de Pascua: Diversidad y efecto de la
exposición al oleaje como factor determinante de sus comunidades**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias con mención en Botánica

CAROLINA ANDREA SANDOVAL MANQUIAN

CONCEPCIÓN-CHILE

2017

Profesor Guía: Dr. Erasmo Macaya Horta
Dpto. de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción

Agradecimientos

A mi familia, por brindarme su apoyo y confianza, y por comprender las decisiones que implica continuar con estudios en la carrera de la investigación.

A Ronald por incentivar me a realizar el magíster, por su compañía incondicional, paciencia y amor.

Al profesor el Dr. Erasmo Macaya por su valioso apoyo a la realización del magíster y de la presente tesis. Por su disposición permanente a compartir el conocimiento del mundo de la macroalgas.

A los profesores Dr. Camilo Werlinger y Dr. Pablo Guerrero por los valiosos comentarios hacia la presente investigación.

A mis compañeros del Laboratorio de Estudios Algales (AlgaLAB), por hacer las tardes de trabajo más amenas. Especialmente a Ricardo por su amabilidad, alegría y la ayuda en revisión de muestras y a Cristóbal por su disposición y los valiosos comentarios hacia la tesis.

A la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) por el financiamiento del magíster. A la Iniciativa Científica Milenio (NC120030) Ecología y Manejo Sustentable de Islas Oceánicas (ESMOI) por su apoyo para la realización de los muestreos de la presente tesis.

Tabla de contenidos

Índice de Figuras.....	VI
Índice de Tablas	VIII
Resumen.....	IX
1. Introducción general	1
Biodiversidad.....	1
Factores físicos que influyen sobre las comunidades de macroalgas.....	2
Características geográficas y oceanográficas de Isla de Pascua.....	2
2. Capítulo 1: Actualización de la diversidad de macroalgas en Isla de Pascua.....	4
Resumen.....	4
Introducción	5
Materiales y métodos	7
Sitios de estudio y muestreo	7
Análisis de muestras	8
Lista actualizada de especies	8
Resultados	9
Actualización de la diversidad de especies	9
Características morfológicas de especies que se registran por primera vez.....	9
Discusión.....	17
3. Capítulo 2: Efecto de la exposición al oleaje sobre la riqueza de especies de macroalgas y la morfología de <i>Sargassum obtusifolium</i>.....	30
Resumen.....	30
Introducción	31
Efecto de la exposición al oleaje sobre la diversidad y morfología de las macroalgas.....	31
Características de grupos morfo-funcionales de macroalgas.	32

El género <i>Sargassum</i> en Isla de Pascua.....	32
Hipótesis.....	34
Objetivos	34
Objetivo general 1	34
Objetivos específicos.....	34
Objetivo general 2	34
Objetivos específicos.....	34
Materiales y Métodos.....	35
Sitios de estudio y muestreo	35
Índice de Exposición al oleaje	35
Determinación de la riqueza de especies.....	37
Análisis morfológicos de <i>Sargassum</i> spp.....	37
Análisis estadísticos.....	38
Resultados	40
Determinación de la riqueza de especies.....	40
Composición comunitaria.....	44
Análisis morfológicos.....	46
Discusión.....	50
4. Conclusiones.....	54
5. Bibliografía.....	55
6. Anexos.....	63
Anexo 1: Imagen satelital (izquierda) y fotografía del intermareal (derecha) de Anakena y Ura Uranga	63
Anexo 2: Macroalgas Verdes (Chlorophyta), Pardas (Phaeophyceae) y Rojas (Rhodophyta) de Isla de Pascua.	64
Anexo 3: Ejemplos de grupos morfo-funcionales de Isla de Pascua.	65

Anexo 4: Poster de Macrolaga de Isla de Pascua presentado en el XXXVI Congreso de Ciencias del Mar. 66

Anexo 5: Lista de especies y sitios donde se encuentran en (1) este estudio y los estudios de (2) Santelices & Abbott, 1987; (3) Börgensen, 1924; (4) Etcheverry, 1970; (5) Ramírez & Müller, 1998 y (6) Levring, 1934..... 67



Índice de Figuras

Figura 1. 1: Mapa de los sitios de muestreo en Isla de Pascua. Con sitios de recolección de este estudio (círculos negros) y sitios de recolección de este estudio y estudios previos (círculos blancos).....	7
Figura 1. 2: Nuevos registros de Chlorophyta	13
Figura 1. 3: Nuevos registros de Phaeophyceae	14
Figura 1. 4: Nuevos registros de Rhodophyta.....	15
Figura 1. 5: Nuevos registro de Rhodophyta Corallinales.....	16
Figura 2. 1: Mapa de los sitios de muestreo en Isla de Pascua. Sitios expuestos (E) y protegidos (P) al oleaje.	35
Figura 2. 2: Ejemplo del cálculo de fetch en dos sitios de muestreo. Las líneas azules son los fetch en cada uno de los sitios (8 por sitio). Los 10 km. son la distancia máxima establecida y el punto negro muestra el sitio específico de muestreo.	36
Figura 2. 3: Características morfológicas analizadas en talos de <i>Sargassum</i>	38
Figura 2. 4: Riqueza de especies total de Isla de Pascua por (a) phyla y (b) grupos morfo-funcionales.	40
Figura 2. 5: Relación entre la riqueza específica y el índice de exposición al oleaje. Curva de regresión polinomial ($P = 0.03$, $r^2 = 0.5$, $N = 13$)......	41
Figura 2. 6: Relación entre la riqueza por phyla y el índice de exposición al oleaje. (a) Chlorophyta, (b) Rhodophyta y (c) Phaeophyceae.....	42
Figura 2. 7: Relación entre la riqueza de grupos morfo-funcionales y el índice de exposición al oleaje. (a) laminar, (b), filamentosos, (c) ramificados, (d) gruesos, (e) calcárea y f) crustosos.	42
Figura 2. 8: Riqueza de macroalgas según la condición de exposición al oleaje. A) Riqueza específica, b) riqueza por phyla y c) riqueza por grupo morfo-funcional. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).	44
Figura 2. 9: Análisis de cluster de las localidades estudiadas en Isla de Pascua (índice de similitud de Sorensen) basados en presencia/ausencia. La línea punteada marca el 50 %. Círculos azules localidades expuestas al oleaje y círculos verdes localidades protegidas al oleaje.	45

Figura 2. 10: nMDS de las comunidades de macroalgas de las localidades expuestas (círculos verdes) y protegidas (círculos azules) al oleaje. 46

Figura 2. 11: Análisis de Componentes principales (APC). Cada individuo es representado por un círculo de color. A la derecha se muestra los vectores de los rasgos morfológicos. Ancho y alto máximo del talo, ancho del disco de adhesión, alto máximo lámina a los 4 y 12 cm. (AML 4 y 12), ancho máximo lámina 4 cm. (aml 4), grosor lámina 8 cm. (Grosor 8). 47

Figura 2. 12: Mediciones morfológicas de *S. obtusifolium* desde sitios protegidos y expuestos al oleaje. 48

Figura 2. 13: Porcentaje de biomasa destinada a las diferentes partes del talo en *S. obtusifolium* desde sitios expuestos y protegidos al oleaje. 48

Figura 2. 14: Talos de *S. obtusifolium* desde sitio protegido y expuesto al oleaje (Barra = 1 cm) 49



Índice de Tablas

Tabla 1. 1: Coordenadas de los sitios de muestreo en Isla de Pascua, de este estudios y estudios previos.....	7
Tabla 1. 2: Lista actualizada de las macroalgas de Isla de Pascua.	20
Tabla 2. 1: Coordenada de los sitios de muestreo en Isla de Pascua.	35
Tabla 2. 2: Datos del promedio de fetch, velocidad del viento en nudos, índice de exposición y condición de exposición al oleaje por sitio de muestreo.	37
Tabla 2. 3: Parámetros de ajuste a las regresiones lineal y polinomial, realizadas para la riqueza específica, por phyla y por grupo morfo-funcional relacionada al índice de exposición (* = $P < 0.05$).	43



Resumen

Diversos factores ambientales influyen sobre las macroalgas, entre ellos la exposición al oleaje puede modificar la estructura comunitaria, la diversidad, riqueza de especies y la morfología de las macroalgas. Los objetivos de este trabajo fueron actualizar el conocimiento acerca de la diversidad de macroalgas marinas de Isla de Pascua, examinar el efecto de la exposición al oleaje sobre la riqueza de especies de macroalgas de Isla de Pascua y determinar diferencias en la morfología de talos de *Sargassum* spp. entre sitios expuestos y sitios protegidos al oleaje. Macroalgas fueron recolectadas desde intermareal y submareal somero de 17 sitios alrededor de la isla. Para la identificación y descripción morfológica de las especies se usaron caracteres morfológicos externos e internos descritos en literatura. Además, análisis morfológicos de *Sargassum* spp. fueron realizados con muestras provenientes de dos localidades (expuesta y protegida). Para determinar diferencias entre riqueza de especies y composición comunitaria los datos fueron analizados mediante t de Student, análisis de clúster, ANOVA, MDS-NM y ANOSIM, y el análisis morfológico de los talos de *Sargassum* spp fue realizado mediante un Análisis de componentes principales (PCA). En base a bibliografía y a los nuevos muestreos se registran 159 especies de macroalgas en Isla de Pascua, de las cuales 21 corresponden a nuevos registros aportados por éste estudio. De los nuevos registros cinco son algas verdes (Chlorophyta), dos algas pardas (Phaeophyceae) y 14 algas rojas (Rhodophyta). Se encuentran los más altos valores de riqueza específica en condiciones de exposición intermedia, y bajos valores en condiciones de exposición bajas y altas. Existe una diferencia entre las comunidades de sitios expuestos y protegidos al oleaje. Además se encuentran diferencias en la morfología de *Sargassum obtusifolium* en características morfológicas como el tamaño del talo y disco de adhesión. La incorporación de nuevos sitios de muestro permitió incrementar en 21 nuevos registros las macroalgas de Islas de Pascua y se observa que la exposición al oleaje influye sobre la riqueza de especies y la composición comunitaria de las macroalgas.

1. Introducción general

Biodiversidad

La relevancia de la diversidad biológica o biodiversidad no era reconocida hace 25 años atrás, pero a través de numerosas investigaciones se ha demostrado su importancia no solo a nivel ecológico, sino además a nivel social (Tilman *et al.* 2014). Las características funcionales que poseen las especies influyen en las propiedades de los ecosistemas, y éstas a su vez dependen de la diversidad de los organismos que los habitan y de la distribución y abundancia de éstos organismos en el espacio y tiempo (Hooper *et al.* 2005). Los ecosistemas marinos costeros poseen altos valores de diversidad, y particularmente las comunidades de macroalgas, junto a arrecifes de coral y praderas de pasto marinos, están entre los lugares más diversos del planeta, su estructura tridimensional otorga alimento, hábitat y refugio a una alta cantidad de especies marinas (Miloslavich *et al.* 2016). En las últimas décadas el interés por el conocimiento de la diversidad biológica de los ecosistemas se ha incrementado, no tan solo por el interés en la comprensión de los sistemas ecológicos, sino también por la disminución de la biodiversidad como consecuencia de las actividades antrópicas (Naeem 2002, Hooper *et al.* 2005).

En ese sentido, territorios aislados como las islas oceánicas poseen un alto valor en su biodiversidad, ya que procesos como especiación se asocian al grado de aislación (Friedlander *et al.* 2013). Y aunque en general las islas son pobres en especies (por unidad de área, comparado con el continente) (Whittaker & Fernández-Palacios 2007), el aislamiento hace que reciban una menor cantidad de especies inmigrantes (bajo flujo genético) (MacArthur & Wilson 1967) y por lo tanto tienden a presentar una mayor cantidad de especies endémicas. Sin embargo, la riqueza de especies depende del tamaño, edad y aislación de la isla (MacArthur & Wilson 1967, Hachich *et al.* 2015), y para sistemas marinos, en algas particularmente se ha descrito un decrecimiento de la riqueza cuando aumenta el aislamiento, probablemente por la baja capacidad de dispersión de estas (Hachich *et al.* 2015, 2016). Es por ello, que la primera parte de la presente tesis se hace una revisión de la diversidad de macroalgas que habitan en Isla de Pascua, y aunque existen revisiones de diversidad, se realizaron hace algunos años atrás (Santelices & Abbott 1987) o solo se basan en literatura (Fernández *et al.* 2014), y en los últimos años se han realizado una serie de cambios taxonómicos, por lo que el objetivo es actualizar el conocimiento sobre la riqueza de especies de macroalgas, que podría contribuir a futuros planes de conservación.

Factores físicos que influyen sobre las comunidades de macroalgas.

Un conjunto de factores bióticos y abióticos controlan la productividad y distribución de las macroalgas marinas en los ecosistemas costeros. Algunos de los más importantes corresponden a la luz, disponibilidad de nutrientes, temperatura, movimiento del agua, herbivoría y competencia por recursos (Hurd 2000). Sin embargo, en ambientes tropicales la variabilidad de las condiciones abióticas es menor comparada con regiones templadas, los factores que tienen mayor influencia son la lluvia (que puede reducir la salinidad), la luz y el movimiento del agua (Mejía *et al.* 2012). El término “exposición” ha sido considerado como la fuerza de la ola sobre un área y se asume que esta fuerza causa perturbaciones en la comunidad presente (Denny 1985). La exposición al oleaje genera efectos de tipo mecánico, que influyen tanto la turbidez del agua por suspensión de sedimentos, como la remoción de macroalgas y herbívoros afectando las tasas de alimentación y herbivoría (Hurd 2000), además mejora la productividad de las algas ya que les permite utilizar la luz de manera más eficiente (Leigh *et al.* 1987). Individualmente o en combinación con otros factores, el movimiento del agua afecta las tasas fisiológicas, patrones de distribución y estructura comunitaria (Hurd 2000).

La línea costera de Isla de Pascua se caracteriza por la predominancia de ambientes expuestos al oleaje (Santelices & Abbott 1987), es por eso que en el segundo capítulo de la presente tesis se evaluará el efecto que tiene el oleaje sobre la composición y morfología de las macroalgas en el intermareal de Isla de Pascua. Estudiar comunidades de macroalgas en sistemas insulares podría llevarnos a interesantes resultados relacionados con la dinámica comunitaria que se da en estos sistemas tan particulares que han sido considerados como un laboratorio natural para evaluar diversas teorías planteadas en ecología (Whittaker 1998).

Características geográficas y oceanográficas de Isla de Pascua

Isla de Pascua (IP) es una isla de origen volcánico considerado como el territorio habitado más aislados en la tierra, está a 3700 km del continente Sudamericano y a 2000 km de las islas Pitcairn ubicadas al oeste (Friedlander *et al.* 2013). Es una isla “joven” (2.5 millones de años) y pequeña (163 km²) comparada con otras islas del Pacífico (*e.g.* Hawái y Galápagos) (Fernández *et al.* 2014). El clima es tropical con temperaturas que oscilan entre 15° y 25° C (Hajek &

Espinoza 1987) y representa uno de los pocos territorios geográficos chilenos que no tienen influencia de la corriente de Humboldt (Santelices & Abbott 1987).

Los ambientes marinos que rodean la isla están caracterizados por la presencia de montañas submarinas, chimeneas hidrotermales y masas de aguas oligotróficas. Las montañas submarinas influyen en los patrones oceanográficos del área, los que combinados con factores como el viento, las olas y la topografía de la isla, aportan nutrientes a la zona eufótica promoviendo la productividad biológica (Fernández & Hormazabal 2014). Las aguas oceánicas cercanas a Isla de Pascua están inmersas en el Giro subtropical del Pacífico Sur (GSPS), presentan una temperatura superficial del 21°C aprox. en noviembre (Claustre *et al.* 2008) y tienen como principal característica ser aguas oligotróficas (Fernández & Hormazabal 2014). La baja productividad, que no varía estacionalmente, funciona como una barrera de conectividad entre la isla y el continente (Von Dassow & Collado-Fabbri 2014).



2. Capítulo 1: Actualización de la diversidad de macroalgas en Isla de Pascua.

Resumen

El conocimiento de las macroalgas bentónicas en Isla de Pascua es limitado, en 1924 se hace la primera descripción y desde entonces unos pocos trabajos se han publicado acerca de la diversidad, taxonomía α , ecología descriptiva y biogeografía de la isla. En base a recolecciones de campo y análisis morfológicos, un total de 145 especies han sido registradas en 10 sitios de muestro, sin embargo aún existen sitios en la isla que no han sido estudiados, específicamente la diversidad de macroalgas de la zona oeste de la isla aún no ha sido descrita. El objetivo del trabajo fue actualizar el conocimiento acerca de la diversidad de macroalgas marinas de Isla de Pascua, incluyendo sitios no visitados previamente. Especímenes completos de algas fueron recolectadas desde 17 sitios alrededor de la isla, las muestras fueron preservadas en hojas de herbarios para colección y en formalina para estudios morfológicos. Para la identificación y descripción morfológica de las especies se usaran caracteres taxonómicos macroscópicos y microscópicos, se hicieron cortes transversales y longitudinales en distintas partes del talo (ápice, medio y base). En base a bibliografía y a los nuevos muestreos se registran 159 especies de macroalgas en Isla de Pascua, de los cuáles 21 nuevos registros fueron aportados por éste estudio. De los nuevos registros cinco son algas verdes (Chlorophyta), dos algas pardas (Phaeophyceae) y 14 algas rojas (Rhodophyta).

Introducción

Las primeras observaciones de algas marinas en Isla de Pascua (IP) las hace J. Palmer (1870) quien se refiere brevemente a la predominancia de algas de pequeño tamaño y al uso del “Auke” como una alga comestible, sin embargo, es F. Börgensen en 1924 quien hace las primeras descripciones taxonómicas y morfológicas de las macroalgas de la isla, desde entonces los estudios destinados a aportar conocimientos sobre la diversidad, taxonomía y ecología descriptiva de algas en la isla han sido escasos. Börgensen (1924) realizó una descripción de macroalgas a partir de la recolección llevada a cabo por C. Skottberg (muestras obtenidas en 1917 desde la localidad de Hanga Piko; Fig. 1.1), reportando en ese entonces 68 taxa (Tabla 1.2). Posteriormente Santelices y Abbott (1987) caracterizan la flora marina de cuatro localidades (Playa Anakena, La Perouse, Hanga Piko y Apina Nui; Fig. 1.1), generando el catastro más completo de macroalgas hasta la actualidad, registrando 66 nuevas taxa con un total de 135 especies (30 algas verdes, 79 algas rojas y 28 algas pardas; Tabla 1.2).

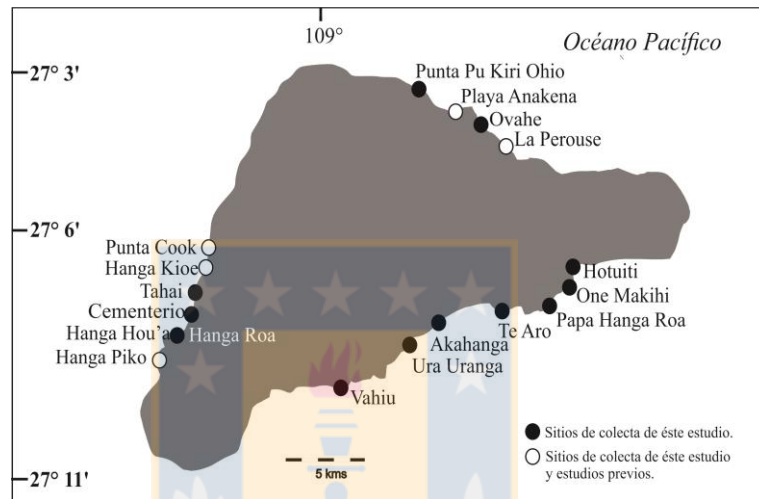
Otros estudios son los de Etcheverry (1960) quien adiciona cinco nuevos registros (Tabla 1.2) provenientes de seis localidades (Playa Anakena, La Perouse, Vinapu, Hanga Piko, Hanga Roa y Pta. Cook; Fig. 1.1). Ramírez & Müller (1991) a partir de recolección de muestras en seis localidades (Pta. Cook, Hanga Kioe, Hanga Piko, Te Pahu, Playa Anakena y Hanga Oteo; Fig. 1.1) que incluyó el cultivo de algas en laboratorio, adicionando seis nuevos registros (Tabla 1.2). Ramírez & García-Huidobro (2009) contribuyeron con dos nuevos registros de algas rojas *Predaea feldmanii* y *Griffithsia globulifera*. Mattio *et al.* (2008) a partir de material de herbario registra *Sargassum aquifolium* y por último Ramírez *et al.* (2010) reporta el alga roja *Asteromenia peltata*. De esta forma en base a muestreos de campo y análisis morfológicos, un total de 145 especies han sido registradas para IP en diez sitios, sin embargo los lugares de muestro se concentran principalmente en el lado este y cercano al lugar más poblado de la isla. Aunque no existen estudios ecológicos de macroalgas en IP, se han realizados algunas consideraciones acerca de la estructura comunitaria y sus afinidades biogeográficas. Se destaca la presencia de algas con características tropicales y subtropicales, alta proporción de algas crustosas y pequeñas algas filamentosas (Börgensen, 1924). El único género de algas de gran tamaño (hasta 1.5 m) presentes en la isla corresponden a *Sargassum* que sería dominante (Etcheverry 1960, Santelices 1987). La alta proporción de algas crustosas, pequeñas y filamentosas se ha atribuido a la prevalencia de ambientes expuestos al oleaje en la zona costera de IP (Etcheverry 1960, Santelices & Abbott 1987).

El último estudio publicado sobre la diversidad de macroalgas en IP corresponde a una revisión y análisis en base al material publicado (Fernández *et al.* 2014), sin embargo, no existen nuevos trabajos de recolección y descripción de las macroalgas de lugar desde el último estudio de Ramírez *et al.* (2010). Además, siete de las diez localidades estudiadas están ubicadas en la zona oeste y sur-oeste de la isla, cercanas a Hanga Roa principalmente, por el contrario la zona sur este no ha sido estudiada (Fig. 1.1). Hasta el 2010 existían 314 trabajos de diversidad de macroalgas bentónicas publicados para Chile, los cuales solo el 2.8% corresponden a investigaciones realizadas en Isla de Pascua (Ramírez, 2010). En efecto, estudios en el intermareal de las localidades no estudiadas previamente (zona sur-este) en IP podría aumentar la diversidad de especies de macroalgas actualmente conocida. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue actualizar la información acerca de la diversidad de macroalgas marinas de Isla de Pascua, basándose en la literatura y en nuevos muestreos desde sitios nunca antes visitados.



Materiales y métodos

Sitios de estudio y muestreo: El estudio se llevó a cabo en la línea costera de Isla de Pascua. Las muestras fueron recolectadas durante marzo del 2014 y en marzo y noviembre del 2016, en 17 sitios alrededor de la isla (Tabla y Fig. 1.1). En cada sitio se recolectaron manualmente especímenes completos de algas desde el intermareal rocoso y submareal somero por buceo apnea durante marea baja. Una vez libre de epífitos, las muestras fueron preservadas en hojas de herbarios para colección, en bolsas selladas con silica gel y en formalina al 4% para estudios morfológicos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. 1: Mapa de los sitios de muestreo en Isla de Pascua. Con sitios de recolección de este estudio (círculos negros) y sitios de recolección de este estudio y estudios previos (círculos blancos).

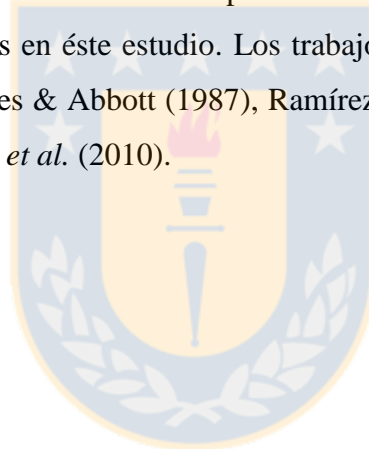
Tabla 1. 1: Coordenadas de los sitios de muestreo en Isla de Pascua, de este estudio y estudios previos.

Localidad	Latitud (S)	Longitud (O)	Localidad	Latitud (S)	Longitud (O)
Akahanga	27° 8.367'	109° 19.083'	Papa Hanga Roa	27° 8.454'	109° 17.168'
Cementerio	27° 8.536'	109° 25.680'	Playa Anakena	27° 4.346'	109° 19.369'
Hanga Hou'a	27° 8.903'	109° 25.891'	Ura Uranga	27° 9.258'	109° 20.478'
Hanga Kioe	27° 8.159'	109° 25.629'	Punta Cook	27° 8.000'	109° 25.666'
Hanga Piko	27° 9.178'	109° 26.404'	Punta Pu Kiri	27° 4.241'	109° 19.673'
Hotuiti	27° 7.627'	109° 16.558'	Tahai	27° 8.372'	109° 25.623'
La Perousse	27° 5.289'	109° 17.897'	Te Aro	27° 8.499'	109° 18.203'
One Makihi	27° 8.344'	109° 16.997'	Vahiu	27° 9.944'	109° 21.820'
Ovahe	27° 4.442'	109° 18.847'			

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de muestras: Los ejemplares recolectados fueron identificadas mediante análisis morfológicos usando caracteres taxonómicos macroscópicos y microscópicos (forma y posición de estructuras reproductivas, patrones de ramificación, características de los tejidos celulares, etc.). Para las estructuras microscópicas, se realizaron cortes transversales y longitudinales a mano alzada de distintas partes del talo (ápice, medio y base). Algunas muestras fueron teñidas con azul de anilina al 1%, fijadas con HCL al 1% y montadas permanentemente en Syrup©. Las muestras fueron observadas en un microscopio de luz (Olympus, modelo CX131) y en una lupa (Olympus, modelo SZ31), y fotografiadas con cámara fotográfica digital acoplada (Microimaging, modelo CMOS).

Lista actualizada de especies: para generar la lista de especies se utilizó los trabajos publicados que describen y aportan a la diversidad de especies de la isla, además del análisis de especies desde los sitios muestreados en éste estudio. Los trabajos utilizados fueron: Børgesen (1924) Etcheverry (1960), Santelices & Abbott (1987), Ramírez & Müller (1991), Ramírez y García-Huidobro (2009) y Ramírez *et al.* (2010).



Resultados

Actualización de la diversidad de especies

Se generó una lista de un total de 159 especies de macroalgas para Isla de Pascua, con registros aportados por la literatura y los nuevos muestreos realizados en éste trabajo (Tabla 1.2). El phylum más abundante correspondió a Rhodophyta con 88 especies, seguidos de Chlorophyta con 39 especies y Phaeophyceae con 32 especies. Sin embargo, de las 159 especies hay 22 taxa que no fueron identificadas a nivel específico, si no, hasta el nivel de género, orden o familia. El grupo de macroalgas con mayor número de especies presentes en la isla fueron las algas rojas del orden Ceramiales con 27 especies (Tabla 1.2).

Un total de 67 especies de macroalgas fueron encontradas en Isla de Pascua con los muestreos de éste estudio. Basado en observaciones, algunas de las especies más conspicuas en la isla son *Sargassum obtusifolium*, *Asteronema breviarticulatum*, *Chnoospora minima*, *Lobophora variegata*, *Spatoglossum stipitatum*, *Dasya anastomosans* y algas del orden de las Cladophorales.

Se añadieron 21 macroalgas como nuevos registros para Isla de Pascua. De las cuales cinco son Chlorophyta (*Caulerpa nummularia*, *Codium* sp., *Cladophora* sp., *Cladophoropsis* sp. y *Palmophyllum* sp.), dos Phaeophyceae (*Dictyota* sp. y *Petalonia* sp.) y 14 Rhodophyta (*Ceramium* sp, *Neosiphonia* sp., *Polysiphonia* sp., *Corallina* sp., *Mastophora pacífica*, *Liagora harveyana*, *Pterocladiaella barletti*, *Gelidium crinale*, *Gelidium sclerophyllum*, una especie de la Familia Phylloporaceae, tres especies pertenecientes al Orden Corallinal y Rodolitos). Quizás, las especies que forman Rodolitos podrían ser más de una, pero no existe certeza de esto, por lo que será tratado como una sola especie, posteriormente se debe confirmar con análisis moleculares y morfología más detallada.

Características morfológicas de especies que se registran por primera vez

Caulerpa nummularia es una pequeña alga de color verde intenso (3-6 mm de alto), crece principalmente en zonas intermareales semi-expuestas al oleaje. El talo está formado por un estolón rastrero del cual nacen ramificaciones erectas o rámulas. Las rámulas crecen individualmente, peltadas y forma discoide, nuevas rámulas crecen desde el margen o centro de un disco padre (Fig. 1.2a). La mayoría de las veces se encontró a *C. nummularia* enredada con

otras algas como *Chondria*. No se encontró material reproductivo. Probablemente esta especie fue previamente identificada como *C. peltata*, ya que ha sido frecuentemente identificada bajo ese nombre por la carencia de la especie tipo de *C. nummularia* (Belton *et al.* 2014).

***Codium* sp.** crece en la zona submareal sobre los arrecifes de coral. Talo erecto de color verde claro, mide entre 11-14 cm. de alto, se ramifica regularmente dicotómica y se adhiere al sustrato por una ramificación basal de 2 cm. aproximadamente que posee un pequeño disco de adhesión formado por rizoides (Fig. 1.2b). Éstas características diferencian a la especie de las otras dos registradas para la isla., *C. spongiosum* posee un talo verde oscuro, no ramificado y postrado formando alfombras sobre la roca y *C. pocockiae* posee un talo verde oscuro con ramificación irregular, posee algunas bifurcaciones dicotómicas pero en general sus ramificaciones se desarrollan de manera desigual (Van Den Heede & Coppejans 1996).

Se ha observado un aumento en la abundancia de *Codium* sp., los que ocurrirían en áreas restringidas de la isla y tendrían una variación durante el año, observándose mayores abundancias en las estaciones de primavera-verano (M. García, comm. Pers.).

***Cladophora* sp.** Talo verde oscuro que mide 0,5-1 cm de alto. Ramificación dicotómica en la parte basal y en zona apical los ejes principales se ramifican hasta 6 veces de forma difusa. Se adhiere al sustrato por una ramificación basal que es más ancha que el resto de las ramificaciones del talo (Fig 1.2c).

***Cladophoropsis* sp.** talo pequeño de 2-3 cm de alto, el largo de las células es de 35-50 μm ., posee un patrón de ramificación alternado a dicotómico hacia la zona apical (Fig. 1.2d,e), característica que hace la diferencia con *C. sundanensis*, ya que ésta posee un patrón de ramificación unilateral hacia la zona terminal de la ramificación e irregular en la parte basal. (Leliaert & Coppejans 2006).

***Palmophyllum* sp.** es un alga verde crustosa que crece sobre rocas submareales (recolectada a 1 m. de profundidad, aunque se observó a profundidades de hasta 10 m), cubriendo un par de centímetros de la roca (Fig. 1.2f). El talo lo forman células que están embebidas en una matriz gelatinosa, cada células contiene un cloroplasto y un núcleo (Fig. 1.2g). Estructuras reproductivas nunca han sido reportadas para el género (Huisman *et al.* 2007).

***Dictyota* sp.** talo pequeño (1-1,5 cm. de alto), aplanado, con márgenes suaves y ramificado dicotómicamente (Fig. 1.3a,b). La característica más distintiva que posee el talo es la presencia

de dos células apicales (Fig. 1.3c). No se encontraron estructuras reproductivas. Las diferencias con las otras algas del género *Dictyota* registradas para I. de Pascua es que *D. acutiloba* mide alrededor de 20 cm. y posee una sola célula apical y *D. crenulata* posee márgenes dentados (Tronholm *et al.* 2013).

Petalonia sp. se encuentra creciendo sobre el intermareal de costas rocosas. Posee un talo erecto laminar de color café amarillento, textura suave o membranosa. El talo mide hasta 4 cm. de alto y 1 cm de ancho, posee un pequeño disco de adhesión (1-2 mm.) (Fig. 1.3d). La médula está formada por células ovoides (15-25 μm) y la corteza posee dos capas de células rectangulares (5-7 μm) (Fig. 1.3e). Se observaron zoidangios pluriloculares que derivan de las células corticales. Ascocystos (paráfisis) presentes (10-15 μm . de largo) y frecuentemente agrupados en los márgenes del talo (Fig. 1.3f). Se diferencia de otras algas del género *Petalonia* registradas en islas oceánicas como Hawái por la presencia de ascocystos y por la forma y tamaño del talo (Kogame *et al.* 2011).

Ceramium sp. es una pequeña alga roja filamentosa (1 cm. de alto) que crece principalmente como epífita sobre *Sargassum*. El talo está formado por un eje principal que se ramifica dicóticamente hacia el ápice. Los filamentos poseen un patrón en bandas formado por células corticales característico del género (Fig. 1.4a). Se observaron gametofitos femeninos con cistocarpos maduros carentes de pericarpo, los cistocarpos están dispuestos cerca del ápice y son rodeados por 4 a 6 ramillas laterales (Fig. 1.4b). Las diferencias con las especies registradas para la isla es que *C. codii* posee un talo con un eje postrado desde donde nacen ramificaciones erectas (Cho & Fredericq 2006) y *C. skottsbergii* posee pequeños pelos pluricelulares en las bandas corticadas (Börgensen 1924).

Neosiphonia sp. crece sobre rocas o epifitas sobre otras algas como *Sargassum*. El talo tiene una altura de 1-1,5 cm., de color rojo claro y posee un eje rastrero del cuál nacen las ramificaciones erectas. En el ápice de las ramificaciones hay una gran cantidad de tricoblastos. El talo posee de 4-6 células pericentrales que miden entre 50-90 μm de largo (Fig. 1.4c). Se observaron tetraesporangios en disposición espiral alrededor del talo, con división tetraédrica y miden entre 40-50 μm de diámetro (Fig. 1.4d).

Polysiphonia sp. crece sobre rocas o epifitas en otras algas como *Sargassum* y *Codium*. Talo de color café oscuro, con 1-2 cm. de alto. Posee 4-5 células pericentrales que miden entre 60-80

μm de largo. Los cistocarpos crecen en la zona apical de las ramificaciones, están envueltos en un pericarpo de forma esférica y miden entre 190-250 μm . de diámetro (Fig. 1.4g).

Corallina sp. Alga calcárea de hasta 2 cm de alto con ramificación pinada, frondas aplanadas y articuladas por un espacio no calcificado llamado genícula, en éste caso posee una genícula pequeña (100 μm . de largo). Conceptáculos femeninos fueron observados en la zona apical de las ramificaciones (Fig. 1.5a). La diferencia con otras Corallinaceae geniculadas es la ramificación dicotómica presente en las algas del género *Jania* y la presencia de una genícula larga y conspicua en *Amphiroa* (Farr *et al.*, 2009).

Mastophora pacifica es un alga calcárea crustosa, quebradiza, de color rojo a rosado oscuro. Crece en forma de láminas horizontales que se posicionan una sobre otra, formando agregaciones de hasta 15-20 cm de largo. (Fig. 1.5b). No fue posible observar características microcopias ni estructuras reproductivas debido a la falta de instrumentos para analizar algas calcáreas. Sin embargo, deberían ser visibles a simple vista (al menos los ostiolos).

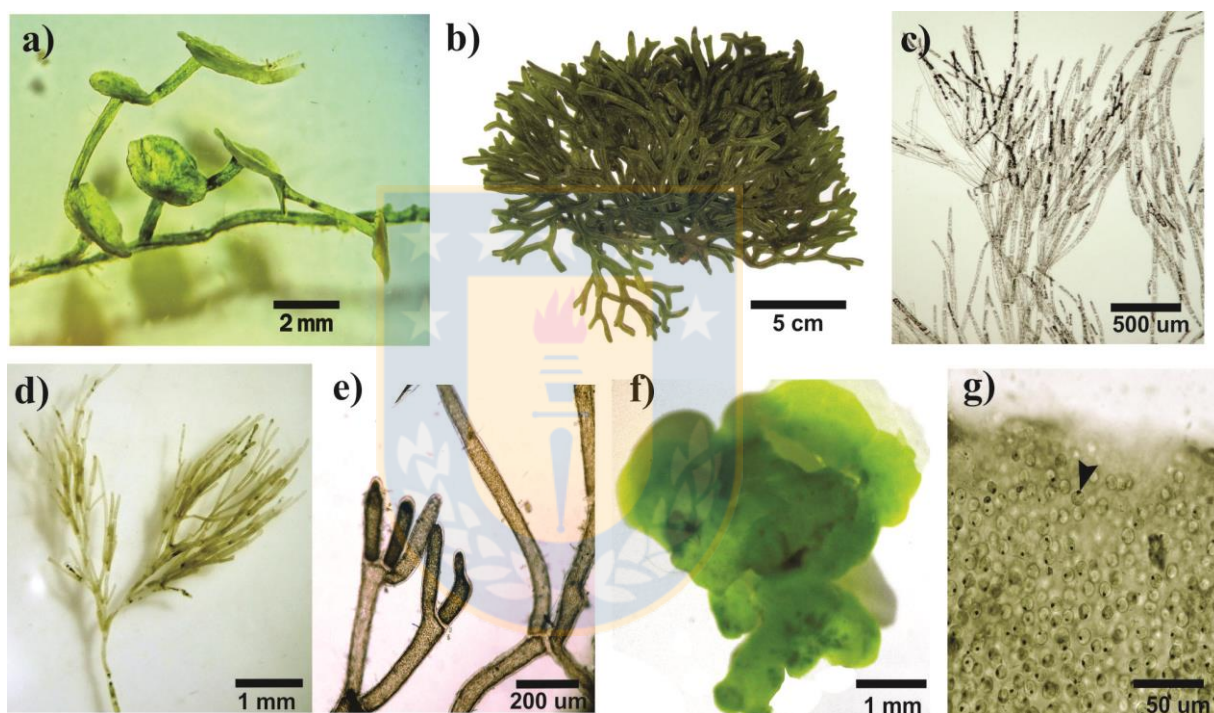
Corallinales: Tres especies de algas calcáreas fueron encontradas, sin embargo la identificación de especies no fue posible. Las morfologías observadas fueron (1) alga calcárea crustosa de color blanco (Fig. 1.5d), (2) alga calcárea de color rosado fructífera con ramificaciones cilíndricas (Fig. 1.5e) y (3) alga calcárea de color rosado de morfología grumosa que crece sobre rocas (Fig. 1.5f).

Rodolitos son algas calcáreas no articuladas de vida libre. Estas algas no se adhieren a una superficie fija y por acción del movimiento del agua y corrientes ruedan sobre el fondo marino, lo que les da una morfología redondeada (Fig. 1.5c). Varias especies de algas calcáreas forman rodolitos, principalmente las de los géneros *Lithophyllum*, *Lithothamnion* y *Sporolithon* (Farr *et al.*, 2009), sin embargo, las dificultades en su clasificación taxonómica hicieron imposible la identificación de especies en éste estudio.

Phylloporaceae crece en el intermareal bajo de costas rocosas, el talo tiene consistencia cartilaginosa y mide hasta 6 cm. de alto. Posee un eje rastrero del cuál nacen ramificaciones erectas. Las ramificaciones son teretes en la base y comprimidas hacia el ápice. Las ramificaciones son escasas o nulas cerca de la base, pero el ápice posee numerosas pequeñas ramificaciones (Fig. 1.4e). Las células medulares están densamente agregadas y son hasta dos veces más grandes (10-13 μm) que las células corticales (4-5 μm) (Fig. 1.4f). Estructuras

reproductivas no fueron encontradas, por lo que la identificación fue posible solo a nivel taxonómico de familia.

Liagora harveyana crece sobre el intermareal bajo y submareal somero. El talo es de color blanco, calcificado, terete y los ejes erectos poseen una o dos ramificaciones dicotómicas (Fig. 1.4h). La medula está compuesta de filamentos con ramificación dicotómica que crecen en posición anticlinal con respecto a la corteza. Los filamentos poseen células alargadas hacia el centro de la medula, que se van haciendo más pequeñas y hasta esféricas hacia la corteza.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. 2: Nuevos registros de Chlorophyta

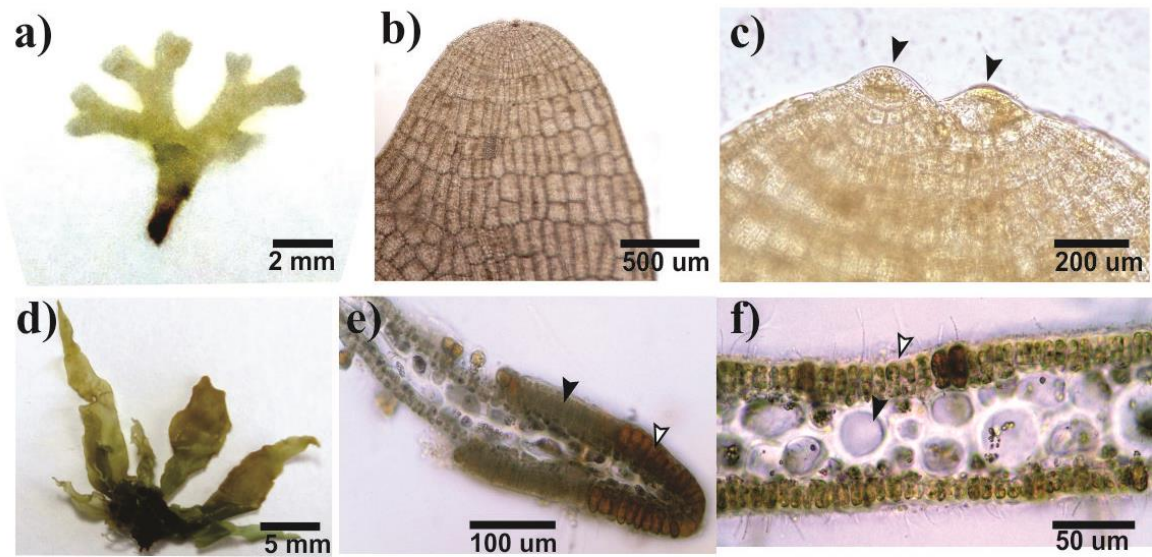
(a) *Caulerpa nummularia*.

(b) *Codium* sp.

(c) *Cladophora* sp.

(d - e) *Cladophoropsis* sp.

(f - g) *Palmophyllum* sp. (f) vista microscópica del talo donde se observan las células embebidas en la matriz gelatinosa (flecha negra).

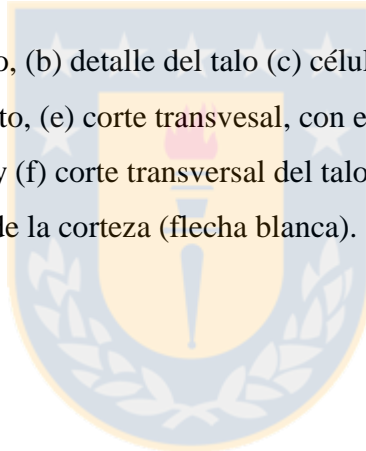


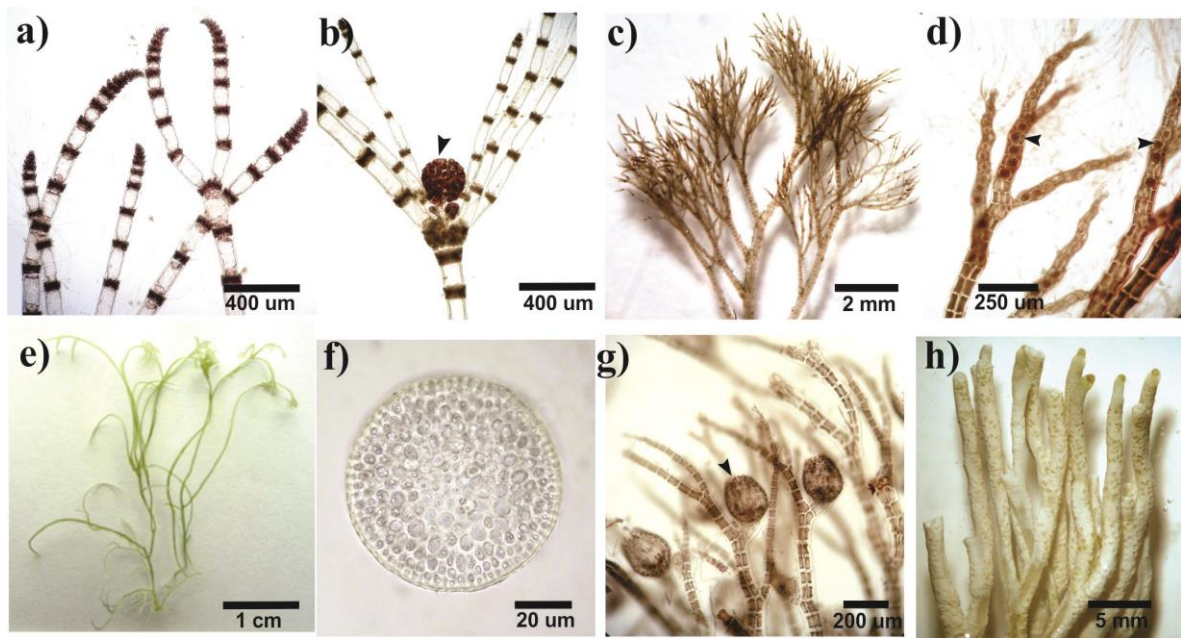
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. 3: Nuevos registros de Phaeophyceae

(a - c) *Dictyota* sp. (a) hábito, (b) detalle del talo (c) células apicales (flechas negras).

(d - f) *Petalonia* sp. (d) hábito, (e) corte transvesal, con espermatangios (flecha negra) y Ascocystos (flecha blanca) y (f) corte transversal del talo, se observan células de la médula (flecha negra) y las células de la corteza (flecha blanca).





Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. 4: Nuevos registros de Rhodophyta

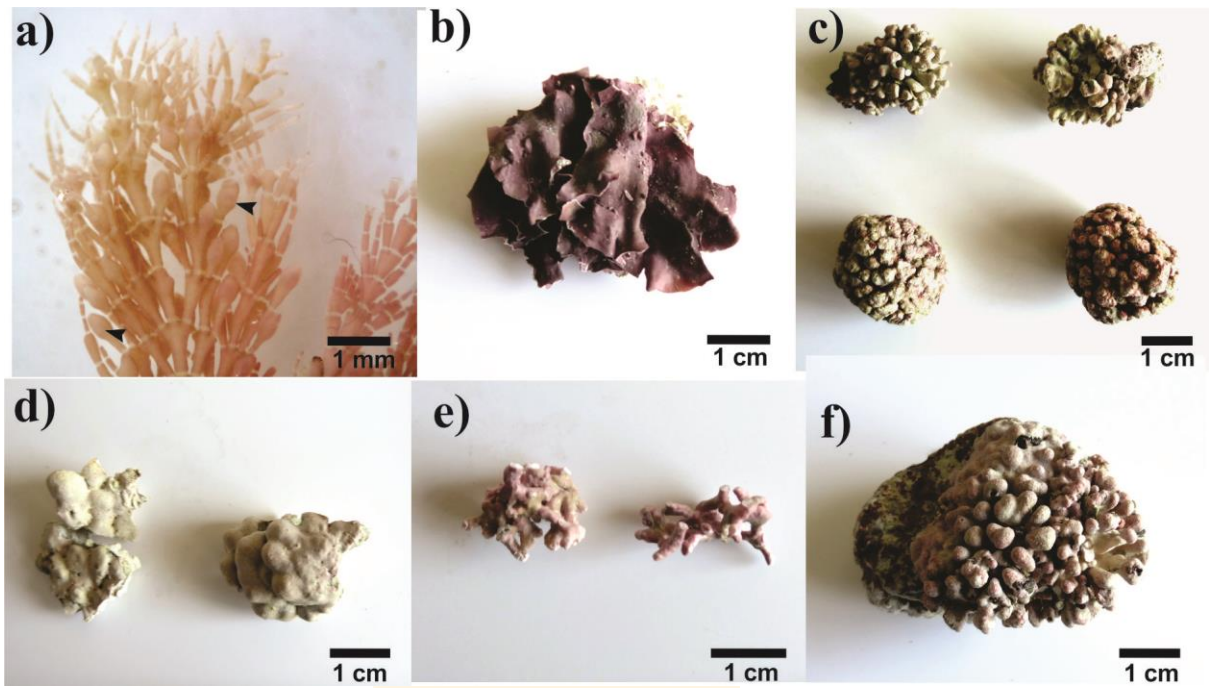
(a - b) *Ceramium* sp. (a) ápice y (b) Cistocárpo (flecha negra).

(c - d) *Neosiphonia* sp. (c) talo y (f) tetraesporangios ubicados en forma espiral en el eje (flechas negras).

(e - f) Phylloporaceae. (e) talo y (f) corte transversal.

(g) *Polysiphonia* sp. Con cisticárpos (flecha negra).

(h) *Liagora harveyana*.



Fuente: Elaboración propia.

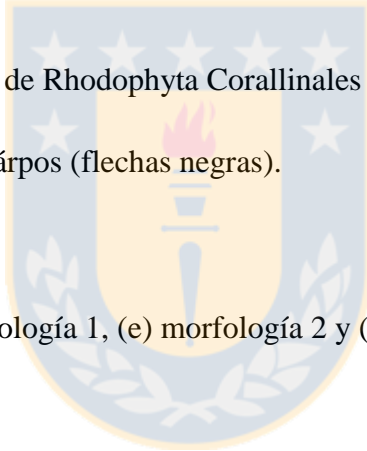
Figura 1. 5: Nuevos registro de Rhodophyta Corallinales

(a) *Corallina* sp. Con cistocárpos (flechas negras).

(b) *Mastophora pacifica*.

(c) Rodolitos.

(d - f) Corallinales. (d) morfología 1, (e) morfología 2 y (f) morfología 3.



Discusión

La diversidad de macroalgas de Isla de Pascua ha aumentado en 21 nuevos registros aportados por éste estudio, además se realizó una actualización taxonómica de los registros aportados por la literatura, por lo que hasta el momento se reconocen 159 especies de macroalgas. El mayor porcentaje de las especies pertenecen al phylum Rhodophyta (54 %), en el cual predominan las algas del orden Ceramiales (27 especies). Lo sigue las Chlorophyta (25%), en la cual el orden Cladophorales posee el mayor número de especies (15 especies) y por último la clase Phaeophyceae que posee el menor porcentaje de especies (21 %), observándose una predominancia del orden Ectocarpales (13 especies). Las especies de algas que pertenecen a los tres órdenes predominantes poseen principalmente morfología filamentosa, morfología predominante en hábitats con perturbaciones físicas, por su capacidad de asentarse rápidamente sobre el sustrato disponible (Littler *et al.* 1983, Rodríguez-Ruiz *et al.* 2014, Cap.2). Resultados similares han sido encontrados en otras islas del Pacífico, como en las islas de la Polinesia Francesa que poseen altos porcentajes de Rhodophytas que van desde un 53-71% (N'Yeurt & Payri 2010), al igual que el archipiélago de Hawái con un 68% de Rhodophyta (Tsuda 2014). Las algas rojas (7151) son el grupo que posee el mayor número de especies a nivel mundial, comparado con algas pardas (2038) y verdes (6400), descritas hasta la actualidad (Guiry & Guiry 2017), lo que explica sus altos número de riqueza.

Previamente, los estudios abarcaron hasta un total de cuatro sitios alrededor de la isla, en este estudio se analizaron 17 sitios los que consideraron además la zona sur y suroeste de la isla, zona que no había sido muestreada. La adición de nuevas sitios de muestreo podría explicar los nuevos registros añadidos. Sin embargo, 91 especies registradas en estudios previos no fueron encontradas, lo que podría deberse a que el 45% de ellas son especies filamentosas de pequeño tamaño y el 18% son especies crustosas, por lo tanto 63% de las especies no encontradas en éste estudio son algas muy difíciles de diferenciar en el campo. Además, macroalgas calcáreas del orden de las Corallinales son difíciles de identificar porque muchas veces requiere de equipamiento y técnicas especiales (Farr *et al.*, 2009). También, hay especies que no fue posible encontrar debido a que han disminuido en abundancia, por ejemplo *Dictyoperis australis* es un alga comestible conocida comúnmente como “Auke”, siendo en la actualidad muy demandada en la industria del turismo, por lo que su abundancia se ha visto disminuida en los últimos años (Macaya 2016)

Además varias macroalgas registradas en estudios previos para Isla de Pascua en la actualidad han cambiado su clasificación taxonómica o distribución. Ejemplo de cambios taxonómico son las algas del género *Neosiphonia* que fueron separadas del género *Polysiphonia* basándose principalmente en sus características reproductivas (Kim & Lee 1999), por lo tanto, probablemente *Neosiphonia* sp. fue previamente registrada como *Polysiphonia*. Otro ejemplo es *Gelidium pusillum* registrado por Santelices & Abbot (1987), ha sido reasignado como una especie cuya distribución geográfica se limita a Europa y Carolina del Norte, USA (Freshwater & Rueness 1994, Kim & Boo 2012), y basado en análisis moleculares se reorganizaron las Gelidiales de Isla de Pascua y se registran por primera vez *Pterocliadiella barletti*, *Gelidium crinale* y *Gelidium sclerophyllum* (datos no publicados de E. Macaya *et al.*).

El porcentaje de algas endémicas presentes en la isla es bajo en comparación al porcentaje de algas con amplia distribución geográfica. En el primer trabajo realizado en Isla de Pascua Börgensen (1924) propone un 24% de macroalgas endémicas, que luego es reducido a un 13,3% por Santelices & Abbott (1987). Sin embargo, en éste trabajo se observa un 8,3% (13 especies) de algas endémicas, resultados similares son encontrados por Fernández *et al.* (2014). La disminución en los porcentajes de endemismo podría deberse a que se incrementa el número de especies no endémicas encontradas y algunas algas consideradas endémicas con anterioridad, como *Laurencia claviformis*, ha sido expandida su distribución geográfica (N'Yeurt & Payri 2010). El mayor porcentaje de algas presentes en Isla de Pascua corresponden a especies con una amplia distribución geográfica, Santelices & Abbott (1987) reportan un 35 % de especies con amplia distribución, y en la actualidad corresponde a un 37 % (Guiry & Guiry, 2017). El bajo endemismo de Isla de Pascua podría deberse al gran aislamiento que esta tiene, solo las especies con alta capacidad de dispersión podría alcanzarla y colonizarla. Otras posibles explicaciones son la ausencia de heterogeneidad ambiental y reproducción asexual como principal forma de reproducción de las algas, lo que dificulta los procesos de diversificación y especiación (Santelices, 1987).

Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de la biodiversidad de macroalgas en Isla de Pascua. Y a pesar que se han incrementado las investigaciones a través del tiempo en la isla, aún existen vacíos en el conocimiento (Fernández *et al.* 2014). Para las comunidades de macroalgas se desconocen datos de fenología o de estacionalidad, ya que las recolecciones realizadas en este y otros estudios se han realizado en un tiempo específico y no de manera

consecutiva, por lo que se sugiere realizar trabajos de monitoreo que permitan conocer las posibles variaciones de las poblaciones en cuanto a abundancia y riqueza de especies.



Tabla 1. 2: Lista actualizada de las macroalgas de Isla de Pascua.

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
Phyllum Chlorophyta			
Ord. Bryopsidales			
<i>Bryopsis hypnoides</i>	Lamouroux, 1809	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Bryopsis pennata</i>	Lamouroux, 1809	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Caulerpa nummularia</i>	Harvey ex Agardh, 1873	Este estudio.	Pacífico tropical
<i>Caulerpa webbiana</i>	Montagne, 1837	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Caulerpa chemnitzia</i>	(Esper) Lamouroux, 1809	Ramírez & Müller (1991)	Pantropical
<i>Codium pocockiae</i>	Silva, 1959	Etcheverry (1960); Este estudio (p).	Indo-Pacífico
<i>Codium spongiosum</i>	Harvey, 1855	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Codium sp.</i>		Este estudio.	
<i>Derbesia tenuissima</i>	(Moris & De Notaris) Crouan & Crouan, 1867	Ramírez & Müller (1991)	Cosmopolita
<i>Halimeda renschii</i>	Hauck, 1886	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Pacífico
<i>Halimeda tuna</i>	(Ellis & Solander) Lamouroux, 1816	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ostreobium quekettii</i>	Bornet & Flahault, 1889	Börgensen (1924).	Cosmopolita
Ord. Cladophorales			
<i>Cladophora vagabunda</i>	(Linnaeus) Hoek, 1753	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Cladophora perpusilla</i>	Skottsberg & Levring, 1941	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Cladophora socialis</i>	Kützing, 1849	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Cladophora herpestica</i>	(Montagne) Kützing, 1849	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Cladophora</i> sp.*		Börgensen (1924); Este estudio.	
<i>Cladophoropsis sundanensis</i>	Reinbold, 1905	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Cladophoropsis</i> sp.		Este estudio.	
<i>Chaetomorpha aerea</i>	(Dillwyn) Kützing, 1849	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Chaetomorpha linum</i>	(Müller) Kützing, 1845	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Chaetomorpha spiralis</i>	Okamura, 1903	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Microdictyon japonicum</i>	Setchell, 1925	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Microdictyon umbilicatum</i>	(Volley) Zanardini, 1862	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Rhipidiphylon reticulatum</i>	(Askenasy) Heydrich, 1894	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Pseudorhizoclonium africanum</i>	Kützing, 1853	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Valonia ventricosa</i>	Agardh, 1887	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
Ord. Dasycladales			
<i>Parvocaulis clavatus</i>	(Yamada) Berger <i>et al.</i> , 2003	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Indo-Pacífico
Ord. Palmophyllales			
<i>Palmophyllum</i> sp.		Este estudio.	
Ord. Ulvophyceae incertae sedis			
<i>Blastophysa rhizopus</i>	Reinke, 1889	Ramírez & Müller (1991)	Cosmopolita
Ord. Ulvales			
<i>Ulvella viridis</i>	(Reinke) Nielsen <i>et al.</i> , 2013	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987)	Cosmopolita
<i>Ulva clathrata</i>	(Roth) Agardh, 1811	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ulva compressa</i>	Linnaeus, 1753	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ulva flexuosa</i>	Wulfen, 1803	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ulva lingulata</i>	Candolle, 1805	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Ulva prolifera</i>	Müller, 1778	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Ulva lactuca</i>	Linnaeus, 1753	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ulva intestinalis</i>	Linnaeus, 1753	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Ulva</i> sp.		Este estudio.	Cosmopolita

Phyllum Ochrophytas

Class Phaeophyceae

Ord. Dictyotales

<i>Dictyopteris repens</i>	(Okamura) Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Etcheverry (1960): Este estudio.	Cosmopolita
<i>Dictyopteris deliculata</i>	Lamouroux, 1809	Santelices & Abbott (1987)	Cosmopolita
<i>Dictyopteris australis</i>	(Sonder) Askenasy, 1888	Santelices & Abbott (1987)	Indo-Pacífico
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	(Kützing) De Paula & De Clerck, 2006	Etcheverry (1960)	Cosmopolita
<i>Dictyota acutiloba</i>	Agardh, 1848	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Pacífico
<i>Dictyota crenulata</i>	Agardh, 1847	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Dictyota</i> sp.		Este estudio.	
<i>Padina australis</i>	Hauck, 1887	Santelices & Abbott (1987)	Indo-Pacífico
<i>Styopodium flabelliforme</i>	Weber-van Bosse, 1913	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Pacífico
<i>Lobophora variegata</i>	(Lamouroux) Womersley ex E.C.Oliveira, 1977	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Zonaria crenata</i>	Agardh, 1873	Börgensen (1924); Etcheverry (1960).	Indo-Pacífico
<i>Spatoglossum stipitatum</i>	(Tanaka & Nozawa) Bittner <i>et al.</i> , 2008	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Pacífico

Ord. Ectocarpales

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Chnoospora minima</i>	(Hering) Papenfuss, 1956	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Colpomenia sinuosa</i>	(Mertens ex Roth) Derbès & Solier, 1851	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Ectocarpus chnoosporae</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924)	Endémica
<i>Asteronema breviarticulatum</i>	(Agardh) Ouriques & Bouzon, 2000	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Feldmannia mitchellae</i>	(Harvey) Kim, 2010	Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Feldmannia indica</i>	(Sonder) Womersley & Bailey, 1970	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Feldmannia rhizoideae</i>	Hollenberg & Abbott, 1968	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Feldmannia duchassaingianus</i>	(Grunow) Aisha & Shameel, 2011	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Elachista</i> sp.		Börgensen (1924).	
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	(Agardh) Howe, 1920	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Nemacystus novae-zelandiae</i>	Kylin, 1040	Ramírez & Müller (1991).	Cosmopolita
<i>Petalonia</i> sp.		Este estudio.	
Ord. Fucales			
<i>Sargassum aquifolium</i>	(Turner) Agardh, 1820	Mattio <i>et al.</i> (2008).	Pacífico
<i>Sargassum obtusifolium</i>	Agardh, 1848	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Pacífico
Ord. Ralfiales			

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Hapalospongidion vanbosseae</i>	(Børgesen) León-Alvarez & González-González, 1993	Børgesen (1924).	Endémica
<i>Hapalospongidion pangoenesis</i>	(Setchell) Hollenberg, 1942	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Neoralgsia expansa</i>	(Agardh) Lim <i>et al.</i> , 2012	Børgesen (1924).	Cosmopolita
Ord. Sphacelariales			
<i>Sphacelaria</i> sp.		Børgesen (1924).	
<i>Sphacelaria novae-hollandiae</i>	Sonder, 1845	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Sphacelaria taitensis</i>	Setchell, 1926	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
Phyllum Rodophytas			
Ord. Acrochaetiales			
<i>Acrochaetium moniliforme</i>	(Rosenvinge) Børgesen, 1915	Børgesen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Acrochaetium discoideum</i>	Børgesen, 1924	Børgesen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Endémica
<i>Acrochaetium ralfsiae</i>	Børgesen, 1925	Børgesen (1924).	Endémica
<i>Acrochaetium catenatum</i>	Howe, 1914	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
Ord. Bangiales			
<i>Bangia atropurpurea</i>	(Mertens ex Roth) Agardh, 1824	Ramírez & Müller (1991).	Cosmopolita
<i>Porphyra</i> sp.*		Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	
Ord. Bonnemaisoniales			
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	(Delile) Trevisan de Saint-Léon, 1845	Børgesen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
Ord. Ceramiales			
<i>Callithamnion paschale</i>	Børgesen, 1924	Børgesen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Reinboldiella shmitziana</i>	(Reinbold) De Toni, 1895	Børgesen (1924).	Indo-Pacífico

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Centroceras clavulatum</i>	(Agardh) Montagne, 1846	Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Ceramium cruciatum</i>	Collins & Hervey, 1917	Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Ceramium skottsbergii</i>	Petersen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Endémica
<i>Ceramium codii</i>	(Richards) Mazoyer, 1938	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Ceramium sp.</i>		Este estudio.	
<i>Chondria dasyphylla</i>	(Woodward) Agardh, 1817	Santelices & Abbott (1987).	Pacífico
<i>Chondria repens</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Indo-Pacífico
<i>Crouania attenuata</i>	(Agardh) Agardh, 1842	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Dasya villosa</i>	Harvey, 1844	Börgensen (1924); Este estudio.	Indo-Pacífico
<i>Dasya anastomosans</i>	(Weber-van Bosse) Wynne, 1987	Ramírez & Müller (1991); Este estudio.	Pacífico
<i>Dipterosiphonia dendritica</i>	(Agardh) Schmitz, 1897	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Griffithsia globulifera</i>	Harvey ex Kützing, 1862	Ramírez y García-Huidobro (2009).	Cosmopolita
<i>Herposiphonia pacifica</i>	Hollenberg, 1968	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Herposiphonia tenella</i>	(C.Agardh) Ambronn, 1880	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Herposiphonia sp.</i>		Santelices & Abbott (1987).	
<i>Heterosiphonia crispella</i>	(Agardh) Wynne, 1985	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Laurencia claviformis</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Indo-Pacífico
<i>Lophosiphonia cristata</i>	Falkenberg, 1901	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Nitophyllum sp.</i>		Börgensen (1924).	

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Neosiphonia</i> sp.		Este estudio.	
<i>Ptilothamnion pluma</i>	(Dillwyn) Thuret, 1863	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Ptilothamnion subimplex</i>	Gordon, 1972	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Polysiphonia japonica</i> var. <i>savatieri</i>	(Hariot) Yoon, 1986	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Polysiphonia scopulorum</i> var. <i>villum</i>	(Agardh) Hollenberg, 1968	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Polysiphonia</i> sp*		Börgensen (1924); Este estudio.	
<i>Taenioma perpusillum</i>	(Agardh) Agardh, 1863	Santelices & Abbott (1987),	Cosmopolita
Ord. Corallinales			
<i>Amphiroa fragilissima</i>	(Linnaeus) Lamouroux, 1816	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Amphiroa yendoi</i>	Börgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Endémica
<i>Corallina</i> sp.*		Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	
<i>Jania tenella</i>	(Kützting) Grunow, 1874	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987), Este estudio.	Cosmopolita
<i>Jania rubens</i>	(Linnaeus) Lamouroux, 1816	Levring (1943)	Cosmopolita
<i>Harveylithon samoëense</i>	(Foslie) Rösler <i>et al.</i> , 2016	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Mastophora pacifica</i>	(Heydrich) Foslie, 1903	Este estudio.	Indo-Pacífico
<i>Neogoniolithon oblimans</i>	(Heydrich) Silva, 1996	Börgensen (1924)	Indo-Pacífico
<i>Titanoderma rasile</i>	(Foslie) Woelkerling <i>et al.</i> , 1985	Börgensen (1924)	Indo-Pacífico
<i>Porolithon onkodes</i>	(Heydrich) Foslie, 1909	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987)	Cosmopolita

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Hydrolithon gardineri</i>	(Foslie) Verheij & Prud'homme van Reine, 1993	Santelices & Abbott (1987)	Indo-Pacífico
Rodolitos		Este estudio.	
Corallinal sp.		Este estudio.	
Corallinal sp.		Este estudio.	
Corallinal sp.		Este estudio.	
Ord. Erythropeltales			
<i>Sahlingia subintegra</i>	(Rosenvinge) Kornmann, 1989	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Erythrocladia vagans</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Endémica
<i>Erythrocladia laurenciae</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Endémica
<i>Erythrotrichia carnea</i>	(Dillwyn) Agardh, 1883	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
Ord. Gelidiales			
<i>Pterocladia barletti</i>	(Taylor) Santelices, 1998	Este estudio.	Indo-Pacífico tropical
<i>Gelidium crinale</i>	(Hare ex Turner) Gaillon, 1828	Este estudio.	Cosmopolita
<i>Gelidium sclerophyllum</i>	Taylor, 1945	Este estudio.	Pacífico tropical
Ord. Gigartinales			
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	(Mertens ex Turner) Kützing, 1843	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Hypnea esperi</i>	Bory de Saint-Vincent, 1828	Börgensen (1924).	Cosmopolita
<i>Hypnea cenomyce</i>	Agardh, 1851	Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987)	Cosmopolita
<i>Hypnea spinella</i>	(Agardh) Kützing, 1847	Börgensen (1924); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Contarinia pacifica</i>	(Børgesen) Denizot, 1968	Börgensen (1924).	Endémica
<i>Gymnogongrus aequicrassus</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Este estudio.	Endémica

Continuación

Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
Phylloporaceae		Este estudio.	
Ord. Gracilariales			
<i>Gracilaria</i> sp.*		Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	
Ord. Hapalidiales			
<i>Choreonema thuretii</i>	(Bornet) Schmitz	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Mesophyllum mesomorphum</i>	(Foslie) Adey, 1970	Levring (1943)	Indo-Pacífico
<i>Mesophyllum siamense</i>	(Foslie) Adey, 1970	Börgensen (1924).	Indo-Pacífico
<i>Melobesia accola</i>	(Foslie) Lemoine, 1924	Börgensen (1924).	Pacífico
<i>Fosliella paschalis</i>	(Lemoine) Setchell & Gardner, 1930	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
Ord. Nemaliales			
<i>Galaxaura rugosa</i>	(Ellis & Solander) Lamouroux, 1816	Börgensen (1924); Etcheverry (1960); Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Galaxaura paschalis</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Endémica
<i>Galxaura</i> sp.		Börgensen (1924); Santelices & Abbott (1987).	
<i>Liagora harveyana</i>	Zeh, 1912	Este estudio.	Australasia
<i>Yamadaella cenomyce</i>	(Decaisne) Abbott, 1970	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Indo-Pacífico
Ord. Nemastomales			
<i>Nemastoma</i> sp.		Santelices & Abbott (1987).	
<i>Predaea weldii</i>	Kraft & Abbott, 1971	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
<i>Predaea feldmanii</i>	Børgesen, 1950	Ramírez y García-Huidobro (2009); Este estudio.	Pantropical
Ord. Peyssonneliales			
<i>Cruoriella de-zwaanii</i>	(Weber-van Bosse) Denizot, 1968	Börgensen (1924).	Indo-Pacífico
<i>Ethelia pacifica</i>	Børgesen, 1924	Börgensen (1924).	Endémica
<i>Peyssonnelia rubra</i>	(Greville) Agardh, 1851	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
Ord. Rhodymeniales			

Continuación

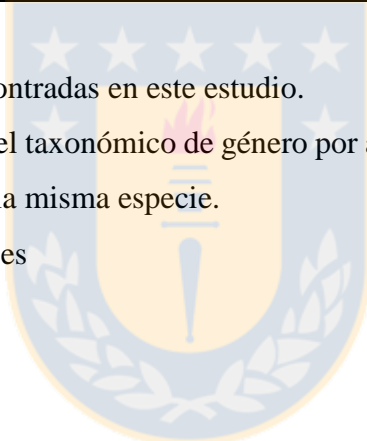
Clasificación y Especie	Autor, año	Referencia	Distribución
<i>Asteromenia peltata</i>	(Taylor) Huisman & Millar, 1996	Ramírez <i>et al</i> (2010).	Tropical
<i>Botryocladia skottsbergii</i>	(Børgesen) Levring, 1941	Børgesen (1924); Este estudio.	Indo-Pacífico
<i>Champia parvula</i>	(Agardh) Harvey, 1853	Santelices & Abbott (1987); Este estudio.	Cosmopolita
<i>Champia</i> sp.		Børgesen (1924).	
<i>Ceratodictyon repens</i>	(Kützing) Norris, 1987	Santelices & Abbott (1987).	Indo-Pacífico
<i>Ceratodictyon variable</i>	(Agardh) Norris, 1987	Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita
Ord. Stylonematales			
<i>Stylonema alsidii</i>	(Zanardini) Drew, 1956	Børgesen (1924); Santelices & Abbott (1987).	Cosmopolita

Fuente: Elaboración propia.

En negritas las especies encontradas en este estudio.

* Especie diferenciada a nivel taxonómico de género por autores anteriores y este estudio, no se tiene la certeza de que sean la misma especie.

(p) Probablemente la especies



3. Capítulo 2: Efecto de la exposición al oleaje sobre la riqueza de especies de macroalgas y la morfología de *Sargassum obtusifolium*

Resumen

La exposición al oleaje es un factor clave en la estructura comunitaria de las macroalgas marinas, influenciando la diversidad, predominancia de grupos morfo-funcionales, riqueza y distribución de las especies en la zona costera, además tiene un efecto sobre la morfología de las macroalgas. Los objetivos de éste estudios fueron examinar el efecto de la exposición al oleaje sobre la riqueza de especies de macroalgas de Isla de Pascua y determinar diferencias en la morfología de talos de *Sargassum* spp. entre sitios expuestos y sitios protegidos al oleaje. Los estudios se llevaron a cabo en el intermareal y submareal somero de 13 sitios alrededor de la línea costera de Isla de Pascua, y se les asignó un índice de exposición baso en “fetch”. Se analizaron en cada sitio: número de especies, número de especies por phyla y número de especies según su grupo morfo-funcional. Además, análisis morfológicos de *Sargassum* spp. fueron realizados con muestras provenientes de dos localidades (expuesto y protegido). Para determinar diferencias entre riqueza de especies y composición comunitaria los datos fueron analizados mediante t de Student, análisis de clúster, ANOVA, MDS-NM y ANOSIM, y un Análisis de componentes principales (PCA) para el análisis morfológico de los talos de *Sargassum* spp. Se observaron los más altos valores de riqueza específica en condiciones de exposición intermedia, y bajos valores en condiciones de exposición bajos y altos. Existe una diferencia entre las comunidades de sitios expuestos y protegidos al oleaje. Además se encuentra diferencias en la morfología de *Sargassum obtusifolium* en características morfológicas como el tamaño del talo y el ancho del disco de adhesión más grandes en ambientes expuestos. Diferentes niveles de exposición al oleaje influyen sobre la riqueza de especies y composición comunitaria de las macroalgas de Isla de Pascua, así como también a la morfología de *Sargassum obtusifolium*

Introducción

Efecto de la exposición al oleaje sobre la diversidad y morfología de las macroalgas.

La exposición al oleaje es un factor físico que ocurre en un gradiente horizontal a la línea costera, influenciando a pequeña escala los patrones de las comunidades marinas cercanas a la costa y la composición de especies sobre el intermareal (Lewis 1968, Denny 1985, Leigh *et al.* 1987, Denny & Wethey 2001). Diversas investigaciones han encontrado diferencias en la biomasa, distribución, estructura comunitaria y riqueza de especies en sitios protegidos con respecto a sitios expuestos al oleaje (Bustamante & Branch 1996, Cheroske *et al.* 2000, Blamey & Branch 2009, Nishihara & Terada 2010). Blamey & Branch (2009) encuentran baja riqueza de especies en sitios protegidos al oleaje comparado con sitios expuestos, principalmente porque el hábitat es colonizado por un par de especies. La ausencia de perturbaciones físicas genera que las especies más competitivas excluyan a otras, mientras que en sitios expuestos la fuerza del oleaje crea una mayor disponibilidad de sustrato que puede ser colonizado por especies menos competitivas (Denny 2006). Más específicamente, se ha descrito que la riqueza de especies de algas pardas (Clase Phaeophyceae) incrementa en sitios expuestos (Nishihara & Terada 2010). Además, algunos aspectos fisiológicos estarían influenciados por la exposición al oleaje como la tasa fotosintética, captación de nutrientes (Nishihara & Ackerman 2006) y tasas de fertilización y dispersión de esporas (Gaylord & Al 2006).

Diferentes niveles en la exposición al oleaje tienen además una influencia sobre la morfología y el tamaño de las especies, ya sea por aclimatización o adaptación (Blanchette 1997, Wernberg & Thomsen 2005, Fowler-Walker *et al.* 2006, Shibneva & Skriptsova 2015). En los organismos sésiles, la morfología juega un rol fundamental ya que de ella depende el riesgo de desprendimiento o supervivencia en ambientes con altos niveles de exposición (Denny 2006). Uno de los primeros autores en describir estrategias de las macroalgas a la acción de las olas es Börgensen (1905) quien describe una prevalencia de algas con talos gruesos resistentes al oleaje en sitios expuestos. Además, diferentes poblaciones de una misma especie pueden tener diferencias en su morfología según el ambiente en el que habita, estudios realizados en *Sargassum muticum* demuestran que plantas que habitan en ambientes protegidos son más grandes que aquellas de ambientes expuestos (Viejo *et al.* 1995). Resultados similares son descritos para el alga parda *Ecklonia radiata*, plantas que habitan en ambientes protegidos poseen un talo más largo para maximizar el área de absorción de luz y nutrientes, pero más delgado, comparado con plantas de sitios expuesto que son más pequeñas pero con talos más

gruesos para evitar que se rompan (Fowler-Walker *et al.* 2006). También, diferencias en las morfología de la lámina se ha descrito para *Macrocystis pyrifera* (ecomorfo *integrifolia*), láminas anchas y lisas en sitios protegidos al oleaje comparadas con láminas delgadas y corrugadas en sitios expuestos al oleaje, aunque en este caso no encuentran diferencias fisiológicas entre las morfologías (Hurd *et al.* 1996).

Características de grupos morfo-funcionales de macroalgas.

Las macroalgas marinas presentan una amplia variedad de morfologías externas, tamaños, características anatómicas y plasticidad fenotípica, sin embargo, ciertas formas se repiten, demostrando adaptación a los factores que regulan su supervivencia. Littler *et al.* (1983) agrupan a las macroalgas tropicales en siete grupos morfo-funcionales según la morfología del talo: laminar, filamentosos, ramificado, grueso, calcáreo articulado y crustoso. Se ha planteado que los grupos morfo-funcionales poseen adaptaciones a distintos tipos de perturbaciones bióticas y abióticas, por ejemplo las formas calcáreas y crustosas poseen una fuerte resistencia a la herbivoría (Littler *et al.* 1983). A las formas laminares se les ha atribuido mayores tasas de productividad y altas tasas metabólicas (Littler *et al.* 1983, De Los Santos *et al.* 2009). Para ambientes expuestos al oleaje se ha descrito comunidades dominadas por algas filamentosas, que poseen una rápida regeneración debido a altas tasas fotosintéticas (Cheroske *et al.* 2000), y comunidades dominadas por formas laminares (Nishihara & Terada 2010). La predominancia de ciertos grupos funcionales en ambientes protegidos o expuestos al oleaje, podría ser un buen indicador de la influencia de la perturbación física en la estructura comunitaria.

El género *Sargassum* en Isla de Pascua.

A nivel mundial, *Sargassum* es el género con más especies dentro de la familia Sargassaceae, posee 353 especies (Guiry & Guiry, 2017) distribuidas en todos los océanos del mundo con excepción de la Antártica, siendo más abundantes en las regiones tropicales y subtropicales (Mattio *et al.* 2008). Sin embargo, el género tendría un gradiente de riqueza de especies desde el Pacífico oeste hacia el Pacífico este, ya que en algunas áreas del Pacífico templado (oeste) la riqueza de especies del género es menor comparado con la flora local, mientras en áreas como Australia y Hawái (Este) ciertas especies de *Sargassum* son dominantes jugando un rol similar al de bosques de macroalgas de las zonas templadas (Phillips 1995, Mattio *et al.* 2008).

En Chile, específicamente en Isla de Pascua se ha reportado *S. obtusifolium* (previamente *S. skottsbergii*) (Sjöstedt 1924) y *S. aquifolium* (Mattio *et al.* 2008, 2009). Ambas especies se

diferencian entre ellas por la condición reproductiva de sus receptáculos (*S. obtusifolium* receptáculos dioicos y *S. aquifolium* receptáculos monoicos), además de algunas características morfológicas. Las algas del género *Sargassum* son las de mayor tamaño y más abundantes de todas las macroalgas presentes en Isla de Pascua (Gaymer *et. al.*, 2011) y se encuentran distribuidas alrededor de toda la isla y en diferentes tipos de ambientes (protegidos y expuestos al viento y oleaje). Hasta el momento no existe ningún estudio de ecología o morfología de *Sargassum* spp. en Isla de Pascua.

A pesar de que el efecto de la exposición al oleaje se ha estudiado extensamente sobre las comunidades y morfología de las macroalgas, pocas investigaciones se han realizado en islas oceánicas. La línea costera de Isla de Pascua está fuertemente influenciada por la exposición al oleaje (Santelices & Abbott 1987), por lo que sería interesante saber de qué manera las comunidades de macroalgas se ven afectadas por la exposición al oleaje. Y si *Sargassum*, la especie más ampliamente distribuida dentro de la isla, adapta su tamaño o morfología a las condiciones ambientales locales



Hipótesis

H1: La exposición al oleaje influye sobre la riqueza específica de macroalgas, causando que sitios con altos niveles de exposición al oleaje presenten una mayor riqueza específica comparada con sitios protegidos.

H2: La exposición al oleaje influye sobre las comunidades de macroalgas causando diferencias en la composición comunitaria de sitios expuestos comparados con sitios protegidos al oleaje.

H2: Diferentes niveles de exposición al oleaje provocan diferencias en la morfología de talos del alga *Sargassum* spp.

Objetivos

Objetivo general 1

Examinar el efecto de la exposición al oleaje sobre la riqueza y la composición comunitaria de especies de macroalgas en Isla de Pascua.

Objetivos específicos

- Determinar la riqueza de especies para sitios expuestos y protegidos al oleaje.
- Determinar la riqueza de grupos morfo-funcionales para sitios expuestos y protegidos al oleaje.
- Determinar si existen diferencias en la composición comunitaria de sitios expuestos y protegidos al oleaje.

Objetivo general 2

Determinar diferencias en la morfología de talos de *Sargassum* spp. entre sitios expuestos al oleaje y sitios protegidos

Objetivos específicos

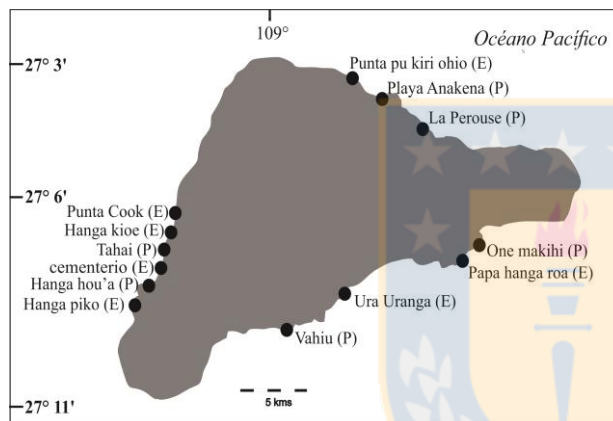
- Comparar morfológicamente talos de *Sargassum* spp. desde dos sitios con diferentes niveles de exposición al oleaje (expuesto/protegido).

Materiales y Métodos

Sitios de estudio y muestreo

El estudio se llevó a cabo en la línea costera de Isla de Pascua. Las muestras fueron tomadas en marzo del 2016 en 13 sitios alrededor de la isla (Tabla 2.1; Fig. 2.1). En cada sitio se recolectaron manualmente especímenes completos de algas desde el intermareal y submareal somero por buceo apnea durante la marea baja, en cada sitio el esfuerzo de muestro (medido en tiempo) fue el mismo. Una vez libre de epífitos, las muestras fueron preservadas en hojas de herbarios para colección, en bolsas selladas con sílica gel y en formalina 4% para estudios morfológicos.

Tabla 2. 1: Coordenada de los sitios de muestreo en Isla de Pascua.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 1: Mapa de los sitios de muestreo en Isla de Pascua. Sitios expuestos (E) y protegidos (P) al oleaje.

Localidad	Latitud (S)	Longitud (O)
Cementerio	27° 8.536'	109° 25.680'
Hanga Hou'a	27° 8.903'	109° 25.891'
Hanga Kioe	27° 8.159'	109° 25.629'
Hanga Piko	27° 9.178'	109° 26.404'
La Perouse	27° 5.289'	109° 17.897'
One Makihi	27° 8.344'	109° 16.997'
Papa Hanga Roa	27° 8.454'	109° 17.168'
Playa Anakena	27° 4.346'	109° 19.369'
Ura Uranga	27° 9.258'	109° 20.478'
Punta Cook	27° 8.000'	109° 25.666'
Punta Pu Kiri	27° 4.241'	109° 19.673'
Tahai	27° 8.372'	109° 25.623'
Vaihu	27° 9.944'	109° 21.820'

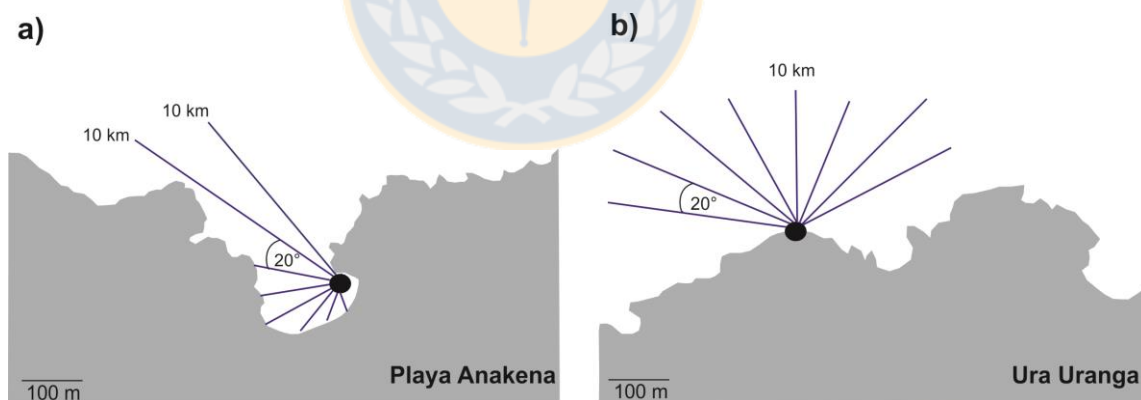
Fuente: Elaboración propia.

Índice de Exposición al oleaje

Los niveles de exposición fueron determinados a partir de un índice exposición basado en “fetch”, en el cual se utilizan datos históricos de dirección y velocidad del viento y “fetch” o máxima distancia en la que el viento puede soplar sin obstáculos a lo largo de un tramo de agua, que también puede interpretarse como la apertura respecto al océano de la zona costera (Boizard & DeWreede 2006). El producto de ambos parámetros (fetch y viento) predice el tamaño de las olas generadas por el viento. Este método ha sido diseñado para generar un índice de exposición en zonas costeras cuando no se tienen los instrumentos necesarios para medir o cuando se tienen varios sitios de estudio, ya que otorga la posibilidad de usar datos de geográficos que son de

fácil acceso (Burrows *et al.* 2008, Hill *et al.* 2010). La metodología ha sido utilizada en varias investigaciones de comunidades marinas para determinar índices de exposición al oleaje (Collings & Cheshire 1998, Boizard & DeWreede 2006, Tam & Scrosati 2014).

Para la determinación de las distancia de los fetch se utilizó la base de datos geográficos Google Earth. En cada sitio se promedió la distancia de 8 fetch, ubicados en un ángulo de 20° cada uno, estableciendo como máximo de distancia del fetch 10 km. (Fig. 2.2). El promedio de los fetch por sitio fue multiplicado por el promedio de velocidad del viento de los últimos cinco años (2012-2016) (Datos de dirección y velocidad de los vientos proporcionados por la NOAA, disponibles en <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/>). El producto de los fetch y velocidad del viento de cada uno de los sitios de la isla generó un índice de exposición que va entre 0 y 90, siendo considerado en este estudio sitios expuestos al oleaje aquellos que presentan un índices de exposición entre 40 y 90 (Tabla 2.2). Además, para observar las posibles diferencias entre sitios expuestos y protegidos al oleaje, los sitios de muestreo se dividieron en dos categorías: los primero seis sitios con los índice de exposición menor a 40 se consideraron como condición protegido al oleaje y los últimos 7 sitios con los índice de exposición mayor a 40 fueron considerados como condición expuesta (Fig. 2.2; Tabla 2.2).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 2: Ejemplo del cálculo de fetch en dos sitios de muestreo. Las líneas azules son los fetch en cada uno de los sitios (8 por sitio). Los 10 km. son la distancia máxima establecida y el punto negro muestra el sitio específico de muestreo.

Tabla 2. 2: Datos del promedio de fetch, velocidad del viento en nudos, índice de exposición y condición de exposición al oleaje por sitio de muestreo.

	Promedio fetch (km)	Viento (nudos)	Índice Exposición	Condición respecto al oleaje
Hanga Hou'a	0.0	5.2	0.2	Protegido
Vaihu	2.6	6.1	15.8	Protegido
Tahai	2.5	6.3	16.0	Protegido
Playa Anakena	2.6	7.7	20.0	Protegido
One Makihi	2.5	9.3	23.6	Protegido
La Perousse	5.1	6.1	31.0	Protegido
Hanga Piko	7.6	5.7	43.2	Expuesto
Cementerio	7.5	6.3	47.4	Expuesto
Punta Pu kiri	6.5	7.7	49.9	Expuesto
Hanga Kioe	8.8	7.8	68.4	Expuesto
Punta Cook	10.0	7.8	78.0	Expuesto
Papa Hanga Roa	10.0	7	70.0	Expuesto
Ura Uranga	10.0	9	90.0	Expuesto

Fuente: Elaboración propia. Sitios protegidos (celeste) y expuestos (naranja) al oleaje.

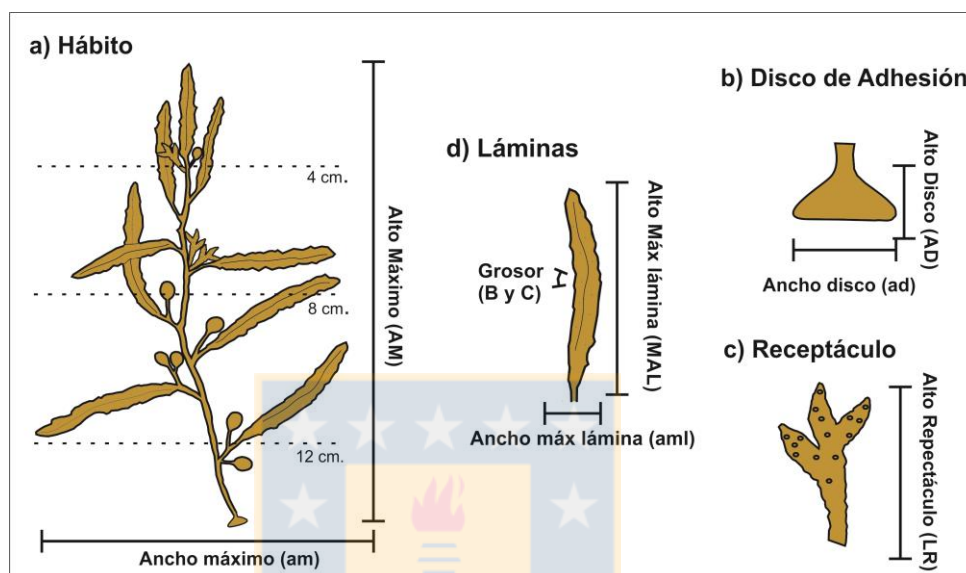
Determinación de la riqueza de especies

La riqueza de especies fue calculada por el conteo de las especies de macroalgas presentes en cada sitio y se analizó: (a) Número de especies, (b) Número de especies por phyla (Chlorophyta Rhodophyta y Phaeophyceae) y (c) número de especies según su grupo morfo-funcional de acuerdo a Littler *et al.* (1983). Las especies fueron identificadas mediante análisis morfológicos usando caracteres taxonómicos macroscópicos y microscópicos (forma y posición de estructuras reproductivas, patrones de ramificación, características de los tejidos celulares, etc.). Para las estructuras microscópicas, se realizaron cortes transversales y longitudinales a mano alzada de distintas partes del talo (ápice, medio y base). Las muestras fueron observadas en un microscopio de luz (Olympus, modelo CX131) y en una lupa (Olympus, modelo SZ31), y fueron fotografiadas con cámara fotográfica digital acoplada (Microimaging, modelo CMOS).

Análisis morfológicos de *Sargassum* spp.

Sargassum spp. fue recolectado en el intermareal bajo desde dos localidades de la isla, Ura Uranga (expuesto) y Playa Anakena (protegido; Tabla 2.2). En cada sitio 5 individuos maduros fueron recolectados de manera aleatoria. Los talos fueron mantenidos en sal, que es utilizado como preservante natural, para su posterior análisis en laboratorio (AlgaLAB) de la Universidad de Concepción. Para el análisis morfológico los talos fueron re-hidratados en agua de mar, se usaron 17 caracteres taxonómicos macroscópicos y microscópicos: Alto y ancho del talo (Fig. 2.3a), alto y ancho de la lámina (5 láminas en tres diferentes distancias del talo respecto al ápice:

4, 8 y 12 cm., Fig. 2.3 a,d), Grosor de la lámina en la nervadura central (c) y en el borde (b) (Fig. 2.3d) alto y ancho del disco de adhesión (Fig. 2.3b), y largo del receptáculo (Fig. 2.3c). Además el porcentaje de biomasa de las láminas, estipes, disco de adhesión y estructuras reproductivas fueron calculadas de plantas de sitios expuestos y protegidos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 3: Características morfológicas analizadas en talos de *Sargassum*.

Análisis estadísticos

Para determinar la relación entre la riqueza de especies y el índice de exposición, se probaron modelos de regresiones lineal y polinomial, seleccionando el mejor ajuste según el criterio de información de Akaike (AIC) (Akaike 1973). Para determinar diferencias entre riqueza de especies de sitios expuestos y protegidos se usó una prueba t de Student y análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para la riqueza de phyla y riqueza morfo-funcional en sitios expuesto y protegidos (previos análisis de homocedasticidad de varianza de Cochran y normalidad), seguido por un test a posteriori de comparaciones múltiples de Tukey. Los datos de ausencia/presencia de especies por sitios muestreado fueron analizados en PRIMER 6.0. Para comparar el grado de similitud o disimilitud entre las comunidades, se utilizó como medida de distancia el coeficiente de Sorensen (1948), se realizó un análisis de clúster y para visualizar patrones de distribución especial se utilizó el ordenamiento multivariado no métrico (MDS-NM). La comparación de la composición específica entre los sitios se hizo mediante análisis de

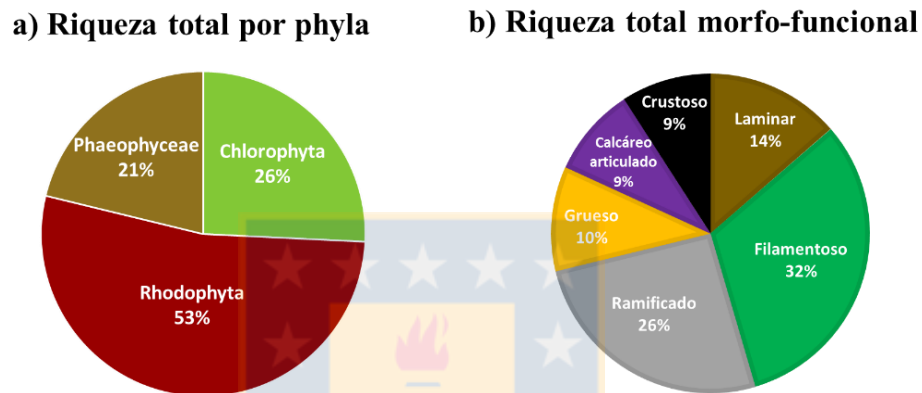
similitud (ANOSIM), que es un análisis basado en permutaciones que trabaja bajo la hipótesis nula que no hay diferencias en la composición de especies entre los sitios. Para determinar si existen diferencias significativas entre las morfologías de los talos de *Sargassum* spp. en sitios expuestos y protegidos se realizó un análisis multivariado de componentes principales (PCA) previa estandarización de datos usando la transformación de la raíz cuadrada y posteriormente una prueba t de Student para ver diferencias significativas de los caracteres morfológicos.



Resultados

Determinación de la riqueza de especies

Un total de 66 especies de macroalgas fueron encontradas alrededor de toda la costa de Isla de Pascua, aunque no todas fueron identificadas a nivel de especies, todas fueron incluidas en los análisis de riqueza. Las algas rojas (Rhodophyta) fueron las más abundantes con un 53% del total de las especies y según el grupo morfo-funcional las filamentosas alcanzaron el 32% de las especies, seguida por 26 % de algas ramificadas (Fig. 2.4).

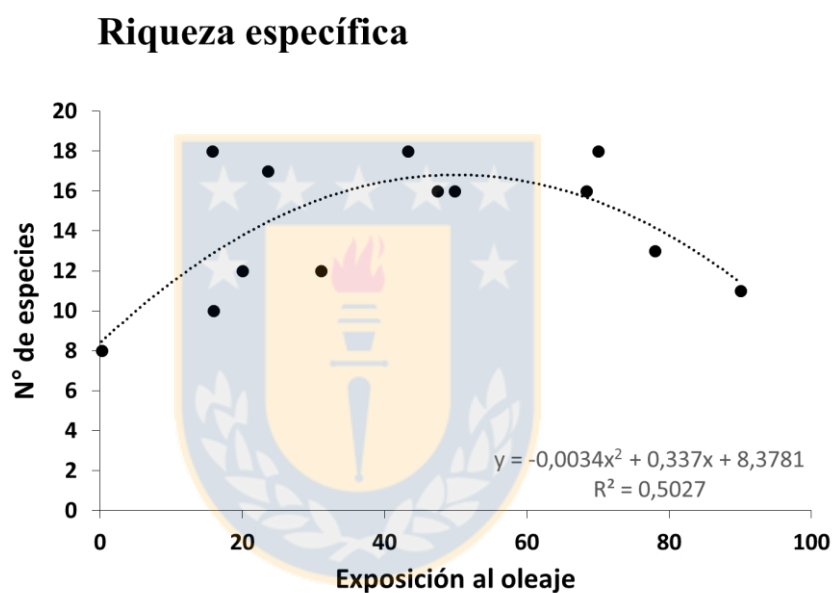


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 4: Riqueza de especies total de Isla de Pascua por (a) phyla y (b) grupos morfo-funcionales.

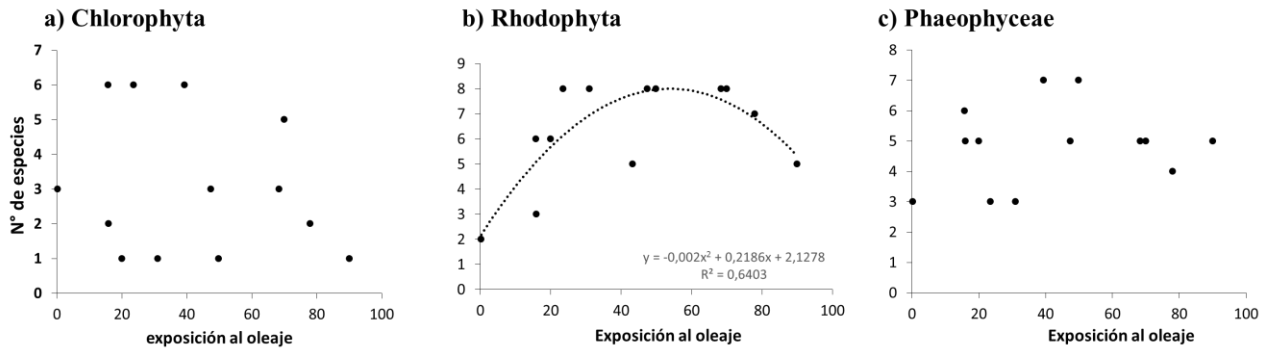
La riqueza específica presenta una relación respecto a la exposición al oleaje, los valores más altos de riqueza se encuentran en condiciones de exposición intermedia, mientras que disminuye en lugares con condiciones de exposición baja y alta (Fig. 2.5), ajustándose a una regresión polinomial significativamente ($P = 0.03$) y con alto valor de correlación ($r^2 = 0.5$, Tabla 2.3), los sitios con mayor número de especies fueron Hanga Piko, Cementerio y Vahiu, por el contrario, Hanga Hou'a y Ura Uranga poseen los menores valores de riqueza. En cuanto a la riqueza de especies por phyla las Rhodophyta, al igual que la riqueza específica, presenta los más altos valores de riqueza en la condición intermedia de exposición, y también sigue una regresión polinomial de manera significativa ($P < 0.01$, Fig. 2.6b), siendo Cementerio y Punta Pu Kiri los lugares con mayor número de especies, mientras que el lugar con menor riqueza de

Rhodophyta fue Hanga Hou'a. Chlorophyta y Phaeophyceae no presentan una relación significativa entre la riqueza de especies y la exposición oleaje (Fig. 2.6a,c; Tabla 2.3). En la riqueza morfo-funcional el único grupos que mostró una relación significativa con respecto a la exposición fueron las algas filamentosas ($P = 0.03$, Fig. 2.7b), que tienden a aumentar su riqueza cuando aumenta la exposición al oleaje, siguiendo una curva de regresión polinomial con un alto valor de correlación ($r^2 = 0.5$, Tabla 2.3). El resto de los grupos morfo-funcionales no presentan una relación significativa entre la riqueza de especies y la exposición oleaje (Fig. 2.7; Tabla 2.3).



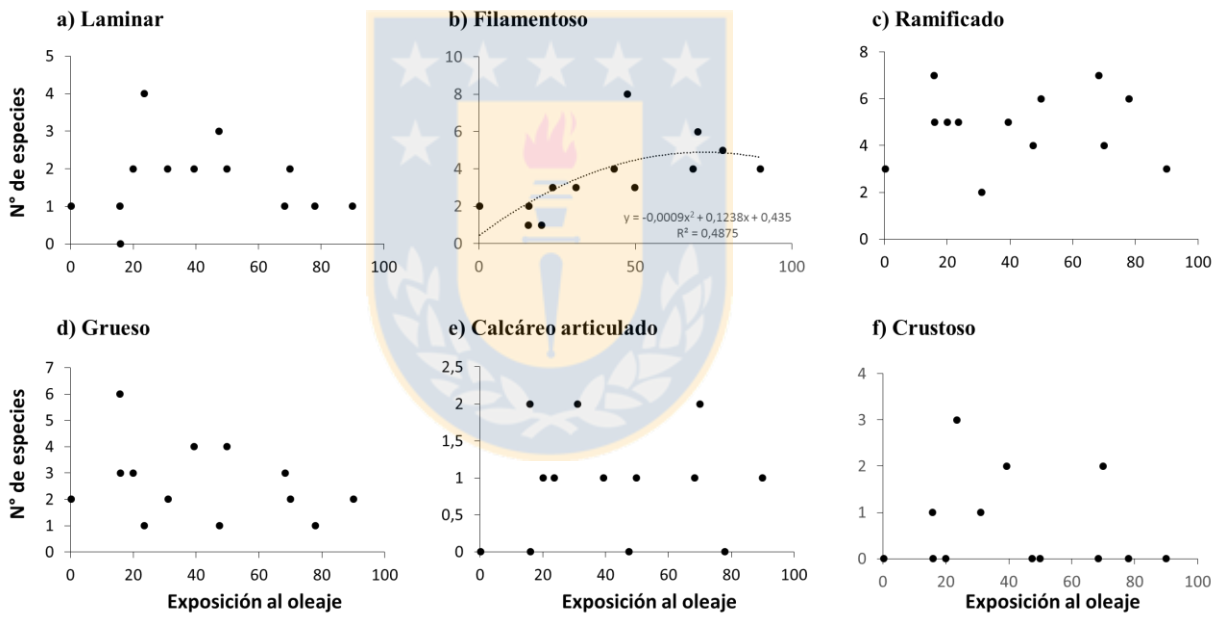
Fuente: elaboración propia.

Figura 2. 5: Relación entre la riqueza específica y el índice de exposición al oleaje. Curva de regresión polinomial ($P = 0.03$, $r^2 = 0.5$, $N = 13$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 6: Relación entre la riqueza por phyla y el índice de exposición al oleaje. (a) Chlorophyta, (b) Rhodophyta y (c) Phaeophyceae.



Fuente: Elaboración propia.

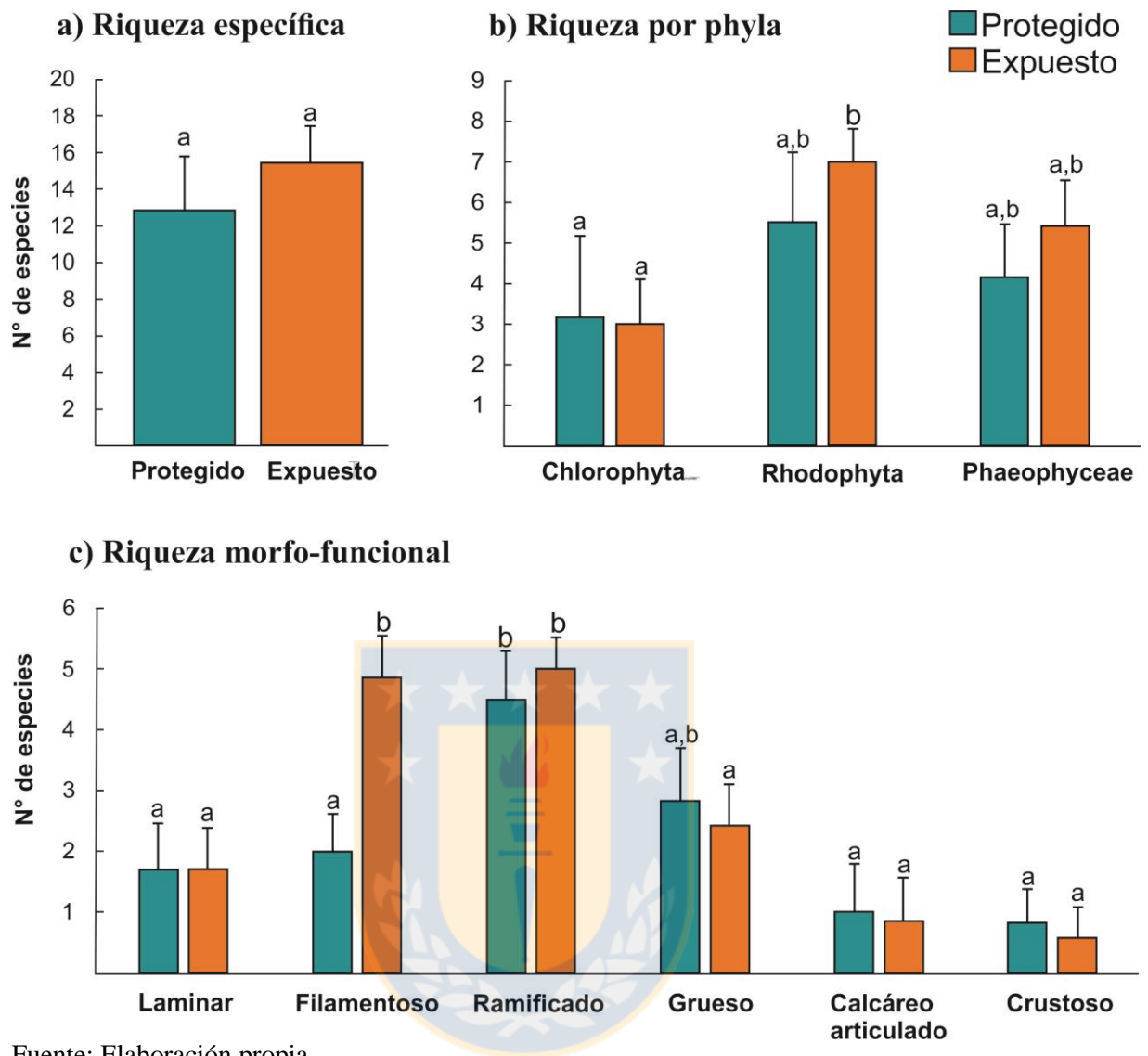
Figura 2. 7: Relación entre la riqueza de grupos morfo-funcionales y el índice de exposición al oleaje. (a) laminar, (b), filamentoso, (c) ramificado, (d) grueso, (e) calcárea y f) crustoso.

Tabla 2. 3: Parámetros de ajuste a las regresiones lineal y polinomial, realizadas para la riqueza específica, por phyla y por grupo morfo-funcional relacionada al índice de exposición (* = $P < 0.05$).

	Lineal				Polinomial			
	r^2	F	P	AIC	r^2	F	P	AIC
Riqueza específica	0.06	0.69	0.42	135.3	0.50	5.05	0.03*	77.45
Chlorophyta	0.04	0.51	0.49	51.94	0.08	0.41	0.67	53.84
Rhodophyta	0.20	2.75	0.12	45.80	0.64	8.90	0.01*	26.93
Phaeophyceae	0.04	0.48	0.50	25.99	0.19	1.16	0.35	26.26
Laminar	0.00	0.04	0.84	17.92	0.28	1.98	0.19	17.81
Filamentoso	0.40	7.42	0.02*	33.40	0.50	4.76	0.03*	32.83
Ramificado	0.00	0.04	0.84	33.40	0.07	0.39	0.68	34.88
Grueso	0.08	1.04	0.33	28.12	0.10	0.58	0.58	31.13
Calcáreo	0.00	0.05	0.82	12.09	0.07	0.39	0.69	15.09
Crustoso	0.02	0.19	0.67	17.76	0.12	0.68	0.53	19.91

Fuente: Elaboración propia.

Se encontraron diferencias significativas en la riqueza de algunos grupos al separar las localidades de muestreo entre sitios expuestos y protegidos al oleaje. A pesar de que la condición expuesta presenta un mayor número de especies, no hay diferencias significativas en la riqueza específica de ambos sitios ($t = 1.34$; $P = 0.18$) (Fig. 2.8a). En cuanto al número de especies por phyla (Chlorophyta Rhodophyta y Phaeophyceae), existe una diferencia en la condición expuesta al oleaje ($F_{2, 33} = 9.84$; $P < 0.00$), donde las Rhodophyta presentan una mayor riqueza de especies comparada con las Chlorophyta ($P < 0.05$) (Fig. 2.8b). En la riqueza morfo-funcional, hay diferencias en el número de grupos por condición al oleaje ($F_{5, 66} = 19.76$; $P < 0.00$), las algas ramificadas presentan una mayor riqueza tanto en sitios expuestos como protegidos ($P < 0.05$), además las algas filamentosas son significativamente más abundantes en la condición expuesta ($P < 0.05$) (Fig. 2.8c).

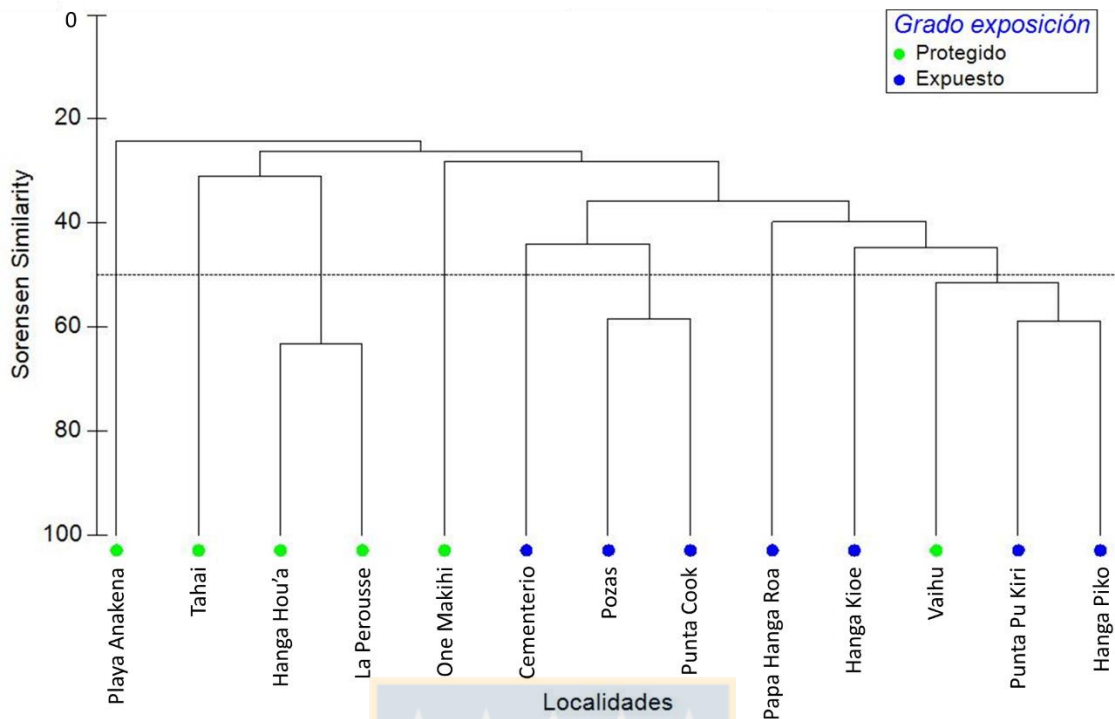


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 8: Riqueza de macroalgas según la condición de exposición al oleaje. A) Riqueza específica, b) riqueza por phyla y c) riqueza por grupo morfo-funcional. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).

Composición comunitaria

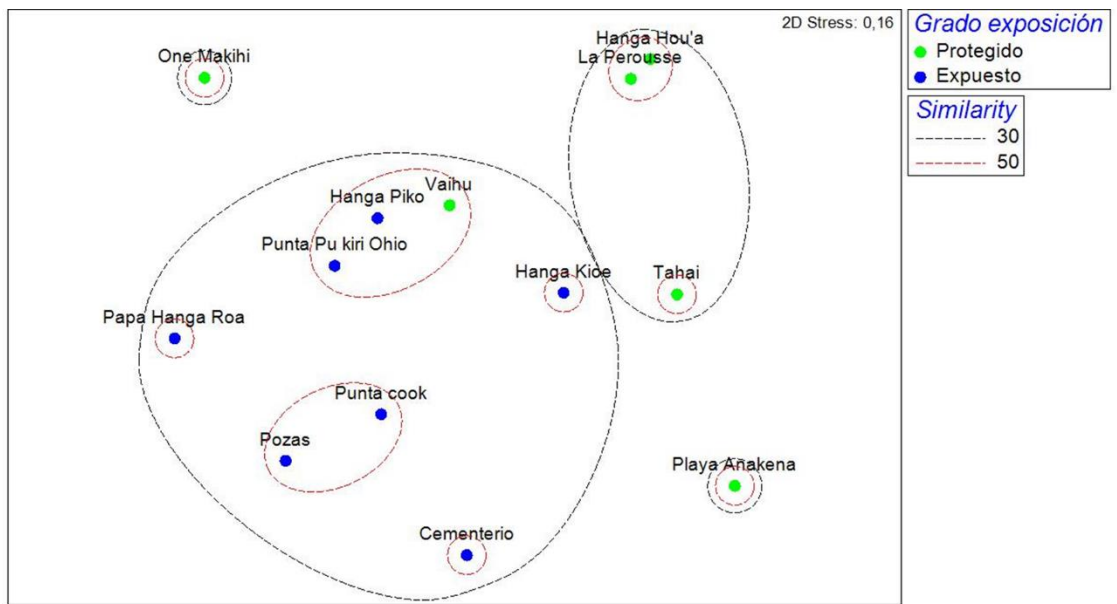
El análisis de clúster muestra una clara separación entre las comunidades de sitios expuestos y protegidos al oleaje, a excepción de Vahiu. La separación se puede observar en los bajos porcentaje de similitud (25-30%) de especies las comunidades de los sitios expuestos y protegido. Cuatro de las siete comunidades expuestas al oleaje comparten más de un 50% de las especies de algas (Pozas-Punta Cook y Punta Pu Kiri-Hanga Piko, Fig. 2.9).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 9: Análisis de cluster de las localidades estudiadas en Isla de Pascua (índice de similitud de Sorensen) basados en presencia/ausencia. La línea punteada marca el 50 %. Círculos azules localidades expuestas al oleaje y círculos verdes localidades protegidas al oleaje.

El escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) muestra una separación espacial de las comunidades entre los sitios expuestos y protegidos (Fig. 2.9). Todos los sitios expuestos al oleaje se agrupan en una similitud del 30 %, por el contrario los sitios protegidos al oleaje están espacialmente más distantes uno del otro, solo Hanga Hou'a y La Perouse se acercan espacialmente compartiendo un 50% de similitud. El análisis ANOSIM mostró que existen diferencias en la composición de especies de las comunidades entre las localidades expuestas y protegidas al oleaje ($R = 0,312$; $P = 0,008$).



Fuente: Elaboración propia.

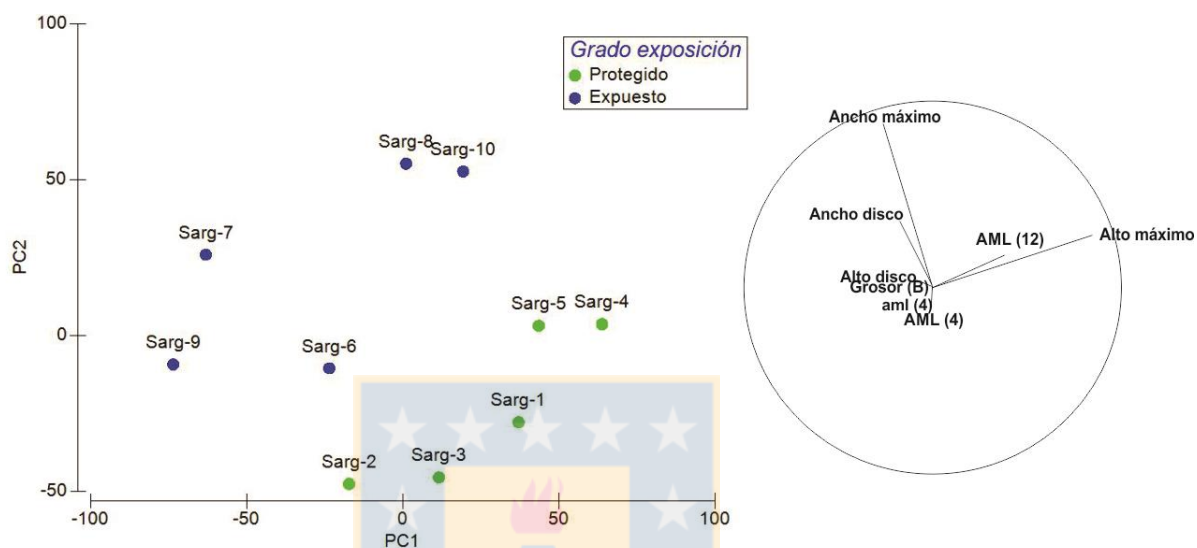
Figura 2. 10: nMDS de las comunidades de macroalgas de las localidades expuestas (círculos verdes) y protegidas (círculos azules) al oleaje.

Análisis morfológicos

Sólo se encontraron individuos de la especie *Sargassum obtusifolium*, por lo que todos los análisis morfológicos fueron realizados en dicha especie. En el análisis PCA, el componente principal dominante (PC1) explica un alto porcentaje de la varianza (57.6 %) de los datos y está determinado por el **alto máximo del talo**. El componente 2 (PC2) explica un 37% de la varianza y los mayores puntajes los proporcionan el **ancho máximo del talo y ancho del disco de adhesión**. Entre ambas componentes explican un 94.6 % de la varianza. Las muestras de *S. obtusifolium*, del ambiente protegido están más positivamente relacionadas con el componente 1, mientras que las muestras del ambiente expuesto están más positivamente relacionadas al componente 2 (Fig. 2.11).

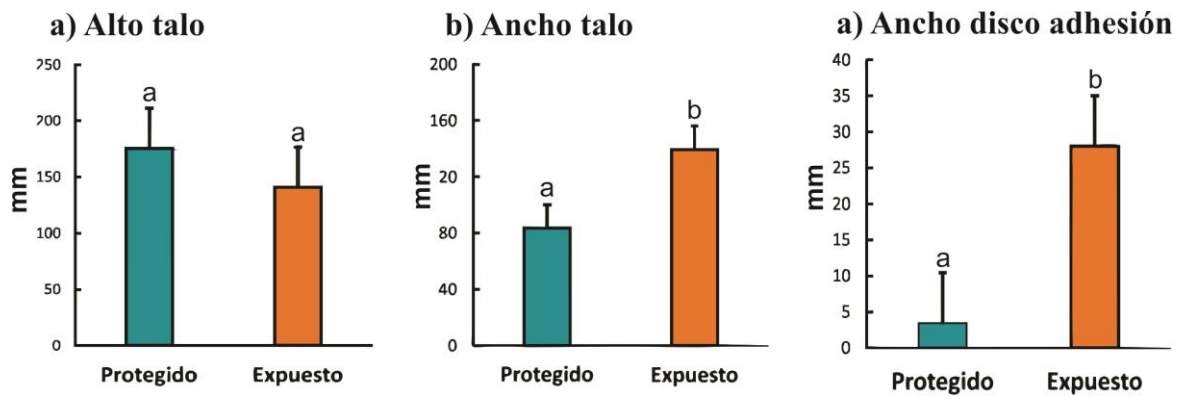
A partir de las variables que más aportaron puntajes a los componentes, se realizó una prueba t de Student para analizar si existían diferencias significativas. Las características morfológicas que dan significativamente diferentes entre las plantas de los sitios expuestos y protegidos son el ancho máximo del talo ($t = 4.9$; $P < 0.05$) y el ancho del disco de adhesión ($t = 4.0$; $P < 0.05$) (Fig. 2.12 y 2.14).

El porcentaje de biomasa destinado a las estructuras de un talo de *S. obtusifolium* muestra que, en sitios expuestos hay un mayor porcentaje de biomasa destinado al disco de adhesión (12%) comparado con los talos que habitan sitios protegidos (1%). Además, en sitios protegidos hay un mayor porcentaje de biomasa del talo destinado a láminas (67%) (Fig. 2.13).



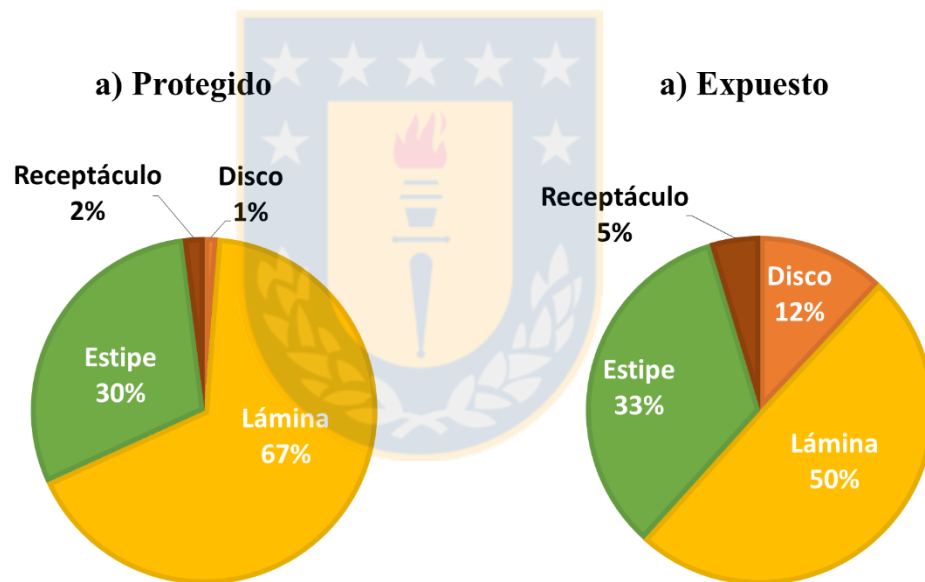
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 11: Análisis de Componentes principales (APC). Cada individuo es representado por un círculo de color. A la derecha se muestra los vectores de los rasgos morfológicos. Ancho y alto máximo del talo, ancho del disco de adhesión, alto máximo lámina a los 4 y 12 cm. (AML 4 y 12), ancho máximo lámina 4 cm. (aml 4), grosor lámina 8 cm. (Grosor 8).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 12: Mediciones morfológicas de *S. obtusifolium* desde sitios protegidos y expuestos al oleaje.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 13: Porcentaje de biomasa destinada a las diferentes partes del talo en *S. obtusifolium* desde sitios expuestos y protegidos al oleaje.

a) Talo de Playa Anakena (protegido)



b) Talo de Ura Uranga (expuesto)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. 14: Talos de *S. obtusifolium* desde sitio protegido y expuesto al oleaje (Barra = 1 cm).



Discusión

En este trabajo se entrega información de cómo la exposición al oleaje influye sobre la riqueza de especies y estructura comunitaria en el intermareal de Isla de Pascua, además de diferencias en el efecto de la exposición sobre los diferentes grupos de macroalgas (Rhodophyta, Chlorophyta y Phaeophyceae) y formas funcionales. Igualmente, algunas características morfológicas de *Sargassum* fueron diferentes en sitios expuestos y protegidos al oleaje, talos anchos y con grandes disco de adhesión fueron encontrados en sitios expuestos. Por lo que ambas hipótesis propuestas fueron apoyadas por la evidencia presentada.

La riqueza específica presentó sus mayores valores en condiciones intermedia de exposición, disminuyendo hacia condiciones muy expuestas y muy protegidas. Este patrón de relación entre una perturbación y la riqueza de especies ha sido descrito como la hipótesis de las perturbaciones intermedias (Connell 1978), en la cuál a condiciones intermedias de perturbación se encuentran los valores más altos de diversidad y riqueza de especies. Esto ocurre porque en sitios con altas perturbaciones, en frecuencia o intensidad, muchas especies mueren o sufren graves daños y el tiempo de colonización en espacio abierto es corto, por lo que la comunidad está dominada por pocas especies que poseen altas tasa de dispersión y crecimiento, por el contrario, cuando la perturbación es mínima el competidor más eficiente y competitivo excluye al resto de las especies. Solo en condiciones intermedias de perturbación se mantiene un equilibrio para que muchas especies puedan colonizar un ambiente. Varios estudios de diversidad de macroalgas relacionada al acción de las olas han encontrado el mismo patrón, en zonas templadas, tropicales y subtropicales (Collings & Cheshire 1998, England *et al.* 2008, Blamey & Branch 2009). Incluso Collings & Cheshire (1998) encuentran altos niveles de diversidad en perturbación intermedia usando índice de exposición basado en fetch y velocidad de viento.

En cuanto a la de riqueza de especies de Rhodophyta (algas rojas), Chlorophyta (algas verdes) y Phaeophyceae (algas pardas) hay una marcada diferencia. Mientras la riqueza de especies de algas rojas está influenciada por la exposición al oleaje, presentando los más altos valores de riqueza en condiciones intermedias de exposición, las algas verdes y pardas no presentan una relación significativa con la exposición. Un patrón distinto fue observado por Nishihara & Terada (2010) quienes describen un incremento de algas pardas cuando incrementa la exposición, y un marcado decrecimiento de algas verdes y rojas cuando la exposición es alta, sin embargo la diferencia con el ambiente subtropical de Isla de Pascua podría ser una posible explicación.

El único grupo morfo-funcional que se vio afectado por la exposición al oleaje fueron las algas filamentosas, las cuáles tiene a aumentar la riqueza de especies a medida que incrementa la exposición, habitando en sitios expuestos un número significativamente mayor de especies comparado con sitios protegidos. Wernberg & Connell (2008) mostraron un aumento en la cobertura de algas filamentosas a mayores intensidades de exposición al oleaje. A la forma filamentosa se le ha atribuido altas tasas de productividad (Littler *et al.* 1983), por lo que poseen un crecimiento rápido, favoreciéndolas a persistir bajo condiciones de alta presión ambiental (Littler & Littler 1980)..

La heterogeneidad en los datos es esperada dado el amplio rango de variables se pueden influenciar la distribución y diversidad de las macroalgas. Por ejemplo, se ha comprobado que la herbivoría cambia la diversidad y distribución de macroalgas (Jonsson *et al.* 2006), y aunque no se realizaron mediaciones, basándose en observaciones en terreno se puede decir que existen más erizos en sitios expuesto. Esto implica que no es posible generalizar sobre el efecto de la exposición, ya que podría ser confundido con otros procesos locales como herbivoría, carga sedimentaria o geomorfología (Wernberg & Thomsen 2005). Por lo que variables externas a la exposición del oleaje podrían estar explicando la variabilidad de la riqueza de especie de aquellos grupos que no presentaron un patrón claro de distribución cuando se confrontan al índice de exposición.

En cuanto a los análisis de estructura comunitaria, los análisis de clústeres y nMDS, confirman la hipótesis que la intensidad de la acción de las olas influye sobre la estructura comunitaria, lo cual ha sido corroborado en otros estudios (e.g. Ballantine 1961, Lewis 1968, Denny 1985, Bustamante *et al.* 1997, Blamey & Branch 2009). Diversas investigaciones han mostrado crecimientos y decrecimientos de la riqueza de especies con respecto a la exposición al oleaje (Nishihara & Terada 2010), esta variación podría deberse a las diferencia en las escalas espaciales y temporales usadas, así como también de la intensidad de la perturbación (Wernberg & Connell 2008).

Está demostrado que muchas macroalgas presentan variabilidad de morfología y tamaño en un gradiente de exposición al oleaje (Blanchette 1997, Hurd 2000, Wernberg & Thomsen 2005, de Bettignies *et al.* 2013). En general los talos de macroalgas que habitan sitios protegidos al oleaje son altos y delgados, comparado con individuos que habitan sitios expuesto en los cuales el talo es pequeño y grueso, lo que le otorga ventajas para reducir la resistencia hidrodinámica (Hurd

2000, Parada *et al.* 2012). Sin embargo, en este estudio se encuentran diferencias en la morfología de dos caracteres: tamaño del talo (ancho) y ancho del disco de adhesión, ambos aumentan su tamaño cuando aumenta la exposición al oleaje, el alto del talo tiende a ser mayor en lugares expuesto aunque no se observaron diferencias significativas, mientras que el grosor de las láminas y el resto de los caracteres medidos no se encontraron diferencias. Al igual que en estudios del alga parda *Ecklonia radiata*, pocos caracteres analizados se vieron afectados consistentemente por la acción de olas (Wernberg & Thomsen 2005). Sin embargo, la fisiología de los caracteres morfológicos varían individualmente (Hurd 2000), se han encontrado diferencias en la tasa de crecimiento de una misma especie que habita sitios con distinta exposición (Kregting *et al.* 2016), por lo tanto no se puede asumir que todos los caracteres en una especie respondan a la acción de las olas. Además, la exposición al oleaje presenta muchos atributos (duración, aceleración, periodo, etc.) por lo que probablemente los caracteres morfológicos no respondan de la misma forma a la exposición (Wernberg & Thomsen 2005).

La cantidad de biomasa destinada a diferentes partes del talo difiere en individuos de *S. obtusifolium* que habitan en sitios expuestos comparado con sitios protegidos. En ambos sitios la asignación de biomasa favorece a las láminas, sin embargo en sitios protegidos el porcentaje de ésta asignación es mayor (67%) que en sitios expuesto (50%). Por el contrario, en sitios expuestos existe un mayor porcentaje de asignación a la biomasa del disco de adhesión (12%) que en sitios protegidos (1%). Altos porcentajes de biomasa destinadas al disco de adhesión se han reportado en *Sargassum cymosum* (Paula & Oliveira 1982), *Laminaria hyperborea* (Sjotun & Fredriksen 1995) y *Eisenia arborea* (Roberson & Coyer 2004), donde la biomasa del disco de adhesión está directamente relacionada a la exposición al oleaje, por lo que se ha considerado como una importante adaptación de las algas que incrementa su sobrevivencia en condiciones de alto oleaje, ya que pueden adherirse fuertemente al sustrato y así evitar la remoción del talo. Mientras que para talos que habitan en sitios protegidos, la asignación de biomasa al disco de adhesión significaría un costo energético innecesario bajo condiciones en las cuales el desprendimiento es menos probable.

Muchos trabajos han descrito morfologías diferentes en algas en respuesta a las condiciones del oleaje (Paula & Oliveira 1982, Kawamata 2001, Fowler-Walker *et al.* 2006, Parada *et al.* 2012), tomando en cuenta solo éste factor como causantes de las variación morfológica. Sin embargo, Roberson & Coyer (2004) hacen referencia a la contribución genética en sus resultados y postulan que la variación en las morfología de *Eisenia arborea* no es una respuesta de

plasticidad fenotípica, si no, los rasgos estarían determinados por los genes y las diferencias en las morfologías serían indicios de la separación en dos especies, que estarían siendo seleccionadas por la acción de las olas, aún a escalas espacialmente pequeñas. Futuros trabajos de *S. obtusifolium* podrían investigar si las diferencias morfológicas se deben a plasticidad fenotípica o a variaciones genotípicas de los talos que habitan ambientes con diferentes condiciones al oleaje.

Los resultados del presente estudio nos ayudan a entender como es el comportamiento de las comunidades de macroalgas en sistemas insulares, y como éstas se ven afectadas por factores físicos como la exposición al oleaje. Lo que podría ser de gran interés para futuros planes de conservación y manejo en Isla de Pascua.



4. Conclusiones

La recopilación de información y la incorporación de nuevos sitios de estudio, permitió incrementar en 21 nuevos registros las especies de la isla, en total el número de especies de macroalgas para Isla de Pascua es de 159. Sin embargo, este número está sujeto a discusión y análisis ya que varias macroalgas no fueron identificadas a nivel de especie (Corallinales especialmente). Será necesario la utilización de herramientas moleculares y análisis morfológicos más detallados para una completa identificación taxonómica.

Se concluye además que a lo largo de la línea costera de Isla de Pascua, la riqueza de especies se correlaciona con la exposición al oleaje, la ocurrencia de alta riqueza de especies se da en condiciones de exposición intermedia. Sin embargo al analizar la riqueza por phyla y grupos morfo-funcionales no todos poseen una correlación con la exposición, probablemente porque existen otros factores (no medidos en este estudio) que influyen sobre ellos.

La exposición al oleaje influye sobre la morfología de *S. obtusifolium*, las diferencias en el tamaño del talo y el disco de adhesión fueron significativas. En sitios protegidos al oleaje los talos tienden a ser más altos y delgados, pero con un disco de adhesión pequeño, mientras que en sitios con alta exposición los talos son pequeños, gruesos y con un disco de adhesión significativamente más grande. Esta última característica les permite a los individuos que habitan en sitios expuestos un mejor anclaje al sustrato para evitar la remoción por acción de las olas.

Este estudio aporta al conocimiento de cómo las comunidades intermareales y la morfología de *S. obtusifolium* responden a diferentes niveles de exposición al oleaje, sin embargo los muestreos fueron realizados en una estación específica del año, por lo que no sabemos si los comportamientos descritos aquí sean constantes a una mayor escala temporal.

5. Bibliografía

- Akaike, H. 1973. Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. *Biometrika* 60: 255–265.
- Ballantine, W.J.W. 1961. A biologically-defined exposure scale for the comparative description of rocky shore. *F. Stud.* 1: 1–19.
- Belton, G.S., W.F.P. homme van Reine, J.M. Huisman, S.G.A. Draisma & C.F.D. Gurgel. 2014. Resolving phenotypic plasticity and species designation in the morphologically challenging *Caulerpa racemosa-peltata* complex (Chlorophyta, Caulerpaceae). *J. Phycol.* 50: 32–54.
- de Bettignies, T., T. Wernberg & P.S. Lavery. 2013. Size, not morphology, determines hydrodynamic performance of a kelp during peak flow. *Mar. Biol.* 160: 843–851.
- Blamey, L. & G. Branch. 2009. Habitat diversity relative to wave action on rocky shore: implications for the selection of marine protected areas. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 19: 645–657.
- Blanchette, C.A. 1997. Size and Survival of Intertidal Plants in Response to Wave Action : A Case Study with *Fucus gardneri*. *Ecology* 78: 1563–1578.
- Boizard, S.D. & R.E. DeWreede. 2006. Inexpensive Water Motion Measurement Devices and Techniques and Their Utility in Macroalgal Ecology: A Review. *ScienceAsia* 32: 43–49.
- Börgensen, F. 1905. The algae-vegetations of the Faeröese coasts, with remarks o the phyto-geography, p. 683–834. *In* E. Warming (ed.). *Botany of the Faeroes*. H.H. Thiele.
- Børgesen, F. 1924. Marine Algae from Easter Island ., p. 147–309. *In* *The Natural History of Juan Fernandez and Easter Island*.
- Burrows, M.T., R. Harvey & L. Robb. 2008. Wave exposure indices from digital coastlines and the prediction of rocky shore community structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 353: 1–12.
- Bustamante, R. & G. Branch. 1996. Large scale patterns and trophic structure of southern African rocky shores: the roles of geographic variation and wave exposure. *J. Biogeogr.* 23: 339–351.

- Bustamante, R.H., G.M. Branch & S. Eekhout. 1997. The influences of physical factors on the distribution and zonation patterns of South African rocky-shore communities. *South African J. Mar. Sci.* 18: 119–136.
- Cheroske, A.G., S.L. Williams & R.C. Carpenter. 2000. Effects of physical and biological disturbances on algal turfs in Kaneohe Bay, Hawaii. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 248: 1–34.
- Cho, T.O. & S. Fredericq. 2006. Two creeping *Ceramium* species (Ceramiaceae, Rhodophyta) from the Florida Keys: *C. reptans* sp. nov. and recircumscription of *C. codii* (Richards) Mazoyer. *Phycologia* 45: 495–504.
- Claustre, H., Sciandra, a., & Vaultot, D. (2008). Introduction to the special section Bio-optical and biogeochemical conditions in the South East Pacific in late 2004: the BIOSOPE program. *Biogeosciences Discussions*, 5(1), 605–640.
- Collings, G.J. & A.C. Cheshire. 1998. Composition of subtidal macroalgal communities of the lower Gulf waters of South Australia, with reference to water movement and geographical separation. *Aust. J. Bot.* 46: 657–669.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science* (80-.). 199: 1302–1310.
- Von Dassow, P. & S. Collado-Fabbri. 2014. Biological oceanography, biogeochemical cycles, and pelagic ecosystem functioning of the east central South Pacific Gyre: focus on Easter Island and Salas y Gomez Island. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 703–742.
- Denny, M.W. 1985. Wave forces on intertidal organisms: A case study. *Limnol. Oceanogr.* 30: 1171–1187.
- Denny, M.W. 2006. Ocean waves, nearshore ecology, and natural selection. *Aquat. Ecol.* 40: 439–461.
- Denny, M.W. & D. Wethey. 2001. Physical processes that generate patterns in marine communities, p. 3–37. *In* M. Bertness, S. Gaines & M. Hay (eds.). *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- England, P.R., J. Phillips, J.R. Waring, G. Symonds & R. Babcock. 2008. Modelling wave-induced disturbance in highly biodiverse marine macroalgal communities: Support for the

- intermediate disturbance hypothesis. *Mar. Freshw. Res.* 59: 515–520.
- Etcheverry, H.D. 1960. Algas Marinas de las Islas Oceanicas Chilenas. *Rev. Biol. Mar.* 10: 83–101.
- Fernández, M. & S. Hormazabal. 2014. Overview of recent advances in oceanographic, ecological and fisheries research on oceanic islands in the southeastern Pacific Ocean. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 666–672.
- Fernández, M., P. Pappalardo, M.C. Rodriguez Ruiz & J.C. Castilla. 2014. Synthesis of the state of knowledge about species richness of macroalgae, macroinvertebrates and fishes in coastal and oceanic waters of Easter and Salas y Gomez islands. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 760–802.
- Fowler-Walker, M.J., T. Wernberg & S.D. Connell. 2006. Differences in kelp morphology between wave sheltered and exposed localities: Morphologically plastic or fixed traits? *Mar. Biol.* 148: 755–767.
- Freshwater, D.W. & J. Rueness. 1994. Phylogenetic relationships of some European *Gelidium* (Gelidiales, Rhodophyta) species, based on rbcL nucleotide sequence analysis. *Phycologia* 33: 187–194.
- Friedlander, A.M., E. Ballesteros, J. Beets, E. Berkenpas, C.F. Gaymer, M. Gorny & E. Sala. 2013. Effects of isolation and fishing on the marine ecosystems of Easter Island and Salas y Gómez, Chile. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 23: 515–531.
- Gaylord, B. & E.T. Al. 2006. Macroalgal Spore Dispersal in Coastal Environments : Mechanistic Insights Revealed By Theory and Experiment. *Ecol. Monogr.* 76: 481–502.
- Hachich, N., M.B. Bonsall, E.M. Arraut, D.R. Barneche, T.M. Lewinsohn & S.R. Floeter. 2016. Marine island biogeography. Response to comment on “Island biogeography: patterns of marine shallow-water organisms”. *J. Biogeogr.* 43: 2515–2516.
- Hachich, N.F., M.B. Bonsall, E.M. Arraut, D.R. Barneche, T.M. Lewinsohn & S.R. Floeter. 2015. Island biogeography: Patterns of marine shallow-water organisms in the Atlantic Ocean. *J. Biogeogr.* 42: 1871–1882.
- Hajek, E. & G. Espinoza. 1987. *Metereología, climatología y bioclimatología de las Islas*

- oceánicas chilenas., p. 55–83. *In* J.C. Castilla (ed.). *Islas Oceanicas Chilenas: Conocimiento Y Necesidades de Investigación*. Universidad Católica de Chile.
- Van Den Heede, C. & E. Coppejans. 1996. The genus *Codium* (Chlorophyta, Codiales) from Kenya, Tanzania (Zanzibar) and the Seychelles. *Nov. Hedwigia* 62: 389–417.
- Hill, N.A., A.R. Pepper, M.L. Puotinen, M.G. Hughes, G.J. Edgar, N.S. Barrett, R.D. Stuart-Smith & R. Leaper. 2010. Quantifying wave exposure in shallow temperate reef systems: Applicability of fetch models for predicting algal biodiversity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 417: 83–95.
- Hooper, D.U., F.S. Chapin III, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Hawton, D.M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A.J. Symstad, J. Vandermeer & D.A. Wardle. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75: 3–35.
- Huisman, J., I. Abbott & C. Smith. 2007. *Hawaiian Reef Plants*. University of Hawaii Sea Grant College Program, Honolulu.
- Hurd, C.L. 2000. Water motion, marine macroalgal physiology, and production. *J. Phycol.* 36: 453–472.
- Hurd, C.L., P. Harrison & L. Druehl. 1996. Effect of seawater velocity on inorganic nitrogen uptake by morphologically distinct forms of *Macrocystis integrifolia* from wave-sheltered and exposed sites. *Mar. Biol.* 126: 205–214.
- Jonsson, P., L. Granhag, P. Moschella, P. Aberg, S. Hawkins & R. Thompson. 2006. Interactions Between Wave Action and Grazing Control the Distribution of Intertidal Macroalgae. *Ecology* 87: 1169–1178.
- Kawamata, S. 2001. Adaptive mechanical tolerance and dislodgement velocity of the kelp *Laminaria japonica* in wave-induced water motion. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 211: 89–104.
- Kim, K. & S. Boo. 2012. Phylogenetic relationships and distribution of *Gelidium crinale* and *G. pusillum* (Gelidiales, Rhodophyta) using *cox1* and *rbcL* sequences. *Algae* 27: 83–94.
- Kim, M.S. & I.K. Lee. 1999. *Neosiphonia flavimarina* gen. et sp. nov. with a taxonomic reassessment of the genus *Polysiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Phycol. Res.* 47:

271–281.

- Kogame, K., A. Kurihara, G.Y. Cho, K.M. Lee, A.R. Sherwood & S.M. Boo. 2011. *Petalonia tatewakii* sp. nov. (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from the Hawaiian Islands. *Phycologia* 50: 563–573.
- Kregting, L., A.J. Blight, B. Elsässer & G. Savidge. 2016. The influence of water motion on the growth rate of the kelp *Laminaria digitata*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 478: 86–95.
- Leigh, E.G.J., R.T. Paine, J.F. Quinn & T.H. Suchanek. 1987. Wave energy and intertidal productivity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 84: 1314–1318.
- Leliaert, F. & E. Coppejans. 2006. A revision of *Cladophoropsis* Börgensen (Siphonocladales, Chlorophyta). *Phycologia* 45: 657–679.
- Lewis, J.R. 1968. Water movements and their role in rocky shore ecology. *Sarsia* 34: 13–36.
- Littler, M., D. Littler & P. Taylor. 1983. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional-form groups of marine macroalgae. *J. Phycol.* 19: 229–237.
- Littler, M.M. & D.S. Littler. 1980. The Evolution of Thallus Form and Survival Strategies in Benthic Marine Macroalgae: Field and Laboratory Tests of a Functional Form Model. *Am. Nat.* 116: 25–44.
- De Los Santos, C.B., J.L. Pérez-Lloréns & J.J. Vergara. 2009. Photosynthesis and growth in macroalgae: Linking functional-form and power-scaling approaches. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 377: 113–122.
- MacArthur, R. & E. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Macaya, E. 2016. Algas Marinas: Fuentes de vida y color, p. 24–29. *In* M. Thiel, S. Narváez & H. Thieme (eds.). *Explorando Los Secretos Del Mar de Rapa Nui*. Universidad Católica del Norte, Coquimbo.
- Mattio, L., C. Payri & V. Stiger. 2008. Taxonomic revision of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) from French Polynesia based on morphological and molecular analyses. *J. Phycol.* 44: 1541–1555.
- Mattio, L., C.E. Payri & M. Verlaque. 2009. Taxonomic revision and geographic distribution of

- the subgenus *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) in the western and central Pacific Island based on morphological and molecular analyses. *J. Phycol.* 45: 1213–1227.
- Mejía, A., G. Puncher & A. Engele. 2012. Macroalgae in Tropical Marine Coastal Systems. En: Wiencke C, Bischof K (eds) *Seaweed Biology: novel insights into ecophysiology, ecology and utilization*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, p 433–448.
- Miloslavich, P., J. Cruz-Motta, A. Hernández, C. Herrera, E. Klein, F. Barros, G. Bigatti, M. Cárdenas, A. Carranza, A. Flores, P. Gil, J. Gobin, J. Gutiérrez, M. Krull, J. Lazarus, E. Londoño, T. Lotufo, E. Macaya, E. Mora, S. Navarrete, G. Palomo, M. Parragué, F. Pellizzari, R. Rocha, L. Romero, R. Retamales, R. Sepúlveda, M. Silva & S. Soria. 2016. Benthic Assemblages in South American Intertidal Rocky Shores : Biodiversity , Services , and Threats, p. 2–55. *In* R. Riosmena-Rodríguez (ed.). *Marine Benthos: Biology, Ecosystem Functions and Environmental Impact*. Nova Science Publisher.
- N'Yeurt, A. & C. Payri. 2010. Marine algal flora of French Polynesia III. Rhodophyta, with additions to the Phaeophyceae and Chlorophyta. *Cryptogamie* 31: 3–205.
- Naeem, S. 2002. Ecosystem Consequences of Biodiversity Loss : *Ecology* 83: 1537–1552.
- Nishihara, G.N. & J.D. Ackerman. 2006. The effect of hydrodynamics on the mass transfer of dissolved inorganic carbon to the freshwater macrophyte *Vallisneria americana*. *Limnol. Oceanogr.* 51: 2734–2745.
- Nishihara, G.N. & R. Terada. 2010. Species richness of marine macrophytes is correlated to a wave exposure gradient. *Phycol. Res.* 58: 280–292.
- Palmer, J.L. 1870. A Visit to Easter Island , or Rapa Nui , in 1868. *J. R. Geogr. Soc. London* 40: 167–181.
- Parada, G.M., R. Riosmena-Rodríguez, E. Martinez & G. Hernandez-Carmona. 2012. Morphological variability of intertidal *Eisenia arborea* (Laminariales, Ochrophyta) at Punta Eugenia, Baja California Sur. *Algae* 27: 109–114.
- Paula, E. & E. Oliveira. 1982. Wave exposure and ecotypical differentiation in *Sargassum cymosum* (Phaeiophyta-Fucales). *Phycologia* 21: 145–153.
- Phillips, N. 1995. Biogeography of *Sargassum* (Phaeophyta) in the Pacific basin, p. 107–144.

- In* I.A. Abbott (ed.). Taxonomy of Economic Seaweeds. La Jolla, California.
- Ramírez, M.E., L. Alves & C. Pimentel. 2010. *Asteromenia peltata* (Taylor) Huisman y Millar, nuevo registro para la flora marina de Isla de Pascua (Rhodymeniaceae, Rhodymeniales). *Boletín del Mus. Nac. Hist. Nat.* 59: 111–114.
- Ramírez, M.E.C. & D.G. Müller. 1991. New Records of Benthic Marine Algae from Easter Island. *Bot. Mar.* 34: 133–138.
- Roberson, L.M. & J.A. Coyer. 2004. Variation in blade morphology of the kelp *Eisenia arborea*: Incipient speciation due to local water motion? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 282: 115–128.
- Rodríguez-Ruiz, M.C., M. Andreu-Cazenave, C.S. Ruz, C. Ruano-Chamorro, F. Ramírez, C. Gonzalez, S. a. Carrasco, A. Pérez-Matus & M. Fernández. 2014. Initial assessment of coastal benthic communities in the Marine Parks at Robinson Crusoe Island. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 918–936.
- Santelices, B. 1987. Flora marina bentónica de las islas oceánicas chilneas, p. 101126. *In* J.C. Castilla (ed.). *Islas Oceanicas Chilenas: Conocimiento Y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Santelices, B. & A. Abbott. 1987. Geographic and Marine Isolation: An Assessment of the Marine Algae of Easter Island. *Pacific Sci.* 41: 1–20.
- Shibneva, S.Y. & A. V. Skriptsova. 2015. Intraspecific morphological variability of marine macrophytes and its determining factors. *Russ. J. Mar. Biol.* 41: 325–334.
- Sjotun, K. & S. Fredriksen. 1995. Growth allocation in *Laminaria hyperborea* (Laminariales, Phaeophyceae) in relation to age and wave exposure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 126: 213–222.
- Tam, J.C. & R. a Scrosati. 2014. Distribution of cryptic mussel species (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) along wave exposure gradients on northwest Atlantic rocky shores. *Mar. Biol. Res.* 10: 51–60.
- Tilman, D., F. Isbell & J.M. Cowles. 2014. Biodiversity and ecosystem functioning. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 45: 471–493.
- Tronholm, A., J. Afonso-Carrillo, M. Sansón, F. Leliaert, C. Fernández-García & O. De Clerck. 2013. Taxonomy of the *Dictyota ciliolata–crenulata* complex (Dictyotales,

Phaeophyceae). *Phycologia* 52: 171–181.

Tsuda, R.T. 2014. Endemism of marine algae in the Hawaiian Islands. *Rec. Hawaii Biol. Surv.* 2013. 115: 23–27.

Viejo, R.M., J. Arrontes & N.L. Andrew. 1995. An experimental evaluation of the effect of wave action on the distribution of *Sargassum muticum* in Northern Spain. *Bot. Mar.* 38: 437–442.

Wernberg, T. & S.D. Connell. 2008. Physical disturbance and subtidal habitat structure on open rocky coasts: Effects of wave exposure, extent and intensity. *J. Sea Res.* 59: 237–248.

Wernberg, T. & M.S. Thomsen. 2005. The effect of wave exposure on the morphology of *Ecklonia radiata*. *Aquat. Bot.* 83: 61–70.

Whittaker, R. & J. Fernández-Palacios. 2007. *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*. Oxford University.



6. Anexos

Anexo 1: Imagen satelital (izquierda) y fotografía del intermareal (derecha) de Anakena y Ura Uranga

Playa Anakena

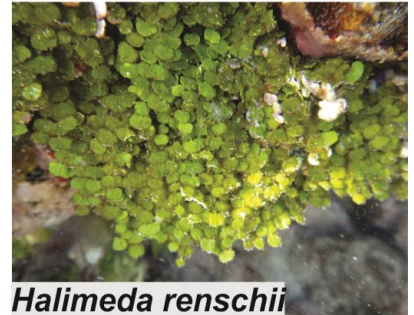
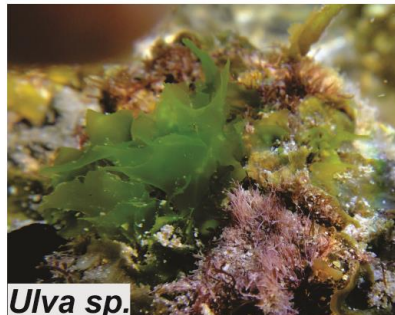


Ura Uranga

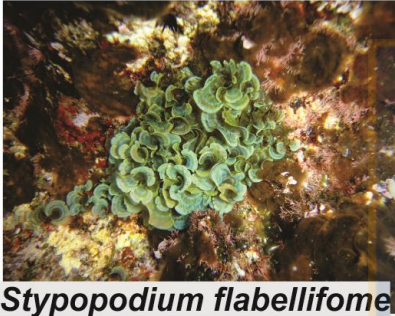


Anexo 2: Macroalgas Verdes (Chlorophyta), Pardas (Phaeophyceae) y Rojas (Rhodophyta) de Isla de Pascua.

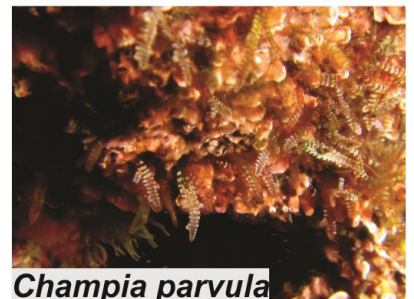
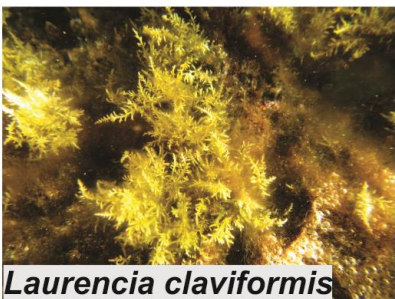
Chlorophyta



Phaeophyceae



Rhodophyta



Anexo 3: Ejemplos de grupos morfo-funcionales de Isla de Pascua.

Laminar



Petalonia sp.

Filamentoso



Feldmannia mitchallae

Ramificado



Phylloporaceae

Grueso



Sargassum obtusifolium

Calcáreo articulado



Corallina sp.

Crustoso



Mastophora pacifica



Anexo 4: Poster de Macroalga de Isla de Pascua presentado en el XXXVI Congreso de Ciencias del Mar.

MACROALGAS DE ISLA DE PASCUA: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS

Carolina Sandoval^{1,2} y Erasmo Macaya^{1,2,3}

¹ Laboratorio de Estudios Algae ALGALAB, Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción
² Centro FONDECYT de Investigaciones en Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL), ³ Núcleo Milenio de Ecología y Manejo Sustentable de Islas Océánicas ESMOI

INTRODUCCION

Isla de Pascua (IP) o Rapa Nui es una isla de origen volcánico ubicada en el océano Pacífico a 3.700 Km del territorio chileno, es el asentamiento insular más alejado del continente. El conocimiento actual de las macroalgas es limitado, desde la primera publicación en 1924¹ hasta ahora sólo cinco trabajos han informado sobre la diversidad de algas en la isla. Se destaca la presencia de algas con características subtropicales y tropicales, gran proporción de algas crustáceas, y predominancia de algas pequeñas, rastreras y con fuertes hapterios o rizoides para anclarse al sustrato, lo que podría ser causa de la presencia de costas expuestas^{1,2}. Un total de 149 especies han sido descritas en 10 sitios alrededor de la isla (Fig. 1), sin embargo, aún existen sitios que no han sido explorados, específicamente la zona sureste. Además, información de aspectos reproductivos de las macroalgas es escasa. El objetivo del trabajo fue describir morfología y estructuras reproductivas de macroalgas marinas de IP, provenientes de 9 localidades incluyendo algunas no muestreadas anteriormente.

METODOLOGIA

Macroalgas fueron colectadas desde el intermareal rocoso de 9 localidades en noviembre del 2014 y marzo del 2016 (Fig.1). Las muestras fueron preservadas en hojas de herbarios para colección, en silica gel y en formalina 4% para análisis morfológico. Para la descripción morfológica se utilizaron caracteres taxonómicos macroscópicos y microscópicos, se hicieron cortes transversales y longitudinales a mano alzada en distintas partes del talo (apical, medio y basal). Las muestras fueron observadas en un microscopio óptico y fotografiadas.

RESULTADOS

Especies con estructuras reproductivas descritas previamente	Especies con estructuras reproductivas descritas en este estudio
Chlorophyta	
-	<i>Codium</i> sp. (Ep) <i>Caulerpa nummularia</i> (V) <i>Palmophyllum</i> sp. (V) <i>Cladophora vagabunda</i> (V)
Ochrophyta	
<i>Ectocarpus chnoosporae</i> ¹ (Ep) <i>Asteronema brevicaulatum</i> ^{1,2} (Ep) <i>Haplospogon schmidtii</i> ¹ (Ep) <i>Neoralfsia expansa</i> ¹ (Ep) <i>Colpomenia sinuosa</i> ¹ (Ep) <i>Chnoospora</i> ¹ (Ep y GI) <i>Feldmannia mitchelliae</i> ¹ (Ep)	<i>Ectocarpus chnoosporae</i> (Ep) <i>Asteronema brevicaulatum</i> (Ep) <i>Petalonia</i> sp. (Gm) <i>Sargassum obtusifolium</i> (R y Co) <i>Sphaecelaria novae-hollandiae</i> (P) <i>Dictyoferis repens</i> (Eu)
Rhodophyta	
<i>Ceramium cruciatum</i> ¹ (T y C) <i>Laurencia claviformis</i> ¹ (T) <i>Erythrocladia vagans</i> ¹ (Ep) <i>Acrochaetium discoideum</i> ¹ (Eu) <i>Galaxaura rugosa</i> ¹ (T) <i>Contarinia pacifica</i> ¹ (T)	<i>Ceramium cruciatum</i> (T) <i>Laurencia claviformis</i> (T) <i>Geldidium sclerophyllum</i> (T) <i>Geldidium crinale</i> (T) <i>Hypnea spinella</i> (T) <i>Ceramium</i> sp. (T) <i>Neosiphonia</i> sp. (T) <i>Polysiphonia</i> sp. (T) <i>Polysiphonia</i> sp. (C) <i>Polysiphonia</i> sp. (C y T) Phylloporaceae (V) <i>Jania rubens</i> (C)

T = tetrasporos GI = gametangio femenino R = receptáculo Ca = carposporangio
 C = cistocarpio Ep = esporangio plurilocular Co = conceptáculo P = propágulo
 Gm = gametangio masculino Eu = esporangio unilocular V = vegetativo

NUEVOS REGISTROS PARA ISLA DE PASCUA

Petalonia sp.

Neosiphonia sp.

Sargassum obtusifolium

Caulerpa nummularia

Codium sp.

Palmophyllum sp.

Phylloporaceae

Cladophora vagabunda

Rodolito

FIGURA 1. MAPA ISLA DE PASCUA Y SITIOS DE COLECTA

Sargassum obtusifolium

Dasya villosa

Champia parvula

Dictyoferis repens

Hypnea spinella

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En el trabajo se registran por primera vez para IP las especies *Petalonia* sp., *Neosiphonia* sp., *Caulerpa nummularia*, *Codium* sp., *Palmophyllum* sp., *Cladophora vagabunda*, una especie de la Familia Phylloporaceae y Rodolitos, un alga roja del orden Corallinales que habita no adherida al sustrato. Las nuevas especies registradas concuerdan con las características generales que presentan las algas de IP, son de pequeño tamaño, la mayoría rastreras o filamentosas. No existen estudios fonológicos para las algas de IP, ya que éste estudio se hacen en la estaciones de primavera-verano. Sin embargo, Pakker *et al* (1995) sugiere que las macroalgas tropicales son las más estenotermas entre las regiones biogeográficas. Incluso demuestra que para algunas especies de algas tropicales, como *Dictyoferis*, las condiciones de temperatura son favorables para la reproducción durante todo el año. Este trabajo entrega información de las características morfológicas y reproductivas de las macroalgas de IP para futuras estrategias de manejo y conservación.

REFERENCES

¹ Borgensen, F. 1924. Marine algae from Easter Island. In: C. Skottsberg (ed.). The natural history of Juan Fernández and Easter Island. Goteborg, Sweden, 2:247-309.
² Santelices, B. & I. Abbott. 1987. Geographic and marine isolation: an assessment of the marine algae of Easter Island. Pac. Sci., 41: 1-20.
³ Ramirez, M.E. & D. Müller. 1991. New Records of Benthic Marine Algae from Easter Island. Bot. Mar., 34: 133-137.

carolinasandovalm018@gmail.com

www.facebook.com/pages/AlgaLAB

@AlgaLab

Highlights

- Se describen las estructuras reproductivas de 16 macroalgas, de las cuales 12 no se tenían descripciones previas.
- Se suman a la isla 8 nuevo registro de macroalgas. 4 Chlorophyta, 3 Rhodophyta y 1 Phaeophyceae.
- Se registran por primera vez Rodolitos, Rhodophytas Corallinales que habitan en el ambiente sin adherirse al sustrato.

66

Anexo 5: Lista de especies y sitios donde se encuentran en (1) este estudio y los estudios de (2) Santelices & Abbott, 1987; (3) Börgensen, 1924; (4) Etcheverry, 1970; (5) Ramírez & Müller, 1998 y (6) Levring, 1934.

Sitios: AK: Akahanga; C: cementerio; HH: Hanga Hou'a; HK: Hanga Kioe; HR: Hanga Roa; HO: Hanga Oteo; H: Hotuiti; LP: La Perousse; OM: One Makihi; O: Ovahe; PHR: Papa Hanga Roa; PA: Playa Anakena; UU: Ura Uranga; PC: Punta Cook; PPK: Punta Pu Kiri; T: Tahai; TE: Te Aro; V: Vaihu.

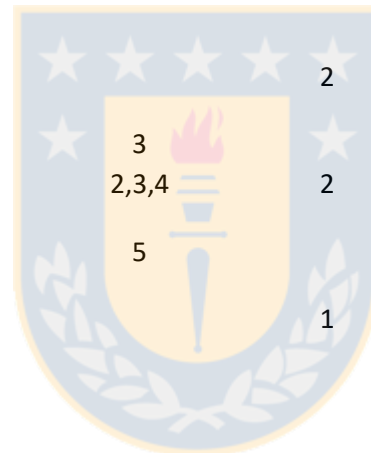
Phyllum Chlorophyta	AK	C	HH	HK	HR	HO	HP	H	LP	OM	O	PHR	PA	UU	PC	PPK	T	TA	V
Ord. Bryopsidales																			
<i>Bryopsis hypnoides</i>									2	1			2						
<i>Bryopsis pennata</i>					2		2		2	1			2				1		
<i>Caulerpa nummularia</i>												1							1
<i>Caulerpa webbiana</i>			1		2		2			1			2						1
<i>Caulerpa chemnitzia</i>							5												
<i>Codium pocockiae</i>					4		4								4		1		1
<i>Codium spongiosum</i>					2		2						2						
<i>Codium sp.</i>													1						
<i>Derbesia tenuissima</i>																			5*
<i>Halimeda renschii</i>	1			1	2,4		1,3		2	1	1	1	4		4			1	1
<i>Halimeda tuna</i>									2				2						
<i>Ostreobium quekettii</i>							3												
Ord. Cladophorales																			
<i>Cladophora vagabunda</i>			1				2												
<i>Cladophora perpusilla</i>									2				2						
<i>Cladophora socialis</i>	1				2,4		1,3	1	2			1		1	1,4	1		1	1

<i>Cladophora herpestica</i>			2				2		
<i>Cladophora</i> sp.*	1				3				
<i>Cladophoropsis sundanensis</i>			2		2		2		2
<i>Cladophoropsis</i> sp.	1	1						1	1
<i>Chaetomorpha aerea</i>			2						2
<i>Chaetomorpha linum</i>			2				2		2
<i>Chaetomorpha spiralis</i>							2		2
<i>Microdictyon japonicum</i>			2					1	
<i>Microdictyon umbilicatum</i>					1		2		
<i>Rhipidiphylon reticulatum</i>					3				
<i>Pseudorhizoclonium africanum</i>					2,3		2		2
<i>Pseudorhizoclonium africanum</i>					2				
<i>Valonia ventricosa</i>			2		3		2	1	1
Ord. Dasycladales									
<i>Parvocaulis clavatus</i>			2		1				
Ord. Palmophyllales									
<i>Palmophyllum</i> sp.					1			1	
Ord. Ulvophyceae									
incertae sedis									
<i>Blastophysa rhizopus</i>									5
Ord. Ulvales									5
<i>Ulveella viridis</i>					3		2		2



<i>Ulva clathrata</i>					2		2												
<i>Ulva compressa</i>					2		2												
<i>Ulva flexuosa</i>					2														
<i>Ulva lingulata</i>					2														
<i>Ulva prolifera</i>		1			2														
<i>Ulva lactuca</i>					2,4		2,3,4					2							
<i>Ulva intestinalis</i>					2														
<i>Ulva sp.</i>	1		1	1			1	1	1										1
Phyllum Ochrophytas																			
Class Phaeophyceae																			
Ord. Dictyotales																			
<i>Dictyopteris repens</i>					4		4,3			1		1		4		4		1	
<i>Dictyopteris deliculata</i>																			2
<i>Dictyopteris australis</i>																			2
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>					4		4												4
<i>Dictyota acutiloba</i>					2														1,2
<i>Dictyota crenulata</i>							2												2
<i>Dictyota sp.</i>		1																	1,2
<i>Padina australis</i>							2												2
<i>Styopodium flabelliforme</i>					2		1,2			2	1	1		2	1				1
<i>Lobophora variegata</i>					2,4		1,3,4			2				1,2		4		1	1
<i>Zonaria crenata</i>					4		4,3									4			
<i>Spatoglossum stipitatum</i>					2		1,2			2		1		1,2					1
Ord. Ectocarpales																			
<i>Chnoospora minima</i>	1	1	1	1			1,3		1	1,2						1	1	1	1

<i>Colpomenia sinuosa</i>		1	1	2,4	1,2,3	1	1,2			2		4	1	1	1
<i>Ectocarpus chnoosporae</i> E					3										
<i>Asteronema breviarticulatum</i>	1	1		4	1,3,4			1		1	1	1			
<i>Feldmannia mitchellae</i>	1			2,4	4		2	1		2	1				1
<i>Feldmannia indica</i>							2								
<i>Feldmannia rhizoideae</i>				2						2					
<i>Feldmannia duchassaingianus</i>				2											
<i>Elachista</i> sp.					3										
<i>Hydroclathrus clathratus</i>				2,4	2,3,4		2			2		4			1 1
<i>Nemacystus novae-zelandiae</i>					5										
<i>Petalonia</i> sp.															1
Ord. Fucales															
<i>Sargassum aquifolium</i>															
<i>Sargassum obtusifolium</i>	1	1	1	1	2,4	1,2,3,4	1	1,2	1	1	1	1,2	1	1,4	1 1 1
Ord. Ralfiales															
<i>Hapalospongidion vanbosseae</i> E						3									
<i>Hapalospongidion pangoensis</i>										2					
<i>Neoralgsia expansa</i>						3									
Ord. Sphacelariales															
<i>Sphacelaria</i> sp.						3									
<i>Sphacelaria novae-hollandiae</i>		1		1	2	2		2		1,2		1		1	1



<i>Sphacelaria taitensis</i>		2				2		
Phyllum Rodophytas								
Ord. Acrochaetiales								
<i>Acrochaetium moniliforme</i>		4	2,3,4				4	
<i>Acrochaetium discoideum E</i>			3			2		
<i>Acrochaetium ralfsiae E</i>			3					
<i>Acrochaetium catenatulum</i>		2				2		
Ord. Bangiales								
<i>Bangia atropurpurea</i>								
<i>Porphyra sp.*</i>	1				1,2		1	
Ord. Bonnemaisoniales								
<i>Asparagopsis taxiformis</i>		2						1
Ord. Ceramiales								
<i>Callithamnion paschale</i>								
<i>Reinboldiella shmitziana</i>								
<i>Centroceras clavulatum</i>	1	2	2		1,2	1	2	1
<i>Ceramium cruciatum</i>		2	2,3		2		2	1
<i>Ceramium skottsbergii E</i>			3		2		2	
<i>Ceramium codii</i>			3					
<i>Ceramium sp.</i>	1	1			1			



<i>Chondria</i>					2					2			
<i>dasyphylla</i>													
<i>Chondria repens</i>	1	1	1	2	2,3					2			1
<i>Crouania attenuata</i>					3								
<i>Dasya villosa</i>		1			3			1		1	1		
<i>Dasya anastomosans</i>		1	1,5	5	1,5		1		1		1	1	1
<i>Dipterosiphonia dendritica</i>					3		2			1,2			
<i>Griffithsia globulifera</i>													
<i>Herposiphonia pacifica</i>							2			2			
<i>Herposiphonia tenella</i>				2	3								
<i>Herposiphonia sp.</i>				2									
<i>Heterosiphonia crispella</i>				2									
<i>Laurencia claviformis</i>	1		1	2	2,3		2	1	1,2		1	1	1 1
<i>Lophosiphonia cristata</i>				2						2			
<i>Nitophyllum sp.</i>					3								
<i>Neosiphonia sp.</i>		1	1										
<i>Ptilothamnion pluma</i>					3		2						
<i>Ptilothamnion subimplex</i>							2			2			
<i>Polysiphonia japonica</i>				2			2			2			
var. <i>savatieri</i>													
<i>Polysiphonia scopulorum</i>				2			2			2			
var. <i>villum</i>													
<i>Polysiphonia sp*</i>	1	1			3					1	1		



<i>Taenioma perpusillum</i>			2		2		
Ord. Corallinales							
<i>Amphiroa fragilissima</i>	2	3,2	2		2		
<i>Amphiroa yendoi E</i>		3			2		1
<i>Corallina sp.*</i>	2		2			1	
<i>Jania tenella</i>	2,4	3,4	2		1		
<i>Jania rubens</i>		6		1			
<i>Harveylithon samoëense</i>		3					
<i>Mastophora pacifica</i>				1	1		
<i>Neogoniolithon oblimans</i>		3					
<i>Titanoderma rasile</i>		3					
<i>Porolithon onkodes</i>	2	3					
<i>Hydrolithon gardineri</i>	2						
Rodolitos							1
Corallinal sp.				1	1		
Corallinal sp.					1		
Corallinal sp.				1			
Ord. Erythropeltales							
<i>Sahlingia subintegra</i>	2	3					
<i>Erythrocladia vagans E</i>		3	2				
<i>Erythrocladia laurenciae E</i>	2	3					
<i>Erythrotrichia carnea</i>	2,4	2,3,4	2		2	4	
Ord. Gelidiales							



<i>Pterocladia</i>	1		1			1													
<i>barletti</i>																			
<i>Gelidium crinale</i>			1	1				1											
<i>Gelidium</i>	1			1				1										1	1
<i>sclerophyllum</i>																			
Ord. Gigartinales																			
<i>Caulacanthus</i>								3											1
<i>ustulatus</i>																			
<i>Hypnea esperi</i>								3											
<i>Hypnea cenomyce</i>			2					2											2
<i>Hypnea spinella</i>	1							3	1	1			1	1	1			1	1
<i>Contarinia pacifica</i>								3											
<i>E</i>																			
<i>Gymnogongrus</i>			2					3	1										2
<i>aequicrassus E</i>																			1
Phylloporaceae	1																		
Ord. Gracilariales																			
<i>Gracilaria sp.*</i>			2																1
Ord. Hapalidiales																			
<i>Choreonema</i>																			2
<i>thuretii</i>																			
<i>Mesophyllum</i>								6											
<i>mesomorphum</i>																			
<i>Mesophyllum</i>								3											
<i>siamense</i>																			
<i>Melobesia accola</i>								3											
<i>Fosliella paschalis</i>								3											2
Ord. Nemaliales																			
<i>Galaxaura rugosa</i>			2,4					2,3,4	1,2	1			1,4	1					
<i>Galaxaura</i>			2					2,3	2				2						
<i>paschalis E</i>																			
<i>Galxaura sp,</i>								3											

<i>Liagora harveyana</i>		1	1					
<i>Yamadaella cenomyce</i>			2			2		
Ord. Nemastomales								
<i>Nemastoma</i> sp.		2						
<i>Predaea weldii</i>				2				
<i>Predaea feldmanii</i>							1	
Ord. Peyssonneliales								
<i>Cruoriella dezwaanii</i>			3					
<i>Ethelia pacifica</i> E			3					
<i>Peyssonnelia rubra</i>			1,2					
Ord. Rhodymeniales								
<i>Asteromenia peltata</i>								
<i>Botryocladia skottsbergii</i>			3		2			1
<i>Champia parvula</i>	2		1		2	1		1
<i>Champia</i> sp.			3					
<i>Ceratodictyon repens</i>	2					2		
<i>Ceratodictyon variable</i>	2				2	2		
Ord. Stylonematales								
<i>Stylonema alsidii</i>	2	3		2		2		

