



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS

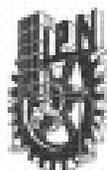


DINÁMICA Y VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA POBLACIÓN INTERMAREAL
DE *Eisenia arborea* (LAMINARIALES) EN PUNTA EUGENIA, B.C.S., MÉXICO.

Que como uno de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias con la
especialidad en Manejo de Recursos Marinos presenta,

Biol. Mar. Gloria Margot Parada Sánchez

La Paz, B.C.S. Octubre del 2005.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 30 del mes de Agosto del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"DINÁMICA Y VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA POBLACIÓN INTERMAREAL DE
Esencia arborea (PHAEOPHYTA: LAMINARIALES) EN PUNTA EUGENIA, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

PARADA
Apellido paterno

SÁNCHEZ
materno

GLORIA MARGOT
nombre(s)

Con registro:

A	0	3	0	4	1	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. RAFAEL VICENTE ESCOBAR CORTÉS

PRESIDENTE

DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA
 Co-Director

SECRETARIO

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL

DRA. ELISA SERRERE ZARAGOZA

TERCER VOCAL

DR. ENRIQUE ALFONSO MARTÍNEZ MOSQUEIRA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 25 del mes Octubre del año 2005, el (a) que suscribe GLORIA MARGOT PARADA SÁNCHEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A030415 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. RAFAEL RIOSMENA RODRÍGUEZ y cede los derechos del trabajo titulado: "DINÁMICA Y VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA POBLACIÓN INTERMAREAL DE *Elasía arborea* (PHAEOPHYTA: LAMINARIALES) EN FUNTA EUSENICA, B.C.S., MÉXICO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: gparada@ipn.mx
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

GLORIA MARGOT PARADA SÁNCHEZ

nombre y firma

DEDICATORIA



*A mi querida abuelita,
Cecilia*

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de tesis el Dr. Rafael Riosmena Rodríguez y a los demás miembros de mi comisión por todos sus comentarios y sugerencias, M.Sc. G. de la Cruz Agüero, Dr. G. Hernández Carmona, Dr. E.A. Martínez y la Dra. E. Serviere Zaragoza.

A Juan Carlos y Dunya por su amistad, ayuda y por recibirme junto a mis compañeros en su casa de Punta Eugenia cuando lo necesitamos. Así como la gente de la Cooperativa *La Purísima*.

A Bernabé Villavicencio de la Sociedad Cooperativa de producción pesquera *Buzos y Pescadores de la Baja California*, S.C.L. en Isla Natividad por su colaboración cuando lo requerimos durante nuestras estadías en Punta Eugenia.

A mis amigas y amigos Pía Santelices, Rafael Meza, Carmina Salinas, Geoffrey, Sergio Flores, Consuelo Ortuño y Karla Infante por la ayuda incondicional en las salidas de campo.

A Tati, por el tiempo que invirtió *on line* en discutir y ayudarme con sus comentarios para mejorar este trabajo.

Muchísimas gracias a Irma Iván Salinas y su familia por su gran hospitalidad en Bahía Tortugas.

Al M. en C. Sergio Martínez en por su ayuda en los análisis estadísticos de los datos.

A Carlos Cabrera Ramos y Emilio Beier del CICESE en La Paz por los datos de temperatura superficial del mar

Al personal de la biblioteca y sala de cómputo de CICIMAR.

A mis amigas y compañeras de casa Eva y Alejandra les agradezco sinceramente por la compañía, la alegría y el apoyo en todo lo extra-académico.

A mis compañeros de laboratorio del Programa de Investigación en Botánica Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, gracias por integrarme y ayudarme cuando lo necesité, Consuelito, Litzia, Karla, MaryCarmen, Paola, Marina, Lucastañeda, Coco, Gabi, Jaz, Edgar y Román.

Mi estadía en Baja California Sur y el desarrollo de esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo económico obtenido del Proyecto: *Inter-hemispheric comparative studies of ENSO effects in kelp populations: inhibitions and facilitation mechanisms determining restoration after massive mortality events*. IAI-SGP-024 y del Instituto Politécnico Nacional a través del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) 20040604. Gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	vii
GLOSARIO	ix
RESUMEN	x
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I. Estructura poblacional y tendencia reproductiva de <i>Eisenia arborea</i>	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES.....	9
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA	10
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Muestras y Temperaturas	17
Área de Estudio	18
Estructura de talla	19
Crecimiento	20
Correlaciones MORfométricas	21
Densidad	21
Reclutamiento	22
Tendencia Reproductiva.....	24
RESULTADOS	24
Estructura de tallas.....	24
Crecimiento	28
Correlaciones Morfométricas	30
Densidad	31
Reclutamiento	33
Tendencia Reproductiva.....	34
DISCUSIÓN	36
CAPÍTULO II. Variabilidad morfológica de <i>Eisenia arborea</i> en Punta Eugenia.	45
INTRODUCCIÓN	46
HIPÓTESIS	49
OBJETIVOS.....	49
MATERIALES Y MÉTODOS	50
Influencia de la exposición al oleaje sobre la morfología de estipes.....	50
Variación temporal y espacial de hueco medular de estipes	50
RESULTADOS	51
DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES GENERALES	62
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS	63
LITERATURA CITADA	65

LISTA DE TABLAS

- Tabla I-1. Atributos demográficos estudiados en Laminariales.
- Tabla I-2. Fechas de muestreos, y temperatura superficial del mar.
- Tabla I-3. Fechas de colecta de datos para los diferentes estudios.
- Tabla I-4. Pruebas estadísticas para el análisis de densidad de *E. arborea*, y sus resultados.
- Tabla I-5. Porcentajes promedio de frondas con soros (%FS). Febrero–agosto, 2004.
- Tabla II-1. Promedios de las variables morfológicas según los grupos formados a partir del análisis de componentes principales.
- Tabla II-2. Tabla de contingencia de valores esperados y observados en la presencia y ausencia de hueco medular de algas cosechadas de sitios protegidos.
- Tabla II-3. Tabla de contingencia de valores esperados y observados en la presencia y ausencia de hueco medular de algas cosechadas de sitios expuestos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura I-1. Ciclo de vida de *Eisenia arborea*.
- Figura I-2. Ubicación geográfica del área de estudio, Punta Eugenia, B.C.S.
- Figura I-3. El Faro, área de trabajo. Punta Eugenia, B.C.S.
- Figura I-4. Habitat de *E. arborea* y esquema de las marcas de seguimiento.
- Figura I-5. Sustrato y marcas usadas para la evaluación de clareos de reclutamiento.
- Figura I-6. Distribución de frecuencias de longitudes máximas en *E. arborea* de las algas marcadas en campo de diciembre 2003 y febrero 2004.
- Figura I-7. Distribución de frecuencias de longitud de estipe en *E. arborea* de las algas marcadas en campo, entre diciembre 2003 y agosto 2004.

- Figura I-8. Distribución de frecuencias de perímetro del estipe en *E. arborea* de las algas marcadas en campo, entre diciembre 2003 y agosto 2004.
- Figura I-9. Crecimiento diario de estipe y perímetro de *E. arborea*.
- Figura I-10. Correlaciones morfológicas entre longitud máxima vs longitud de estipe, longitud máxima vs perímetro y longitud de estipe vs perímetro.
- Figura I-11. Variación de la densidad promedio de *E. arborea* en el área intermareal de Punta Eugenia entre diciembre 2003-agosto 2004.
- Figura I-12. Reclutas de Laminariales por cuadrante clareado. Febrero-agosto, 2004.
- Figura I-13. Variación temporal del porcentaje de frondas con soros. Febrero-agosto, 2004.
- Figura I-14. Variación temporal de los porcentajes promedio de frondas con soro, y número de reclutas de *E. arborea*. Febrero-agosto, 2004.
- Figura II-1. Distribuciones de frecuencias de las tallas máximas, longitudes de estipes, perímetro y número de frondas de algas cosechadas para evaluar variabilidad morfológica. Febrero-agosto, 2004.
- Figura II-2. Grupos diferenciados de algas generados por el análisis de componentes principales para evaluar variabilidad morfológica.
- Figura II-3. Promedios de longitud de estipe y perímetro de estipes de *E. arborea* en relación con el sitio de recolección.
- Figura II-4. Variación en el porcentaje de presencia de hueso medular en *E. arborea* en sitio protegido y expuesto. Punta Eugenia, mayo-agosto, 2004.

GLOSARIO

Alginato: Sal de ácido algínico. Ácido algínico: ficocoloide producido en la pared celular de las feofitas, consistente de un polisacárido formado de unidades de ácido D-manurónico y unidades del ácido L-gulurónico.

Alternancia de generaciones o de fases: Secuencia en la historia de vida de las algas en la cual una fase haploide, fase productora de gametos, es seguida por una diploide, fase productora de esporas, las esporas de ésta última reinicia la fase haploide.

Espora: Un agente celular de reproducción asexual. En algas verdes y pardas presentan flagelos y reciben el nombre de zoosporas.

Esporofito: La fase diploide en el ciclo de vida de las algas.

Estipe: Porción engrosada, cilíndrica de un talo, de la que nacen otras estructuras, tales como láminas.

Fronda: El talo erecto de un alga. Generalmente se usa para referirse a formas no filamentosas.

Gametofito: Fase haploide en la alternancia de generaciones.

Heteromórfico: Tipo de ciclo de vida en que una de las fases es diferente en estructura y tamaño a la otra fase (esporofito es diferente de gametofito).

Meiosis esporica: Meiosis ocurrida durante la formación de esporas.

Meristema: Grupo o región de células que se dividen activamente e inician el crecimiento. Ocurre en varios sitios: apical, intercalar, marginal, basal.

Meristoderma: Capa de células superficiales (epidérmicas) embrionarias, que al dividirse producen el aumento de tamaño.

Parámetro: Propiedades o características fijas y únicas de una población estadística (media, varianza, etc.). Los parámetros son inamovibles y describen una población.

Población estadística: Es la totalidad de las observaciones independientes (mediciones de la variable en que estamos interesados), acerca de las cuales deseamos hacer inferencias (decir algo acerca de sus propiedades). Una población estadística existe en un espacio y tiempo determinado y es una entidad real. Los límites de una población estadística quedan definidos por nuestro interés o propósito.

Soro: Conjunto de células reproductivas, superficiales o dentro de órganos especializados.

RESUMEN

Eisenia arborea es una macroalga parda del orden Laminariales. En México se distribuye desde la Isla Santa Margarita, B.C.S., hasta la frontera con Estados Unidos. Esta especie es estructuradora de comunidades, posee importancia ecológica y económica debido a que mantiene una gran variedad de invertebrados, incluyendo moluscos de interés comercial. En este trabajo se estudió la dinámica poblacional y tendencias reproductivas de *E. arborea* de distribución intermareal. Se describe la estructura de la población, considerando tasa de crecimiento y relaciones morfométricas, densidades, periodo de mayor reclutamiento, época reproductiva y variabilidad morfológica. Se realizaron 5 muestreos en un periodo de 9 meses en El Faro, Punta Eugenia (27° 50'N; 115° 4'W), desde diciembre del 2003 hasta agosto del 2004. Se seleccionaron dos sitios de donde se marcaron ejemplares que fueron evaluados temporalmente midiéndoles longitud máxima, largo y perímetro de estipe. A partir de estos datos se realizaron histogramas de frecuencia, se evaluó el incremento de crecimiento y correlaciones morfológicas entre las variables medidas. Paralelamente, se calculó el porcentaje de frondas reproductivas. En ambos sitios y durante cada muestreo se midió la densidad por metro cuadrado. Se clarearon cinco cuadrantes de 40x40 cm del sustrato natural para evaluar la variación temporal en el reclutamiento. En el mismo sector de El Faro, pero en zonas fuera de los sitios 1 y 2, desde febrero a agosto de 2004 se recolectaron individuos para evaluar la variabilidad morfológica de *E. arborea* debida a la influencia de la exposición al oleaje, además de registrar y describir la variación temporal de estipes sin tejido medular (huecos). Los resultados muestran la estructura de talla de la población con valores máximos de longitud de 2.2 m, 0.9 m para estipe y perímetro de 11 cm. El promedio de la tasa de crecimiento es lento para la longitud y el grosor del estipe, no supera los 0.20 mm al día, en donde, el mayor promedio de crecimiento se observó en las algas de tallas

pequeñas (juveniles). Las correlaciones de las medidas morfométricas indican una tendencia positiva entre longitud máxima, del estipe y del perímetro. La densidad promedio de algas durante todo el periodo fue de 23 algas m⁻². El mayor valor se registró en julio del 2004. Se observó una estacionalidad en la presencia de soros, con el mayor porcentaje de algas reproductivas durante otoño-invierno. La mayor abundancia de pequeños reclutas fue a partir de febrero 2004, los que en julio, ya como juveniles, incrementaron la densidad promedio. Los ambientes más expuestos al oleaje inducen al aumento en el grosor y largo de los estipes si se comparan con los de sitios más protegidos. La formación de huecos en la médula respondió a una variación temporal, pero se desconoce aún las razones. Punta Eugenia es una zona de surgencias, altamente productiva y con poblaciones de algas que sustentan el resto de la comunidad biótica, por lo que se sugiere ampliar las investigaciones en áreas donde se involucre también el efecto de factores abióticos sobre el desarrollo de las macroalgas con el fin de poder dirigir los resultados a futuro planes de manejo y desarrollo sustentable.

SUMMARY

Eisenia arborea is a brown macroalga, of the Laminariales order. It is distributed in Baja California from Isla Santa Margarita B.C.S. to the USA border. It has a subtidal habitat and occasionally can be found in the intertidal. This species is an organizer of communities, it has ecological and economic importance because it maintains a great variety of invertebrates, even some mollusks of commercial interest. In this work we studied the population structure and reproductive tendencies of *E. arborea* of intertidal distribution. The population's structure was described, considering rate of growth and morphometric relationships, densities, period of recruitment, reproductive time and morphological variability. We carried out 5 samplings trips in a period of 9 months in Punta Eugenia (27° 50'N; 115° 4'W) from December 2003 until August 2004. Two sites were selected and 171 specimens were marked to measure length, stipe perimeter and maximum longitude. We also carried out frequency histograms; the increment of growth and morphologic correlations between the measured variables was evaluated. Concomitantly, the percentage of reproductive fronds was registered. The density of algae was measured by square meter. The natural substrate was cleared up to evaluate the temporary variation in the recruitment. In the same site (El Faro), but in areas outside of the experimental places, from February to August 2004 individuals were sampled to study some aspects about the morphological variability in *E. arborea* due to the effect of wave-exposure on the morphology of the stipe, and the variation on hollow stipes. The results show the structure of the population's size with maximum length values of 2.2 m, 0.9 m for stipe and 11 cm for perimeter. The growth rate was slow for longitude and perimeter, being the most notorious growth was in the juvenile algae. The correlations of the morphometric measures indicate a positive tendency between maximum length of the stipe and the perimeter. The average density of algae was 23 ind m⁻². During the study period a seasonality of the sorus

presence was observed, with the largest percentage of reproductive algae during autumn-winter. The largest abundance of small recruits started from February 2004, those that in July, already as juvenile, they increased the density average. The wave exposed places were correlated with an increase of the stipes thickness, when compared with those living in more protected places. The formation of hole stipes in the medulla varied with time. Punta Eugenia is an upwelling area, highly productive and with populations of algae that sustain the rest of the biotical community. It is suggested to continue the studies in this area, including the effects of abiotical factors on the development of the microscopic stages in order to have enough data for future management plans and for sustainable development.

INTRODUCCIÓN GENERAL

En general, el desarrollo de las poblaciones de macroalgas está controlado por complejos procesos biológicos y físicos, entre ellos el reclutamiento, crecimiento, competencia, herbivoría y efectos ambientales. Se sabe que para las Laminariales el reclutamiento es frecuentemente estacional y está influenciado por las condiciones ambientales al tiempo del asentamiento (Steneck *et al.* 2002). El crecimiento depende de la interacción y disponibilidad de nutrientes, luz y temperatura (Lobban & Harrison 1994). A su vez, la competencia con otras algas es por la luz, los nutrientes y el sustrato adecuado para desarrollarse (Denley & Dayton 1985). Por otro lado, la herbivoría impacta de manera importante tanto en los primeros estadios de desarrollo (Martínez 1996) como en los adultos (Lobban & Harrison 1994). En el Pacífico es común encontrar representantes de este orden, comúnmente conocido como kelpos, dominando la costa en sectores rocosos de latitudes altas y medias de aguas templadas-frías. Debido a los requerimientos de luz, temperatura y nutrientes, las encontramos principalmente distribuidas en ambientes con afinidad ártica y subantártica.

Los mantos de Laminariales son importantes ingenieros ecosistémicos en términos de biomasa y hábitat; si ocurriera algún impacto sobre estas especies, el efecto sería más importante o evidente en términos de su estructura como hábitat para otros organismos o en términos de tramas tróficas, que si tal impacto sucediera sobre otras especies (Coleman & William 2002). Los géneros más representativos de este orden para el Pacífico norte son *Macrocystis*, *Nereocystis*, *Laminaria*, *Pterygophora*, *Alaria*, *Eisenia* y *Postelsia* (Abbott & Hollenberg 1976)

Se han realizado diversos estudios en biología poblacional de Laminariales, principalmente con respecto a reclutamiento (Dayton 1973, Reed & Foster 1984, Reed *et al.* 1988, Graham 1996, Blanchette 1996, Anderson *et al.* 1997, Milligan & De Wreede 2000, Hernández-Carmona *et al.* 2001, Edwards & Hernández-Carmona 2005); estructuras de talla (Velimirov *et al.* 1977, Chapman 1986, Klinger & De Wreede 1988), cobertura, densidad, crecimiento (Hatcher *et al.* 1987, Creed *et al.* 1998, Clark *et al.* 2004), determinación de edad (Kain 1971, Gunnill 1980, Novaczek 1981, De Wreede 1984, Klinger 1984, Chapman 1984, Hymanson *et al.* 1990), reproducción (McPeak 1981, Reed *et al.* 1997), morfometría, biomecánica (Koehl & Wainwright 1977, Vásquez 1991, Camus & Ojeda 1992, Friedland & Denny 1995, Kawamata 2001, Duggins *et al.* 2003, Gaylord *et al.* 2003, Wernberg *et al.* 2003), entre otros, siendo las especies de *Macrocystis* y *Laminaria* las más estudiadas. Muchos esporofitos de Laminariales muestran características de especies biológicamente competentes, es decir, algas multianuales o perennes, talos estructuralmente complejos y para algunas especies, con altas tasas de crecimiento. Este orden no es un colonizador frecuente de habitats inestables sujetos a perturbaciones permanentes. Algunas Laminariales tienen patrones estacionales de reproducción, con producción de esporas durante unos pocos meses, como *Ecklonia radiata* cuya época máxima de liberación de esporas es en invierno (Anderson *et al.* 1997), otras son fértiles a través de todo el año, dependiendo de las condiciones ambientales, como es el caso de *Lessonia nigrescens* (Parada 2001). Para *Macrocystis pyrifera* es posible encontrar individuos con esporofilos en la mayoría de los meses del año. El potencial de dispersión reportado para las Laminariales varía considerablemente, pero es generalmente menor que para otros taxa. En la tabla I-1 se resume algunos de los trabajos de biología poblacional de algunas de las especies de este orden.

Los cambios adaptativos de la morfología, en respuesta al estrés mecánico, son un fenómeno común en plantas y animales (Boulding & Van Alstyne 1993). Las perturbaciones

ambientales pueden llegar a generar diferentes expresiones morfológicas o fisiológicas en las macroalgas. Dentro de las perturbaciones abióticas, el movimiento de agua es un factor de acción directa y que además afecta la disponibilidad de nutrientes, penetración de luz, temperatura y salinidad (Lobban *et al.* 1985). En costas expuestas al oleaje, las algas intermareales y submareales someras experimentan la fuerza del rompimiento de las olas, las cuales impactan en la costa a velocidades de hasta 14 m s^{-1} (de 3 m s^{-1} en sitios protegidos a 14 m s^{-1} en expuestos, Hurd 2000), también hay fuerzas de arrastre y de aceleración producidas por el ir y venir del movimiento del agua. Las comunidades de macroalgas submareales también pueden ser clasificadas como protegidas y expuestas, pero éstas no experimentan la fuerza completa del oleaje y la velocidades que ellas encuentran son frecuentemente menores que las del intermareal (velocidades promedio menores de 10 cm s^{-1} en protegidos y mayores de 25 cm s^{-1} en expuestos, Hurd 2000). La variabilidad de las algas expresada en estos ambientes como efecto del movimiento del agua la reportaron, por ejemplo, Chesire & Hallam (1989) señalando para *Durvillaea potatorum* (Durvillaeales) que habita lugares expuestos del intermareal, que los individuos poseen frondas gruesas (espesor), angostas y largas con estipes cortos y gruesos, morfología que ayuda a disminuir el arrastre hidrodinámico sobre el alga. Contrariamente, los individuos que habitan localidades con menor intensidad al movimiento de agua presentan características opuestas, aumentando la cantidad de tejido vegetativo y mejorando así el intercambio de nutrientes. Las diferentes adaptaciones morfológicas que las macroalgas han adquirido en estos ambientes de perturbación permanente, hacen de ellas especies exitosas en sí mismas y que, además, constituyen un elemento clave para sostener la comunidad intermareal donde ellas habitan.

Este trabajo de tesis es el primero, en cuanto a dinámica poblacional, realizado sobre una población intermareal de *E. arborea* en Baja California Sur y se enfoca en describir

algunos parámetros poblacionales básicos. En el primer capítulo se describe de manera general el estado que la población presenta en estructuras de tallas, tasas de crecimiento en función de la longitud del estipe y su perímetro, correlaciones entre la longitud de estipe, la longitud máxima y el perímetro; también se presentan los resultados de las variaciones de densidades medidas durante 5 muestreos, desde diciembre del 2003 hasta fines de agosto del 2004, así como registros de reclutamiento y variaciones temporales del porcentaje de tejido reproductivo. En el transcurso de la investigación se registraron otras características en la población, como fueron, la variación de la forma y tamaño de los estipes de los individuos cuyos resultados se presentan como un segundo capítulo. Por lo tanto, el capítulo dos está referido a un análisis general temporal de la variación observada en la morfología interna de estipes con respecto a la pérdida de tejido medular (estipes huecos) y a la variabilidad morfológica intrapoblacional encontrada en esta especie dentro de la misma área de estudio.

Tabla I-1. Algunos atributos demográficos estudiados en diversas especies de Laminariales citando algunas de sus referencias bibliográficas.

Atributo	Especie	Referencia
Edad	<i>Laminaria hyperborea</i>	Kain 1971
	<i>Ecklonia radiata</i>	Gunnill 1980, Novaczek 1981
	<i>Pelagophycus porra</i>	Novaczek 1981
	<i>Pterygophora californica</i>	Frye 1918, De Wreede 1984
	<i>Laminaria setchellii</i>	Klinger 1984
	<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria longicuris</i>	Chapman 1984 Chapman 1984
Fecundidad (número de esporas y gametos producidos)	<i>Macrocystis pyrifera</i>	Anderson & North 1965, Neushul 1963
	<i>Laminaria setchellii</i>	Klinger 1984
	<i>Laminaria ephimera</i>	Klinger 1984
	<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria longicuris</i>	Chapman 1984 Chapman 1984
Estacionalidad Reproductiva	<i>Macrocystis pyrifera</i>	McPeak 1984, Reed <i>et al.</i> 1997
	<i>Laminaria farlowii</i>	McPeak 1984
	<i>Pterygophora californica</i>	McPeak 1984, Reed <i>et al.</i> 1997
	<i>Eisenia arborea</i> <i>Agarum fimbriatum</i>	McPeak 1984 McPeak 1984
Reclutamiento	<i>Postelsia palmaeformis</i>	Dayton 1973, Blanchette 1996
	<i>Hedophyllum sessile</i>	Milligan 2000
	<i>Ecklonia maxima</i>	Anderson <i>et al.</i> 1997
	<i>Macrocystis pyrifera</i>	Reed & Foster 1984 Reed <i>et al.</i> 1988 Graham 1996 Hernández-Carmona <i>et al.</i> 2001
Estructura de talla	<i>Ecklonia maxima</i>	Velimirov <i>et al.</i> 1977
	<i>Laminaria pallida</i>	Velimirov <i>et al.</i> 1977
	<i>Laminaria digitata</i>	Creed <i>et al.</i> 1998
	<i>Laminaria longicuris</i> <i>Laminaria setchellii</i>	Chapman 1986 Klinger & De Wreede 1988
Morfometría y biomecánica	<i>Lessonia trabeculata</i>	Vásquez 1991, Camus & Ojeda 1992
	<i>Egregia menziesii</i>	Friedland & Denny 1995
	<i>Laminaria japonica</i>	Kawamata 2001
	<i>Costaria costata</i>	Duggins <i>et al.</i> 2003
	<i>Agarum fimbriatum</i>	Duggins <i>et al.</i> 2003
	<i>Laminaria complanata</i> <i>Nereocystis luetkeana</i>	Duggins <i>et al.</i> 2003 Koehl & Wainwright 1977, Gaylord <i>et al.</i> 2003

CAPÍTULO I

Estructura poblacional y tendencia reproductiva de *E. arborea*

INTRODUCCIÓN

Eisenia arborea pertenece a la familia Alariaceae. Druehl (1970) señala para México, que esta especie se distribuye de manera continua a lo largo de la Península desde la frontera con Estados Unidos hasta la Isla Santa Margarita en Baja California Sur. Es una especie principalmente submareal pero también se la encuentra en el intermareal medio-bajo (Abbott & Hollenberg 1976). Hoy en día existe un acuerdo entre ficólogos para la delimitación taxonómica de las tres familias del orden y sus géneros, sin embargo, hay muchas especies que aún están pobremente definidas (Druehl & Saunders 1992).

E. arborea, como la mayoría de los kelpos, está dentro de las algas descritas como las de mayor tamaño y más complejas, esto debido a su estructura parenquimatosa. Es uno de los kelpos menos estudiados como especie. El ciclo de vida se caracteriza por poseer una alternancia de generaciones heteromórfica, con una fase haploide microscópica (gametofito) y una diploide macroscópica (esporofito) (Bold & Wynne 1985) (Fig. I-1). Comúnmente la fase microscópica es llamada microtalo y la macroscópica, macrotalo. Los microtalos son filamentos uniseriados y ramificados, los cuales crecen a través de una célula apical; frecuentemente esta fase se reduce a unas pocas células. El macrotalo es generalmente folioso y puede llegar a más de dos metros de longitud; su crecimiento en longitud es intercalar por medio de actividad meristemática, también existe un meristodermo que contribuye adicionalmente al crecimiento del contorno (Bold & Wynne 1985).

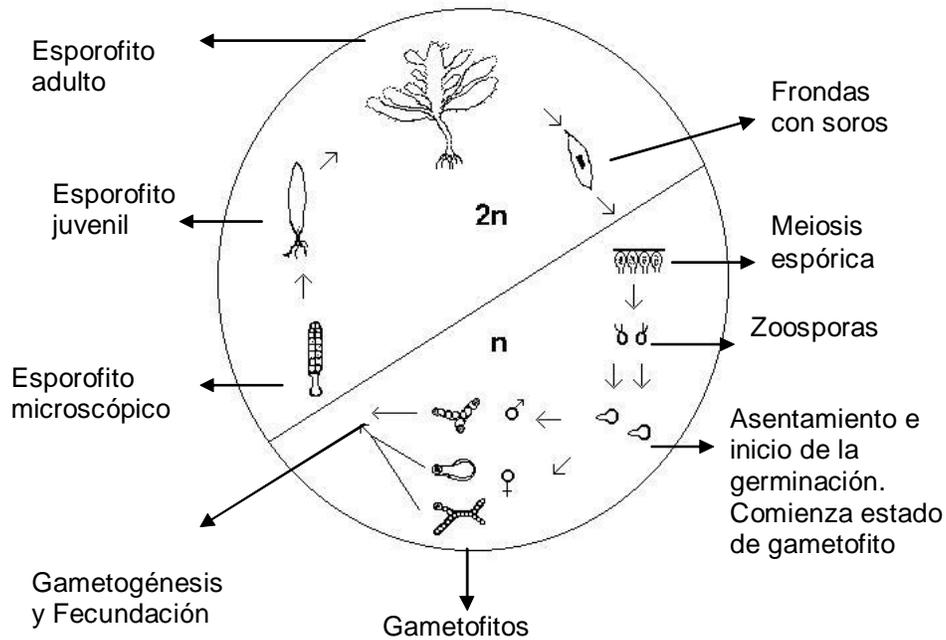


Figura I-1. Ciclo de vida de *Eisenia*. Alternancia de generaciones heteromórfica. El esporofito adulto desarrolla tejido reproductivo (soros) dentro del cual se producen zoosporas haploides (por meiosis) las que liberadas se fijan al sustrato y germinan hasta gametofitos, éstos producen gametos (por mitosis), los masculinos fecundan los femeninos y se restablece la diploidía. Comienza a desarrollarse un nuevo esporofito.

Se asume que la biología y dinámica poblacional de *E. arborea* en el intermareal es similar, aunque no válido, a lo poco que se sabe de poblaciones submareales. No hay ninguna información de esta especie en el intermareal de Baja California Sur, referida a distribuciones de talla, ni acerca de densidades ni sus variaciones temporales, espaciales o tasas de crecimiento. Riosmena Rodríguez y colaboradores (2005) presenta información sobre densidad de poblaciones submareales pero denota el escaso conocimiento de la dinámica de las poblaciones intermareales. Tampoco se ha estimado a que talla o edad pueden incorporarse a una cohorte madura, es decir, potencialmente reproductiva. Los periodos de mayor reproducción y de reclutamiento, tampoco han sido descritos. Incluso, la búsqueda de literatura de esta especie sólo arrojó resultados de estudios hechos en organismos que habitan el nivel submareal. La ausencia de información básica se convierte en un problema cuando se pretende, o propone, utilizar esta especie como un recurso potencialmente explotable (Guzmán del Prío 1969; Casas-Valdez 1982; Guzmán del Prío *et al.* 1986; Hernández-Carmona *et al.* 2001) ya que no se cuenta con información para un manejo adecuado. Por otro lado, si las poblaciones son afectadas por cambios ambientales drásticos, como El Niño, no podría ser evaluado el verdadero efecto ya que no se tiene la información previa del estado de éstas.

ANTECEDENTES

La información conocida en México para *Eisenia arborea*, corresponde a estudios u observaciones realizados en poblaciones submareales. Por ejemplo, Ladah *et al.* (1999) la mencionan como una especie competidora con *Macrocystis pyrifera* en procesos de recolonización post-El Niño en Baja California. Hernández-Carmona y colaboradores (2001) han descrito que presenta adaptaciones fisiológicas para almacenar nitrógeno en sus tejidos, otorgándole una mejor capacidad que *M. pyrifera* para resistir las mayores temperaturas del agua durante los eventos de El Niño. Guzmán del Prío y colaboradores

(2003) estudiaron los cambios en el reclutamiento de praderas submareales en Bahía Tortugas, B.C.S, durante El Niño 1997-98. En la misma región y hasta Bahía Magdalena es descrita como un componente importante en la comunidad algal dentro de las áreas de pesca de abulones (Serviere-Zaragosa *et al.* 2003), constituyendo un elemento alimentario importante para estos moluscos en ambiente natural o en cultivo de los primeros estadios (Aviles & Shepherd 1996; Serviere-Zaragosa *et al.* 1998). Específicamente, en Punta Eugenia, B.C.S, Hernández-Guerrero y colaboradores (2001) realizaron una descripción de la distribución algal, registrando a *Eisenia arborea* y *Macrocystis pyrifera* como las Laminariales presentes en el área submareal.

E. arborea es considerada un recurso potencial para extracción de alginatos (Guzmán del Prío 1969, Casas-Valdez 1982, Guzmán del Prío *et al.* 1986, Hernández-Carmona *et al.* 2001) y como tal, podría suceder que las poblaciones intermareales fueran un blanco fácil de cosechar debido a la ubicación en roqueríos expuestos a los niveles de baja marea.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

OCEANOGRÁFICAS. La costa occidental de la Península de Baja California incluye la porción más sureña del Sistema de la Corriente de California (SCC), que forma el margen oriental del gran giro oceánico del Pacífico Norte y una de las importantes zonas de surgencia por viento. El sistema se extiende a lo largo de unos 20° de latitud, con un flujo superficial (hasta 300 m de profundidad) que transporta agua subártica del Pacífico hacia el Ecuador, desde cerca de los 48°N hasta los 25°N aproximadamente (Lluch-Belda 2000). Estacionalmente, las surgencias por viento incorporan aguas subsuperficiales, frías y ricas en nutrientes, a la superficie (Huyer 1983). A lo largo de la costa, por dentro de la Corriente de California, una estrecha contracorriente, la Contracorriente Costera, fluye hacia el norte normalmente durante otoño e invierno (Lynn & Simpson 1987).

La intensificación de la Corriente de California ocurre en primavera y verano (Cervantes-Duarte & Hernández-Trujillo 1989). En la escala de tiempo de días, el relajamiento de las surgencias se produce por intermitencia del campo de viento en periodos mayores que días pero menores que meses. En Baja California los periodos de surgencia se presentan típicamente en intervalos de una a tres semanas (Cervantes-Duarte et al. 1993) y en cuanto a niveles de producción biológica generados a partir de las surgencias, la costa occidental de la península de Baja California se comporta de manera similar al resto de las costas sometidas a la Corriente de California (Morales Zárate et al. 2000).

BIOLÓGICAS. Punta Eugenia (Fig. I-2), Punta Baja y Bahía Magdalena son las tres zonas de mayor producción biológica primaria en la costa occidental de Baja California (Morales-Zárate *et al.* 2000). Punta Eugenia se caracteriza por presentar una mayor concentración de pigmentos fotosintéticos durante todo el año; existen mecanismos físicos de convergencia de aguas altamente productivas enriquecidas, lo que permite una mayor concentración y retención de partículas orgánicas y el fitoplancton puede mantenerse el tiempo suficiente en la zona fótica para usar los nutrientes disponibles, lo que genera una zona de habitat reproductivo adecuado para diversas especies; la presencia y propiedades conectivas del giro permite a su vez la retención de huevos y larvas (Morales-Zárate *et al.* 2000). En Punta Eugenia existe una mayor probabilidad de desove para especies de peces del SCC (Morales-Zarate & Muñoz-Mejía 1998) y el patrón de distribución es evidente para especies bentónicas con estados de vida planctónicos pelágicos, como langostas y abulones (Vega *et al.* 1996). Así, en términos de productividad biológica, uso de hábitat para reproducción, refugio, alimentación, diversidad de especies y posiblemente como determinante de los niveles poblacionales de diferentes especies de la zona, es que Punta Eugenia constituye un importante área de la costa occidental de la península de Baja California (Morales-Zárate *et al.* 2000).

La comunidad ficológica de la zona comprendida entre el norte de Punta Eugenia (Chester Rock) y Bahía Asunción, se caracteriza por presentar una gran riqueza específica y abundancia de algas. Mendoza-González y Mateo-Cid (1985) reportaron las siguientes algas pardas en la zona: *Macrocystis pyrifera*, *Dictyota flabellata*, *Dictyopteris undulada*, *Ectocarpus parvus*, *Egregia menziensis* y *Eisenia arborea*. Beltrán (2003) realizó un estudio estacional durante 1996-97 señalando la presencia de 7 especies de feofitas en el sector de Las Boyitas (*Dictyota bingamiae*, *D. flabellata*, *Pachidyction coriaceum*, *Eisenia arborea*, *Macrocystis pyrifera*, *Cystoceira osmudacea*, *Sargassum acinacifolium*) en donde la biomasa de *E. arborea* fue mayor en invierno (2315.33 g m⁻²). También describe un total 24 especies de rodofitas, en donde se destaca la presencia de *Gelidium robustum*, así como algas coralinas en sus formas articuladas y costrosas que forman un tapete en la base de los mantos. Esta flora es típicamente templada (Dawson 1960).

LUGAR DE MUESTREO. El Faro, 27° 50' 47"N; 115° 04' 53.4"W (Fig. I-3). Costa rocosa con exposición al noroeste, sustrato visible del tipo conglomerado sedimentario constituido por peñascos grandes. Se seleccionaron 2 sitios (Fig. I-3), separados por aproximadamente setenta metros entre sí bajo los siguientes criterios: disponibilidad de algas, similar altura de marea y factibilidad de trabajar durante bajamares iguales o menores de - 30 cm (según tabla de mareas del CICESE para Ensenada). El Sitio 1 (Fig. I-3B) se encuentra en un canal de entrada de agua estrecho (aproximadamente 2 m de ancho), las algas se ubican en las paredes verticales rocosas y sobre rocas en el piso, formando un cinturón de aproximadamente un metro de ancho a lo largo de las paredes. El sitio 2 (Fig. I-3C), presenta una entrada de agua de casi 4 metros, las algas están fijadas en las paredes verticales que lo limitan, el cinturón de algas es más angosto y la presencia de rocas de mayor tamaño en el piso constituye también sitios de fijación para las algas. La ficoflora más conspicua que acompaña a *E. arborea* en los sitios de muestreo está compuesta

principalmente por pasto marino (*Phyllospadix* sp.), *Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum* y *Laminaria* sp.

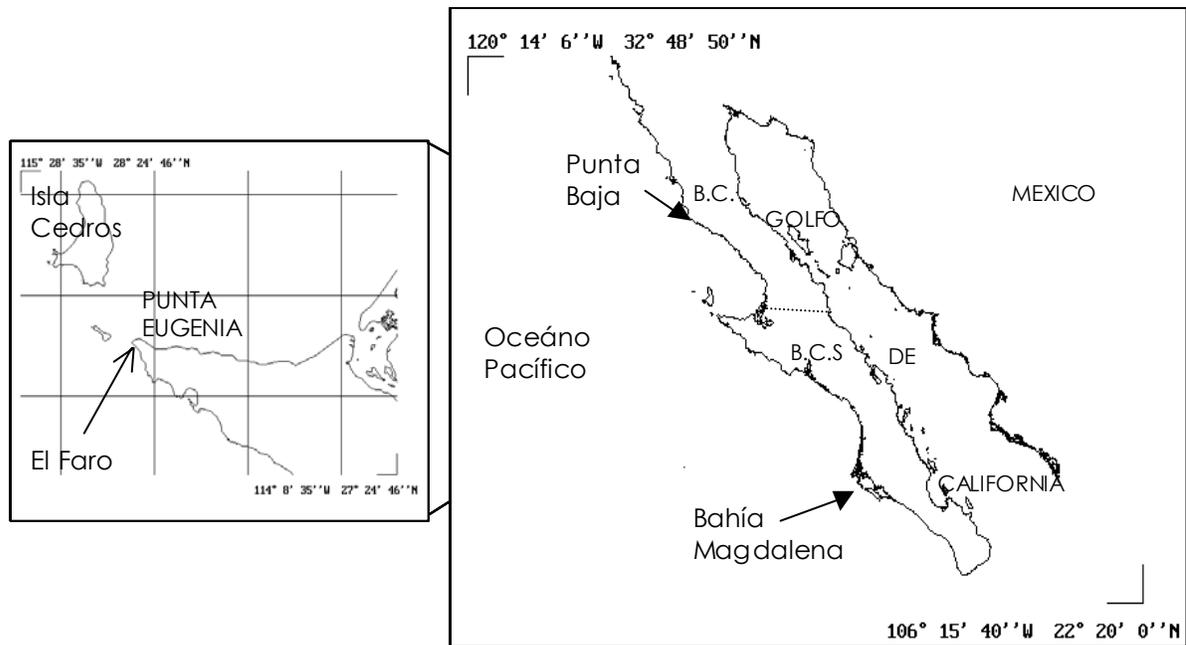


Figura I-2. Ubicación geográfica del área de estudio. Punta Eugenia, B.C.S. (Mapa: De la Cruz Agüero & Rodríguez Sánchez 2000).

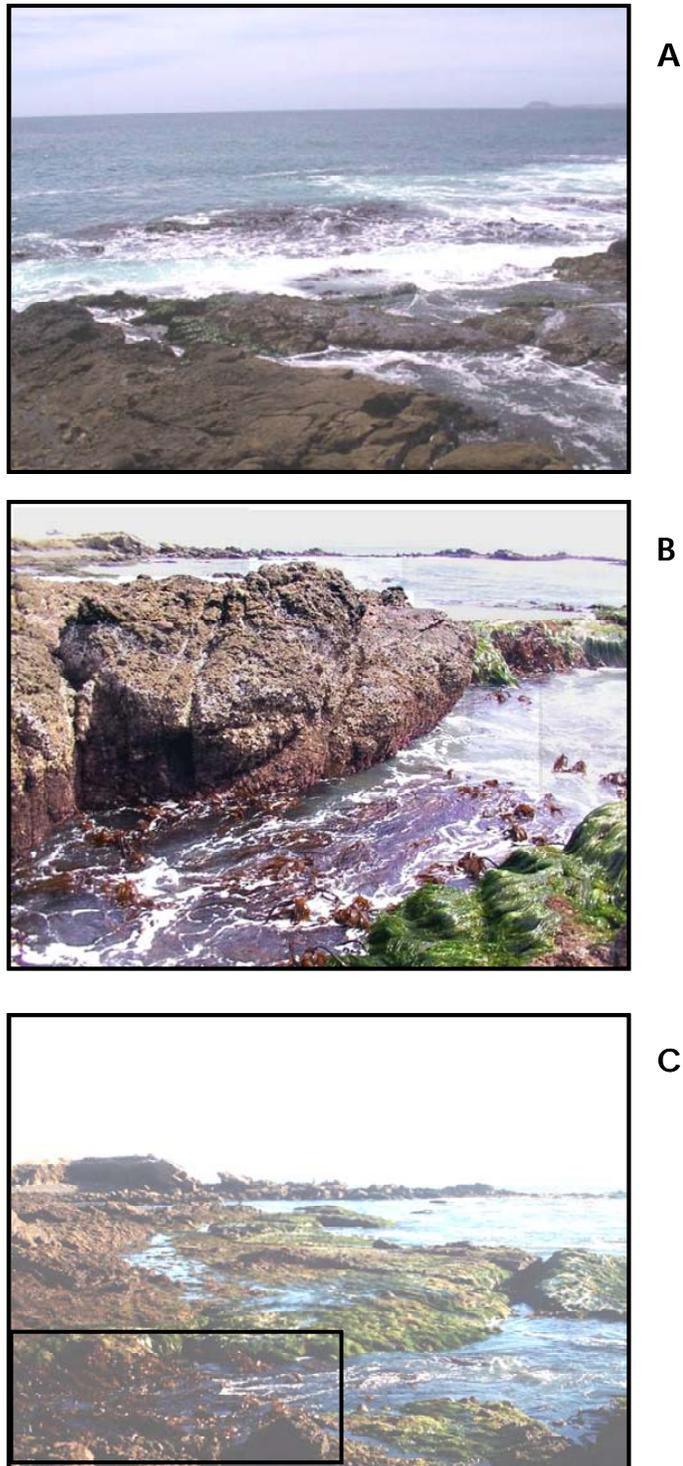


Figura I-3. Área de trabajo, El Faro. A Vista General. B Sitio 1. C Sitio 2, en el recuadro inferior se observa la ubicación del área de muestreo.

JUSTIFICACIÓN

El intermareal es una zona de perturbación ambiental permanente para todos los organismos que residen en él. Las especies que allí habitan, a diferencia de las del submareal, soportan condiciones extremas, ya sea mayores tasas de irradiancia, de radiación ultravioleta, cambios osmóticos, desecación, variación de la temperatura, acción dinámica de las olas, etc. En particular, para sobrevivir a estas condiciones, las algas pueden presentar diversas estrategias, como por ejemplo, producción de mucílagos para contrarrestar el efecto de la deshidratación, o tallas menores para disminuir el área expuesta al oleaje, entre otras. Dentro de los kelpos característicos de la costa intermareal del Pacífico noreste se puede mencionar, por ejemplo, a *Alaria marginata* y a *Eisenia arborea*, ambas pertenecen a la misma familia, pero *A. marginata* es anual y *E. arborea* es perenne. La biología poblacional ha sido estudiada para *A. marginata* (Mc Connico & Foster 2005), así como otras especies intermareales típicas de la costa de California, sin embargo para *E. arborea* no existen estudios de este tipo, por lo que se desconoce sus aspectos biológicos básicos en poblaciones intermareales. La información que se dispone de esta especie en el Pacífico mexicano proviene principalmente como anexo del estudio de otras macroalgas, y lo que se conoce de esta especie está referido a poblaciones de distribución submareal.

Dentro del Pacífico mexicano, Punta Eugenia es un área particularmente interesante ya que allí suceden procesos oceanográficos intensos que sustentan las mayores pesquerías bentónicas de la región, pesquerías que dependen de manera directa e indirecta de las macroalgas. Punta Eugenia ha sido un área de estudios principalmente oceanográficos y pesqueros, en donde la ficología a estado limitada a listados florísticos, con deficiencia de estudios poblacionales en macroalgas, dejándolas casi al margen del resto de la comunidad bentónica.

Debido a la carencia de estudios de biología y ecología poblacional, así como de estudios que engloben la organización de comunidades y la interacción de las especies dentro de ellas, es que las decisiones referentes a programas de conservación biológica, no son tomadas apropiadamente. La base de tales decisiones está sustentada en el estudio de la biodiversidad. La escala más pequeña a la cual se estudia esta biodiversidad está concentrada en la variabilidad que existe dentro y entre poblaciones. En este plano, las poblaciones de macroalgas que habitan lugares diversos son una expresión de diversidad biológica frecuentemente olvidada y poco apreciada. Los estudios en sectores aislados, así como de poblaciones en sus límites de distribución, constituyen una herramienta necesaria a la hora de tomar decisiones de conservación, sobretodo si hay un potencial uso comercial de los recursos. Las poblaciones naturales más sensibles son generalmente las más accesibles, como son precisamente las intermareales; razón válida para invertir tiempo y esfuerzo en su estudio.

OBJETIVOS

General :

- Caracterizar la dinámica poblacional y describir la tendencia reproductiva de *E. arborea* en el intermareal de Punta Eugenia, B.C.S.

Específicos

- Establecer la estructura de talla de la población usando como variables indicativas la longitud máxima, la longitud de estipe y perímetro del estipe.
- Estimar tasas de crecimiento a partir de la longitud y el perímetro del estipe.
- Determinar correlaciones entre las variables morfométricas.

- Determinar la densidad de algas y su variación temporal.
- Estimar periodos de mayor reclutamiento.
- Establecer periodos reproductivos y su variación temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreos y Temperatura

Las fechas de muestreo fueron 21 al 23 de diciembre del 2003; para el año 2004 los muestreos se realizaron durante el 17 al 19 de febrero, 4 al 7 de mayo, 1 al 4 de julio y 28 al 30 de agosto; dando un intervalo de días entre muestreos de 60, 76, 60 y 55 días respectivamente. Las fechas seleccionadas respondían a los mejores patrones de marea en los que se podía trabajar en el intermareal en esa localidad, por lo mismo, los dos primeros muestreos fueron diurnos y los tres últimos nocturnos. La tabla I-2 muestra las fechas exactas de trabajo y las temperaturas promedio del agua de mar. Los estudios de campo, fechas, sitios y tipo de algas de los que se obtuvieron los datos son resumidos en la tabla I-3.

Los registros de temperatura corresponden al promedio mensual de temperatura superficial del mar para la zona de El Faro, Punta Eugenia. Los datos fueron procesados por el Grupo de Oceanografía por Satélite de CICESE, Proyecto de CONACYT Ciencia Básica, responsable técnico es el Dr. Emilio Beier, Proyecto "Dinámica, termodinámica y Productividad Primaria de la Corriente Costera Mexicana". Gentileza de Carlos E. Cabrera.

Tabla I-2. Fechas de muestreo y promedio mensual de la temperatura superficial del agua de mar en Punta Eugenia, sector El Faro. *Fuente: CICESE.

Fecha	* Temperatura (°C)
21-23 Diciembre 2003	17.08
17-19 Febrero 2004	15.25
4-7 Mayo 2004	16.90
1-4 Julio 2004	17.50
28-30 Agosto 2004	18.85

Tabla I-3. Fechas de colecta de datos para los diferentes estudios, según su sitio y alga.

Estudio	Fecha muestreo					Sitio			Algas	
	2003		2004			1	2	Otro	M	NM
	Dic	Feb	May	Jul	Ago					
Estructura de talla	X	X	X	X	X	X	X		X	
Crecimiento	X	X	X	X	X	X	X		X	
Correlaciones	X					X	X		X	
Densidad	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Reclutamiento (Clareos)	X	X	X	X	X			X		
Tendencia reproductiva (%FS)		X	X	X	X	X	X		X	X

Otro Sitio= ni sitio 1, ni sitio 2. M= algas marcadas (identificadas). NM= algas no marcadas.

Estructura de talla

Para determinar la estructura de tallas de la población y su variación en el tiempo, en diciembre del 2003, se marcaron un total de 171 estipes de ejemplares completos de *E. arborea* (Fig. I-4), elegidos aleatoriamente de la franja intermareal y divididos entre dos sitios. Se rodeaba el estipe de cada alga con una trozo de goma de 0.8 cm de ancho por 8 cm de largo que enhebraba una ficha plástica numerada (Parada 2001). Con una cinta métrica se midió la longitud máxima o total (desde la base del estipe hasta la fronda más larga), longitud del estipe (desde base del estipe hasta la base de la fronda o inicio de la dicotomía), perímetro basal del estipe (medido a 3 cm de su base). No todos los ejemplares marcados inicialmente se mantuvieron durante el periodo de muestreo. Considerando que las variaciones debido al desgaste natural de las frondas en las puntas generan datos equivalentes a decrecimiento, la longitud máxima fue medida sólo en los dos primeros muestreos. Nuevas marcas debieron ser puestas en febrero y julio debido a las pérdidas de marcas y/o ejemplares. Para diciembre se midieron 171 algas, 102 en febrero, 65 en mayo, 82 en julio y 49 en agosto. Se elaboraron histogramas de frecuencia para representar la estructura de tallas de la población. A partir de estos datos también se obtuvo las tasas de crecimiento en estipe y perímetro.

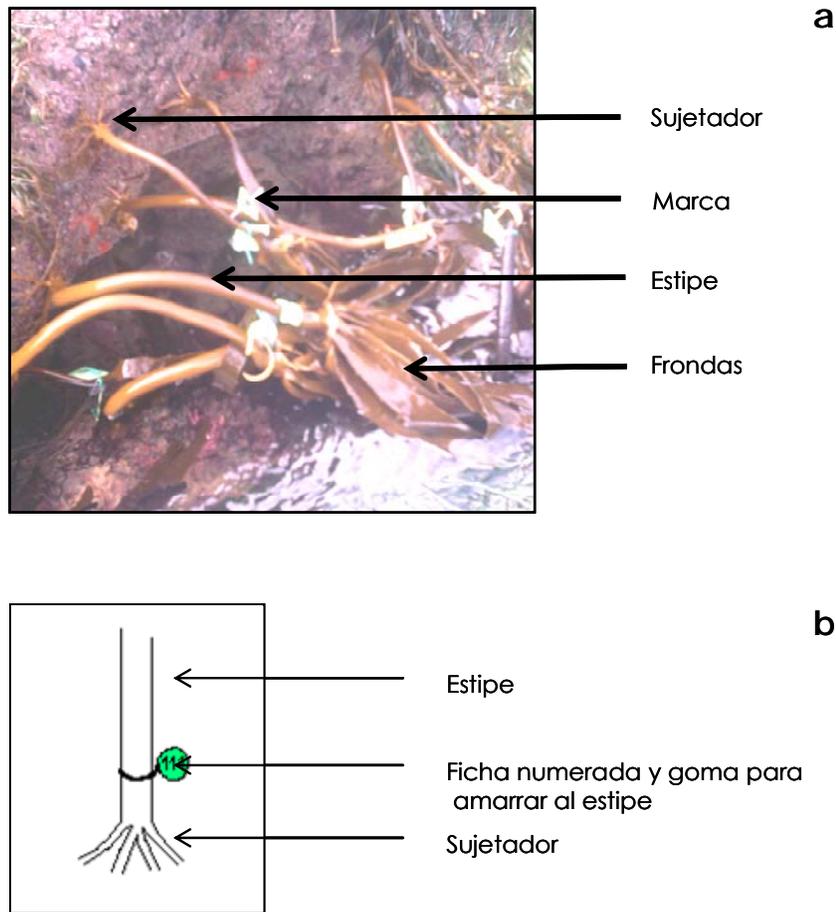


Figura I-4. Habitat de *E. arborea* (a) y esquema de marcas sobre estipes (b).

Crecimiento

A partir de las algas marcadas inicialmente en diciembre, aquellas que permanecían entre dos muestreos consecutivos, se usaron para medir la tasa de crecimiento de cada individuo (mm día^{-1}) usando los datos de longitud de estipe y perímetro. Los intervalos de días entre muestreo fueron diciembre-febrero: 60, febrero-mayo: 76, mayo-julio: 60, julio-agosto: 55 días y los datos se presentan como crecimiento en mm día^{-1} . Se consideraron las variables por separado debido al crecimiento independiente -radial y longitudinal- de perímetro y estipe respectivamente. Para este análisis se consideró los sitios 1 y 2 como un solo grupo ya que la recuperación de algas marcadas no fue equitativa en ambos sitios,

umentando el tamaño muestral para disminuir el error. Se aplicó un análisis de varianza anidado para disminuir el efecto de las varianzas, anidando las tallas en el tiempo ($\alpha=0.05$; Zar 1996). Para esto, se clasificaron las tallas de las algas en tres intervalos de tamaños para cada variable según la fórmula:

$[(\text{Longitud mayor} - \text{Longitud menor}) / 3]$, quedando agrupadas de la siguiente manera:

1. Perímetro; Intervalos (mm): Delgadas=10–36.9; Medianas= 37– 63.9; Gruesas=64–90.
2. Longitud estipe; Intervalos (cm): Cortas=1.5–26.4; Medianas= 26.5–51.4 ; Largas= 51.5–77.

La notación diferente para perímetro y longitud se debe a que no necesariamente una variable es coincidente con la otra, por ejemplo, hay individuos de estipes cortos y perímetros gruesos, o individuos de largos y delgados estipes. Los datos fueron transformados a raíz cuadrada cuando fue requerido para cumplir con el supuesto de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (Bartlett). Se usó el programa Statistica (v.6.0)

Correlaciones Morfométricas

Además de describir la estructura de talla de la población, se utilizaron algunos ejemplares de *E. arborea* para caracterizarlas a nivel morfológico y para esto, el grupo de datos de diciembre del 2003 –de los sitios 1 y 2- fue utilizado para realizar correlaciones y determinar el grado de relación que existe entre las variables medidas, longitud máxima, de estipe y perímetro. Se obtuvieron los coeficientes de correlación de Spearman (r) y sus coeficientes de determinación (r^2) correspondientes para medir, respectivamente, la intensidad de asociación entre pares de variables y el porcentaje de varianza explicada por cada variable. Se trabajó bajo la hipótesis nula de no relación entre las variables ($\alpha=0.05$). Se usó el programa Statistica (v.6.0).

Densidad

La densidad de individuos por metro cuadrado se midió aleatoriamente en cada muestreo, colocando el cuadrante a lo largo de una franja intermareal de sustrato rocoso de entre 15 y 20 metros en los sitios 1 y 2. El número de cuadrantes para cada sitio varió entre 10 y 19. Los datos fueron transformados (raíz cuadrada) y se aplicó un análisis de varianza de dos vías para comparar diferencias entre los dos sitios, meses y la interacción entre ambas variables desde diciembre de 2003 hasta agosto de 2004. El nivel de significancia fue $\alpha=0.05$, se usó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar normalidad, de Bartlett para homocedasticidad y en las comparaciones *a posteriori* una prueba de Tukey para distinto tamaño de muestra (Zar 1996).

Reclutamiento

Para evaluar si existe una estación de mayor reclutamiento de *E. arborea* se realizaron clareos en 5 cuadrantes de 40x40 cm de la franja de reclutamiento natural de *E. arborea* observado *in situ* (Fig. I-5). Los lugares para clarear fueron seleccionados en función de la presencia de individuos, accesibilidad de trabajo y sustrato rocoso sin grietas. Para obtener un resultado más representativo se seleccionaron distintos microambientes, sin la finalidad de compararlos entre ellos. El cuadrante 1 (Q1) estuvo ubicado en una de las paredes que limitaban el sitio 1; el cuadrante 2 (Q2) a 5 metros fuera del sitio 1 en un área con exposición al oleaje más amplia y una inclinación de 45 grados aproximadamente; los cuadrantes Q3, Q4 y Q5 quedaron fuera, pero limitando el sitio 2, estando el Q3 ubicado sobre una roca con una inclinación de 30 grados, el Q4 en pared vertical al igual que el Q5 pero este último con menor tiempo de luz directa en relación al anterior. Para la limpieza completa del sustrato se utilizaron espátulas, cepillos de cerdas metálicas y un soplete portátil. Cada cuadrante fue marcado para darle seguimiento y registrar la presencia de nuevos reclutas a través del tiempo, entendiendo como recluta a aquel nuevo individuo que es observable a simple vista, a partir de aproximadamente 0.5 cm.

Los mismos cuadrantes se limpiaron en diciembre del 2003, febrero, mayo y agosto del 2004 y se observó si hubo presencia de reclutas en febrero, mayo, julio y agosto del 2004 (Tabla I-3). Los cuadrantes fueron limpiados completamente después de haber recolectado todas las algas reclutadas; en julio del 2004 sólo se observó un recluta en uno de los cuadrantes, por lo que en ese mes no se limpiaron los cuadrantes. Las muestras fueron fijadas en formol al 4% con agua de mar y llevadas al laboratorio de Botánica Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur para su medición.



Figura I-5. Izquierda: Sustrato rocoso desnudo de otras algas, las líneas punteadas señalan el área utilizada dentro de la que fue medido el reclutamiento. Derecha: Acercamiento de cuadrante experimental clareado. La flecha muestra uno de los vértices del cuadrante delimitado por epóxica y cinta de color.

Tendencia Reproductiva

La tendencia reproductiva se evaluó calculando la variación temporal del porcentaje de frondas con soros (%FS). Para cada individuo se contó el total de frondas y su correspondiente número de frondas en estado reproductivo. Durante febrero y mayo del 2004 se muestrearon individuos adultos de los sitios 1 y 2 (de algas marcadas y no marcadas). Para julio y agosto del 2004 se utilizaron los datos de las algas adultas de ambos sitios además de las extraídas para evaluar variación morfométrica (Capítulo II). Se calculó el porcentaje promedio de frondas con soros para cada mes, se aplicó un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) y un test *a posteriori* no paramétrico (Nemenyi) ($\alpha=0.05$) para determinar si existían diferencias significativas de estos valores entre los distintos meses.

RESULTADOS

Estructura de tallas

La figura I-6 muestra las distribuciones de frecuencias de longitudes máximas durante los dos primeros muestreos de las algas marcadas. En este periodo, las máximas tallas observadas fueron de 220 cm en diciembre del 2003 la moda fue de 90 cm, las tallas más grandes son las menos frecuentes (> 160 cm) Similar situación ocurre en febrero del 2004. Para la longitud de estipe (Fig. I-7) el máximo fue de 90 cm en diciembre del 2003 y febrero del 2004. Para diciembre del mismo año las frecuencias mayores estuvieron entre los 20 y 30 cm; para febrero del 2004 la máxima frecuencia está repartida entre los intervalos 20 a 40 cm, en cambio para mayo se observan frecuencias semejantes entre los individuos menores de 10 cm hasta prácticamente los 40 cm, a partir de este mes la

presencia de reclutas se hace notoria, lo que se refleja en los siguientes meses de muestreo (julio y agosto). La frecuencia de estipes mayores a 60 cm fue siempre baja (<5). El intervalo del perímetro del estipe (Fig. I-8) se distribuyó entre un poco menos de 1 cm y los 11cm. En diciembre del 2003 las mayores frecuencias fueron de 4 a 5 cm, en febrero del 2004 se reparte para individuos con el perímetro de entre 5 y 7 cm; en mayo domina el intervalo de 6 a 7 cm al igual que en julio del mismo año, sin embargo este último mes presenta también una alta frecuencia de pequeños individuos, con perímetros de entre 1 y 2 cm, lo que se repite durante agosto. La frecuencia de algas con estipes gruesos, mayores de 9 cm fue siempre baja (<5) y en ocasiones, nula.

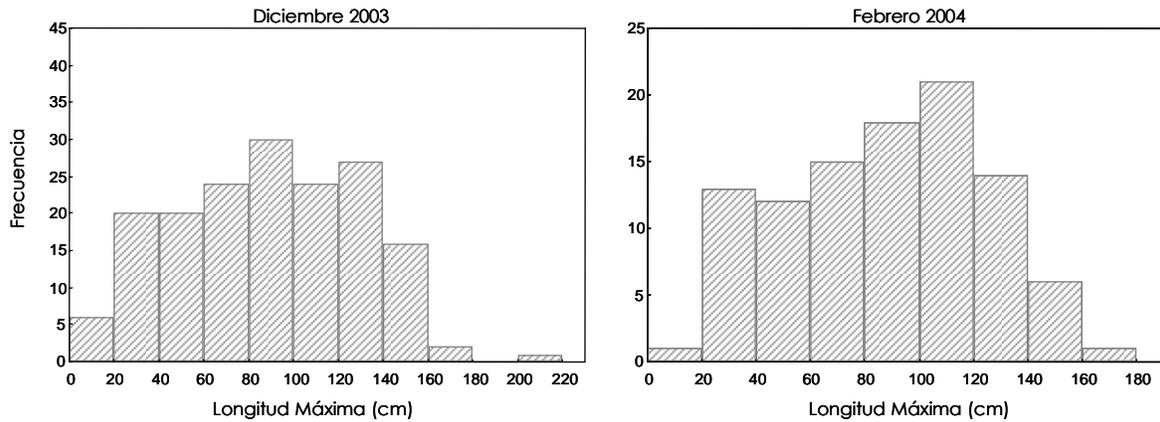


Figura I-6. Distribución de frecuencias de longitud máxima en *E. arborea* de las algas marcadas en campo en diciembre 2003 y febrero 2004. Las tallas abarcan hasta individuos de 220 cm de longitud máxima. Las frecuencias más altas son entre las tallas que van desde los 20 a los 140 cm.

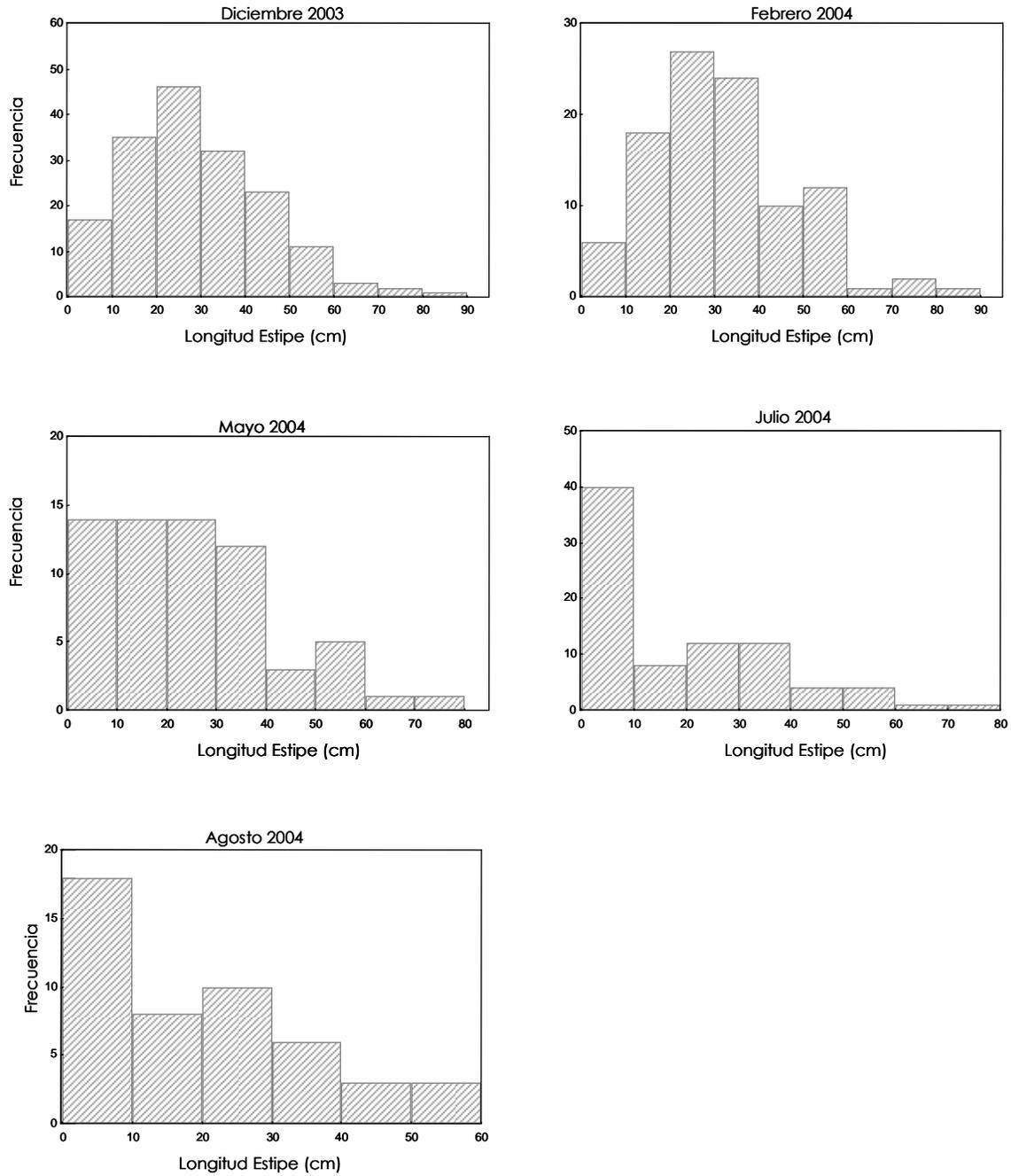


Figura I-7. Distribución de frecuencias de longitud de estipe en *E. arborea* de las algas marcadas en campo de diciembre 2003 a agosto 2004. La frecuencia de individuos con estipes mayores de 60 cm es siempre baja. Durante Julio 2004 y agosto la mayor frecuencia está dada por algas con tallas menores de 10 cm (juveniles).

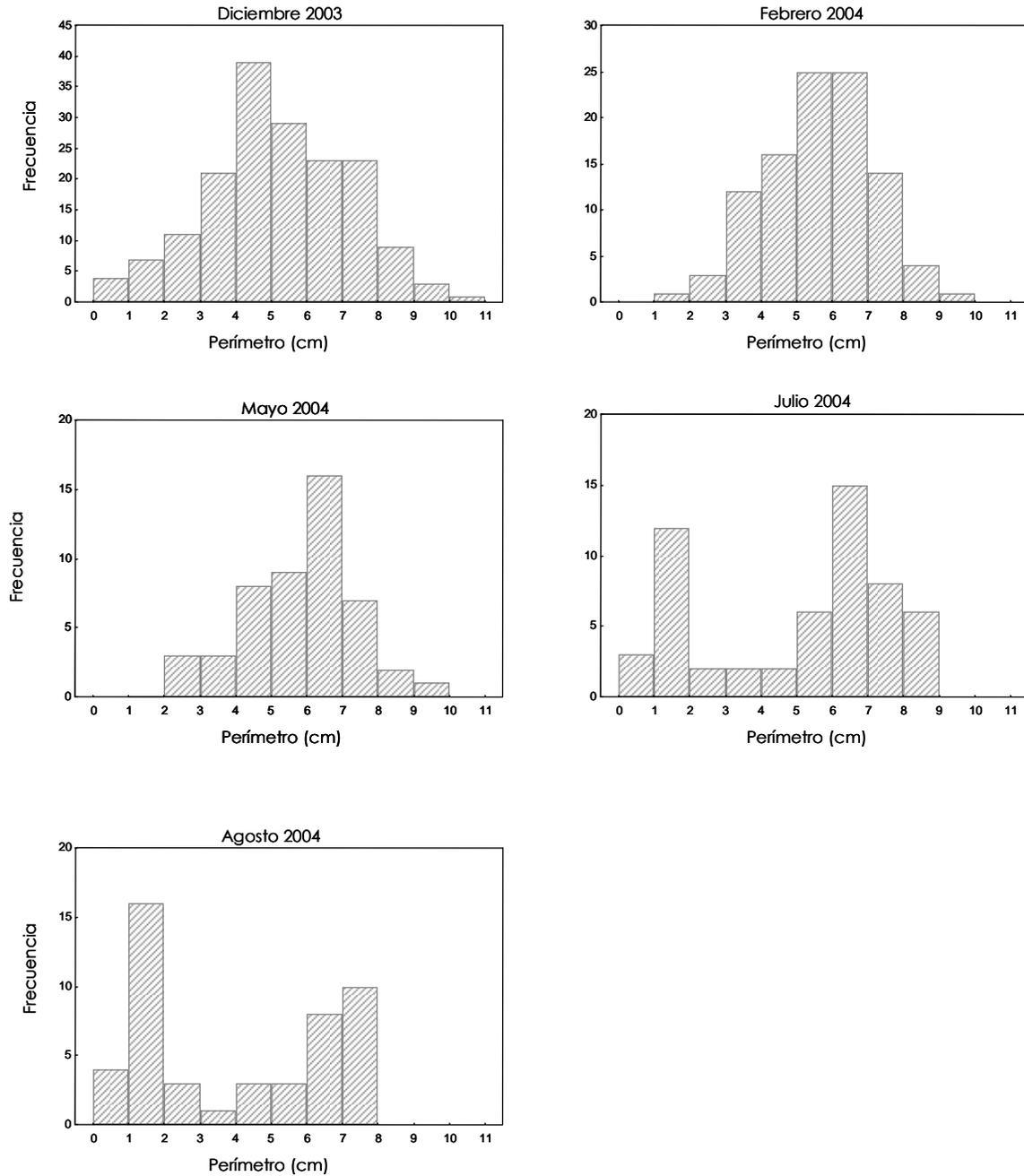


Figura I-8. Distribución de frecuencias de perímetro del estipe en *E. arborea* de las algas marcadas en campo de diciembre 2003 a agosto 2004. Hasta mayo 2004 la distribución de tallas de perímetros presenta una distribución normal, a partir de julio se observa un reemplazo de frecuencias de mayores tallas por las de perímetros menores (juveniles).

Crecimiento

El crecimiento registrado en *E. arborea* no superó un milímetro por día, tanto para la longitud como para el perímetro del estipe. Particularmente en el caso de los estipes, el análisis de varianza anidado indicó que no hubo diferencias significativas [$F_{(11,176)}=1.4334$, $p=0.1615$] entre las distintas tallas. Los valores promedios de crecimiento de estipes largos, para todo el periodo de estudio, variaron entre 0 y 0.07 (mm día^{-1}) (Fig. I-9A). Para las algas de estipes medianos los valores promedios de crecimiento fluctuaron entre 0.0 y 0.068 (mm día^{-1}). Las algas de estipes cortos siempre presentaron un incremento mayor que cero (menores varianzas), con promedios totales entre 0.017 y 0.044 (mm día^{-1}) durante todo el estudio.

Por otra parte, para el incremento de perímetro (Fig. I-9B) el análisis estadístico indica que existe diferencia significativa entre las distintas clasificaciones de tallas -delgadas, medianas y gruesas- ($F_{(8,152)}= 3.0796$; $p<0.001$), tal diferencia está dada principalmente por el grupo de algas delgadas (10 a 39.9 mm), cuyo mayor valor promedio se registró en el periodo Diciembre 03 – Febrero 04 y fue de 0.165 (mm día^{-1}). El valor promedio más bajo fue de 0.011 (mm día^{-1}) en las algas gruesas para el periodo Mayo 04 – Julio 04. La variabilidad de los datos es amplia, lo que impide detectar mayores diferencias.

No se analizó el incremento en la longitud máxima por la presencia de datos de decrecimiento generado por causas naturales (pérdida y desgaste natural de las frondas).

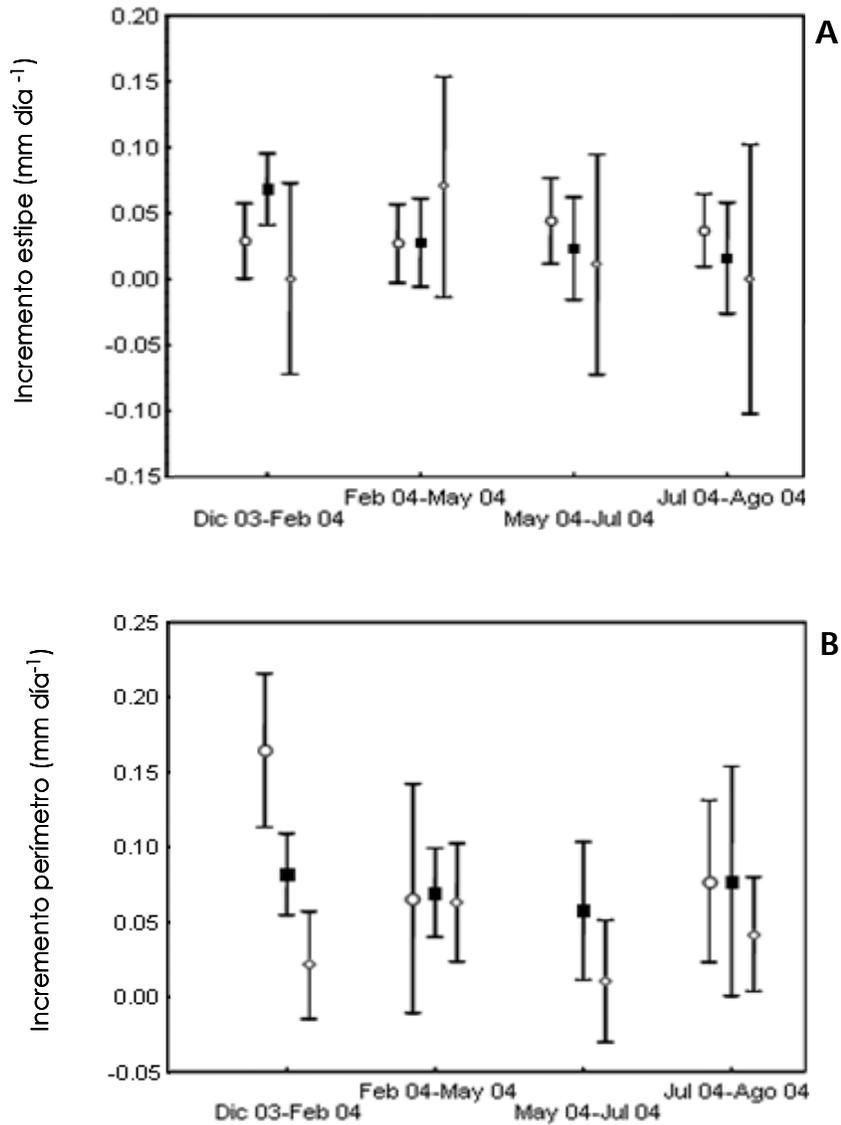


Figura I-9. Incremento diario de crecimiento en longitud de estipes (A) y de perímetro (B) en *E. arborea*. Eje X indica meses de muestreos consecutivos. En el período Diciembre-Febrero se registró la mayor tasa de crecimiento en el perímetro de algas de estipe corto, correspondiendo probablemente a juveniles. Diseño ANOVA anidado, $\alpha = 0.05$. Barras indican intervalos de confianza del 95%. Simbología **A**: ○ cortas ■ medianas ◇ largas. En **B**: ○ delgadas ■ medianas ◇ gruesas.

Correlaciones Morfométricas

Los mayores valores de correlación y de determinación se obtuvieron entre longitud máxima y longitud de estipe ($r= 0.839$; $r^2= 0.916$; $t_{(N-2)}= 20.43$) (Fig. I-10A), seguido por longitud máxima y perímetro ($r= 0.828$; $r^2= 0.91$; $t_{(N-2)}= 19.56$) (Fig. I-10B) y finalmente longitud de estipe y perímetro ($r= 0.765$; $r^2= 0.875$; $t_{(N-2)}= 15.73$) (Fig. I-10C). Todos los valores de r fueron significativos ($p < 0.05$) por lo que se rechaza la hipótesis nula de no relación entre las variables. La tendencia es positiva para cada par de correlaciones. A partir de aproximadamente los 5 cm de medida de perímetro se observa un aumento en la dispersión de los datos, observándose un intervalo de longitud máxima que va desde 40 cm hasta 110 cm, lo mismo para la longitud del estipe, con intervalos entre los 20 y 50 cm aproximadamente. Estos resultados ayudan a suponer la presencia de morfotipos de *E. arborea*, es decir, junto con aquellos que siguen la tendencia general de tener estipes gruesos y largos, también hay ejemplares con estipes gruesos y cortos, así como algas con estipes delgados y largos. En el capítulo dos de este trabajo se aborda esta variación dependiendo del grado de exposición al oleaje en el cual habitan las algas.

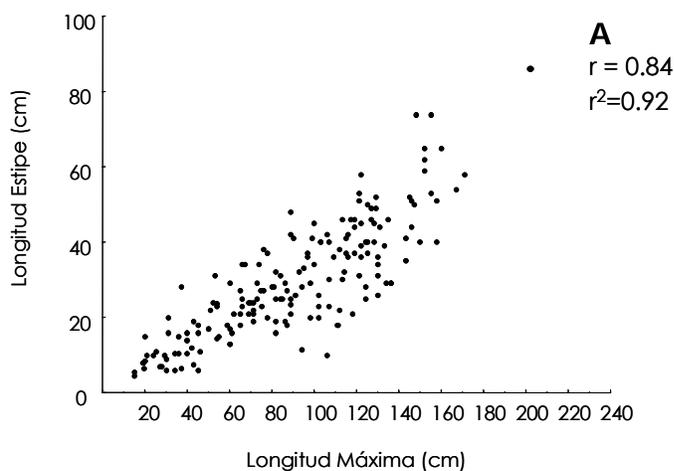


Figura I-10. Correlación de Spearman para Longitud máxima vs Longitud de estipe (A). r^2 es significativo ($p < 0.05$).

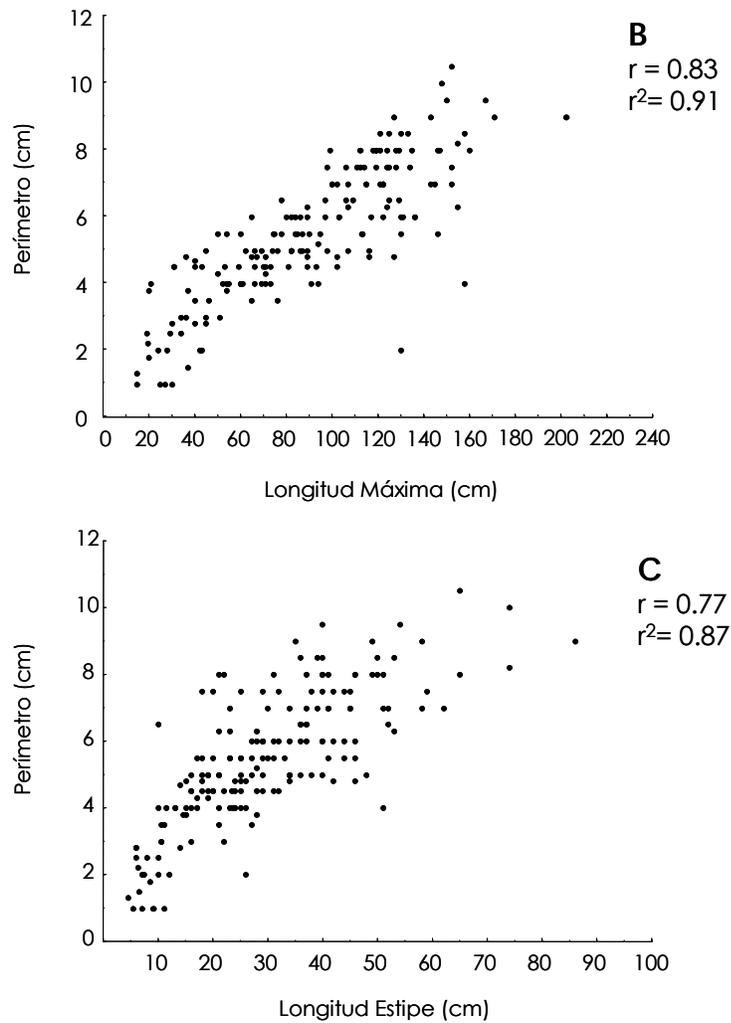


Figura I-10. Continuación. Correlaciones de Spearman para Longitud máxima vs Perímetro (B) y Longitud de estipe vs Perímetro (C). Los valores de r^2 son significativos ($p < 0.05$).

Densidad

Los valores de densidad promedio de ambos sitios variaron entre un mínimo de 19.1 (SD=9.9) algas m^{-2} en diciembre 2003 y un máximo 36.5 algas m^{-2} en julio 2004 (SD=17.1) (Fig. I-11). El análisis de varianza de dos vías indicó diferencias significativas entre los meses ($p < 0.001$) pero no entre los sitio ni entre la interacción meses-sitio (Tabla I-4). El test *a*

posteriori indica que julio 2004 presentó diferencias significativas con diciembre-2003 y con febrero-2004 ($p < 0.01$ y $p = 0.03$ respectivamente).

Tabla I-4. Resumen de los análisis estadísticos utilizados y sus resultados al comparar densidades de *E. arborea* entre meses y entre ambos sitios. NS= no significativo. $\alpha = 0.05$.

Comparación de densidad	Tipo de Análisis	F	G.L ; N	P	Diferencias (Tukey <i>post hoc</i>)
Meses	ANOVA 2 vías	5.475	4; 118	<0.001	Dic03-Jul04 Feb04-Jul04
Sitios	ANOVA 2 vías	1.573	1; 118	0.21	NS
Meses * Sitios	ANOVA 2 vías	1.4099	4,118	0.234	NS

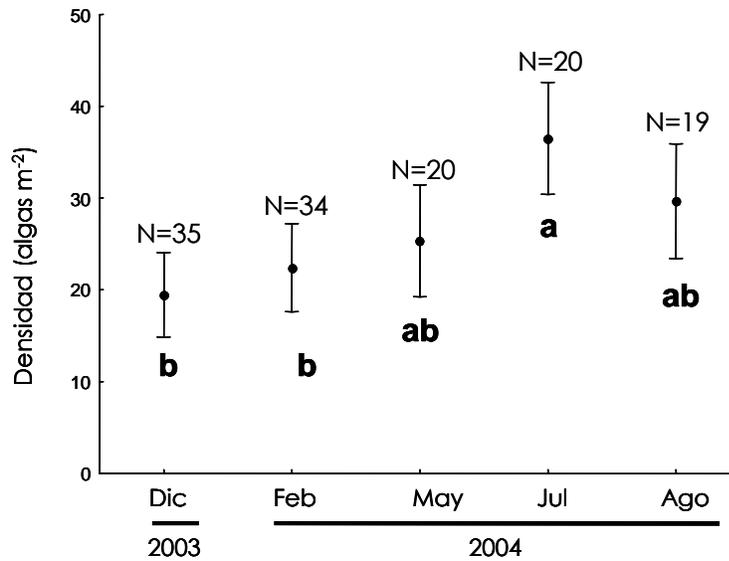


Figura I-11. Densidad promedio de *E. arborea* en el intermareal de Punta Eugenia. Existen diferencias entre los meses. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Reclutamiento

No fue posible diferenciar los reclutas de *E. arborea* de otras especies de Laminariales que se presentan en el área de estudio, *M. pyrifera* y *Laminaria* sp. por lo que, los resultados reflejan el reclutamiento de estas tres especies. Al momento de la recolección de las muestras dentro de los cuadrantes clareados, se presentan individuos de muy pequeño tamaño, lo que dificultó, a esa talla, determinar el género al cual pertenecían. De las muestras revisadas en laboratorio, la mayor frecuencia fue detectada durante el muestreo de febrero 2004 (Fig. I-12) tres de cuatro cuadrantes presentaban reclutas (uno de los cinco cuadrantes clareados no pudo ser trabajado ese mes), en mayo de 2004, se detectaron 5 reclutas, en julio sólo 1 y en agosto 9 reclutas presentes todos en sólo un cuadrante de los 5 revisados. El promedio de tallas de los reclutas fue de 1.12 cm (DE=0.52, EE=0.01)

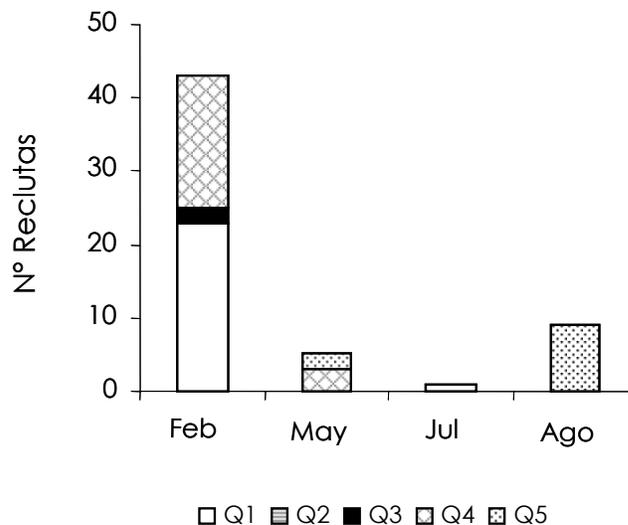


Figura I-12. Número de reclutas de Laminariales observados para los meses de febrero, mayo, julio y agosto del año 2004. Achurados distintos señalan el aporte de cada cuadrante al total.

Tendencia Reproductiva

En febrero se presentó el mayor porcentaje promedio de frondas con soros (30.3%) y el menor en julio (0.8%)(Tabla I-5). Mayo presenta un 1.3% y agosto 6.4%. Se encontraron diferencias significativas entre los meses evaluados ($H_{(3,351)}=181.68$, $p<0.01$). Febrero difiere significativamente del resto de los meses; mayo y julio no difieren entre sí y éstos dos últimos difieren de agosto (Fig. I-13). Existe una concordancia entre los valores de mayor presencia de soros evaluada y el máximo de reclutamiento, en la figura I-14 se muestra esta condición de sincronización.

Tabla I-5. Porcentaje promedio de frondas con soros (%FS). N= tamaño de muestra, DS=desviación estándar EE= error estándar

Fecha (2004)	N	Media (%)	% mín.	% máx.	DS	EE
Febrero	40	30.3	4.5	100	21.1	0.52
Mayo	87	1.3	0	100	10.5	0.11
Julio	84	0.8	0	16.7	2.8	0.02
Agosto	68	6.4	0	71.8	11.8	0.13

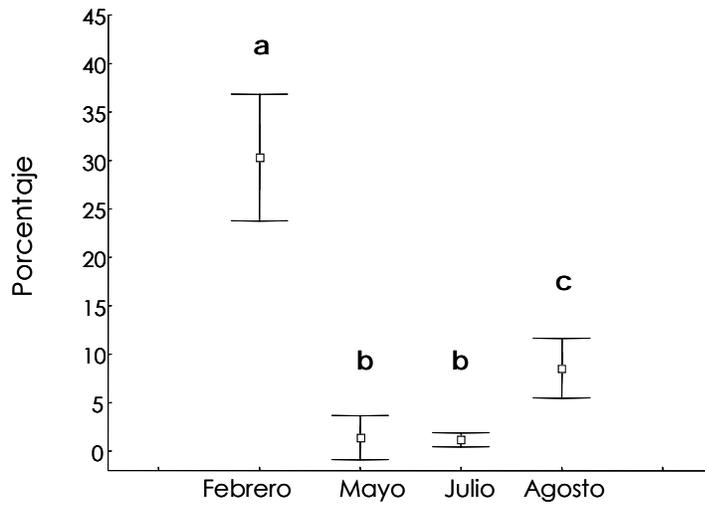


Figura I-13. Diferencias temporales en el porcentaje de frondas con soros de *E. arborea*. Período febrero-agosto (2004). $H(3.279)=153.1$, $p<0.001$. Letras distintas indican diferencias significativas entre los meses.

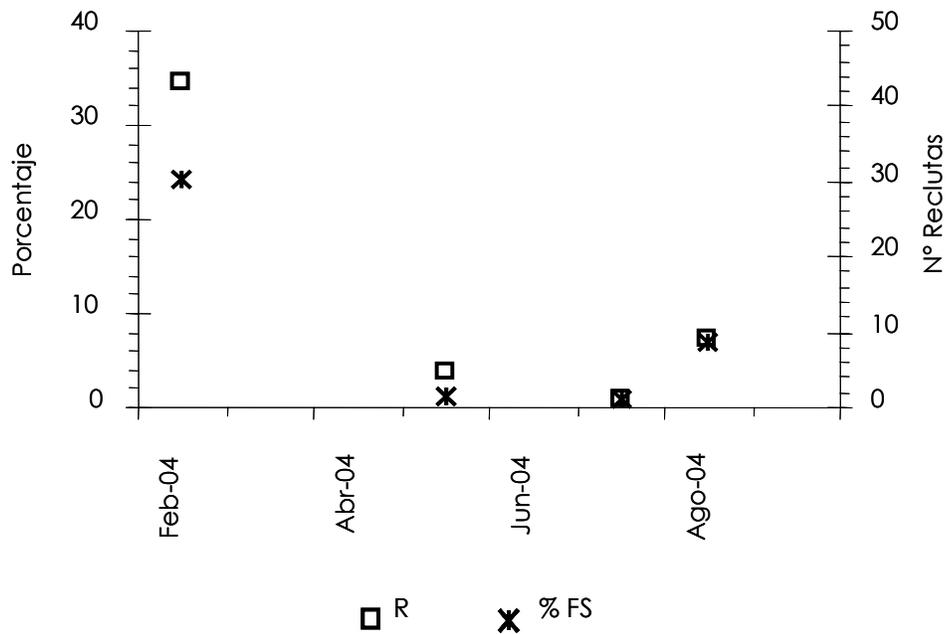


Figura I-14. Variación temporal de los porcentajes promedio de frondas con soro (%FS) y el reclutamiento (R) de *E. arborea* en Punta Eugenia. Febrero presenta los valores promedio más altos de porcentaje de soros por alga y de nuevas reclutas.

DISCUSIÓN

En Punta Eugenia se presenta una población de *Eisenia arborea* en la zona intermareal representada por individuos de amplia variedad de tallas. Las plantas de mayor tamaño siempre se presentaron en baja abundancia y las de menor tamaño comenzaron a hacerse más evidentes a partir de primavera siendo julio el mes con la mayor frecuencia de individuos de tallas menores. No fue fácil distinguir claramente individuos pequeños de los otros géneros de Laminariales, como son *M. pyrifera* y *Laminaria* sp., debido a que el desarrollo de estas tres especies es el mismo, presentan una fase foliosa. Los muestreos nocturnos no facilitaron la selección más detallada de los ejemplares más pequeños, es por ello que el tamaño mínimo de marcas se centró en individuos que sugerían características morfológicas de *E. arborea*, principalmente las dadas por el tipo de división de la fronda. A este respecto, se puede diferenciar de *M. pyrifera* ya que ésta se divide a partir de la zona meristemática, cerca del estipe, por otro lado *Laminaria* sp. no presenta división de la fronda. Las primeras modificaciones de *E. arborea* son pequeñas proliferaciones en la base de la fronda y ésta un poco rugosa. *Macrocystis* sp. es más delgada, casi transparente, de color más claro. *Eisenia* es más oscura y más gruesa (Gustavo Hernández Carmona, 2004 com. pers.). Sin embargo, no se puede descartar totalmente que la frecuencia de individuos de tamaño pequeño pudiera haber estado sobrestimada; no hay estudios previos que señalen tallas de diferenciación y para este caso en particular no se realizó un seguimiento para determinar dichas tallas.

Para algunas especies de Laminariales el crecimiento está determinado por la edad más que por la talla, por ejemplo, para *Laminaria saccharina* Parke (1948) señaló que durante el segundo año de vida es cuando presentan su máximo crecimiento, presentando también periodos de rápido y lento crecimiento dependiendo de los meses del año, con

un máximo de marzo a junio y el resto del año dominado por un crecimiento lento. En cambio, para otras especies, la profundidad, la densidad y la competencia con otras especies parece ser más determinante que la edad. Hymanson y colaboradores (1990) reportaron para *Pterygophora californica* que el crecimiento en una variable no es proporcional con la otra (perímetro y longitud de estipe), atribuyéndolo a la densidad, la competencia por la luz, la profundidad o la exposición al oleaje en que se encuentre el alga. El crecimiento en *E. arborea* en el intermareal podría estar condicionado a alguna de estas variables si se considera que en el submareal Dayton y colaboradores (1999) reportaron que para esta especie, en California, la tasa de crecimiento del estipe disminuye con la profundidad. Experimentalmente observaron que a 8 m de profundidad *E. arborea* crece casi dos veces más que a 23 m, y el periodo de máximo crecimiento lo registraron desde enero a mayo, creciendo 40 mm entre esos meses. Tales condiciones se dieron en aguas someras y con baja densidad de *M. pyrifera*, en donde la luz no es un factor limitante para *E. arborea*. *M. pyrifera* es el principal competidor submareal de *Eisenia* en el Pacífico nororiental y es común que las frondas de *M. pyrifera* disminuyan la cantidad de luz bajo su dosel. Las tasas de crecimiento de *E. arborea* son bajas al compararlas con *M. pyrifera*, las que pueden alcanzar hasta 23.3 cm día⁻¹ (Hernández-Carmona *et al.* 2000). Al parecer la menor profundidad favorecería mejores tasas de crecimiento en *E. arborea* y, por lo tanto, estas tasas se esperaba que fueran mayores en algas del intermareal; sin embargo, en esta zona las condiciones ambientales (deseccación, luz, temperatura ambiental y del agua, disponibilidad de nutrientes, efecto del oleaje, etc.) son diferentes al submareal. A pesar de que en el intermareal se favorece más el "monopolio" del sustrato para *E. arborea* que para *M. pyrifera* y no habría efecto por densidad ni por sombreado, las algas observadas no eran de gran tamaño. Parece ser una característica en los kelpos intermareales su menor tamaño en comparación con individuos submareales. Por ejemplo, el alga intermareal *Lessonia nigrescens* presenta una variación de tamaños mayor entre un metro de distancia vertical que entre lquique

(19°50'N) y Chiloé (41°40'N), localidades distanciadas por más de dos mil kilómetros (Enrique Martínez, 2004 com. pers.). Para este estudio en particular, no se observa una tendencia más clara de patrones de crecimiento, pero sí, queda en evidencia que es una especie de crecimiento lento y que los individuos jóvenes (reflejado por las tallas más pequeñas) son los que tienen una mayor tasa, a pesar de que en un lapso de 60 días el perímetro sólo se incrementó, como promedio, 4.95 mm y la longitud del estipe 17.4 mm. No hay información referida al crecimiento de *E. arborea* submareal ni intermareal en la península de Baja California, por lo que este trabajo proporciona los primeros datos de crecimiento en esta especie, sin embargo se requieren mayores experimentos en campo para poder concluir con respecto a las tasas de crecimiento diferenciadas por edad (cohortes), zonación, así como el crecimiento en frondas y determinar cómo influye factores como la luz, la densidad, los nutrientes o si hay una edad de máximo crecimiento como ha sido reportado para *Laminaria* así como determinar si el crecimiento está relacionado con la temporada de máxima reproducción. La información generada permitiría mantener un manejo sustentable del recurso en caso de que sea utilizado como materia prima para la producción de alginatos u otros compuestos.

Los análisis de las relaciones entre las variables morfológicas de las algas permite conocer entre otros: las relaciones de crecimiento en y entre las distintas partes del alga; detectar algún carácter morfológico externo, que por su correlación con otros descriptores morfológicos y gravimétricos sea predictivo del tamaño y peso (siendo la detección de este carácter una herramienta fundamental para un plan de manejo) y, por último, conocer las diferencias morfológicas poblacionales que permitan caracterizar algas que se desarrollan en ambientes ecológicamente diferentes (Santelices 1982). A través de este estudio se determinó que *E. arborea* varía morfológicamente, siendo posible encontrar todas las posibilidades, por ejemplo, individuos con estipes cortos y gruesos, delgados y largos, otros de perímetro delgado y longitudes totales largas, etc, a pesar de esto, la

tendencia observada fue a mayor perímetro, mayor longitud máxima y/o mayor longitud de estipe. Los r^2 indicaron que un 92% y un 91% de la varianza de la longitud del estipe y del perímetro, respectivamente, se relacionan con la de la longitud máxima. Un 87% de la varianza del perímetro se relaciona con la longitud del estipe.

Los valores de densidad no mostraron diferencias significativas entre los distintos meses ni entre los sitios sino hasta el muestro de julio de 2004. Una observación general de ambos sitios indica que un incremento en la abundancia de juveniles (≥ 10 cm) se notó a partir de mayo, alcanzando la máxima densidad en julio 2004, llegando incluso hasta aproximadamente cien juveniles por metro cuadrado (obs. pers.). Las densidades más bajas fueron registradas durante diciembre del 2003 coincidiendo también con el menor número de recaptura de las algas marcadas. Es posible que la baja densidad de diciembre 2003 sea consecuencia de El Niño que afectó durante los años 2002-03. Desde octubre del 2002 hasta enero del 2003 los máximos valores del Índice Multivariado ENSO (MEI) variaron entre 1 y 1.25, este valor declinó hasta casi niveles 0 desde abril a julio del 2003, volviendo a incrementarse hasta casi 0.5 entre agosto y noviembre del mismo año (www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index.html). Si consideramos que existe un fuerte potencial reproductivo de *E. arborea* durante otoño e invierno, entonces, el incremento de la temperatura durante estos meses, y su consecuente disminución de nutrientes que la acompaña, pudo haber afectado a las algas durante su época reproductiva, tales densidades pudieron haber correspondido a algas sobrevivientes de la temporada anterior (fines 2001 inicios 2002), no se tiene evidencia cuantitativa de reclutamiento durante el 2003, pero sí de densidades además de las distribuciones de frecuencia de diciembre, las que son bajas (5) para individuos de menos de 20 cm. Por otra parte, Espinosa-Carreón y colaboradores (2004) a través de un estudio de comparación interanual desde 1997 al 2002, señalan que Punta Eugenia es un área fuertemente afectada frente a eventos El Niño y La Niña. En condiciones estables, es decir, sin eventos

de calentamiento anormal del agua de mar, es posible que las densidades se mantengan menos variables entre los meses, sin embargo, a partir de mayo (primavera) se esperaría el incremento poblacional debido a la incorporación de los nuevos reclutas provenientes de la temporada previa de reclutamiento. La densidad promedio en el intermareal en Punta Eugenia es casi seis veces mayor que lo reportado en el submareal por Hernández-Carmona y colaboradores (2000) para Isla Asunción y Edwards y Hernández-Carmona (2005) en Punta San Roque (B.C.S).

Las condiciones favorables del ambiente durante la formación de esporas hasta el periodo de reclutamiento producen un aprovechamiento máximo del sustrato disponible para las fases microscópicas de *E. arborea*, encontrando posteriormente los pequeños reclutas desde niveles superiores de la distribución vertical hasta sustratos no adecuados para el posterior desarrollo del esporofito, los que finalmente morirán por desecación, herbivoría, intensidad lumínica, etc (Santelices 1990). Para este estudio no fue posible determinar una tasa de mortalidad precisa debido a la imposibilidad de diferenciar entre individuos marcados desaparecidos y algas cuyas marcas se habían perdido, principalmente debido al método de marcado que inicialmente fue empleado para identificarlas. En un principio (muestreo prospectivo en julio 2003) se utilizaron cinchos plásticos y cinta para Dymo, esta cinta no fue apropiada ya que para la mayoría de las algas se desprendió (3.5% de recuperación); en diciembre se utilizaron los cinchos con un trozo de mica numerada; por su dureza, el cincho plástico dañaba el estipe de las algas, especialmente las más pequeñas, lo que condujo a la ruptura de varias de ellas (31.6% de recuperación). Finalmente, a partir de febrero, se optó por marcar con un trozo de cinta de goma y una ficha plástica numerada, esta cinta de goma permitió elasticidad (al crecimiento), no es rígida como la anteriormente usada, no se quemó con el sol y las fichas numeradas no se desprendieron ni fueron epifitadas, el color de las fichas (amarillas o verdes) ayudó a identificarla más fácilmente, especialmente en los muestreos nocturnos. Asumiendo que, a partir de febrero todas las marcas permanecieron en los estipes, se

podría estimar un porcentaje de sobrevivencia basándose en las algas recuperadas, siendo así, la sobrevivencia de febrero a mayo fue de 46.1%, de mayo a julio 57.8% y de julio a agosto 51.2%. A pesar de las pérdidas de marcas, se sugiere este sistema de marcaje e identificación para estudios posteriores así como para poder estimar tasas de mortalidades más certeras.

En cuanto a la aparición de los reclutas de Laminariales (*E. arborea*, *Laminaria* sp. y *M. pyrifera*), la mayor cantidad (43) fue recolectada durante febrero, con tallas mínimas promedio de 1.06 cm. En mayo 2004 la cantidad de reclutas encontrados en los cuadrantes disminuyó, en julio fue casi nula, pero la sobrevivencia de reclutas de meses anteriores se reflejó en la alta densidad de este mes en particular. La presencia de reclutas se incrementó en el muestreo de finales de agosto, en donde el promedio de talla fue mayor en 0.23 cm con respecto a febrero. No se conoce si el tiempo transcurrido entre el reclutamiento y la recolecta fueron los mismos para febrero y agosto, por lo que las tasas de crecimiento no pueden compararse. Es posible que exista un crecimiento diferenciado, que el reclutamiento registrado a finales de agosto sea el reflejo de estados microscópicos previos, que bajo condiciones ambientales adecuadas se desarrollaron. Hayashida y colaboradores (1999) determinaron en laboratorio que para esporofitos jóvenes de *E. arborea* en Japón el mejor crecimiento se da a 10°C y que se vuelve más lento a medida que aumenta la temperatura. También determinaron, para la misma especie, que las temperaturas óptimas de crecimiento para gametofitos masculinos fueron de 20°C y para los femeninos fue de 25°C. Para ambos tipos de gametofitos el menor crecimiento se da a 10°C. Por otro lado, para los reclutas juveniles, la interacción intraespecífica puede tener un efecto negativo sobre ellos, en donde el arrastre de las frondas de esporofitos de mayor tamaño puede desprender los reclutas más pequeños. Esto no ha sido evaluado en *E. arborea* pero tal efecto sí ha sido reportado para *Laminaria* (Velimirov & Griffiths 1979) y *Lessonia* (Santelices & Ojeda 1984). Sin embargo,

independiente del valor real de número de reclutas, se sostiene que existe un período de máximo reclutamiento en invierno. En México, el estudio de las fases microscópicas de *E. arborea* y su relación con el ambiente no se ha realizado, se hace necesario investigaciones posteriores que consideren el efecto de las condiciones ambientales (temperatura, nutrientes, radiación, fotoperiodo entre otros) así como su relación o interacción con los demás géneros y especies de algas.

Aunque los datos no recogen un ciclo anual completo, se sugiere que existe una tendencia reproductiva de *E. arborea*, en esta población en particular, es a partir de otoño cuando se inicia la temporada reproductiva.

A pesar de no haber datos cuantitativos de porcentajes de soros por individuo para diciembre (2003) sí se observaron algas con frondas reproductivas en ese mes (obs. pers.), lo que indicaba que las condiciones ya eran adecuadas para la reproducción. Con base en esto, se puede sugerir que las condiciones más favorables para la formación de estructuras reproductivas están dadas por lo menos desde diciembre hasta febrero, estos resultados difieren con poblaciones submareales de *E. arborea*, en California (McPeak 1981), en donde a partir de julio comienza la actividad de mayor actividad reproductiva. Contrariamente, en Punta Eugenia, el porcentaje de algas que presentaban al menos una fronda con soro fue del 4% y 11.5% en julio del 2003 y del 2004 respectivamente (obs. pers.), y fue durante los muestreos de diciembre y febrero del 2004 cuando se observó la mayor presencia de algas, al menos, con una fronda reproductiva, en febrero este valor fue de 37.6 % (obs. pers). Porcentualmente, el valor promedio del total de frondas reproductivas por alga fue cercano al 30% en febrero, a diferencia de mayo y julio (2004) en donde no superó el 5% (ver Tabla I-5 y Fig. I-13). En cuanto a los resultados de McPeak (1981), es importante considerar que las diferencias de distribuciones, tanto verticales como latitudinales, implican características propias, adaptativas, a los individuos. Incluso en Punta Lomas (sur de California) Dayton y colaboradores (1999) determinaron que esta

especie en invierno es cuando presenta el máximo de reproducción y, además, la formación de estructuras reproductivas es mucho mayor en aguas someras que en profundidad, señalan incluso que es un tipo de kelpo lento en alcanzar la madurez sexual. Se desconoce si la población de *E. arborea* en Punta Eugenia está ubicada en o cerca de su límite de distribución sur, ya que no ha sido descrita intermarealmente en el resto de Baja California Sur, por lo que no existe información de otras praderas intermareales con las cuales se puedan comparar estos resultados. La única información previa con la que se cuenta fue aportada por Pons Zermeño (1991), quien señaló que durante febrero de 1990 en Caminitos (Punta Banda, B.C) encontró un 10% (n=3) en reproducción, sin embargo, no especifica si el cálculo fue realizado a partir de todas las frondas o sólo fue un promedio. La información del nivel de la colecta de los ejemplares tampoco está especificada. Este valor podría no ser representativo de la condición general, ya que se observa una amplia variabilidad con respecto al % IFS, el número de muestras es en este caso un factor importante a considerar.

Es común en Laminariales que exista temporalidad reproductiva (Clayton 1990). En ambientes costeros donde los factores ambientales, como luz, temperatura y nutrientes pueden ser altamente variables en el tiempo y en el espacio, la reproducción de las algas puede presentarse en diferentes épocas, variando en forma local como estacional (Deysher & Dean 1986). Por lo general las esporas producidas en un tiempo dado del año son las que más aportan al reclutamiento de nuevos individuos de ese año (Santelices 1990). Para algunas Laminariales como *M. pyrifera*, *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata*, se presenta tejido reproductivo con zoosporas viables durante todo el año, pero esta continua disponibilidad de esporas no conduce necesariamente a un reclutamiento continuo exitoso. Es posible que *E. arborea* también sea capaz de generar esporas durante todo el año, en mayor o menor proporción, sin embargo no se conoce la viabilidad de éstas. Además de los factores extrínsecos que afectan en la reproducción, la

condición interna del alga es un factor intrínseco preponderante para este desarrollo. Se sabe que la cantidad de esporas varía proporcionalmente con el contenido de nitrógeno en los tejidos (Gerard 1997), lo cual está inversamente correlacionado con la temperatura del agua de mar (Zimmerman & Kremer 1984, 1986), en un estudio realizado en el submareal por Hernández-Carmona y colaboradores (2001) demostraron que *E. arborea* mantiene altas concentraciones de nitrógeno en sus tejidos, más que *M. pyrifera*, por lo que se esperaría que fueran las condiciones ambientales las que regulan con mayor fuerza la reproducción de *E. arborea*. Queda por determinar cuáles y cómo afectan otros factores, como fotoperíodo, radiación total, calidad de luz, concentraciones de nutrientes, temperatura, factores bióticos, etc. y su influencia en la producción de soros, porcentajes de germinación y desarrollo de etapas microscópicas (gametofíticas y esporofíticas).

CAPÍTULO II

Variabilidad morfológica de *E. arborea* en Punta Eugenia

INTRODUCCIÓN

Son muchas las especies de Laminariales que presentan diferente morfología en respuesta al flujo de agua local o exposición al oleaje (*Laminaria longicuris*, Gerard & Mann 1979; *L. saccharina*, Kraemer & Chapman 1991a, *L. japónica*, Kawamata 2001; *Macrocystis integrifolia*, Druehl & Kemp 1982; *Nereocystis luetkeana*, Koehl & Alberte 1988, *Pelagophycus porra*, Miller *et al.* 2000; *Egregia menziesii*, Kraemer & Chapman 1991a, Blanchette *et al.* 2002). Sin embargo, en los estudios realizados sobre ellas, no se determina la contribución simultánea de factores genéticos y ambientales en su variabilidad, información que facilitaría la comprensión del desarrollo evolutivo de esta característica observada en kelpes. En áreas submareales del sur de California, existe para *E. arborea* dos morfotipos que están correlacionados con el flujo local, las algas responden a un gradiente de movimiento de agua más que a otros factores como luz, temperatura y nutrientes; generando frondas más anchas, abultadas y con grampones con menor número de hapterios en sitios con menor flujo (Roberson & Coyer 2004), pero no se sabe como es la situación para esta especie en el intermareal; los mismos autores señalan que esta variación morfológica está acompañada por una variación genética, indicando una selección del fenotipo a una pequeña escala espacial. También se ha reportado diferenciación genética y morfológica en *Pelagophycus porra* (Miller *et al.* 2000) lo que indica la importancia del movimiento de agua en la ecología y evolución de los kelpes.

Los resultados de correlación obtenidos en el capítulo uno de esta tesis indican que esta especie en el intermareal presenta una amplia variabilidad en la forma de los estipes, la tendencia es a mayor perímetro, mayor longitud máxima o bien una mayor longitud de estipe. Sin embargo es posible encontrar morfotipos de estipes cortos y gruesos, o bien, delgados y largos. Existen ejemplares “enanos” que son generalmente algas adultas,

aunque no se determinó la edad de las algas, a simple vista se nota que son algas maduras con presencia estacional de soros.

El conocimiento acerca de las respuestas morfológicas y biomecánicas de las macroalgas a su hábitat hidrodinámico es amplio, pero poco se conoce acerca de la fisiología y las bases celulares de estas respuestas (Hurd 2000). Los estudios que buscan comprender las respuestas fisiológicas y anatómicas de las macroalgas al estrés mecánico producido por el oleaje, han sido focalizados principalmente sobre las feofitas más grandes, y de ellos, pocos estudios ligan las propiedades morfológicas y biomecánicas a su fisiología, como el de Kraemer y Chapman (1991a) en donde obtuvieron juveniles de *Laminaria saccharina* y *Egregia menziesii* con morfologías de ambientes expuestos y no expuestos al oleaje sometiéndolas a estrés mecánico en experimentos de laboratorio, concluyendo que la fuerza de arrastre generada sobre una macroalga, por acción del rompimiento de las olas, es probablemente el factor determinante en el desarrollo del talo. Los mismos autores (1991b) señalaron para *E. menziesii* que el estrés mecánico aumenta la incorporación de carbono en más de un 50% y que la asignación de carbono para formar parte de la pared celular, también aumenta (1.7 veces) comparado con individuos no sometidos a estrés. Además, el estrés mecánico influencia las propiedades biomecánicas de *E. menziesii*, y estas diferencias biomecánicas están relacionadas a la composición de ácido algínico y celulosa (Kraemer & Chapman 1991a,b; Hackney *et al.* 1994). El efecto de la influencia del movimiento del agua en el desarrollo celular de las macroalgas es difícil de estudiar debido a la dificultad de separar los efectos del movimiento de otros factores ambientales (estacionalidad, temperatura, densidad, etc.) que controlan el desarrollo y por lo tanto la morfología (Hurd 2000).

Por otro lado, en un corte transversal del tejido de Laminariales, es característica la presencia de tres tipos de tejido, desde afuera hacia adentro se diferencian en

meristodermo, corteza (externa e interna) y médula. Schmitz & Srivastava (1975) señalan que una característica común de todas las Laminariales es que la médula presenta células especializadas para el transporte, a larga distancia, de compuestos asimilados (principalmente manitol y aminoácidos), tal proceso se denomina traslocación. Las velocidades de traslocación pueden variar entre 0.1 m h⁻¹ (*Laminaria* sp.) a 0.7 m h⁻¹ (*M. pyrifera*).

El origen y diferenciación de estas células –o elementos cribosos- ha sido descrito en *Alaria marginata* (Alariaceae). Las células cribosas son derivadas de células de la corteza interna, estas células inicialmente son tan largas como anchas, sufren múltiples divisiones transversales produciendo filas verticales de células, también tan largas como anchas. Posteriormente estas filas verticales de células se separan una de otra a lo largo de sus paredes longitudinales. Las células individuales finalmente cesan de dividirse y comienzan a diferenciarse como células cribosas. La separación de las células a lo largo de sus paredes longitudinales continúa en la médula y como resultado terminan embebidas en una matriz amorfa e hidratada. La diferenciación de estos elementos incluye cambios en su forma y tamaño. Las células se vuelven más alargadas alcanzando más de 20 veces su longitud original, mientras que su diámetro permanece igual. Durante esta elongación las células adquieren su clásica forma de trompeta que es más pronunciada en las más viejas (Schmitz & Srivastava 1975). Uno de los primeros estudios comparativos sobre la histología de algunas especies de Laminariales (*Laminaria saccharina*, *Cymathere triplicata*, *Costaria costata*, *Nereocystis luetkeana*, *Pterygophora californica* y *Alaria tenuifolia*) fue realizado por Smith (1939) en donde señaló que existe diferencia entre las médulas de las especies estudiadas. La médula de *N. luetkeana*, a diferencia de las demás, es hueca en el centro, a lo largo de la mayor parte del estipe. A pesar de esta característica los elementos cribosos han sido descritos para la porción hueca del neumatocisto y la traslocación se realiza como en las demás Laminariales (Schmitz & Srivastava 1976).

Particularmente, durante el presente estudio, se presentaron algunos estipes huecos en *E. arborea*. Se observó la carencia de la zona medular en algunas de las algas colectadas durante los distintos meses de muestreo. La literatura no señala esta característica anatómica en esta especie por lo que se desconoce si esta situación está condicionada por el ambiente (estacionalidad) o es parte del desarrollo de *Eisenia*.

Por lo tanto, para este capítulo, basados en a la variabilidad morfológica observada en esta especie y con los antecedentes existentes se propuso determinar cuál es el efecto de exposición al oleaje sobre la morfometría de algas colectadas de sitios expuestos vs menos expuestos, así como evaluar si existe temporalidad de la condición interna del tejido medular, expresado en la presencia de hueco.

HIPÓTESIS

Los morfotipos de *Eisenia arborea* responden al efecto de exposición al oleaje.

La presencia del hueco medular en los estipes es independiente del mes de muestreo.

OBJETIVOS

General

- Evaluar el efecto de la exposición al oleaje y las causas de la variabilidad morfológica en *E. arborea*.

Específicos:

- Medir la influencia de la exposición al oleaje sobre la morfología de estipes.
- Determinar si existe variación temporal y espacial de la presencia de huecos en el tejido medular de los estipes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Influencia de la exposición al oleaje sobre la morfología de estipes

El área de estudio corresponde a la misma descrita para el capítulo anterior, El Faro, pero estos sitios de trabajo no corresponden a los descritos como 1 y 2 de dicho capítulo. Para esta segunda parte del trabajo los datos obtenidos se originaron a partir de algas cosechadas. Se midió la longitud total, longitud de estipe, perímetro (a 3 cm de la base), longitud de dicotomía del estipe y se contó el número de frondas de 189 ejemplares recolectados durante febrero, mayo, julio y agosto del 2004. Conjuntamente se registró si provenían de un sitio expuesto o protegido del oleaje. La clasificación de exposición fue arbitraria, siendo las algas de sitios "expuestos", a diferencia de las del "protegido", aquellas que habitaban zonas de paredones con la llegada directa de las olas. No se midió fuerza de oleaje. El origen de la recolección de febrero no fue tipificado, por lo que se le denominó sitio "no determinado", sin embargo debido a la mejor accesibilidad que había para extraer los ejemplares, este último representó en su gran mayoría a individuos de lugares protegidos. Se aplicó un análisis de componentes principales (ACP, Zar 1996, $\alpha=0.05$) para determinar cuales, de todas las variables, son las con mayor influencia y se determinó gráficamente distintos grupos de algas. Posteriormente se aplicó un análisis de varianza de una vía para comparar las variables entre los sitios ($\alpha=0.05$).

Variación temporal y espacial de hueco medular de estipes

Se registró la presencia o ausencia del hueco medular a las muestras de mayo, julio y agosto de 2004 ($n=132$), a partir de un corte transversal a la altura del primer tercio del estipe. Se analizaron, por separado, las muestras provenientes de sitios "protegidos" y "expuestos" y se aplicó una prueba de χ^2 (Zar 1996, $\alpha=0.05$) para evaluar si existía

dependencia de esta condición según el mes. Se usó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar normalidad y de Bartlett para homocedasticidad.

RESULTADOS

Influencia de la exposición al oleaje sobre la morfología de estipes

La figura II-1 muestra las distribuciones de frecuencias de tallas medidas. Las longitudes máximas alcanzan hasta 2.2 m, los máximos de estipe 1.0 m, el máximo de perímetro 12 cm, el máximo número de frondas fue de 140 (febrero sin datos). El ACP indicó que las variables significativas son la longitud máxima, longitud de estipe y el perímetro. Los valores propios (eigenvalores) para el primer factor explican el 44.3% de la varianza, en el segundo un 20% y en el tercero un 14.5%. En total, se obtiene que los tres aportan con el 78.8% acumulado de varianza. Ni el número de frondas ni la longitud de dicotomía del estipe presentaron un aporte significativo. Al graficar tridimensionalmente los tres primeros factores (Fig. II-2) se distinguen de modo general dos grupos que, a partir de los datos originales, nos muestran que el primer grupo está compuesto por las algas extraídas del sitio "protegido" (Grupo A), el segundo grupo por las algas extraídas del sitio "expuesto" (Grupo B). A partir de la clasificación obtenida del ACP se realizó un análisis de varianza de una vía para comparar las principales variables entre los sitios. Los resultados indican que existe diferencia significativa para los datos de longitud de estipe ($F(1,83)=4.716$, $p=0.033$) y perímetro ($F(1,83)=15.579$, $p<0.001$) (Fig. II-3) correspondiendo para ambos casos los promedios mayores para el grupo "expuesto". El promedio de la longitud de estipe fue de 42.9 cm para "expuesto" y de 34.6 cm en "protegido"; el perímetro promedio fue de 6.8 y 5.8 para "expuesto" y "protegido" respectivamente (Tabla II-1). Estos resultados coinciden con otro análisis en donde, *a priori*, se realizó la separación de los sitios (datos no mostrados), en donde tanto perímetro como estipe también fueron

significativamente diferentes con respecto al origen de la recolección ($p < 0.05$ para ambos casos).

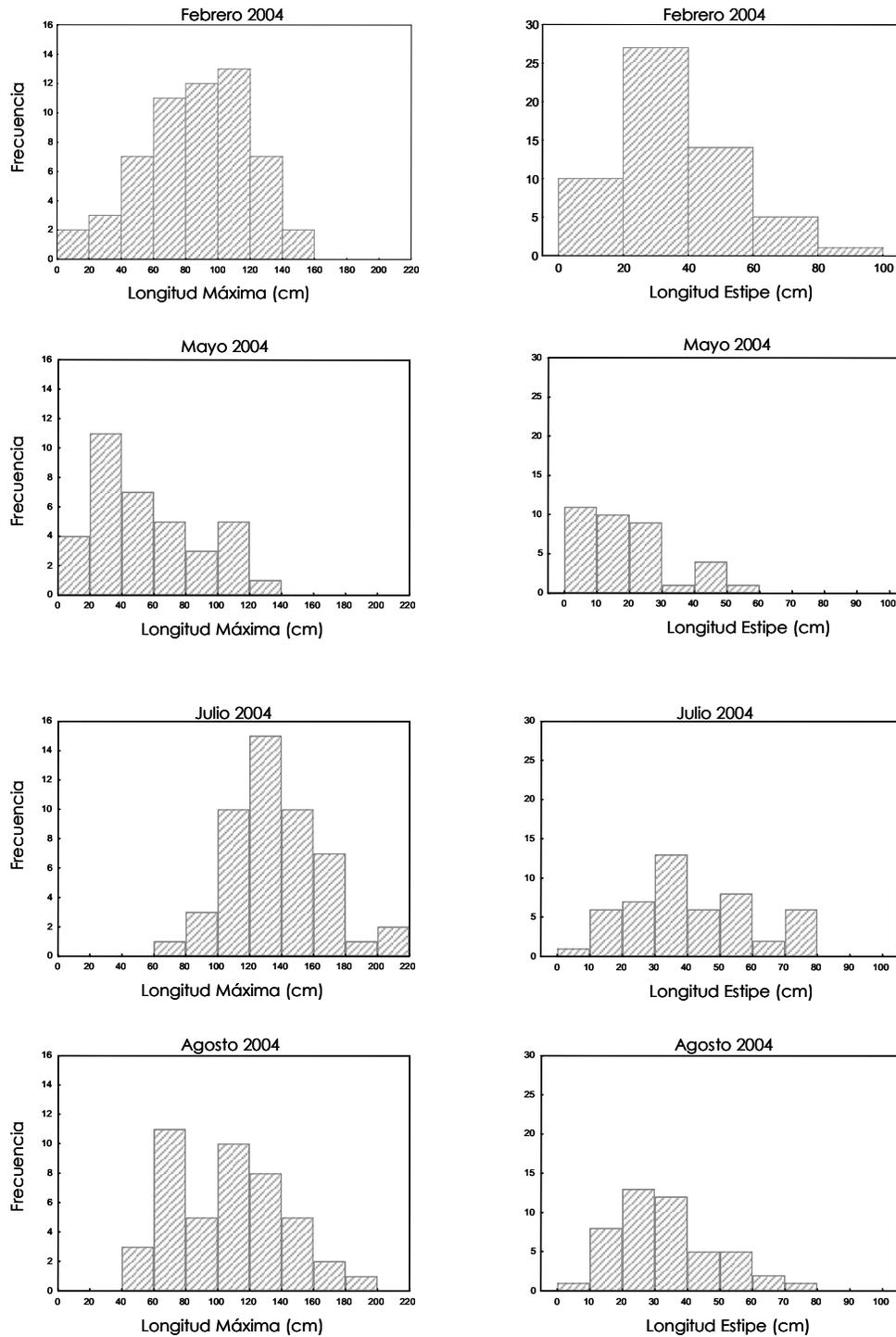


Figura II-1. Distribuciones de frecuencias de las tallas máximas y longitudes de estipes de algas cosechadas para evaluar variabilidad morfológica para febrero, mayo, julio y agosto de 2004.

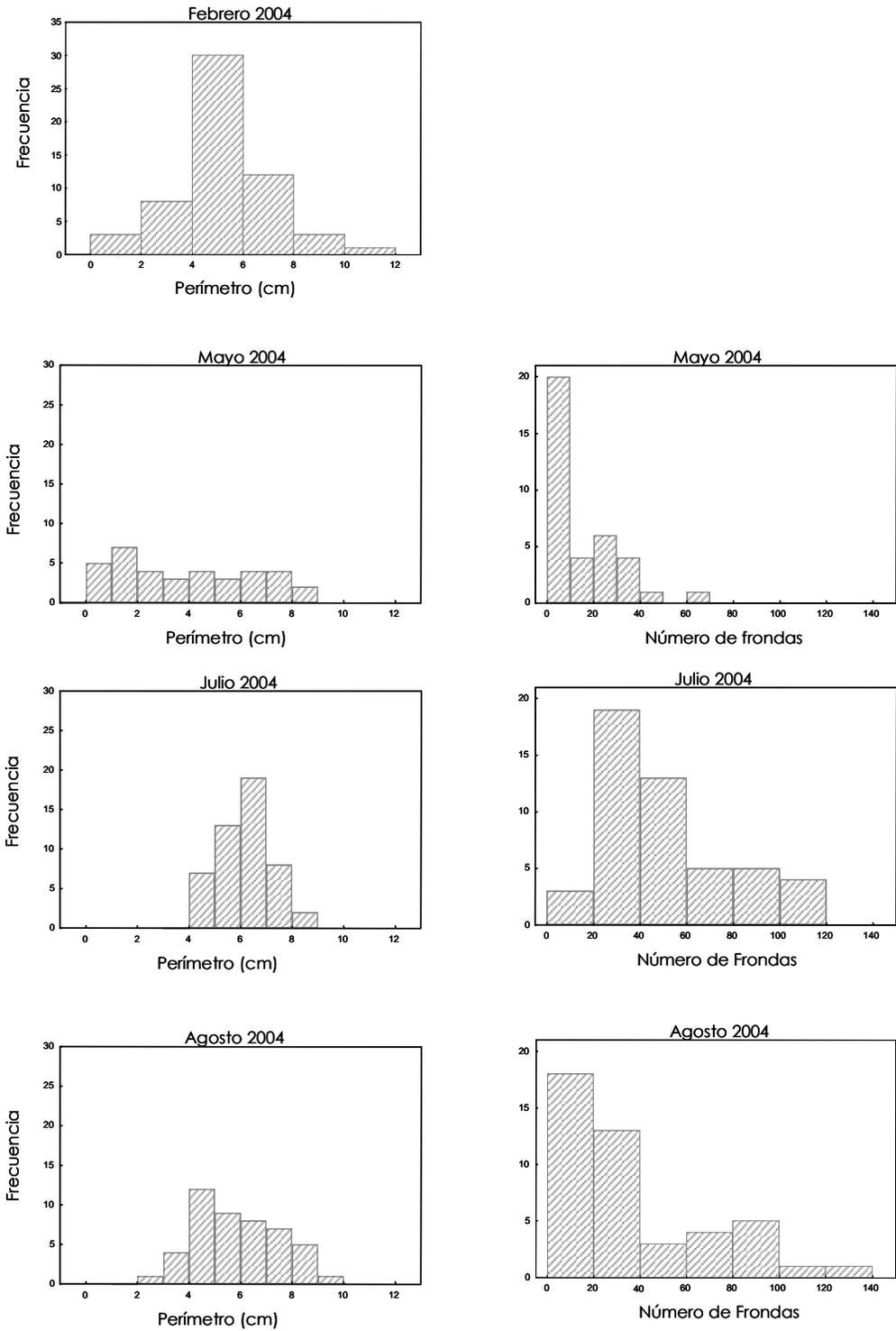


Figura II-1 Continuación. Distribuciones de frecuencias de perímetros y número de frondas de algas cosechadas para evaluar variabilidad morfológica para febrero, mayo, julio y agosto de 2004.

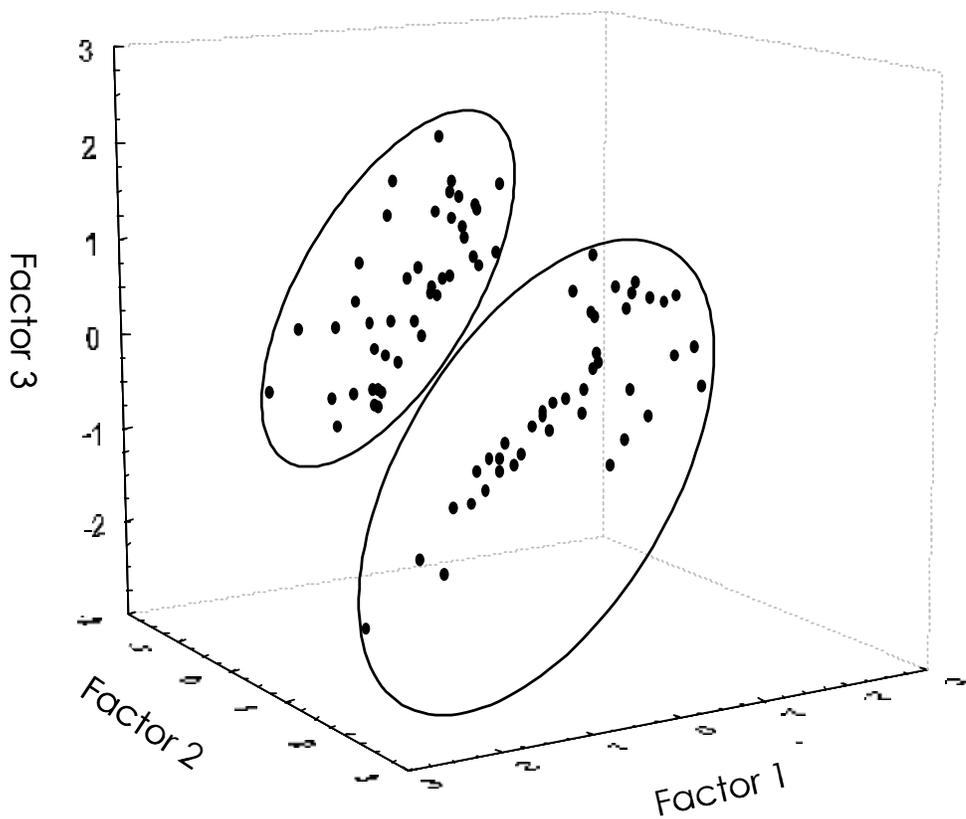


Figura II-2 . Grupos diferenciados a partir del análisis de componentes principales. Los datos originales conducen a una separación espacial, la que coincide con el origen de la recolección de las algas, de sitios con mayor o menor exposición al oleaje.

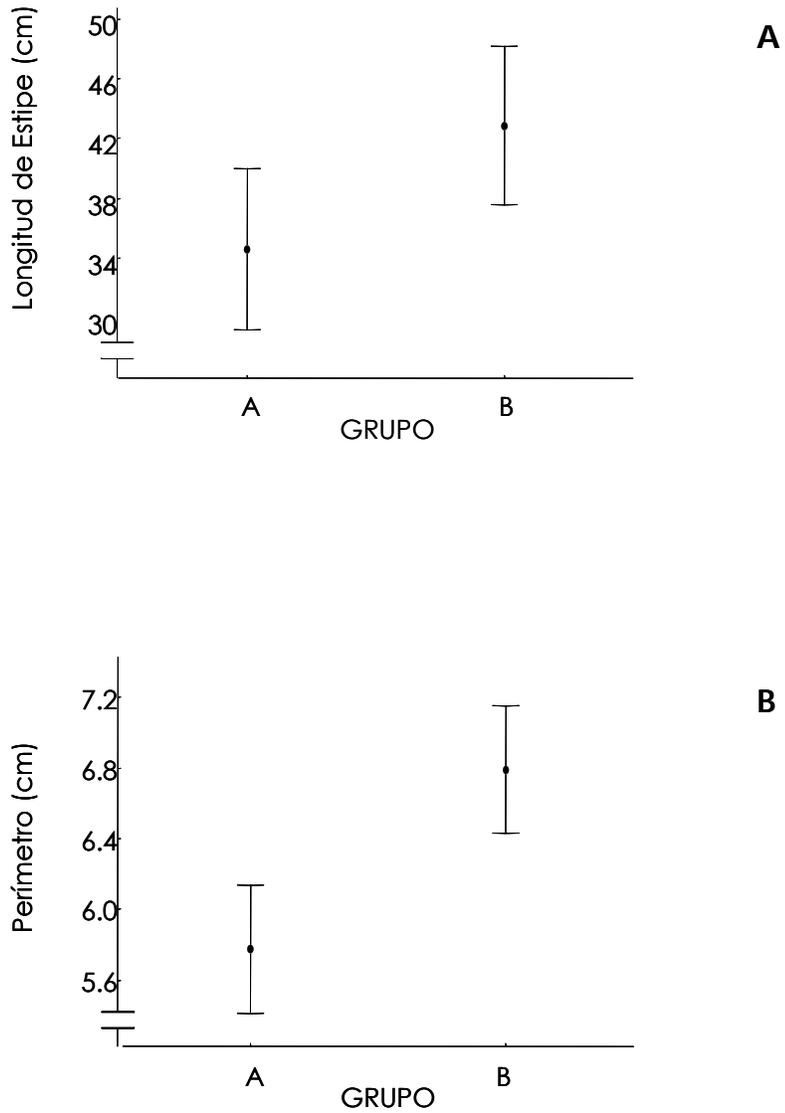


Figura II-3. Promedios de las variables morfométricas que presentaron diferencias significativas con respecto al sitio de recolección. Algas del Grupo A corresponden a las algas de los sitios "Protegido" y el Grupo B al sitio "Expuesto" según los resultados del ACP. Las barras indican el intervalo de 95% de confianza.

Tabla II-1. Promedios de las variables morfológicas según los grupos formados a partir del análisis de componentes principales (ACP).

Sitio	N	Variable	Media (\pm DE)
Grupo A (Protegido)	42	Longitud máxima	116.4 (\pm 41.5)
		Longitud Estipe	34.6 (\pm 14.9)
		Perímetro	5.8 (\pm 1.2)
		Número de frondas	46.8 (\pm 32)
		Dicotomía	5.5 (\pm 5.0)
Grupo B (Expuesto)	43	Longitud máxima	128.5 (\pm 30.6)
		Longitud Estipe	42.9 (\pm 19.7)
		Perímetro	6.8 (\pm 1.2)
		Númeron de frondas	53.0 (\pm 29)
		Dicotomía	4.9 (\pm 3.1)

Variación temporal y espacial de hueco medular de estipes

Con respecto a este punto, el análisis indica que se rechaza la hipótesis de trabajo que postulaba la independencia mensual de la presencia del hueco medular tanto para sitio "protegido" (χ^2 ($\alpha=0.05$, $v=2$)=5.991; χ^2 =21.52; $p<0.05$) como "expuesto" (χ^2 ($\alpha=0.05$, $v=2$)=5.991; χ^2 =7.73; $p<0.05$). En mayo, los estipes de algas colectadas de ambos sitios presentaban su estructura interna completa (0% hueco). En julio hubo un 50% de estipes huecos en el sitio "protegido" y un 32% en el "expuesto". En agosto los valores fueron 4% y 33% para "protegido" y "expuesto" respectivamente (Fig. II-4).

Las tablas II-2 y II-3 muestran el detalle de las frecuencias observadas y esperadas para la presencia y ausencia de huecos en los sitios "protegido" y "expuesto" respectivamente.

Tabla II-2. Tabla de contingencia de valores observados y esperados (paréntesis) para la presencia y ausencia de hueco medular en *E. arborea* cosechadas de sitios protegidos para distintos meses del 2004.

Hueco Medular Sitio Protegido	Mayo (2004)	Julio (2004)	Agosto (2004)	Total
Presencia	0 (3.6)	12 (4.8)	1 (4.6)	13
Ausencia	18 (14.4)	12 (19.2)	22 (18.4)	52
Total	18	24	23	65

Tabla II-3. Tabla de contingencia de valores observados y esperados (paréntesis) para la presencia y ausencia de hueco medular en *E.arborea* cosechadas de sitios expuestos para distintos meses del 2004.

Hueco Medular Sitio Expuesto	Mayo (2004)	Julio (2004)	Agosto (2004)	Total
Presencia	0 (4.3)	8 (6.0)	8 (5.7)	16
Ausencia	18 (13.7)	17 (19.0)	16 (18.3)	51
Total	18	25	24	67

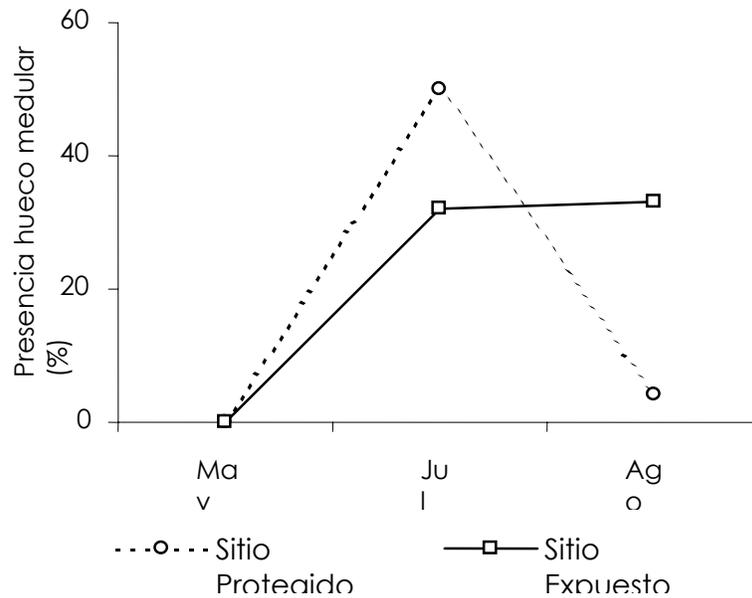


Figura II-4. Variación en el porcentaje de presencia de hueso medular en *E. arborea* en sitio protegido y expuesto. Punta Eugenia, mayo– agosto del 2004.

DISCUSIÓN

En una diferencia de exposición al oleaje se observa que individuos de *E. arborea* deben compensar las exigencias de estrés de la zona intermareal, esto se evidencia principalmente en la morfología de los estipes, incrementándose en longitud y diámetro, concordando por lo reportado por la literatura para algas marinas bentónicas que habitan cerca de la costa, las cuales muestran una marcada diferencia morfológica en respuesta al grado de exposición (Sundance 1964, Gerard & Mann 1979, Koehl 1986), por ejemplo *Laminaria setchellii*, la longitud total y el diámetro del estipe presentan un incremento cuando aumenta el grado de exposición (Klinger & De Wreede 1988). La importancia ecológica de estas adaptaciones se traduce en la capacidad de las algas de expandir la distribución, mejorando la supervivencia de la especie, el crecimiento y la reproducción. Cuando se comparan los datos morfométricos para *Eisenia*, ubicadas en

frentes "expuestos" y "protegidos", se observa que hay diferencia significativa para la longitud del estipe y también para el perímetro; para ambas variables, las algas ubicadas en la zona expuesta fueron las que presentaron los mayores valores promedio, por lo que estarían más adaptadas para una mejor sobrevivencia, resistiendo el impacto y arrastre del agua. Para el caso de esta especie en el intermareal de Punta Eugenia, la variable evaluada (estipe) es un buen indicador de esta diferencia de exposición al oleaje.

Roberson y Coyer (2004) describieron en áreas submareales dos morfotipos *E. arborea* según la forma de frondas y grampones, se refieren también a una variabilidad genética que acompaña estos morfotipos. El alcance de este capítulo en particular no contempló estudios de este tipo para las praderas intermareales de *E. arborea*, por lo que el aporte genético en la variabilidad está indeterminado, sin embargo no se descarta que sea el ambiente quien en definitiva determine cuales son los fenotipos dominantes de un ambiente en particular. Por ejemplo, los resultados indican que los sitios expuestos presentan algas con mayores diámetros y estipes más largos, sin embargo esta condición podría deberse a que estos individuos son los resultantes de una selección ambiental de un reclutamiento previo mucho mayor, en donde aquellos individuos genotípicamente de estipes con menores tallas fueran eliminados del medio por las mismas condiciones ambientales, al no estar adaptados para desarrollarse y sobrevivir en él. El hecho de que estas variaciones morfológicas estén acompañadas de variabilidad genética no quiere decir que esta selección esté produciendo especies *in status nascendi*. Las algas pardas en general se caracterizan por su variabilidad morfológica, producto de la plasticidad fenotípica que poseen, un claro ejemplo lo constituye *Sargassum horridum* especie que presenta variadas formas de sus filoides, por lo que en las primeras descripciones llevó a sobreestimar el número de especies, de cinco especies descritas, actualmente se propone sólo una, *S. horridum* (Paul-Chávez 2005).

Por otro lado, la morfometría y variabilidad de frondas es una variable que también se puede explorar acompañado con la caracterización de nutrientes, para evaluar el efecto del oleaje sobre frondas y que efecto podría tener las diferencias de concentración de nutrientes. Además, se vuelve necesario medir el grado de exposición al oleaje (velocidad y fuerza) así como experimentos de trasplante y estudios genéticos para determinar heredabilidad de los caracteres.

No está claro aún cual es el factor o los factores que generan los huecos medulares, ni el proceso de desarrollo, sin embargo posibles explicaciones podrían ser atribuidas al efecto de condiciones ambientales, en relación a la variación en la concentración de nutrientes o temperatura, el movimiento del agua, o a factores intrínsecos del alga, como respuesta a periodos de crecimiento o su variación en la producción de compuestos como el ácido algínico.

Si la disponibilidad de nutrientes está correlacionada directamente con esta característica morfológica, en la que una escasez de nutrientes genere los huecos, entonces se podría explicar estas variaciones temporales en función del comportamiento del sistema oceanográfico local. Al sur de los 30°N en la Corriente de California se desarrolla un patrón de producción de turbulencias de acuerdo con los vientos superficiales del norte que favorecen las surgencias, aumentando los nutrientes y disminuyendo temperaturas del agua de mar, esto sucede de mayo a junio, coincidiendo con la condición de estipes no huecos. Otra producción de turbulencias sucede en otoño, con una estratificación térmica relativamente fuerte de agosto a noviembre (Cervantes-Duarte *et al.* 1993). Si bien, mayo coincide con periodos de surgencias fuertes, y no se observan huecos, se esperaba que en agosto la situación fuera similar, en esa fecha se observaron estipes completos sólo en la mitad de la población muestreada; por el contrario, en julio se

registró el mayor número de estipes huecos, coincidiendo con la época en la que no se describen surgencias significativas en la zona.

El efecto que podría tener el movimiento del agua en el desarrollo celular no es fácil determinarlo aisladamente en campo debido a la dificultad de separar estos efectos de los demás factores ambientales (Hurd 2000). Podría ser que el permanente abatimiento a causa del oleaje condicionara a los individuos a una forma más elástica, la que se lograría adquiriendo esta forma tubular, por lo que esta característica del estipe sería respuesta al estrés mecánico. La morfología de los estipes también incluye algunos más aplanados a partir de la mitad o del tercer tercio superior de éste, y aunque el hueco no es evidente en esta zona aplanada, en un corte transversal sí se observa la zona medular menos densa, como si estuviera en un proceso de degradación o regeneración. Además, esta condición fue notoria a partir de algas con 5.2 cm de perímetro basal del estipe (diámetro \approx 1.65 cm), reflejando, por lo general, algas con estipes largos y tallas máximas también grandes. Lo que podría sugerir que forma parte del desarrollo de *E. arborea*, considerando que las algas presentan un crecimiento lento, y haciendo una estimación en función de lo observado en campo, es posible que los huecos sean evidentes a partir de algas con más de dos años de vida, sin embargo, esto debe ser evaluado experimentalmente puesto que en este trabajo no se determinó edad.

Así como se ha señalado para *E. menziesii* que el estrés mecánico influencia sus propiedades biomecánicas y estas diferencias biomecánicas están relacionadas a la composición de ácido algínico y celulosa (Kraemer & Chapman 1991a,b; Hackney *et al.* 1994), surge la pregunta si para *E. arborea* la producción de estos compuestos y la variación interna de los estipes responden a un patrón estacional y por lo tanto varían conjuntamente. Es primera vez que se reporta para *E. arborea* la presencia de estos huecos y por ser una especie con un potencial desarrollo económico, se requieren más

estudios para entender si esta condición deriva la variación y/o calidad de sus polisacáridos u otros posibles compuestos bioactivos.

CONCLUSIONES GENERALES

La estructura de la población estudiada indica la presencia de individuos de todas las tallas. Los máximos alcanzan hasta 2.2 m de longitud total, 0.9 m en longitud de estipe y 11 cm en perímetro.

Presenta una estrategia de vida perenne y crecimiento lento, registrándose el máximo incremento tanto en el perímetro como en la longitud de estipe en el intervalo muestreado de diciembre a febrero, especialmente en algas de tamaño pequeño.

A medida que se incrementa la longitud total y de estipe también lo hace su diámetro.

Existe diferencia significativa en la densidad, el mayor valor promedio de individuos por metro cuadrado se registró en julio de 2004.

La máxima presencia de frondas reproductivas ocurre entre otoño e invierno.

El período de mayor reclutamiento se registró en febrero.

Se observaron distintos morfotipos asociados al ambiente, en sitios con mayor exposición al oleaje se presentan algas con mayor perímetro, con estipes más gruesos y largos.

La mayor presencia del hueco en el tejido medular es temporal, se presentó tanto en zonas expuestas como protegidas y llegan a representar hasta el 50% de la población.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

A partir de los resultados de este estudio se obtuvieron los parámetros poblacionales básicos de una población de *E. arborea* en la península de Baja California. Sin embargo, por constituir el primer trabajo realizado en forma directa sobre esta especie en el intermareal, se enfrentó el problema de ausencia de información previa con la cual contrastar.

No se puede descartar que la frecuencia de individuos de tamaño pequeño pudiera haber estado sobrestimada en los histogramas de frecuencia; pero no hay estudios previos que señalen tallas de diferenciación, para este caso en particular no se realizó un seguimiento para determinar tallas de diferenciación por lo que se sugiere para estudios posteriores de esta especie determinar dichas tallas.

Se requiere más experimentos en campo para poder concluir con respecto a tasas de crecimiento por tallas y zonación. Sería interesante determinar como influye la luz, la densidad, los nutrientes y determinar como está relacionado con la temporada de máxima reproducción. Esto último, puesto que la información generada permitiría establecer un manejo sustentable del recurso.

Se sugiere el sistema de marcaje de goma y ficha para estudios posteriores, es rápido, económico y aún puede ser mejorado, sobretodo para estimar tasas de mortalidad.

El estudio de las fases microscópicas de *E. arborea* se encuentra pendiente y se hace necesario investigaciones posteriores que consideren el efecto de las condiciones ambientales (temperatura, nutrientes, radiación, fotoperíodo entre otros) así como su relación con los demás géneros y especies de algas (por ejemplo, competencia).

Queda por determinar cuáles y cómo afectan otros factores, como por ejemplo, el fotoperíodo, radiación total, calidad de luz, concentraciones de nutrientes, temperatura,

factores bióticos y su influencia en la producción de soros y porcentajes de germinación y desarrollo de etapas microscópicas (gametofíticas y esporofíticas).

La morfometría de frondas es una variable que se podría explorar junto con la caracterización y tasas de incorporación de nutrientes además de mediciones del grado de exposición al oleaje así como experimentos de transplante y estudios genéticos para poder comparar con otros estudios de la especie y del orden.

No está claro cual es el factor que genera los huecos medulares ni el proceso de desarrollo. Es primera vez que se reporta para *E. arborea* la presencia de estos huecos y por ser una especie con un potencial desarrollo económico, se requieren más estudios para entender si esta condición deriva en la variación y/o calidad de sus polisacáridos.

A la fecha, esta especie está empezando a ser explotada en la península de Baja California. La integración del conocimiento básico generado aquí y lo que se realice en un futuro próximo, permitirá manejar este recurso de una manera sustentable, tanto en lo referente a la elección de periodos y métodos de cosecha como futuros proyectos de cultivo o repoblamiento de áreas donde naturalmente habita *Eisenia*.

LITERATURA CITADA

- Abbott IA. & GJ. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford, California. 827 pp.
- Anderson EK. & WJ. North. 1965. In situ studies of spore production and dispersal in the giant kelp *Macrocystis*. In: Proc. Int. Seaweed Symp. Vol 5 Eds. Young & McLachlan, pp 73-86. Pergamon Press, Oxford.
- Anderson RJ., P. Carrick, GJ. Levitt & A. Share. 1997 Holdfasts of adult kelp *Ecklonia maxima* provide refuges from grazing for recruitment of juvenile kelps. Mar. Ecol. Prog. Ser. 159:265-273.
- Aviles JGG. & SA. Shepherd. 1996. Growth and survival of the blue abalone *Haliotis fulgens* in barrels at Cedros Island, Baja California, with a review of abalone barrel culture. Aquaculture 140(1-2):169-176.
- Beltrán MH. 2003. Variación espacio temporal de la ficoflora en la zona de Bahía Tortugas a Malarrimo, B.C.S. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 68 pp.
- Blanchette CA. 1996. Seasonal patterns of disturbance influence recruitment of the sea palm *Postelsia palmaeformis*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 197:1-14.
- Blanchette CA., BG. Miner & SD Gaines. Geographic variability in form, size and survival on *Egregia Menziesii* around Point Conception, California. Mar. ecol. Prog. Ser. 239:69-82
- Bold HC. & MJ. Wynne. 1985. Introduction to the Algae. Structure and Reproduction. 2nd edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 662 pp.
- Boulding EG. & KL. Van Alstyne. 1993. Mechanisms of differential survival and growth of two species of *Littorina* on wave-exposed and on protected shores. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 169:139-166.
- Camus PA. & FP. Ojeda. 1992. Scale-dependent variability of density estimates and morphometric relationships in subtidal stands of the kelp *Lessonia trabeculata* in northern and central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 90: 193-200.
- Casas Valdez MM. 1982. Avances para la industrialización de los alginatos en México. CICIMAR Serie Técnica.
- Cervantes Duarte R. & S. Hernández Trujillo. 1989. Características hidrográficas de la parte sur de la Corriente de California y su relación con algunas especies de copépodos en 1983. Inv. Mar. CICIMAR. 4(2): 211-224.

- Cervantes Duarte R., S. Aguíñiga García & S. Hernández Trujillo. 1993. Condiciones de surgencia asociadas a la distribución de zooplancton en San Hipólito, B.C.S. *Ciencias Marinas* 19(1):117-135.
- Chapman ARO. 1984. Reproduction, recruitment and mortality in two species of *Laminaria* in southwest Nova Scotia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 78:99-109.
- Chapman ARO. 1986. Age versus stage: an analysis of age and size-specific mortality and reproduction in a population of *Laminaria longicuris* Pyl. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 97:113-122.
- Cheshire & Hallam. 1988. Morphology of the southern Bull-Kelp (*Durvillaea potatorum*, Durvilleales, Phaeophyta) from King Island (Bass Strait Australia) . *Bot. Mar.* 31:139-148.
- Clark RP., MS. Edwards & MS. Foster. 2004. Effects of shade from multiple kelp canopies on an understory algal assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 267:107-119.
- Clayton MN. 1990. The adaptative significance of life history characters in selected orders of marine brown macroalgae. *Australian J. Ecol.* 15:439-452.
- Coleman FC. & SL. William. 2002. Overexploiting marine ecosystem engineers: potential consequences for biodiversity. *TREE* 17:40-44.
- Creed JC., JM. Kain & TA. Norton. 1998. An experimental evaluation of density and plant size in two large brown seaweeds. *J. Phycol.* 34: 39-52
- Dawson EY. 1960. A review of the ecology, distribution and affinities of the benthic flora of Baja California and vicinity. *Syst. Zool.* 9(3-4):93-100.
- Dayton PK. 1973. Dispersion, dispersal and persistence of the annual intertidal alga, *Postelsia palmaeformis* Ruprecht. *Ecology* 54(2):433-438.
- Dayton PK. 1985. Ecology of kelp communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16:215-245.
- Dayton PK., MJ. Tegner, PE. Parnell & PB. Edwards. 1992. Temporal and spatial patterns of disturbance and recovery in a kelp forest community. *Ecological Monographs* 62:421-445.
- Dayton PK., MJ. Tegner, PB. Edwards & KL. Riser. 1999. Temporal and spatial scales of kelp demography: The role of oceanographic climate. *Ecological Monographs* 69(2):219-250.
- De la Cruz Agüero G. % R. Rodríguez Sánchez. 2000. Costas de México: Auxiliar para georeferir localidades costeras en la República mexicana. Programa Versión 1.5 y Manual del usuario. CICIMAR-IPN. La Paz. B.C.S. México.
- De Wreede RE. 1984. Growth and age class distribution of *Pterygophora californica* (Phaeophyta). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 19:93-100.

- De Wreede R. 1986. Demographic characteristics of *Pterygophora californica* (Laminariales, Phaeophyta). *Phycologia* 25: 11-17
- Denley EJ. & PK. Dayton. 1985. Competition among macroalgae. En: *Ecological Field Methods: Macroalgae*. Edited by Mark M Littler & Diane S. Littler. Cambridge University Press.
- Deysher L. & TA. Dean. 1986. *In situ* recruitment of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*: effects of physical factors. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 103:41-63.
- Druehl LD. 1970. The pattern of Laminariales distribution in the northeast Pacific. *Phycologia* (3/4) 9: 237-247.
- Druehl LD. & Kemp L. 1982. Morphological and growth responses of geographically isolated *Macrocystis intergrifolia* populations when grown in a common environment. *Can. J. Bot.* 60:1409-1413.
- Druehl LD. & GW. Saunders. 1992. Molecular explorations in kelp evolution. *Progress in Phycological Research*. Vol 8: 47-83. Cap 2. FE. Round and DJ. Chapman, eds. Biopress Ltda.
- Duggins DO., JE. Eckmann, CE. Siddon & T. Klinger. 2003. Populations, morphometric and biomechanical studies of three understory kelps along a hydrodynamic gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 265:57-76.
- Dunton KH. 1990. Growth and production in *Laminaria solidungula*; relation to continuous underwater light levels in the Alaskan high Arctic. *Mar. Biol.* 106:297-304.
- Espinosa Carreón LT., PT. Strub, E. Beier, F. Ocampo Torres & G. Gaxiola Castro. 2004. Seasonal and interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California. *J. Geophys. Res.* 37(109)
- Edwards MS. & G. Hernández Carmona. 2005. Delayed recovery of giant kelp near its southern range limit in the North Pacific following El Niño. *Mar. Biol.* 147: 273-279.
- Fairhead VA. & AC. Cheshire. 2004. Seasonal and depth related variation in the photosynthesis-irradiance response of *Ecklonia radiata* (Phaeophyta, Laminariales) at West Island, South Australia. *Mar. Biol.* 145: 415-426.
- Friedland MT. & MW. Denny. 1995. Surviving hydrodynamic forces in a wave-swept environment: Consequences of morphology in the feather boa kelp *Egregia menziesii* (Turner). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 190(1):109-133.
- Frye TC. 1918. The age of *Pterygophora californica*. *Puget Sound Biological Station Publicaton* Vol 2(35):65-71
- Gaylord B., MW. Denny & MAR. Koehl. 2003. Modulation of wave forces on kelp canopies by alongshore currents. *Limnol. Oceanogr.* 48(2):860-871.

- Gerard VA. 1997. The role of nitrogen nutrition in high-temperature tolerance of kelp, *Laminaria saccharina*. J. Phycol. 33:800-810.
- Gerard VA. & KH. Mann. 1979. Growth and production of *Laminaria longicuris* (Phaeophyta) populations exposed to different intensities of water movement. J. Phycol 15:33-41.
- Graham MH. 1996. Effect of high irradiance on recruitment of the giant kelp *Macrocystis* (Phaeophyta) in shallow water. J. Phycol. 32: 903-906.
- Gunnill FC.1980. Demography of the intertidal brown alga *Pelvetia fastigiata* in southern California, U.S.A. Mar. Biol. 59:169-179.
- Guzmán del Prío SA. 1969. Los recursos vegetales marinos de Baja California, México. Proc. Int. Seaweed Symp. 6:685-690.
- Guzmán del Prío SA., MM. Casas Valdez, A. Díaz Carrillo, ML. Díaz López, J. Pineda Barrera & ME. Sánchez Rodríguez. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de algas marinas en México. Investigaciones Marinas CICIMAR. Volumen 3. 63 pp. Número especial.
- Guzmán del Prío SA., L. Carreón Palau, J. Belmar Pérez, J. Castillo Laguna & R. Herrera Fragoso. 2003. Effects of the "El Niño" event on the recruitment of benthic invertebrates in Bahía Tortugas, Baja California Sur. Geofísica Internacional 42(3): 429-438.
- Hackney JM., GP. Kraemer, RH. Atalla, DL. VanderHart & DJ. Chapman. 1994. Influence of hydrodynamic environment on composition and macromolecular organization of structural polysaccharides in *Egregia menziesii* cell walls. Planta 192:461-472.
- Hatcher BG., H. Kirkman & WF. Wood. 1987. Growth of the kelp *Ecklonia radiata* near the northern limit of its range in Western Australia. Mar. Biol. 95:63-73.
- Hayashida F., K. Hiramitsu & M. Munetaka. 1999. Effects of water temperature on the growth of gametophytes and young sporophytes of *Eisenia arborea* Areschoug (Laminariales, Phaeophyta), forming marine forest. J. Sch. Mar. Sci. Technol. 47:152-132.
- Hernández Carmona G., O. García, D. Robledo & M. Foster. 2000. Restoration techniques for *Macrocystis pyrifera* (Phaeophytceae) population at the southern limit of their distribution in Mexico. Bot. Mar. 43: 273-284.
- Hernández Carmona G., D. Robledo & E. Serviere Zaragoza. 2001. Effect of nutrient availability on *Macrocystis pyrifera* recruitment and survival near its southern limit off Baja California. Bot. Mar. 44: 221-229.

- Hernández Guerrero CJ., RN. Águila-Ramírez, M. Casas Valdez, MB. Cruz Ayala & RA. Núñez López. 2001. Distribución de la ficoflora en la zona central de la península de Baja California, México. *Anales de la Escuela Nacional de Cs. Biológicas*. 47(1):85-88.
- Hurd CL. 2000. Water motion, Marine macroalgal physiology and reproduction. *J. Phycol.* 36: 453-472.
- Huyer A. 1983. Coastal upwelling in California Current System. *Prog. Oceanog.* 12:259-284.
- Hymanson ZP., DC. Reed, MS. Foster & JW. Carter. 1990. The validity of using morphological characteristics as predictors of age in the kelp *Pterygophora californica* (Laminariales, Phaeophyta). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59:295-304.
- Kain JM. 1971. Synopsis of biological data on *Laminaria hyperborea*. F.A.O. Fish. Sym. N° 87.
- Kawamata S. 2001. Adaptive mechanical tolerance and dislodgment velocity of the kelp *Laminaria japonica* in wave-induced water motion. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 211:89-104.
- Klinger T. 1984. Allocation to meiospore production in annual and perennial representatives of the genus *Laminaria*. MSc thesis, University of British Columbia, Vancouver.
- Klinger T. & R. De Wreede. 1988. Stipe rings, age and size populations of *Laminaria setchellii* (Laminariales, Phaeophyta) in British Columbia, Canada. *Phycologia* 27:234-240.
- Koehl MAR. 1986. Seaweeds in moving water: Form and mechanical function. En T.J. Givnish Ed. *On the economy of plant form and function*. Cambridge University Press.
- Koehl MAR. & SA. Wainwright. 1977. Mechanical adaptations of giant kelp. *Limnol. Oceanogr.* 22(6):1067-1071.
- Koehl MAR. & RS. Alberte. 1988. Flow, flapping and photosynthesis of *Nereocystis luetkeana*: functional comparison of undulate and flat blade morphologies. *Mar. Biol* 99:435-444.
- Kraemer GP. & DJ. Chapman. 1991a. Biomechanics and alginic acid composition during hydrodynamic adaptation by *Egregia menziesii* (Phaeophyta) juveniles. *J. Phycol.* 27:47-53.
- Kraemer GP. & DJ. Chapman. 1991b. Effects of tensile force and nutrient availability on carbon uptake and cell wall synthesis in blades of juvenile *Egregia menziesii* (Turn.) Aresch. (Phaeophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 149:267-277.
- Ladah LB., JA. Zertuche González & G. Hernández Carmona. 1999. Giant Kelp (*Macrosystis pyrifera*, Phaeophyceae) recruitment near its southern limit in Baja California after mass disappearance during ENSO 1997-1998. *J. Phycol.* 35: 1106-1112.
- Lobban CS., PJ. Harrison & MJ. Duncan. 1985. *The physiological ecology of seaweeds*. Cambridge University Press. 242pp.

- Lobban CS. & P.J. Harrison.1994. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press U.K. 366 pp.
- Lynn RJ. & J.J. Simpson 1987. The California current system: The seasonal variability of its physical characteristics. J. Geophys. Res. 92(C12):12947-12966.
- Lluch Belda D. 2000. Centros de actividad biológica en la costa occidental de Baja California. En: BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. Capítulo 4. Editado por D. Lluch-Belda, J.Elourduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G.Ponce -Díaz. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., 2000
- McPeak RH. 1981. Fruiting in several species of Laminariales from Southern California. Proc. Int. Seaweed Symp. 8:404-409.
- McConnico LA. & MS. Foster. 2005. Population biology of the intertidal kelp, *Alaria marginata* Postels and Ruprecht: A non-fugitive annual. J. Exp. Mar. Biol Ecol.
- Martínez EA. 1994. Evaluación de selectividad en la mortalidad de estados microscópicos y juveniles de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta, Laminariales) 257 pp.
- Martínez EA. 1996 Micropopulation differentiation in phenol content and susceptibility to herbivory in the chilean kelp *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta, Laminariales) Hydrobiologia 326/327: 205-211.
- Mendoza González C. & LE. Mateo Cid. 1985. Contribución al estudio florístico de la costa occidental de Baja California, México. Phycologia 59(1): 17-33.
- Miller KA., J.L. Olsen & WT. Stam. 2000. Genetic divergence correlates with morphological and ecological subdivision in the deep-water elk kelp, *Pterygophora porra* (Phaeophyceae). J. Phycol. 36: 862-870.
- Milligan KLD. & RE. De Wreede. 2000. Variations in holdfast attachment mechanics with developmental stage, substratum-type, season, and wave exposure for the intertidal kelp species *Hedophylloum sessile* (C.Agardh) Setchell. J. Exp. Mar. Biol. Ecol 254:189-209.
- Morales Zárata MV. & EM. Muñoz Mejía. 1998. Distribución de ictioplancton abundante en la Corriente de California: 1951-1984. Informe técnico interno. CIBNOR. 17pp.
- Morales Zárata MV., SE. Lluch Cota, D. Voltolina & EM. Muñoz Mejía. 2000. Comparación entre zonas de alta actividad biológica en la costa occidental de Baja California: Punta Eugenia y Punta Baja. En: BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. Capítulo 7. Editado por D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., 2000
- Neushul M.1963. Studies on the Giant kelp *Macrocystis*. II. Reproduction. J. Bot. 50:354-359.

- Novaczek I. 1981. Stipe growth rings in *Ecklonia radiata* (C.AG) J.AG. (Laminariales). Br. phycol. J. 16:363-371.
- Parada GM. 2001. Factores inhibitorios y facilitadores en el reclutamiento de *Lessonia nigrescens*, Bory 1826. Tesis de Licenciatura. Universidad de Valparaíso, Facultad de Ciencias del Mar. Chile.
- Parke M.1948. Studies on British Laminariaceae. I. Growth in *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. J. Mar. Biol. Ass. U.K. XXVII (3):651-709.
- Paul Chávez L. 2005. Taxonomía y dinámica poblacional de *Sargassum* sp. para el suroeste el Golfo de California. Tesis doctoral. CICIMAR-IPN.
- Pons Zermeño JP.1991. Caracterización de las familias Laminariaceae y Alariaceae (Laminariales, Phaeophyta), en la costa de la Península de Baja California, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.100 pp.
- Reed DC. & MS. Foster. 1984. The effects of canopy shading on algal recruitment and growth in a giant kelp forest. Ecology 65(3):937-948.
- Reed DC., DR. Laur & AW. Ebeling.1988. Variation in algal dispersal and recruitment: The importance of episodic events. Ecological Monographs. 58(4):321-335.
- Reed DC., TW. Anderson, AW. Ebeling & M. Anghera. 1997. The role of reproductive synchrony in the colonization potential of kelp. Ecology 78(8):2443-2457.
- Riosmena Rodríguez R., G. Hinojosa Arango, K. León Cisneros, JM. López Vivas & E. HolguínAcosta. 2005. Variación espacial de la vegetación de Bahía de Ballenas. B.C.S., México. Ciencia y Mar. En prensa.
- Roberson LM. & JA. 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.
- Rosenthal RJ., WD. Clarke & PK. Dayton. 1974. Ecology and natural history of a stand of giant kelp (*Macrocystis pyrifera*), off Del Mar, California. United States National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin 72:670-684.
- Sanbonsuga Y. & M. Neushul. 1978. Hybridization of *Macrocystis* (Phaeophyta) with other float-bearing kelps. J. Phycol. 14:214-224.
- Santelices B. 1982. Bases biológicas para el manejo de *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta: Laminariales) en Chile central. Monografías Biológicas (Chile) 2:135-150.
- Santelices B. 1990. Patterns of reproduction dispersal and recruitment in seaweeds. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 28:177-276.

- Santelices B. & P. Ojeda. 1984. Recruitment, growth and survival of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) at various tidal levels in exposed habitats of central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 19:73-82.
- Serviere Zaragoza E., D. Gómez López & G. Ponce Díaz. 1998. The natural diet of the green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi) in the southern part of its range, Baja California Sur, Mexico, assessed by an analysis of gut contents. J. Shellfish Res. Vol. 17(3): 777-782.
- Serviere Zaragoza E., VC. García Hernández & DA. Siqueiros Beltrones. 2003. Diversity and distribution of macroalgae associated with abalone (*Haliotis* spp.) habitats in Baja California Sur, Mexico. Bull. Mar. Sci. Vol. 72, no. 3, pp. 725-739.
- Schmitz K. & LM. Srivastava. 1975. On the fine structure of sieve tubes and the physiology of assimilate transport in *Alaria marginata*. Can. J. Bot. 53:861-876.
- Schmitz K. & LM. Srivastava. 1976. The Fine Structure of Sieve Elements of *Nereocystis lutekeana*. Am. J. Bot. 63(5): 679-693.
- Smith AI. 1939. The comparative histology of some of the Laminariales. Am. J. Bot. 26:571-585.
- Steneck RS., MH. Graham, BJ. Bourque, D. Corbett, JM. Erlandson, JA. Estes & MJ. Tegner. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. Environmental Conservation 29(4):436-459.
- Sundance O. 1964. The ecology of *Laminaria digitata* in Norway in view of transplant experiments. Nytt Mag. Bot. 11:83-107.
- Vásquez JA. 1991. Variables morfométricas y relaciones morfológicas de *Lessonina trabeculata* Villouta & Santelices 1986, en una población submareal del norte de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 64:271-279.
- Vega A., D. Lluch Belda, M. Muciño, G. León, S. Hernández, DB. Lluch Cota, M. Ramade & G. Espinoza. 1996. Development, perspectives and management of lobster and abalone fisheries off northwest Mexico, under a limited access system 136-142. 2nd World Fisheries Congress.
- Velimirov B., JG. Field, CL. Griffiths & P. Zoutendyk. 1977. The ecology of kelp bed communities in the Benguela upwelling system. Helgoländer wiss. Meeresunters. 30:495-518.
- Velimirov B. & CL. Griffiths. 1979. Wave-induced kelp movement and its importance for community structure. Bot. Mar. 22: 169-172.

- Wernberg T., M. Coleman, A. Fairhead, S. Miller & M. Thomsen. 2003. Morphology of *Ecklonia radiata* (Phaeophyta: Laminariales) along its geographic distribution in south-western Australia and Australasia. *Mar. Biol.* 143:47-55.
- Zar JH. 1996. Biostatistical analysis. 3° ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.
- Zimmerman RC. & JN. Kremer. 1984. Episodic nutrient supply to a kelp forest ecosystem in Southern California. *J. Mar. Res.* 42:591-604.
- Zimmerman RC. & JN. Kremer. 1986. *In situ* growth and chemical composition of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*: response to temporal changes in ambient nutrient availability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 27:277-285.